

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 1 (73), 2024

Группы специальностей:

- 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство*
- 4.2. Зоотехния и ветеринария*
- 4.3. Агроинженерия и пищевые технологии*

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2024

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

№ 1 (73), 2024

Groups of specialties:

- 4.1. Agronomy, forestry and water management*
- 4.2. Animal science and veterinary medicine*
- 4.3. Agroengineering and food technologies*

Volgograd
Volgograd state agrarian university
2024

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485**

№ 1 (73), 2024

Группы специальностей:

- 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство
- 4.2. Зоотехния и ветеринария
- 4.3. Агроинженерия и пищевые технологии

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

THE MAGAZINE FOUNDER
Volograd state
agrarian university

**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485**

№ 1 (73), 2024

Specialty groups:

- 4.1. Agronomy, forestry and water management
- 4.2. Animal science and veterinary medicine
- 4.3. Agroengineering and food technologie

ИЗВЕСТИЯ

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование

№ 1 (73), 2024

В соответствии с решением Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России от 19.02.2010 г. № 686 журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. Журнал индексируется в международных информационных системах **Web of Science (RSCI)**, **Agricultural Research Information System (AGRIS)**.

Официальный партнер международной организации **DOI Foundation (IDF)**, международной Ассоциации **Publishers International Linking Association (PILA)**, международного регистрационного агентства **CrossRef**.

Главный редактор:

Горлов И.Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Заместители главного редактора:

Шапров М.Н., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Фомин С.Д., доктор технических наук, зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский ГАУ

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Бочарников В.С., доктор технических наук, Ученый секретарь, Волгоградский ГАУ

PROCEEDINGS

of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education

№ 1 (73), 2024

According to the decision of Presidium of Higher certifying commission of Ministry of Education and science of Russia in 19.02.2010 № 686 the magazine was included into the list of leading peer-reviewed journals and issues where candidate and doctoral degree thesis basic scientific results can be published.

The journal is indexed in the International Information Systems **Web of Science (RSCI)**, **Agricultural Research Information System (AGRIS)**. Official partner of the International Organization **DOI Foundation (IDF)**, **The Publishers International Linking Association (PILA)**, and The International Registration Agency **CrossRef**

Editor-in-Chief:

Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products

Deputy Editors in Chief:

Shaprov M.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State University

Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, Head. Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State University

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State University

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary, Volgograd State Agrarian University

**Международный редакционный совет
научного журнала**

Главный редактор – Горлов И.Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Заместители главного редактора:

Шапров М.Н., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Фомин С.Д., доктор технических наук, зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский ГАУ
<http://www.volgau.com/izvestiya>

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Бочарников В.С., доктор технических наук, Ученый секретарь Волгоградского ГАУ

Бабински Лазло, профессор, доктор, директор института кормовых и пищевых биотехнологий, Дебреценский университет (Венгрия)
<http://mek.unideb.hu/hu/node/71>

Дубенок Н.Н., **академик РАН**, член бюро отделения **РАН**, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева
<http://www.timacad.ru/catalog/pps/detail.php?ID=1636>

Каштанова Е.Г., доктор, профессор, декан факультета с.х., экотрофологии и ландшафтного развития, Анхальтский университет прикладных наук, г. Бернбург
<https://www.hs-anhalt.de/en/university/service/directory-of-people/prof-dr-elena-kashtanova.html>

Кулик К.Н., **академик РАН**, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)
<http://www.cnsbh.ru/AKDiL/akad/base/RK/000534.shtm>

Лихацевич А.П., **член-корреспондент Национальной академии Беларуси**, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт мелиорации (Республика Беларусь)
<http://nasb.gov.by/rus/members/>

**International Editorial Board
of the Scientific Journal**

Editor in Chief – Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Head of the Department of Food Production Technology of VolGTU, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Deputy Editor in Chief:

Shaprov M.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State University

Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, head of the Center for Scientometrics Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary of the Volgograd State Agrarian University

Babinski Lazlo, professor, doctor, director of the Institute of Feed and Food Biotechnology, Debrecen University (Hungary)

Dubenok N.N., **Academician of the RAS**, member of the Bureau of the Branch of the RAS, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Kashtanova E.G., Doctor, Professor, Dean of the Faculty of Agriculture, Ecotrophology and Landscape Development, Anhalt University of Applied Sciences, Bernburg

Kulik K.N., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Federal Scientific Center for Agroecology, Melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences

Likhatsevich A.P., **Corresponding Member, National Academy of Belarus**, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Institute of Land Reclamation (Belarus)

Мелихов В.В., **член-корреспондент РАН**,
научный руководитель Всероссийского
НИИ орошаемого земледелия
<http://vniioz.ru/institut/sotrudniki.shtml>

Петрович Милан, доктор биотехнических (сель-
скохозяйственных) наук, профессор, зам. дирек-
тора по науке, Институт животноводства,
г. Белград, Земун (Сербия)

Сейдави Алиреза, доктор наук, профессор кафед-
ры кормления с.-х. животных факультета зоо-
технии, гл. редактор Иранского журнала при-
кладной зоотехнии, Директор подразделения по
науке и технологиям Исламского университета
Азад, Раштский филиал (Иран)

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных
наук, профессор, гл. науч. сотрудник, ВНИИОЗ

Сулаймонов Б.А., **академик АН РУз**, доктор
биологических наук, ректор Ташкентского госу-
дарственного аграрного университета, г. Таш-
кент (Узбекистан)
<http://agriculture.uz/ru.php?scientists/detail/28>

Ференц Саваи, профессор, доктор, ректор
Капошварского Университета (Венгрия)
<http://english.ke.hu/university/managing-board>

Шаговнович Драган А., директор Института эконо-
мики, Белград (Сербия)
[http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-
files/dragan-sagovnovic-eng.pdf](http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-files/dragan-sagovnovic-eng.pdf)

Шеварлич Миладин М., доктор агроэкономиче-
ских наук, профессор экономики сельского хо-
зяйства и кооперативов, заведующий кафедрой
экономики сельского хозяйства и рынка Бел-
градского университета, председатель Общества
агроэкономистов Сербии (Сербия)

Шилерова Эдита, Ph.D., член Академического сена-
та Чешского земледельческого университета в Праге
[http://wp.czu.cz/cs/index.php/?r=1071&mp=
person.info&idClovek=39](http://wp.czu.cz/cs/index.php/?r=1071&mp=person.info&idClovek=39)

Щедрин В.Н., **академик РАН**, доктор техниче-
ских наук, профессор

Ятусевич А.И., **академик РАН**, доктор ветери-
нарных наук, ректор Витебской государственной
академии ветеринарной медицины (Республика
Беларусь)
<http://www.vsavm.by/2012/09/04/yatusevich->

Melikhov V.V., **Corresponding Member of
the Russian Academy of Sciences**,
Scientific Leader of the All-Russian Institute
of Irrigated Agriculture

Petrovich Milan, Doctor of biotechnical (agri-
cultural sciences), Professor, deputy Director
for Science, Institute of Livestock, Belgrade,
Zemun (Serbia)

Seidavi Alireza, Doctor of Science, Professor of
the Department of Farm Animal Feeding of the
Faculty of Animal Science, Editor-in-Chief of the
Iranian Journal of Applied Animal Science, Di-
rector of the Science and Technology Division of
the Islamic Azad University, Rasht Branch (Iran)

Semenenko S.Ya., Doctor of Agricultural Sci-
ences, Professor, Chief Researcher, VNIIOZ

Sulaimonov B.A., **academician of the Acad-
emy of Sciences of the Republic of Uzbeki-
stan**, Doctor of Biological Sciences, Rector of
the Tashkent State Agrarian University, Tash-
kent (Uzbekistan)

Savaii Ferenc, Professor, Doctor, Rector of
Kaposvar University (Hungary)

Shagovnovich Dragan A., Director of the In-
stitute of Economics, Belgrade (Serbia)

Shevarlich Miladin M., Doctor of Agricultural
Economics, Professor of Agricultural Eco-
nomics and Cooperatives, Head of the De-
partment of Agricultural Economics and Mar-
ket, University of Belgrade, Chairman of the
Society of Agro-Economists of Serbia (Serbia)

Shilerova Edith, Ph.D., member of the Aca-
demic Senate of the Czech Agricultural Uni-
versity in Prague

Shchedrin V.N., **Academician of the Russian
Academy of Sciences**, Doctor of Technical
Sciences, Professor

Yatusevich A.I., **Academician of RAS**, Doctor
of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk State
Academy of Veterinary Medicine (Belarus)

Редакционная коллегия научного журнала

4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

Дубенок Н.Н., академик РАН, член бюро отделения РАН, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Егорова Г.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральный исследовательский центр "Немчиновка"

Чамурлиев О.Г., доктор сельскохозяйственных наук, директор НИИ фундаментальных и прикладных агrobiотехнологий, Волгоградский ГАУ

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки)

Подковыров И.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, Всероссийский НИИ фитопатологии, г. Москва

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральный исследовательский центр "Немчиновка"

Егорова Г.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Тютюма Н.В., член-корреспондент РАН, профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ПАФ НЦ РАН

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

Подковыров И.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, Всероссийский НИИ фитопатологии, г. Москва

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральный исследовательский центр "Немчиновка"

Петров Н.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, гл. науч. сотрудник, ВНИИОЗ

Филин В.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Editorial Board of the Scientific Journal

4.1. Agronomy, forestry and water management

4.1.1. General agriculture and crop production (agricultural sciences)

Dubenok N.N., Academician of the RAS, member of the Bureau of the Branch of the RAS, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Egorova G.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Zelenev A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Research Center "Nemchinovka"

Chamurliev O.G., Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnologies, Volgograd State Agrarian University

4.1.2. Plant breeding, seed production and biotechnology (agricultural sciences)

Podkovyrov I.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow

Zelenev A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Research Center "Nemchinovka"

Egorova G.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Tyutyuma N.V., corresponding member of RAS, Professor of RAS, Doctor of Agricultural Sciences, Director of PAF SC RAS

4.1.3. Agrochemistry, agro-soil science, plant protection and quarantine (agricultural sciences)

Podkovyrov I.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow

Zelenev A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Research Center "Nemchinovka"

Petrov N.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Semenenko S.Ya., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, VNIIOZ

Filin V.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (сельскохозяйственные науки)

Тютюма Н.В., член-корреспондент РАН, профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ПАФ НЦ РАН

Петров Н.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Ахмедов А.Д., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Ходяков Е.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Чамурлиев О.Г., доктор сельскохозяйственных наук, директор НИИ фундаментальных и прикладных агробиотехнологий, Волгоградский ГАУ

4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (сельскохозяйственные науки)

Овчинников А.С., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Дубенок Н.Н., академик РАН, член бюро отделения РАН, РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

Кулик К.Н., академик РАН, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)

Мелихов В.В., член-корреспондент РАН, научный руководитель Всероссийского НИИ орошаемого земледелия
<http://vniioz.ru/institut/sotrudniki.shtml>

Ходяков Е.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Проездов П.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский ГАУ

4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (технические науки)

Лихацевич А.П., член-корреспондент Национальной академии Беларуси, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт мелиорации (Республика Беларусь)

Бочарников В.С., доктор технических наук, Ученый секретарь, Волгоградский ГАУ

Васильев С.М., доктор технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации

4.1.4. Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops (agricultural sciences)

Tyutyuma N.V., corresponding member of RAS, Professor of RAS, Doctor of Agricultural Sciences, Director of PAF SC RAS

Petrov N.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Akhmedov A.D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Khodyakov E.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Chamurliev O.G., Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnologies, Volgograd State Agrarian University

4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics (agricultural sciences)

Ovchinnikov A.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Volgograd State Agrarian University

Dubenok N.N., Academician of the of the RAS, member of the Bureau of the Branch of the RAS, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Kulik K.N., Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS

Melikhov V.V., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Scientific Leader of the All-Russian Institute of Irrigated Agriculture

Khodyakov E.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Proezdov P.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Saratov State Agrarian University

4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics (technical sciences)

Likhatsevich A.P., Corresponding Member, National Academy of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Institute of Land Reclamation (Belarus)

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary of the Volgograd State Agrarian University

Vasiliev S.M., Doctor of Technical Sciences, Russian Research Institute for Problems of Land Reclamation

Ахмедов А.Д., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Akhmedov A.D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Пахомов А.А., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Pakhomov A.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.1.6. Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

4.1.6 Forest science, silviculture, agroforestry, landscaping, forest pyrology and inventory (agricultural sciences)

Кулик К.Н., академик РАН, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)

Kulik K.N., Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS

Иванцова Е.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор института естественных наук, Волгоградский госуниверситет

Ivantsova E.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University

Кулик А.К., кандидат сельскохозяйственных наук, ФНЦ Агроэкологии РАН

Kulik A.K., Candidate of Agricultural Sciences, National Science Center of Agroecology RAS

Проездов П.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский ГАУ

Proezdov P.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Saratov State Agrarian University

Подковыров И.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, Всероссийский НИИ фитопатологии, г. Москва

Podkovyrov I.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow

4.2. Зоотехния и ветеринария

4.2. Animal science and veterinary medicine

4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки)

4.2.1. Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology and toxicology (veterinary sciences)

Племышов К.В., член-корреспондент РАН, доктор ветеринарных наук, ректор ФГБОУ ВО «СПбГУВМ», Санкт-Петербург

Plemyashov K.V., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

Стекольников А.А., академик РАН, доктор ветеринарных наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

Stekolnikov A.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

Ятусевич А.И., академик РАН, доктор ветеринарных наук, ректор Витебской государственной академии ветеринарной медицины (Беларусь)

Yatusevich A.I., Academician of RAS, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Belarus)

Рыжкова Г.Ф., доктор биологических наук, профессор, Курская ГСХА им. Иванова И.И.

Ryzhkova G.F., Doctor of Biological Sciences, Professor, Kurgan State Agricultural Academy named after Ivanova I.I

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Баймишев Х.Б., доктор биологических наук, профессор, Самарский ГАУ

Baimishev Kh.B., Doctor of Biological Sciences, Professor, Samara GAU

Ряднова Т.А., кандидат биологических наук, доцент, Волгоградский ГАУ

Ryadnova T.A., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University

4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (ветеринарные науки)

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Злепкин Д.А., доктор биологических наук, Волгоградский ГАУ

Сухинин А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки)

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Сухинин А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

Ятусевич А.И., академик РАН, доктор ветеринарных наук, ректор Витебской государственной академии ветеринарной медицины (Республика Беларусь)

Сашина Л.Ю., доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией иммунологии, Всероссийский НИ ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии РАН

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки)

Горлов И.Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Мосолов А.А., доктор биологических наук, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Варакин А.Т., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.2.2. Sanitation, hygiene, ecology, veterinary and sanitary expertise and biosafety (veterinary sciences)

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Zlepkin D.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Sukhinin A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

4.2.3. Infectious diseases and animal immunology (veterinary sciences)

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Sukhinin A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

Yatusевич A.I., Academician of RAS, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Belarus)

Sashnina L.Yu., Doctor of Veterinary Sciences, Chief Researcher, Head Laboratory of Immunology, All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Russian Academy of Sciences

4.2.4 Private zootechnics, feeding, feed and livestock production technologies (agricultural sciences)

Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Head of the Department of Food Production Technology of VolGTU, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Mosolov A.A., Doctor of Biological Sciences, Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Varakin A.T., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Натыров А.К., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, декан аграрного факультета Калмыцкого государственного университета

Сложенкина М.И., **член-корреспондент РАН**, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Чамурлиев Н.Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки)

Горлов И.Ф., **академик РАН**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Баймишев Х.Б., доктор биологических наук, профессор, Самарский ГАУ

Волохов И.М., доктор биологических наук, профессор, ВНИИплем

Коханов А.П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Ранделин А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Федотов С.В., доктор ветеринарных наук, профессор, Московская ГАВМиБ

Чеходариди Ф.И., доктор ветеринарных наук, профессор, Горский ГАУ

Коханов М.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (биологические науки)

Ранделин Д.А., доктор биологических наук, Волгоградский ГАУ

Сложенкина М.И., **член-корреспондент РАН**, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Мосолова Н.И., доктор биологических наук, г.н.с. Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Natyrov A.K., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Dean of the Agrarian Faculty of Kalmyk State University

Slozhenkina M.I., Doctor of Biological Sciences, **Corresponding Member of RAS**, Professor, Director of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Chamurliev N.G., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd Agrarian State University

4.2.5 Breeding, Selection, Genetics and Animal Biotechnology (Agricultural Sciences)

Gorlov I.F., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Head of the Department of Food Production Technology of VolGTU, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Baimishev Kh.B., Doctor of Biological Sciences, Professor, Samara GAU

Volokhov I.M., Doctor of Biological Sciences, Professor, All-Russian Research Institute of Breeding

Kohanov A.P., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Randelin A.V., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University

Fedotov S.V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine

Chekhodaridi F.I., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Gorsky State Agrarian University

Kohanov M.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.2.5 Breeding, Selection, Genetics and Animal Biotechnology (Agricultural Sciences)

Randelin D. A., Doctor of Biological Sciences, Volgograd State Agrarian University

Slozhenkina M.I., Doctor of Biological Sciences, **Corresponding Member of RAS**, Professor, Director of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Mosolova N.I., Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Злепкин Д.А., доктор биологических наук, Волгоградский ГАУ

Zlepkin D.A., Doctor of Biological Sciences, Volgograd State Agrarian University

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (сельскохозяйственные науки)

4.2.6. Fisheries, aquaculture and industrial fisheries (agricultural sciences)

Ранделин Д.А., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Randelin D. A., Doctor of Biological Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University

Васильев А.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина

Vasiliev A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Bio-Technology - MBA named after K. I. Scriabin

Гусева Ю.А., доктор сельскохозяйственных наук, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова

Guseva Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

Бахарева А.А., доктор сельскохозяйственных наук, Астраханский государственный технический университет, Институт рыбного хозяйства, биологии и природопользования

Bakhareva A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Astrakhan State Technical University, Institute of Fisheries, Biology and Environmental Management

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки)

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки)

Ранделин Д.А., доктор биологических наук, Волгоградский ГАУ

Randelin D. A., Doctor of Biological Sciences, Volgograd State Agrarian University

Васильев А.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина

Vasiliev A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Bio-Technology - MBA named after K. I. Scriabin

Гусева Ю.А., доктор сельскохозяйственных наук, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова

Guseva Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

Бахарева А.А., доктор сельскохозяйственных наук, Астраханский государственный технический университет, Институт рыбного хозяйства, биологии и природопользования

Bakhareva A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Astrakhan State Technical University, Institute of Fisheries, Biology and Environmental Management

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

Лихацевич А.П., член-корреспондент Национальной академии Беларуси, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт мелиорации (Республика Беларусь)

Likhatsevich A.P., Corresponding Member, National Academy of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Institute of Land Reclamation (Belarus)

Зиганшин Б.Г., доктор технических наук, профессор РАН, первый проректор – проректор по научной работе и цифровой трансформации, Казанский ГАУ

Ziganshin B.G., Professor of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, First Vice-Rector – Vice-Rector for Scientific Work and Digital Transformation, Kazan State University

Успенский И.А., доктор технических наук, профессор, Рязанский ГАТУ

Шапров М.Н., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Фомин С.Д., доктор технических наук, Волгоградский ГАУ

Новиков А.Е., доктор технических наук, **член-корр. РАН**, ФГБНУ ВНИИОЗ, директор

Ряднов А.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Борисенко И.Б., доктор технических наук, Волгоградский ГАУ

Гапич Д.С., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки)

Юдаев И.В., доктор технических наук, профессор, Кубанский ГАУ

Евдокимов А.П., кандидат технических наук, доцент, Волгоградский ГАУ

Дарманиян А.П., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Гапич Д.С., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.3.3. Пищевые системы (биологические науки)

Чернуха И.М., **академик РАН**, доктор технических наук, профессор, ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН

Бабински Лазло, профессор, доктор, директор института кормовых и пищевых биотехнологий, Дебреценский университет (Венгрия)
<http://mek.unideb.hu/hu/node/71>

Горлов И.Ф., **академик РАН**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Uspensky I.A., Doctor of Technical Sciences, Ryazan State Agrotechnological University

Shaprov M.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, Volgograd State Agrarian University

Novikov A.E., Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, GNU VNIIOZ, Director

Ryadnov A.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Borisenko I.B., Doctor of Technical Sciences, Volgograd State Agrarian University

Gapich D.S., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.3.2. Electrical technologies, electrical equipment and power supply of the agro-industrial complex (technical sciences)

Yudaev I.V., Doctor of technical sciences, professor, Kuban State University

Evdokimov A.P., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University

Darmanyan A.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State University

Gapich D.S., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.3.3. Food systems (biological sciences)

Chernukha I.M., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Doctor of Technical Sciences, Professor, V. M. Gorbатов Food Science Research Center" RAS

Babinski Lazlo, professor, doctor, director of the Institute of Feed and Food Biotechnology, Debrecen University (Hungary)

Gorlov I.F., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Head of the Department of Food Production Technology of VolGTU, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Сложенкина М.И., **член-корреспондент РАН**, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Гиро Т.М., доктор технических наук, профессор, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Храмова В.Н., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский государственный технический университет, декан факультета технологии пищевых производств

Золотоконова С.В., доктор технических наук, профессор, Астраханский ГТУ, Ученый секретарь

Мосолова Н.И., доктор биологических наук, главный научный сотрудник Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Slozhenkina M.I., Doctor of Biological Sciences, **Corresponding Member of RAS**, Professor, Director of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Giro T.M., Doctor of Technical Sciences, Professor, RGAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

Khramova V.N., Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Technical University, Dean of the Faculty of Food Production Technology

Zolotokopova S.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Astrakhan State Technical University, Scientific Secretary

Mosolova N.I., Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

АГРОНОМИЯ, И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО AGRONOMY AND FORESTRY

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-01

USE OF QR CODE AS AN ELEMENT OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN AGROFOREST RECLAMATION

Kulik K. N., Koshelev A. V., Shatrovskaya M. O., Gordienko O. A., Balkushkin R. N.

*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: alexkosh@mail.ru

Received 10.11.2023

Submitted 11.01.2024

The research was conducted within the framework of the project № 22-16-20056 "The contribution of linear protective forest plantations to the deposition of organic carbon in soils of the Volgograd region" with the financial support of the Russian Science Foundation and the Volgograd Region Administration

Summary

The article presents the results of the use of QR codes for the disclosure of data on soil standards, toxation and reclamation characteristics and deciphering signs. The applicability of the QR code as one of the elements of digital technologies in agroforestry is analyzed. The results obtained made it possible to formulate a conclusion about the positive aspect of using QR codes for storing information and presenting its large arrays in a compact form, which makes it possible not to overload the text of scientific articles with a large amount of data.

Abstract

Introduction. The 21st century is characterized as a time of rapidly developing technologies, which significantly affects not only the use of new information carriers, but also the means of its presentation. Modifications of devices capable of encrypting information and presenting it on demand in the information space are being improved daily with virtually no size limit. One of such rapidly developing technologies, which is in full open access for consumers of various professions and fields of activity, is the technology of QR codes. QR code technology is being actively introduced into everyday life and is used everywhere, simplifying various financial and digital transactions, but this technology has not been fully used in agroforestry before. The relevance of this work lies in the fact that the possibility of using a QR code as an element of digital technologies in agroforestry would make it possible to make a significant transition in the presentation of information from the text of a scientific article with a summary of the results obtained and conclusions to the presentation of all research results, with a detailed description and additional information not reflected in the text of the article itself. **Object.** The object of the study is the technology of QR codes, used in agroforestry and representing a two-dimensional space barcode with information of a different nature, read by mobile phones or special barcode scanners. **Materials and methods.** In the course of the work carried out, field visits to the object of study, geoinformation modeling of field-protective forest plantations in agrolandscapes, and remote assessment of forest cover were carried out. Soil samples were taken for standard agrochemical soil analyzes, including the determination of the mechanical composition of the soil, pH, the degree of saturation with organic matter, basic minerals, etc. To work with QR codes, a free public program was used that works both from a personal computer and from a smartphone running on any operating system. **Results and conclusions.** As a result of the process of interpretation and analysis of space images, a database of deciphering signs of forest belts was compiled and their taxation and reclamation characteristics were made, a database of standards was compiled. Subsequently, the entire data array was encrypted into QR codes. The paper lists and analyzes the positive results of working with a QR code as one of the elements of digital technologies in agroforestry, used to simplify work with a large amount of data and present this volume in an orderly and compact form for further work. In addition to the study on the applicability of the QR code in agroforestry studies, a SWOT analysis was carried out, which made it possible to identify strengths and weaknesses and showed the prospects for the development of this technology, taking into account the opportunities and possible threats.

Keywords: agroforestry, QR codes, taxation-reclamation characteristics, agrochemical soil analyses, SWOT analysis.

Citation. Kulik K. N., Koshelev A. V., Shatrovskaya M. O., Gordienko O. A., Balkushkin R. N. Use of QR-code as an element of digital technologies in agroforest reclamation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 13-21 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-01.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 004.085.7:630*2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ QR-КОДА КАК ЭЛЕМЕНТА ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ

Кулик К. Н., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Кошелев А. В., кандидат сельскохозяйственных наук

Шатровская М. О., аспирант, младший научный сотрудник

Гордиенко О. А., аспирант, младший научный сотрудник

Балкушкин Р. Н., аспирант, младший научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук»
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках проекта №22-16-20056 «Вклад линейных защитных лесных насаждений в депонирование органического углерода в почвах Волгоградской области» при финансовой поддержке Российского научного фонда и Администрации Волгоградской области

Актуальность. XXI век характеризуется как время стремительно развивающихся технологий, что сказывается значительным образом не только на использовании новых носителей информации, но и на средствах ее представления. Ежедневно совершенствуются модификации устройств, способных шифровать информацию и представлять её по требованию в информационном пространстве практически без ограничения по размерам. Одной из таких стремительно развивающихся и находящейся в полном открытом доступе для потребителей разных профессий и сфер деятельности является технология QR-кодов. Технология QR кодов активно внедряется в повседневную жизнь и используется повсеместно, упрощая различные финансовые и цифровые операции, но в агролесомелиорации данная технология прежде не применялась в полной мере. Актуальность данной работы заключается в том, что возможность использования QR-кода как элемента цифровых технологий в агролесомелиорации позволила бы сделать существенный переход в представлении информации от текста научной статьи с кратким изложением полученных результатов и выводами к представлению всех результатов исследования, с детальным описанием и дополнительной информацией, не отраженной в тексте самой статьи. **Объект.** Объектом исследования является технология QR-кодов, применяемая в агролесомелиорации и представляющая собой баркод двумерного пространства с информацией разного характера, считываемой посредством мобильных телефонов или специальных сканеров штрих-кода. **Материалы и методы.** В ходе проведенной работы были выполнены полевые выезды на объект исследования, геоинформационное моделирование полевых насаждений в агроландшафтах и дистанционная оценка лесистости. Осуществлен отбор почвенные образцов для стандартных агрохимических анализов почвы, включающих определение гранулометрического состава почвы, pH, содержание органического вещества, NPK, плотности почвы и т.д. Для работы с QR-кодами использовалась бесплатная общедоступная программа, работающая как с персонального компьютера, так и со смартфона, функционирующего на базе любой операционной системы. **Результаты и выводы.** В результате процесса дешифрирования и анализа космоснимков составлена база данных дешифровочных признаков лесных полос и выполнена их таксационно-мелиоративная характеристика, составлена база данных эталонов. Впоследствии весь массив данных удалось зашифровать в QR-коды. В работе перечислены и проанализированы положительные результаты работы с QR-кодом как с одним из элементов цифровых технологий в агролесомелиорации, используемым для упрощения работы с большим объемом данных и представлении этого объема в упорядоченном и компактном виде для дальнейшей работы. В дополнение к исследованию о применимости QR-кода в агролесомелиоративных исследованиях был выполнен SWOT анализ, позволивший выявить сильные и слабые стороны и показавший перспективу развития данной технологии, с учетом возможностей и вероятных угроз.

Ключевые слова: агролесомелиорация, QR-коды, таксационно-мелиоративные характеристики, агрохимические анализы почвы, SWOT-анализ.

Цитирование. Кулик К. Н., Кошелев А. В., Шатровская М. О., Гордиенко О. А., Балкушкин Р. Н. Использование QR-кода как элемента цифровых технологий в агролесомелиорации. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 13-21. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-01.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Агролесомелиорация, являясь частью лесомелиорации, осуществляется на территориях агроландшафтов с целью улучшения ведения на данной территории сельскохозяйственной деятельности посредством лесонасаждений различного значения, качества и характера [11]. История агролесомелиорации в России начинается в середине XIX века, но более интенсивно агролесомелиорация стала развиваться лишь в XX веке, что связано главным образом с осуществлением масштабных работ во второй половине 40-х и начале 50-х годов, а также конце 60-х и начале 70-х. Весь XX век можно охарактеризовать как век интенсификации сельского хозяйства и активного развития агролесомелиорации [1].

С развитием агролесомелиорации развивались и технологии, применяемые при осуществлении агролесомелиоративных работ [9]. И, если прежде, говоря о технологиях, всегда подразумевалось применение специализированной материальной техники, используемой непосредственно на опытных полях и участках, то в настоящее время понятие технологии включает и информационно-цифровой характер.

Технология QR-кодов изобретенная и впервые примененная в Японии, активно внедряется в повседневную жизнь, захватывая все новые сферы и находя применение там, где прежде, казалось бы, в них нет никакой необходимости [14]. Так, QR-код являясь по своей сути черно-белым изображением с равными сторонами (штрих-кодом) не занимает много места на носителе, но при этом несет в себе определенную информацию и легко считывается цифровым устройством имеющим камеру или сканер штрихкода [12]. Простота использования и применения делает QR-код удобным и универсальным средством хранения абсолютной любой символьной, графической и даже мультимедийной информации вне основного текста на стороннем сервере с постоянным доступом для обладателей данного кода [2, 13].

На современном этапе развития науки, изучение вопросов агролесомелиорации и представление информации стандартными методами порой не всегда удобно, а даже порой крайне проблематично из-за большого объема статистических данных, либо масштабных детальных картографических изображений объекта исследования. Порой такие данные невозможно представить в рамках научной статьи, поскольку их размеры превышают те, что обозначены требованиями к рукописи. Но в век не только периодически создаваемых новых, но и совершенствующихся имеющихся технологий появилась альтернатива представления информации, что не занимала бы много места на печатном листе, но давала бы доступ к более масштабному виду вне его. Такая технология может быть легко применена посредством использования QR-кода [16].

Целью исследования было изучение применимости технологии QR-кодов в агролесомелиоративных исследованиях, при изложении полученных при выполнении полевых работ и лабораторных агрохимических анализов.

Материалы и методы. Материалом для написания статьи послужили данные, полученные в ходе работы на опытном участке «Качалино». Опытный участок «Качалино» (рисунок 1) расположенный в ОПХ «Качалинское» на юге Иловлинской района Волгоградской области представлен каштановыми почвами.

Работа по опытному участку «Качалино» включала в себя помимо отбора на ключевых точках почвенных образцов в период с мая по август 2022 года, также агролесомелиоративную оценку защитных лесных насаждений с применением дистанционных данных и геоинформационных технологий.

В 4-х лесных полосах с шириной между рядами 3 и 7 метров, состоящих из вяза приземистого и смородины золотистой, были заложены таксационно-дешифровочные пробные площади. Стоит отметить, что при исследовании лесной полосы было выявлено несоответствие в количестве рядов. Так, согласно проекту лесная полоса должна состоять из 2-х внешних рядов смородины золотистой и 2-х внутренних из вяза приземистого. Фактически лесная полоса имеет только 2 ряда, состоящих из основной лесообразующей породы – вяза приземистого и кустарника между рядами, включающего смородину золотистую и шиповник [6, 15].

В исследованиях применялась методика, основанная на геоинформационных средствах картографирования и данных дистанционных исследований, что позволило осуществлять геоинформационное моделирование полевых защитных лесных насаждений в агроландшафтах, а также использовать дистанционную оценку лесистости [8].



Рисунок 1 – Тестовый полигон «Качалино»
Figure 1 – Proving Ground "Kachalino"

На начальном этапе камерального дешифрирования анализ космоснимков позволил [5], анализируя горизонтальную (рисунок 2) и вертикальную проекции полого насаждений, выделить ключевые прямые дешифровочные признаки.



Рисунок 2 – Горизонтальная проекция полого лесной полосы на космоснимке
Figure 2 – Horizontal projection of the canopy of the forest strip on the satellite image

На следующем этапе по классификации Г. Г. Самойловича был осуществлен анализ форм и проекций крон. Таким образом, в результате полевого эталонирования была определена схема посадки и схема смещения в лесной полосе. Помимо этого был установлен возраст и высота насаждений, их конструкция, сомкнутость и породный состав.

В лабораторных условиях были выполнены агрохимические анализы [7], в числе которых гранулометрический состав, плотность почвы, влажность, содержание гумуса, NPK.

По результатам агрохимических анализов и агролесомелиоративной оценке защитных лесных насаждений составлена база данных эталонов, токсационно-мелиоративных и дешифровочных признаков лесной полосы. Весь объем полученной информации успешно был зашифрован для дальнейшего использования в бесплатной сторонней программе по генерации QR-кодов [4].

В данной работе выполнен SWOT-анализ использования QR-кода в агролесомелиоративных исследованиях как элемента цифровых технологий. SWOT-анализ представляет собой анализ и один из инструментов планирования, позволяющий оценить на началь-

ном этапе сильные и слабые стороны проекта, а также определить возможные перспективы в трансформации технологии и угрозы, способные предотвратить закономерное развитие и свести к нулевому результату изначальный замысел [10].

Результаты и обсуждение. В настоящее время идёт активное внедрение новейших технологий в процессы агролесомелиоративных исследований. Разработка новых методов и технологий, с последующим их внедрением в процессы научных исследований позволит создавать базы данных быстрее и качественнее, лучше интегрировать данные, полученные из разных источников, более обосновано принимать решения [3].

Объектом исследования в данной работе выступает технология QR-кода, являющаяся визуально по своей сути серией черно-белых пикселей в квадратной сетке, хранящая данные в двоичном формате [17]. До этапа создания QR-кодов базы данных дешифровочных признаков лесных полос и таксационно-мелиоративной характеристике, а также база данных эталонов была осуществлена серия полевых выездов. На тестовом участке велись полевые работы, включающие отбор почвенных образцов, закладку таксационно-дешифровочных пробных площадей в лесополосах, для последующей камеральной обработки данных в лабораторных условиях.

Исследования велись на 2 пробных площадях, заложенных на тестовом участке «Качалино», в ходе которых проведено эталонное описание полезащитных лесных полос 1990 года создания, состоящих из основной породы (вяза приземистого) и кустарника (смородины золотистой и шиповника). Обе лесные полосы, согласно горизонтальной проекции, имеют неправильно-округлую и круглую форму крон, с равномерной, но комковатой структурой расположения деревьев в пределах полосы.

На начальном этапе эталонирования были определены и внесены в таблицу типичные для объекта исследований преобладающие проекты и планы смешения породного состава лесных полос, возраст, конструкция, высота и т.д. (рисунок 3).

Таксационно-мелиоративные признаки полезащитной лесной полосы	Пробная площадь №1	Пробная площадь №2
Рядность	2-х рядная	Парно-рядовая
Конструкция	Ажурная	Ажурная
Породный состав	Вяз приземистый, шиповник, смородина золотистая	Вяз приземистый, шиповник, смородина золотистая
Длина, м	2080	2280
Ширина, м	12	11
Сохранность, %	99	95
Средняя высота дерева, м	7,5	6,5
Средний диаметр ствола дерева, см	14,9	14
Общий запас стволовой древесины, м ³	35,7	22
Густота, шт/га	830	636
Класс бонитета	II	II

Рисунок 3 – Таксационно-мелиоративные признаки полезащитных лесных полос на пробных площадях
Figure 3 – Taxation and reclamation signs of field-protective forest belts on trial plots

Анализ форм и проекций крон был произведен согласно классификации Г. Г. Самойловича на заложенных ранее таксационно-дешифровочных площадках. Породный состав определялся на основе предварительно разработанных эталонов и установленных дешифровочных признаков (рисунок 4), характерных для данного типа смешения пород, по формам видимых крон горизонтальной проекции и тону изображения. Работа с аэрокосмическими изображениями велась в QGIS – одной из многих доступных бесплатных программ, применяемых в агролесомелиоративных исследованиях.

Дешифровочные признаки лесной полосы	Пробная площадь №1	Пробная площадь №2
Очертания границ крои	Нечеткие, но рядность прослеживается	Четкие, рядность хорошо просматривается
Степень сомкнутости полога	Высокая (0,75 и >)	Средняя (0,5)
Размер промежутков между кронами	Малый	Практически отсутствуют
Форма промежутков между кронами	Овальной	Овальной
Однородность по фототону	Однородная	Варьирует
Цвет по фототону	Светло-зеленый оттенок	Изменяется от серовато-зеленого до светло-зеленого
Среднее значение тона полога в гистограмме распределения пикселей в диапазоне RGB	78,1 (отклонение - 15,1 медиана - 79)	91,05 (отклонение - 14,85 медиана - 79)
Средняя величина фототона проекции деревьев	29,5 (отклонение - 11,9 медиана - 30)	40,9 (отклонение - 18,8 медиана - 42)

Рисунок 4 – Дешифровочные признаки вяза приземистого
Figure 4 – Deciphering signs of squat elm

Дополнительно был выполнен SWOT-анализ использования QR-кода как элемента цифровых технологий в агролесомелиорации, позволивший обозначить сильные и слабые стороны технологии, с которыми необходимо работать, чтобы знать возможные угрозы и заблаговременно предотвратить их (рисунок 5). Помимо этого SWOT-анализ обозначил новые возможности технологии QR-кода и позволил определить в каких аспектах стоит развивать её в обозримом будущем.



Рисунок 5 – SWOT анализ использования QR-кода в агролесомелиоративных исследованиях
Figure 5 – SWOT analysis of the use of QR-code in agroforestry research

Завершающим этапом процесса дешифрирования и анализа космоснимков стало создание QR-кода по дешифровочным признакам (рисунок 6) на основе карточек дешифровочных признаков насаждений.

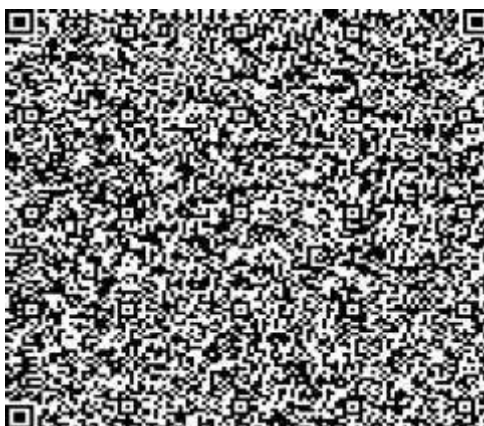


Рисунок 6 – QR-код дешифровочных признаков вяза приземистого
Figure 6 – QR-code of deciphering signs of squat elm

Помимо выполненного дешифрирования и анализа космоснимков, была сформирована база данных таксационно-мелиоративных показателей для всех насаждений, размещенных на исследуемых пробных площадках тестового полигона «Качалино», для последующего геоинформационного картографирования. По таксационно-мелиоративной характеристик вяза приземистого также создан QR-код (рисунок 7).

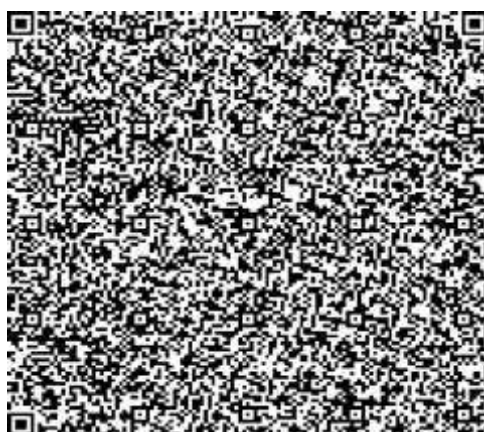


Рисунок 7 – QR-код таксационно-мелиоративной характеристики вяза приземистого
Figure 7 – QR-code of the taxation and reclamation characteristics of the squat elm

Технология QR-кода в настоящей работе показала свою состоятельность и применимость в агролесомелиоративных исследованиях и смогла стать одним из элементов представления полученной в ходе научно-исследовательской работы информации.

Выводы. Таким образом, результатом работы стало создание базы данных эталонов, дешифровочных признаков и таксационно-мелиоративных характеристик. Весь массив данных был зашифрован с использованием технологии QR-кода, отличающейся простотой создания и использования. Технология QR-кода имеет ряд преимуществ, т.к. она позволяет закодировать в одном коде максимальное количество символов и не требует специального оборудования для работы с ней. Технология QR-кода является своего рода ключом к информации, которую невозможно отразить в рамках большинства требований к научным работам. Полученные материалы исследований составят основу для разработки банка данных по вкладу линейных защитных лесных насаждений в депонирование органического углерода в почвах Волгоградской области.

Conclusions. Thus, the result of the work was the creation of a database of standards, deciphering features and taxation-reclamation characteristics. The entire array of data was encrypted using QR code technology, which is easy to create and use. QR code technology has a number of advantages, as it allows you to encode the maximum number of characters in one code and does not require special equipment to work with it. QR code technology is a kind of key to information that can-

not be reflected within most scientific paper requirements. The obtained research materials will form the basis for the development of a data bank on the contribution of linear protective forest plantations to the sequestration of organic carbon in the soils of the Volgograd region.

Библиографический список

1. Проездов П. Н., Маштаков Д. А., Попов В. Г. и др. Агроресомелиорация: монография. Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2016. 472 с.
2. Акушевич А. А. QR-коды в учебных изданиях: редакторский аспект. Труды БГТУ. Серия 4: Принт- и медиатеchnологии. 2022. № 1 (255). С. 151-158.
3. Возрождение агролесомелиорации в Волгоградской области. Научно-агрономический журнал. 2018. № 1(102). С. 63.
4. Волхонский В. В. Системы контроля и управления доступом. Штриховые коды. СПб: Университет ИТМО, 2015. 53 с.
5. Жирин В. М., Князева С. В., Эйлина С. П. Оценка биометрических параметров насаждений по изображениям межкрупного пространства на космических снимках сверхвысокого разрешения. Лесоведение. 2018. № 3. С. 163-177.
6. Кошелев А. В., Шatrovskaya М. О. Агроресомелиоративная оценка защитных лесных насаждений с применением дистанционных данных и геоинформационных технологий. ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Т. 28. № 2. С. 871-884.
7. Крeтинин В. М., Кулик К. Н., Кошелев А. В. Агроресомелиоративное почвоведение: развитие, достижения, задачи. Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 23-26.
8. Кулик К. Н., Кошелев А. В. Методическая основа агролесомелиоративной оценки защитных лесных насаждений по данным дистанционного мониторинга. Лесотехнический журнал. 2017. № 3 (27). С. 107-114.
9. Кулик К. Н. Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засух и опустынивания земель. Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 8-13.
10. Нурмагомедова М. К., Газитеева А. М. Р., Мирзаалиева Р. К. SWOT-анализ как метод экономического анализа предприятия. Экономика и предпринимательство. 2020. № 7 (120). С. 1209-1213.
11. Кулик К. Н. и др. Обоснование прогноза развития защитного лесоразведения в Волгоградской области. Проблемы прогнозирования. 2017. № 6. С. 93-100.
12. Офицеров А. С. QR-код: технологии надежности и открытости выборов. Избирательное законодательство и практика. 2017. № 3. С. 28-30.
13. Шавтикова Л. М. и др. Применение QR-кода в современной жизни и его роль в экономической сфере. Финансовая экономика. 2021. № 12. С. 213-215.
14. Хамидуллин М. Р. и др. Применение QR-кодов для организации контрольно-пропускного пункта. International Journal of Advanced Studies. 2020. Т. 10. № 4. С. 123-138.
15. Koshelev A. V., Tkachenko N. A., Shatrovskaya M. O. Decoding of forest belts using satellite images. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 875. 012065 p.
16. Focardi R., Luccio F. L., Wahsheh H. A. M. Usable security for QR code. Journal of Information Security and Applications, 2019. V. 48. P. 102369.
17. Focardi R., Luccio F. L., Wahshe H. A. M. Security threats and solutions for two dimensional barcodes: a comparative Study Daimi K. (Ed.). Computer and network security essentials. 2018. Pp. 207-219.

References

1. Proezdov P. N., Mashtakov D. A., Popov V. G., et al. Agroforestry: monograph. Saratov: Limited Liability Company "Amirit", 2016. 472 p.
2. Akushevich A. A. QR-codes in educational publications: editorial aspect. Proceedings of BSTU. Episode 4: Print and Media Technologies. 2022. № 1 (255). Pp. 151-158.
3. Revival of agroforestry in the Volgograd region. Scientific and Agronomic Journal. 2018. № 1 (102). P. 63.
4. Volkhonskii V. V. Access Control and Management Systems. Barcodes. St. Petersburg: ITMO University, 2015. 53 p.
5. Zhirin V. M., Knyazeva S. V., Eidlina S. P. Estimation of Biometric Parameters of Plantations Based on Images of Interplanetary Space on Ultra-High Resolution Satellite Images. Dendrology. 2018. № 3. Pp. 163-177.
6. Koshelev A. V., Shatrovskaya M. O. Agroforestry Reclamation Assessment of Protective Forest Plantations with the Use of Remote Data and Geoinformation Technologies. InterCarto. InterGIS. 2022. V. 28. № 2. Pp. 871-884.
7. Kretinin V. M., Kulik K. N., Koshelev A. V. Agroforestry Reclamation Assessment of Protective Forest Plantations According to Remote Monitoring Data. Forest Technical Journal. 2017. № 3 (27). Pp. 107-114.
8. Kulik K. N., Koshelev A. V. Methodical Basis for Agroforestry Reclamation Assessment of Protective Forest Plantations According to Remote Monitoring Data. Forest Technical Journal. 2017. № 3 (27). Pp. 107-114.
9. Kulik K. N. Current State of Protective Forest Plantations in the Russian Federation and Their Role in Mitigating the Consequences of Droughts and Desertification of Lands. Scientific and Agronomic Journal. 2022. № 3 (118). Pp. 8-13.
10. Nurmagomedova M. K., Gaziteeva A. M. R., Mirzaaliev R. K. SWOT Analysis as a Method of Economic Analysis of an Enterprise. Economics and Entrepreneurship. 2020. № 7 (120). Pp. 1209-1213.
11. Kulik K. N., et al. Substantiation of the forecast for the development of protective afforestation in the Volgograd region. Forecasting problems. 2017. № 6. Pp. 93-100.
12. Ofitserov A. S. QR-Code: Technologies of Reliability and Openness of Elections. Electoral Legislation and Practice. 2017. № 3. Pp. 28-30.
13. Shavtikova L. M., et al. Application of QR Code in Modern Life and Its Role in the Economic Sphere. Financial Economics. 2021. № 12. Pp. 213-215.
14. Khamidullin M. R., et al. Application of QR Codes for Checkpoint Organization. International Journal of Advanced Studies. 2020. V. 10. № 4. Pp. 123-138.

15. Koshelev A. V., Tkachenko N. A., Shatrovskaya M. O. Decoding of forest belts using satellite images. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 875. 012065 p.

16. Focardi R., Luccio F. L., Wahsheh H. A. M. Usable security for QR code. Journal of Information Security and Applications, 2019. V. 48. P. 102369.

17. Focardi R., Luccio F. L., Wahshe H. A. M. Security threats and solutions for two dimensional barcodes: a comparative Study Daimi K. (Ed.). Computer and network security essentials. 2018. Pp. 207-219.

Информация об авторах

Кулик Константин Николаевич, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7124-8116>, e-mail: kulikn@yandex.ru

Кошелев Александр Валентинович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: 0000-0003-4048-7549, e-mail: alexkosh@mail.ru

Шатровская Мария Олеговна, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID 0000-0002-3202-4184, e-mail: shatrovskayam@vifanc.ru

Гордиенко Олег Андреевич, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории защиты почв от эрозии, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5381-9114>, e-mail: oleg.gordienko.95@bk.ru

Балкушкин Роман Николаевич, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0987-6263>, e-mail: balkushkin_r@vifanc.ru

Author's Information

Kulik Konstantin Nikolaevich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7124-8116>, e-mail: kulikn@yandex.ru

Koshelev Aleksander Valentinovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Agricultural Technologies and Farming Systems in Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: 0000-0003-4048-7549, e-mail: alexkosh@mail.ru

Shatrovskaya Maria Olegovna, PhD student, junior researcher at the Laboratory of Agricultural Technologies and Farming Systems in Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID 0000-0002-3202-4184, e-mail: shatrovskayam@vifanc.ru

Gordienko Oleg Andreevich, PhD student, junior researcher at the Laboratory of Soil Erosion Protection, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5381-9114>, e-mail: oleg.gordienko.95@bk.ru

Balkushkin Roman Nikolaevich, PhD student, junior researcher at the Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0987-6263>, e-mail: balkushkin_r@vifanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-02

MODERN TECHNOLOGIES OF ADAPTIVE-LANDSCAPE FARMING IN THE REALIZATION OF THE GENETIC POTENTIAL OF GRAIN AND LEGUMINOUS CROPS

Voronov S. I., Zelenev A. V.

Federal Research Center «Nemchinovka»
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: zelenev.a@bk.ru

Received 18.12.2023

Submitted 01.02.2024

Summary

The article presents the results of the introduction of intensive and high-intensity agricultural technologies of adaptive landscape farming, increasing the genetic potential of grain and leguminous crops selected by the Federal Research Center "Nemchinovka".

Abstract

Introduction. The use of modern agricultural technologies of adaptive landscape farming with the aim of ensuring the country's food security, capable of realizing the genetic potential of grain and leguminous crops, favors an increase in their productivity, as well as the restoration, conservation and growth of soil fertility; development of selection, seed production, as well as reducing import dependence on seeds. **Materials and methods.** In a two-factor field experiment on soddy-podzolic soils of the Central region of the Non-Chernozem Zone, technologies

for growing crops, grains and leguminous crops were studied in agricultural technologies differentiated by the scale of intensification – high-intensity, intensive and normal. **Results and conclusions.** The number of crop varieties included in the State List of Breeding Results accepted for use in 2022, the selection of FIC "Nemchinovka" 85 things, of which 13 and 12 pieces of soft winter and 10 pieces – winter rye and triticale – 11 and 8 pieces, spring barley and oats of 16 and 23 pieces, peas of sowing 2 pieces, respectively. A register of varieties of grain and leguminous crops has been formed for the Central region of the Non-Chernozem Zone: winter rye – Moskovskaya 18, Valdai, Moskovskaya 15, Tatyana, Moskovskaya 12; winter triticale – Victor, Hermes, Nemchinovsky 56, Nina; soft winter wheat – Nemchinovskaya 57, Moskovskaya 39, Nemchinovskaya 85, Moskovskaya 40, Nemchinovskaya 24, Moskovskaya 56; spring soft wheat – Esther, Zlata, Agatha, Rome, Radmir; spring barley – Nur, Moscow 86, Vladimir, Yaromir, Zlatoyar; oats spring – Lev, Yakov, Bulani, Slovet, Nemchinovsky 61; peas sowing – Nemchinovsky 50, Nemchinovsky 100. According to high – intensity agricultural technology, the yield in 2022 was the highest and amounted to winter wheat – 7.50 t/ha, winter rye – 6.78 t/ha, winter triticale – 6.49 t/ha, spring wheat – 6.50 t/ha, spring barley – 6.80 t/ha, spring oats – 5.70 t/ha and peas – 4.22 t/ha.

Keywords: cereals, leguminous crops, adaptive-landscape farming, landscape farming technologies.

Citation. Voronov S. I., Zelenev A. V. Modern technologies of adaptive-landscape farming in the realization of the genetic potential of grain and leguminous crops. *Proc. Of the Lower Volga Agro University Comp.* 2024. 1(73). 21-31 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-02.

Author's contribution. All authors were directly involved in the planning, execution or analysis of the study, and also reviewed and approved the final version of the article.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.5:633.1:633.31/.37

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗЕРНОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

Воронов С. И., доктор биологических наук, член-корр. РАН, профессор
Зеленев А. В., доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»
г. Москва, Российская Федерация

Введение. Применение современных агротехнологий адаптивно – ландшафтного земледелия с целью обеспечения продовольственной безопасности страны, способных реализовать генетический потенциал зерновых и зернобобовых культур, благоприятствует увеличению их продуктивности, а также воссозданию, сбережению и росту плодородности почв; развитию селекции, семеноводства, а также снижению импортной зависимости в семенах. **Материалы и методы.** В двухфакторном полевом опыте на дерново-подзолистых почвах Центрального региона Нечернозёмной зоны изучали технологии выращивания сельхозкультур, зерновые и зернобобовые культуры в агротехнологиях, дифференцирующихся по масштабу интенсификации – высокоинтенсивная, интенсивная и нормальная. **Результаты и обсуждение.** Число сортов сельхозкультур, включённых в Государственный перечень селекционных результатов, принятых к применению в 2022 году, селекции ФИЦ «Немчиновка» 85 штук, из них мягкой озимой и яровой пшеницы – 13 и 12, озимой ржи и тритикале – 11 и 8, ярового ячменя и овса 16 и 23, гороха посевного 2, соответственно. Сформирован реестр сортов зерновых и зернобобовых культур для Центрального региона Нечернозёмной зоны: рожь озимая – Moskovskaya 18, Валдай, Moskovskaya 15, Татьяна, Moskovskaya 12; тритикале озимая – Виктор, Гермес, Немчиновский 56, Нина; пшеница озимая мягкая – Немчиновская 57, Moskovskaya 39, Немчиновская 85, Moskovskaya 40, Немчиновская 24, Moskovskaya 56; яровая мягкая пшеница – Эстер, Злата, Агата, Рима, Радмира; яровой ячмень – Nur, Московский 86, Владимир, Яромир, Златояр; овёс яровой – Лев, Яков, Буланий, Залп, Немчиновский 61; горох посевной – Немчиновский 50, Немчиновский 100. По высокоинтенсивной агротехнологии урожайность в 2022 году была самой высокой и составляла у озимой пшеницы – 7,50 т/га, озимой ржи – 6,78 т/га, озимой тритикале – 6,49 т/га, яровой пшеницы – 6,50 т/га, ярового ячменя – 6,80 т/га, ярового овса – 5,70 т/га и гороха – 4,22 т/га.

Ключевые слова: зерновые культуры, зернобобовые культуры, адаптивно-ландшафтное земледелие, технологии ландшафтного земледелия.

Цитирование. Воронов С. И., Зеленев А. В. Современные технологии адаптивно-ландшафтного земледелия в реализации генетического потенциала зерновых и зернобобовых культур. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 21-31. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-02.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Первейшим обстоятельством обеспечения государственной устойчивости, сохранения независимости, приоритетной долей стратегии численности населения и улучшения характера жизни российских граждан является прочное становление сельскохозяйственного производства, каковое регулярно соприкасается с угрозами и грандиозными препятствиями, ассоциированными с переменой климатического режима и оскудением обрабатываемых почв. Перед сельскохозяйственным производством стоит проблема повышения необходимости в продуктах питания на 70 %, поскольку к 2050 году численность народонаселения планеты дойдёт до 9,3 миллиарда человек. Пропорциональность количества и качества произведённых товарных продуктов, интенсификация растениеводства, нехватка вложений в производственные ресурсы, ценовая волатильность, являются центральными мотивами, ограничивающими становление аграрного производства [1, 2].

За последние десятилетия сельскохозяйственная отрасль показывает стабильное наращивание, включительно благодаря национальной помощи, представляется частью центральных драйверов государственной экономики, проявляет надёжный общественно-хозяйственный подъём и прямое воздействие на пищевое обеспечение страны. Россия в 2022 году произвела 155 миллионов тонн зерновых, включая 100 миллионов тонн пшеницы. Это перебило прежнее достижение в 135,5 миллион тонн, которое было достигнуто в 2017 году. Валовое производство зерна составило 65 миллион тонн в период с 1996 по 2000 год и 124,5 миллион тонн в период с 2016 по 2020 год. В XX веке урожайность зерна не увеличивалась больше 15-16 ц/га, а в 2016 – 2020 годах она формировалась на уровне 27,4 ц/га, что способствовало её росту на 70-80 %. У сельхозтоваропроизводителей целеустремлённые идеи на предстоящие 20 лет – занять первое место в мире по количеству зерна на душу населения и поднять в 2 раза урожайность сельскохозяйственных культур до 55-60 ц/га [3].

Замыслом Стратегии развития агропромышленного комплекса страны на период до 2030 года, одобренной распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2022 года № 2567-р, считается предоставление цифровой трансформации ввиду назревших внешнеполитических и экономических опасностей, продолжительного и передового роста сельскохозяйственной отрасли, результативного регулирования угодьями земледельческого направления, упрочнения продовольственной независимости, национальное производство принципиальных категорий продуктов [4].

С целью выполнения национального задания, ориентированного на поддержание продуктовой независимости, необходимо применять современные технологии адаптивно – ландшафтного земледелия, которые разрабатывались применительно к агроэкологическим группам земель согласно с запросами сбыта, требованиями сельскохозяйственных культур для различных хозяйственных укладов с учетом производственно-ресурсного потенциала. Апробация таких технологий будет благоприятствовать выполнению производственных агротехнологий и росту продуктивности сельхозкультур; правильной эксплуатации земельных наделов; нормализации, поддержанию и приумножению плодородности земли; развитию селекции, семеноводства и снижению импортозависимости в части семенного материала; созданию новых технологий производства сельскохозяйственной продукции [5, 6, 7, 8, 9].

Цель исследований – обосновать влияние современных агротехнологий адаптивно – ландшафтного земледелия на реализацию генетического потенциала зерновых и зернобобовых культур селекции ФИЦ «Немчиновка» в Центральном регионе Нечернозёмной зоны.

Материалы и методы. Исследования по изучению зерновых и зернобобовых культур в зависимости от агротехнологий адаптивно-ландшафтного земледелия различного уровня интенсификации выполняли на дерново-подзолистых почвах в Московской области, входящей в Центральный регион Нечернозёмной зоны России.

Дерново-подзолистые почвы были среднесуглинистыми по гранулометрическому составу и имели следующие агрохимические характеристики пахотного слоя: pH_{KCl} равнялась 5,6 – 6,3, что было близко к нейтральной и нейтральной реакции почвенного раствора; содержание подвижного фосфора по Кирсанову высокое и очень высокое, калия – среднее, повышенное и высокое по Кирсанову, соответственно 224 – 316 и 112 – 203 мг/кг почвы; содержание Ca^{2+} и Mg^{2+} равнялось, соответственно 7,23 – 9,48 ммоль/100 г почвы и 1,77 – 2,75 ммоль/100 г почвы.

Плевые опыты проводили по двухфакторной схеме. Зерновые и зернобобовые культуры (фактор А) размещали в вариантах опыта, различающихся уровнем интенсификации – нормальная технология, интенсивная и высокоинтенсивная (фактор В). Изучение проводилось в севообороте: пар занятый – озимые зерновые – яровые зерновые – зернобобовые – яровые зерновые. Общий размер делянки – 160 м², учетная площадь – 70 м², повторность – четырехкратная, агротехника возделывания зерновых и зернобобовых культур общепринятая для Центрального региона Нечернозёмной зоны.

Закладку опытов осуществляли в соответствии с методикой Б. А. Доспехова. Учеты и наблюдения за посевами зерновых и зернобобовых культур выполняли по методике «Опытное дело в полеводстве».

Результаты и обсуждение. Научно – исследовательские организации вывели конкурентоспособные и высокоурожайные сорта зернобобовых и зерновых сельхозкультур, которые дают от 3 до 7 тонн зерна с гектара. Ликвидация сортов из Государственного перечня и внесение в него производит «Госсорткомиссия». В промежутке с 4 марта 2021 года по 2 июня 2022 года в Государственный перечень было добавлено 1462 сорта зернобобовых и зерновых сельхозкультур, включая 85 сортов Немчиновской селекции, дополнено функционирование 92 свежих сортов, из них 3 сорта нашей селекции.

Обязательным условием благополучного развития систем земледелия нового поколения считается селекция сортов сельскохозяйственных культур, совмещающих высокую потенциальную урожайность и качество с выносливостью к неблагоприятным факторам окружающей среды [10]. Селекционерами ФИЦ «Немчиновка» выведены сорта сельхозкультур, выносливые к неживым и живым источникам стресса в регионе.

Национальные сорта сельхозкультур обязаны составлять 90-95 процентов засеваемых земель, что исходит из Доктрины пищевой независимости нашей страны и примерно соответствует фактическому уровню посевов данной категории сельхозкультур. Численность сортов в Государственном перечне выведенных успехов, принятых к внедрению в 2022 году, следующая: овёс – 154 шт. или 90 %, пшеница озимая мягкая – 374 шт., включая 96 % государственной селекции, пшеница яровая мягкая – 300 шт. или 95 %, тритикале озимая – 102 шт. или 91 % и рожь озимая – 91 шт. или 96 %. И лишь ячмень яровой имеет более низкие результаты – 267 шт. или 75 % и гороха посевного – 174 шт. или 84 %. Впервые в 2022 г. были включены в реестр 25 сортов пшеницы мягкой озимой и 21 сорт пшеницы мягкой яровой, 4 и 6 сортов озимой ржи и тритикале, 19 и 11 сортов ярового ячменя и овса, 6 сортов посевного гороха, соответственно.

Количество сортов пшеницы мягкой озимой и яровой селекции ФИЦ «Немчиновка» в Государственном реестре составляет 13 и 12, озимой ржи и тритикале 11 и 8, ярового ячменя и овса 16 и 23, гороха посевного 2, соответственно. Впервые в 2022 г. в реестр были включены по одному нашему сорту озимой ржи Московская 18, ярового ячменя Рафаэль и ярового овса Азиль.

Озимая и яровая мягкая пшеница, яровой ячмень и овес, горох считаются главными зерновыми и зернобобовыми культурами в России. Засеянные поля данными сельхозкультурами в 2022 году насчитывали, соответственно 16,7; 12,9; 7,4; 2,2 и 1,4 миллион гектар. Спрос на семена этих культур равнялся, соответственно 3841, 2322, 1480, 308 и 280 тысяч тонн. К сожалению, снизилась посевная площадь озимой ржи и тритикале до 0,9 и 0,1 млн. га, соответственно, потребность в семенах данных культур составила 144 и 19 тыс. т.

Пшеница озимая признаётся в нашей стране более популярной сельхозкультурой. Засеянная пашня под этой культурой в 2022 году доходила до 16,7 миллион гектар. Это стало итогом селекции новых сортов, адаптированных к условиям холодных северных регионов, в котором более урожайная озимая пшеница незаметно вытесняет менее урожайную яровую. За предыдущее десятилетие также произошёл планомерный рост посевной площади этой культуры с 11,8 млн. га в 2011 г. до 16,9 млн. га в 2020 г. В 2022 году засеянные поля ржи озимой в нашей стране сократились до 0,9 миллион гектар против 1,0 млн. га в 2021 г. В начале предыдущего десятилетия наблюдалось увеличение площадей под этой культурой с 1,5 млн. га в 2011 г. до 1,9 млн. га в 2014 г., а с 2015 г. наблюдается значительное снижение с 1,3 млн. га до 1,0 млн. га в 2020 г. Посевная площадь озимой тритикале в России обеспечивалась на стабильно низком уровне, и если в начале и середине предыдущего десятилетия с 2011 по

2017 гг. она составляла 0,2 млн. га, то в конце и начале текущего десятилетия ее посевная площадь сократилась до 0,1 млн. га. В предыдущее десятилетие посевные площади яровой пшеницы, второй по масштабам выращивания культуры, сильно колебались. Самый низкий показатель обеспечивался в 2018 г. – 12,0 млн. га, самый высокий в 2011 и 2017 гг. – 13,7 млн. га. Посевные площади яровой пшеницы в начале текущего десятилетия также колебались и составили 13,1 млн. га в 2021 г. и 12,9 млн. га в 2022 г., что на 1,5 % было меньше, чем в предыдущем году. Посевная площадь ярового ячменя в предыдущее десятилетие также колебалась в районе 8,0 млн. га. Самый низкий показатель обеспечивался в 2011 и 2017 гг. – 7,5 млн. га, самый высокий – в 2014 г. – 8,8 млн. га. В начале текущего десятилетия площади посевов этой культуры неумолимо сокращались и в 2021 и 2022 гг. составили 7,4 миллион гектар. Необходимо подчеркнуть, что приблизительно 0,8 миллион гектар либо 10 % посевов ячменя используется на пивоваренные цели. С середины предыдущего десятилетия и по настоящее время наблюдается устойчивое снижение посевных площадей под овсом – с 3,0 млн. га в 2015 г. до 2,2 млн. га в 2022 г. Самый высокий показатель обеспечивался в 2013 г. – 3,3 млн. га. Посевные площади гороха в предыдущее десятилетие значительно колебались от 0,9 млн. га в 2015 г. до 1,4 млн. га в 2018 г. В начале текущего десятилетия этот показатель был стабильно высоким и составлял 1,4 млн. га в 2021 и 2022 гг.

По данным Россельхозцентра, среди 10 наиболее популярных сортов озимой пшеницы по объёму высеваемых семян в 2022 г. лидирует Скипетр – 219,4 тыс. т, созданный в результате сотрудничества ФНЦ зернобобовых и крупяных культур с КФХ «Приволье-1». Со второй по седьмую и девятую строчки рейтинга занимали сорта ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, соответственно: Алексеич с объёмом высеваемых семян в 2022 г. – 205,7 тыс. т, Гром – 200,6 тыс. т, Таня – 186,0 тыс. т, Безостая 100 – 101,9 тыс. т, Юка – 93,1 тыс. т, Тимирязевская 150 – 87,5 тыс. т и Еланчик – 75,0 тыс. т. Замыкал рейтинг сорт селекции ФИЦ «Немчиновка» Московская 56 с объёмом высеваемых семян 60,1 тыс. т, который вырос по сравнению с 2021 г. (27,7 тыс. т) в 2,2 раза.

Из 10 наиболее популярных сортов озимой ржи в 2022 г. лидером по объёму высеванных семян – 31,2 тыс. т, стал Памяти Кунакбаева, созданный в результате сотрудничества Агрокомплекса «Кургансемена» и Уфимского ФИЦ. На шестой строчке рейтинга находился также сорт Уфимского ФИЦ Чулпан 7 с объёмом высеваемых семян 5,8 тыс. т. На второй, четвертой и пятой строчках рейтинга находились сорта ФАНЦ Юго-Востока с объёмом высеваемых семян, соответственно: Саратовская 7 – 18,8 тыс. т, Саратовская 6 – 13,3 тыс. т, Марусенка – 10,3 тыс. т. На третьей позиции располагался сорт ФАНЦ Северо – Востока Фаленская 4 с показателем 16,1 тыс. т. На предпоследней девятой строчке рейтинга находился сорт селекции ФИЦ «Немчиновка» Татьяна с объёмом высеваемых семян 3,8 тыс. т. Однако в последнее время засеянные поля гибридами ржи озимой стремительно разрастаются, и в перечне разрешённых к применению находится уже 11 штук, каковые всецело продемонстрированы иностранными гибридами. В Немчиновке проверяется с 2019 года местный трехлинейный гетерозисный гибрид Немчиновский 1.

Среди 10 самых популярных сортов озимой тритикале в России на первом месте с объёмом высеваемых семян в 2022 г. – 1,4 тыс. т находился сорт Федерального Ростовского АНЦ Торнадо. Также этой селекции принадлежали сорта Алмаз, Консул и Корнет, которые располагались на пятой, восьмой и последней десятой строчках рейтинга с показателем, соответственно 1,0; 1,0 и 0,8 тыс. т. Сорта НЦЗ им. П.П. Лукьяненко Тихон и Хлебороб занимали, соответственно, вторую и девятую строчки с объёмом высеваемых семян 1,2 и 1,0 тыс. т. На третьей и шестой строчках располагались сорта Уфимского ФИЦ Башкирская короткостебельная и Башкирская 3 с показателем, соответственно 1,1 и 1,0 тыс. т. Сорт селекции ФИЦ «Немчиновка» Немчиновский 56 занимал четвёртую строчку рейтинга с объёмом высеваемых семян 1,1 тыс. т.

Из 10 наиболее популярных сортов яровой пшеницы лидером по объёмам высеваемых семян в 2022 г. – 145,7 тыс. т являлся Ирень, созданный Уральским ФАНЦ. Вторую строчку рейтинга занимал сорт селекции ФИЦ института цитологии и генетики Сибирского отделения РАН Новосибирская 31 с показателем 134,9 тыс. т. На третьей позиции находился сорт селекции Омского АНЦ Омская 36 с объёмом высеваемых семян 93,7 тыс. т. Сорта иностранной селекции Гранни (Австрия), Ликамеро (Франция) и КВС Буран (Германия) занимали четвёртую, пятую и последнюю десятую строчки, соответственно, с показателем 79,5; 77,3 и 45,5 тыс. т. Сорта ФИЦ «Немчиновка» в десятку самых распространенных не вошли.

Среди 10 наиболее популярных сортов ярового ячменя лидером по объёмам высеваемых семян в 2022 г. – 73,2 тыс. т, являлся Прерия, созданный Агрокомплексом «Курган-семена». На второй строчке рейтинга находился сорт Северо-Кавказского ФНАЦ Вакула с показателем 70,7 тыс. т. На третьей позиции располагался сорт ФИЦ института цитологии и генетики Сибирского отделения РАН Ача с объёмом высеваемых семян 69,2 тыс. т. Также селекции ФИЦ ИЦИГ СО РАН принадлежал сорт Биом, который занимал седьмую строчку рейтинга с показателем 48,2 тыс. т. Единственный иностранный сорт Деспина (Германия) находился на восьмом месте по объёму высеваемых семян 46,3 тыс. т. В рейтинге 10 лучших сортов находилось три сорта селекции ФИЦ «Немчиновка»: Нур на шестом месте с результатом 51,2 тыс. т, Зазерский 85 на девятом месте с результатом 42,6 тыс. т, Раушан на десятом месте с результатом 41,3 тыс. т. Причём объём высеваемых семян у сорта Зазерский 85 в 2022 г. увеличился по сравнению с 2021 г. на 1,4 %.

Из 10 наиболее популярных в России сортов ярового овса в 2022 г. на первом месте с большим отрывом по объёму высеванных семян в 55,1 тыс. т оказался сорт ФИЦ Института цитологии и генетики СО РАН Ровесник. Высокую вторую позицию занял сорт ФИЦ «Немчиновка» Яков с 31,0 тыс. т, а также сорт Скаун, находившийся на пятом месте в рейтинге с показателем 25,6 тыс. т. На третьей строчке располагался сорт Красноярского ФИЦ Саян с объёмом высеваемых семян 30,3 тыс. т. Замыкал рейтинг сорт Фома селекции ФИЦ Тюменский НЦ СО РАН с показателем 11,3 тыс. т.

У гороха в рейтинге из 10 сортов 8 сортов или 80 % по объёму высеваемых семян были иностранной селекции. Первое и второе места занимали сорта Рокет и Саламанка (Германия) с показателями в 2022 г. – 30,5 тыс. т. Третье место принадлежало сорту Джепот (Дания) с объёмом высеваемых семян 21,8 тыс. т. Сорта отечественной селекции занимали пятое и десятое место, это Аксайский усатый 55 Федерального Ростовского АНЦ с показателем 17,0 тыс. т и Ямальский селекции ООО «Фабалес» – 12,8 тыс. т. Сорта ФИЦ «Немчиновка» в десятке самых высеваемых не оказалось.

Существенное увеличение урожайности и валового производства зерна предполагает оптимистичный прогноз с учётом концепции роста зернового кластера до 2035 года. Рост урожайности пшеницы с целью гарантий продовольственной безопасности, увеличения экспорта зерна считается серьёзным условием достижения этой цели. Вместе с тем отдельную роль станет играть повышение качества продовольственного зерна, каковое за последние несколько лет обладает особенностью к ухудшению [11].

Показатели производства зерновых культур в России за предыдущие и в начале текущего десятилетия представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели производства зерновых культур в Российской Федерации
Table 1 – Grain crops production indicators in the Russian Federation

Культура / Culture	1991-2000 гг.	2001-2010 гг.	2011-2020 гг.	2021 г.	2022 г.
Посевная площадь, млн. га / Sown area, million hectares					
Пшеница / Wheat	24,2	25,1	26,7	28,8	29,6
Рожь / Rye	4,6	2,4	1,3	1,0	0,9
Ячмень / Barley	13,1	9,5	8,6	8,2	8,0
Овес / Oat	7,1	3,7	2,9	2,3	2,2
Валовый сбор, тыс. т / Gross harvest, kt					
Пшеница / Wheat	36238	48603	66039	76057	104445
Рожь / Rye	7068	4173	2466	1722	2215
Ячмень / Barley	18989	17183	18113	17996	23454
Овес / Oat	8525	5277	4763	3776	4556
Урожайность, ц/га / Yield, hwt/ha					
Пшеница / Wheat	15,0	19,4	24,7	26,4	35,3
Рожь / Rye	15,4	17,4	19,0	17,2	24,6
Ячмень / Barley	14,5	18,1	21,1	21,9	29,3
Овес / Oat	12,0	14,3	16,4	16,4	20,7

Анализ данных таблицы 1 показывает, что вследствие интенсификации агротехнологий выращивания, реализации последних сортов сельхозкультур, усовершенствования структуры сельскохозяйственных земель, урожайность поднялась: у пшеницы в 2011 – 2020 гг. по сравнению с 1991 – 2000 гг. на 64,7 %, с 2001 – 2010 гг. на 27,3 %; у ржи, соответственно, на 23,4 и 9,2 %; у ячменя на 45,5 и 16,6 %; у овса на 36,7 и 14,7 %. В 2022 г. засеянные площади овса, пшеницы, ячменя и ржи составили 2,2; 29,6; 8,0 и 0,9, и миллион гектар соответственно, валовые сборы – 4556, 104445, 23454 и 2215 тысяч тонн, урожайность – 20,7; 35,3; 29,3 и 24,6 ц/га. Уверенный рост посевной площади и валовых сборов отмечался только у пшеницы, у остальных культур наблюдалось снижение данных показателей в 2021 и 2022 гг. по сравнению с предыдущими десятилетиями.

Обладание зональными интенсивными и высокоинтенсивными агротехнологиями выращивания, гарантирующими исполнение наследственных возможностей последних сортов благодаря более продуктивному задействованию территориального ландшафтно-метеорологического потенциала и возможностей интенсификации земледелия с абсолютной экологической безопасностью считается ключевым условием результативного решения проблемы повышения производства зерна [12].

Адаптивно-ландшафтные технологии земледелия – это сочетание технологических мероприятий по контролю за производственными операциями выращивания агрокультур в полевых биоценозах ради обретения намеченных сборов зерна и первоклассных товарных продуктов в случае природной сбалансированности и максимальной финансовой выгоды.

Сельскохозяйственные технологии выращивания полевых культур встроены в весь комплекс регулирования аграрной территорией через системы агробиоценозов и почвенной подготовки, защитные меры для растений и применение удобрительных веществ и представляются основополагающим компонентом адаптивно-ландшафтных систем земледелия. С другой стороны они располагают специальным достоинством, обозначающим специфические признаки сорта, адаптивность к полеганию, вредителям, засухе, болезням, качество продукции, урожайность. Культурный сорт устанавливает агротехнику, между тем успех обуславливается тем, в какой степени он отвечает агроэкологическому состоянию участка. Исходя из интенсивности отличают четыре разновидности технологий выращивания сельхозкультур: экстенсивные, нормальные, интенсивные и высокоинтенсивные (точные).

В интенсивных и точных агротехнологиях создаётся весь набор управления производственным процессом по микропериодам органогенеза. Они предназначены для максимального использования агроклиматических ресурсов. Одновременное прохождение растениями микрофаз развития считается важным условием. Точные агротехнологии отличаются от интенсивных использованием полного комплекса прецизионных машин, навигационного оборудования и информатизации при выполнении технологических операций по внесению удобрений, пестицидов и биопрепаратов в изменяющемся режиме. Интенсивные агротехнологии ограничены применением необходимых и доступных средств параллельного вождения [13, 14].

В ФИЦ «Немчиновка» сформирован реестр сортов зерновых и зернобобовых культур для Центрального региона Нечернозёмной зоны, в котором представлены их характеристики в соответствии с моделью агроэкологического паспорта, что может быть использовано в автоматизированной цифровой платформе. Культурными сортами ржи озимой считаются Московская 18, Валдай, Московская 15, Татьяна, Московская 12; тритикале озимой – Виктор, Гермес, Немчиновский 56, Нина; пшеницы озимой мягкой – Немчиновская 57, Московская 39, Немчиновская 85, Московская 40, Немчиновская 24, Московская 56; яровой мягкой пшеницы – Эстер, Злата, Агата, Рима, Радмира; ярового ячменя – Нур, Московский 86, Владимир, Яромир, Златояр; овса ярового – Лев, Яков, Буланный, Залп, Немчиновский 61; гороха посевного – Немчиновский 50, Немчиновский 100.

С использованием аппаратуры космической навигации GPS для автоматического управления техникой и контроля урожайности сельскохозяйственных культур сопряжено точное или прецизионное земледелие, основанное на принципах адаптивно – ландшафтного земледелия. Точное земледелие в международной практике понимается как интегрированная высокотехнологичная система управления сельским хозяйством, охватывающая технологии глобального позиционирования, оценки урожайности, переменного нормирования, дистанционного зондирования, геоинформационные системы и технологические решения «интернет вещей».

Применяется огромное количество сервисов, среди которых: компоновка сельскохозяйственных территорий; системы автоматического управления движением; автоматизированные системы управления производством; управления разбрасывателями мелиорантов и удобрений, зерновыми сеялками, опрыскивателями; контроля глубины обработки почвы; внесения и анализа жидких удобрений; высоты штанги; уборки урожая; базовые станции RTK и модемы роверов; датчики уровня вегетации; оперативный мониторинг состояния посевов [15, 16].

Среди центральных проблем адаптивно – ландшафтного земледелия серьезное значение имеет совершенствование прямого посева, главным приоритетом которого является формирование мульчи из измельченной соломы и пожнивных остатков [17].

При достижении точки оснащённости пашни удобрениями, последующее повышение их внесения должно реализовываться в точных технологиях в соответствии с планируемыми урожайностью и качеством продукции. Некоторый прогресс в адаптивно-ландшафтных системах земледелия, но ограниченный, приобрёл ландшафтный подход к использованию удобрений [18, 19].

Защита растений от вредоносных объектов видется сугубо трудной проблемой современного земледелия. Ландшафтно-экологические условия формируют предпосылки для развития фитосанитарной обстановки. Биоценоотическими связями и формами взаимоотношений между организмами определяется фитосанитарная функция. Выведение сортов, устойчивых к болезням и вредителям, является общей задачей. Химический метод является по причине вероятности негативного воздействия на экологию и результаты труда весьма слабым звеном в борьбе с вредителями и болезнями растений. Он может быть обоснован при развитии адаптивно-ландшафтных систем земледелия, позволяющих снизить долю чистых паров и гораздо более полно внедрять почвозащитные системы обработки почвы и минимизировать её [20].

Таблица 2 – Урожайность и себестоимость зерновых и зернобобовых сельскохозяйственных культур в соответствии с категорией агротехники в 2022 г.

Table 2 – Productivity and cost of agricultural grains and legumes crops in accordance with the category of agricultural technology in 2022

Культура / Culture	Уровень интенсификации агротехнологии / Level of intensification of agricultural technology	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Себестоимость, руб./т / Cost of sales, RUB/t
Озимая пшеница / Winter wheat	Нормальный / Normal	3,37	7391,7
	Интенсивный / Intensive	5,50	5450,0
	Высокоинтенсивный / High Intensity	7,50	4660,0
	HCP ₀₅	1,14	235,1
Озимая рожь / Winter rye	Нормальный / Normal	2,97	8563,0
	Интенсивный / Intensive	4,46	6770,0
	Высокоинтенсивный / High Intensity	6,78	5147,5
	HCP ₀₅	1,17	351,7
Озимая тритикале / Winter triticale	Нормальный / Normal	2,99	8431,7
	Интенсивный / Intensive	4,45	6750,0
	Высокоинтенсивный / High Intensity	6,49	5340,0
	HCP ₀₅	1,12	246,3
Яровая пшеница / Spring wheat	Нормальный / Normal	2,79	9015,7
	Интенсивный / Intensive	4,43	6100,0
	Высокоинтенсивный / High Intensity	6,50	4920,0
	HCP ₀₅	1,62	297,4
Яровой ячмень / Spring barley	Нормальный / Normal	3,00	7400,0
	Интенсивный / Intensive	4,73	5725,0
	Высокоинтенсивный / High Intensity	6,80	4710,0
	HCP ₀₅	1,42	261,0
Яровой овёс / Spring oats	Нормальный / Normal	2,65	8381,7
	Интенсивный / Intensive	3,76	7255,0
	Высокоинтенсивный / High Intensity	5,70	5412,5
	HCP ₀₅	1,25	298,6
Горох / Pea	Нормальный / Normal	2,14	10371,7
	Интенсивный / Intensive	3,06	10294,0
	Высокоинтенсивный / High Intensity	4,22	7691,2
	HCP ₀₅	1,09	45,3

Увеличение видов и сортов растений является отправной точкой биологизации. Рост посевов бобовых и насыщение почвы органическим веществом благодаря соломе, сидеральным и промежуточным культурам, многолетним травам имеет отдельное значение [21, 22, 23, 24].

Влияние уровня интенсификации агротехнологий на фактическую себестоимость и урожайность сельхозкультур отображено в табл. 2.

Анализируя данные таблицы 2, можно констатировать, что урожайность сельхозкультур повышалась с увеличением уровня интенсификации их возделывания. Так, по сравнению с экстенсивной агротехнологией рост урожайности озимой пшеницы при нормальной агротехнологии составлял 1,04 т/га, при интенсивной – 3,17 т/га и точной – 5,17 т/га; озимой ржи – 0,85, 2,34 и 4,66 т/га; озимой тритикале – 0,88, 2,34 и 4,38 т/га; яровой пшеницы – 1,25, 2,89 и 4,96 т/га; ярового ячменя – 1,09, 2,82 и 4,89 т/га; ярового овса – 0,78, 1,89 и 3,83 т/га; гороха – 0,88; 1,80 и 2,96 т/га, соответственно.

Себестоимость 1 т зерна озимых, яровых зерновых и зернобобовых культур в 2022 г. повышалась от экстенсивной к нормальной технологии: у озимой пшеницы на 15,9 %, озимой ржи – 18,9 %, озимой тритикале – 17,3 %, яровой пшеницы – 15,6 %, ярового ячменя – 17,4 %, ярового овса – 26,9 % и гороха – 7,7 %, а у гороха ещё и к интенсивной на 6,9 %. Далее, по мере увеличения уровня интенсивности технологии себестоимость производства единицы продукции по сравнению с экстенсивной агротехнологией снижалась, соответственно: у озимой пшеницы на 14,5 и 26,9 %, озимой ржи – 6,0 и 28,5 %, озимой тритикале – 6,1 и 25,7 %, яровой пшеницы – 21,8 и 36,9 %, ярового ячменя – 9,2 и 25,3 %, ярового овса – 9,8 и 18,1 %, гороха – 21,1 %.

Заключение. В современных условиях беспрецедентных вызовов обеспечение продовольственной безопасности страны невозможно без устойчивого развития сельского хозяйства на основе внедрения интенсивных и высокоинтенсивных агротехнологий адаптивно – ландшафтного земледелия, повышения генетического потенциала зерновых и зернобобовых культур местной селекции.

Conclusions. In modern conditions of unprecedented challenges, ensuring the country's food security is impossible without the sustainable development of agriculture based on the introduction of intensive and high-intensity agricultural technologies of adaptive landscape farming, increasing the genetic potential of grain and leguminous crops of local selection.

Библиографический список

1. Кирюшин В. И. Концепция развития земледелия в Нечерноземье: монография. СПб.: «Квадро», 2020. 275 с.
2. Попов Е. В., Кирдин В. Ф., Штырхунов В. Д. и др. Улучшение плодородных свойств почв за счёт рационального сочетания вносимых удобрений и способов известкования при возделывании озимой тритикале в Центральном районе Нечернозёмной зоны. Аграрная Россия. 2022. № 11. С. 3-10.
3. Воронов С. И. Состояние селекции и семеноводства зерновых культур в Российской Федерации в свете адаптивно – биосферной парадигмы земледелия. Известия Международной академии аграрного образования. 2023. № 65. С. 41-44.
4. Горшкова Н. В., Шкарупа Е. А., Елтонцев А. В. Импортзамещение в АПК: механизм реализации и перспективы развития. Вестник Волгоградского ГУ. 2021. № 3. С. 63-73.
5. Дедушев И. А., Ерошенко Л. М., Ромахин М. М. и др. Влияние азотного минерального питания на содержание белка в зерне сортов ячменя селекции ФИЦ «Мемчиновка». Аграрная Россия. 2023. № 9. С. 20-24.
6. Кирюшин В. И. Состояние и проблемы развития адаптивно – ландшафтного земледелия. Земледелие. 2021. № 2. С. 3-7.
7. Козлова Л. М., Рубцова Н. Е., Соболева Н. Н. Опыт разработки и подходы к совершенствованию адаптивных систем земледелия на ландшафтной основе в условиях центральной зоны Северо – Восточного региона европейской части РФ. Аграрная наука Евро – Северо – Востока. 2016. № 5 (54). С. 56-62.
8. Конарев А. В., Лоскутов И. Г., Шеленга Т. В. и др. Генетические ресурсы растений – неисчерпаемый источник продуктов здорового питания. Аграрная Россия. 2019. № 2. С. 38-48.
9. Тиранова Л. В., Тиранов А. Б. Инновационные элементы технологий в севообороте для создания базы данных по проектированию агротехнологий зернобобовых в условиях Новгородской области. Аграрная Россия. 2016. № 10. С. 2-5.
10. Прянишников А. И., Савченко И. В., Шабаетов А. И. Научные основы адаптивного растениеводства Поволжья. Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 2 (18). С. 60-66.
11. Милащенко Н. З., Трушкин С. В. Технологии производства высококачественного зерна пшеницы в системе адаптивно-ландшафтного земледелия. Инновационно-технологические основы развития адаптивно-ландшафтного земледелия: материалы Международной науч. – практ. конференции. Курск, 2020. С. 16-19.
12. Борин А. А., Лощина А. Э. Агротехнологии разной интенсивности и урожайность зерновых культур на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья. Аграрная Россия. 2020. № 12. С. 3-8.

13. Борин А. А., Лощинина А. Э. Урожайность культур севооборота при применении агротехнологий различной интенсивности. *Аграрная Россия*. 2018. № 5. С. 3-8.
14. Зеленев А. В., Уришев Р. Х. Предшественники зерновых культур в биологизированных севооборотах Нижнего Поволжья. Стратегическое развитие АПК и сельских территорий РФ в современных международных условиях: материалы Международной науч.-практ. конференции. Волгоград, 2015. С. 122-128.
15. Кирюшин В. И. Система научно-инновационного обеспечения технологий адаптивно – ландшафтного земледелия. *Земледелие*. 2022. № 2. С. 3-7.
16. Плещачёв Ю. Н., Беленков А. И., Тюмаков А. Ю. и др. Точное (координатное) земледелие: реальность и перспективы. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2016. № 2 (42). С. 96-101.
17. Дубовик Д. В., Лазарев В. И., Айдиев А. Я. и др. Эффективность различных способов основной обработки почвы и прямого посева при возделывании озимой пшеницы на черноземных почвах. *Достижения науки и техники АПК*. 2019. № 12. С. 26-29.
18. Ильвес А. Л., Смолина Л. П. Нормативы корректировки показателей плодородия дерново-подзолистой почвы. *Аграрная Россия*. 2020. № 4. С. 23-27.
19. Корчагин А. А., Щукин И. М., Окоркова Л. А. и др. Влияние систем удобрения и обработки почвы на урожайность зерновых культур в адаптивно-ландшафтных системах земледелия владимирского Ополья. *Владимирский земледелец*. 2021. № 3 (97). С. 38-44.
20. Власенко Н. Г. Основные методологические принципы формирования современных систем защиты растений. *Достижения науки и техники АПК*. 2016. № 4. С. 25-29.
21. Воронов С. И., Киричкова И. В., Новиков С. Ю. Возделывание озимой ржи при различных уровнях интенсификации в Центральном Нечерноземье. *Аграрная Россия*. 2023. № 11. С. 3-6.
22. Егоров Н. М. Предшественники озимой пшеницы в сухостепной зоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья: Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы Международной науч.-практ. конференции. Волгоград, 2017. С. 460-464.
23. Зеленев А. В., Уришев Р. Х., Протопопов В. М. Приемы сохранения плодородия светло-каштановых почв в полевых биологизированных севооборотах Нижнего Поволжья. Проблемы рационального использования природоохозяйственных комплексов засушливых территорий: материалы Международной науч.-практ. конференции. Волгоград, 2015. С. 52-54.
24. Сарычев А. Н., Михальков Д. Е., Мищенко Е. В. и др. Особенности формирования урожайности и показателей качества зерна озимой пшеницы в агролесоландшафте. *Аграрная Россия*. 2023. № 10. С. 25-30.

References

1. Kiryushin V. I. Concept of development of agriculture in the Non-Black Earth Region: monograph. St. Petersburg: "Kvadro", 2020. 275 p.
2. Popov E. V., Kirdin V. F., Shtyrkhunov V. D., et al. Improving the fertile properties of soils through a rational combination of applied fertilizers and liming methods when cultivating winter triticale in the Central region of the Non-Chernozem Zone. *Agrarian Russia*. 2022. № 11. Pp. 3-10.
3. Voronov S. I. The state of selection and seed production of grain crops in the Russian Federation in the light of the adaptive-biosphere paradigm of agriculture. *News of the International Academy of Agrarian Education*. 2023. № 65. Pp. 41-44.
4. Gorshkova N. V., Shkarupa E. A., Eltontsev A. V. Import substitution in the agro-industrial complex: mechanism of implementation and development prospects. *Bulletin of Volgograd State University*. 2021. № 3. Pp. 63-73.
5. Dedushev I. A., Eroshenko L. M., Romakhin M. M., et al. The influence of nitrogen mineral nutrition on the protein content in the grain of barley varieties selected by the Federal Research Center "Nemchinovka". *Agrarian Russia*. 2023. № 9. Pp. 20-24.
6. Kiryushin V.I. State and problems of development of adaptive landscape farming. *Agriculture*. 2021. № 2. Pp. 3-7.
7. Kozlova L. M., Rubtsova N. E., Soboleva N. N. Experience in developing and approaches to improving adaptive farming systems on a landscape basis in the conditions of the central zone of the North-Eastern region of the European part of the Russian Federation. *Agricultural science of the Euro-North-East*. 2016. № 5 (54). Pp. 56-62.
8. Konarev A. V., Loskutov I. G., Shelenga T. V., et al. Plant genetic resources are an inexhaustible source of healthy food products. *Agrarian Russia*. 2019. № 2. Pp. 38-48.
9. Tiranova L. V., Tiranov A. B. Innovative elements of technologies in crop rotation to create a database for the design of leguminous agricultural technologies in the conditions of the Novgorod region. *Agrarian Russia*. 2016. № 10. Pp. 2-5.
10. Pryanishnikov A. I., Savchenko I. V., Shabaev A. I. Scientific foundations of adaptive plant growing in the Volga region. *Leguminous and cereal crops*. 2016. № 2 (18). Pp. 60-66.
11. Milashchenko N. Z., Trushkin S. V. Technologies for the production of high-quality wheat grain in the system of adaptive landscape farming. *Innovative and technological foundations for the development of adaptive landscape farming: materials of the International scientific. – practical conferences. Kursk*, 2020. Pp. 16-19.
12. Borin A. A., Loshchinina A. E. Agricultural technologies of different intensity and the yield of grain crops on sod-podzolic soils of the Upper Volga region. *Agrarian Russia*. 2020. № 12. Pp. 3-8.
13. Borin A. A., Loshchinina A. E. Productivity of crop rotation crops when using agricultural technologies of varying intensity. *Agrarian Russia*. 2018. № 5. Pp. 3-8.
14. Zelenев А. В., Уришев Р. Х. Предшественники зерновых культур в биологизированных севооборотах Нижнего Поволжья. Стратегическое развитие агро-индустриального комплекса и сельских территорий Российской Федерации в современных международных условиях: материалы международной науч.-практ. конференции. Волгоград, 2015. С. 122-128.
15. Kiryushin V. I. System of scientific and innovative support for adaptive landscape farming technologies. *Agriculture*. 2022. № 2. Pp. 3-7.

16. Pleskachev Yu. N., Belenkov A. I., Tyumakov A. Yu., et al. Precision (coordinate) farming: reality and prospects. *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2016. № 2 (42). Pp. 96-101.
17. Dubovik D. V., Lazarev V. I., Aydiev A. Ya. et al. The effectiveness of various methods of basic tillage and direct sowing when cultivating winter wheat on chernozem soils. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019. № 12. Pp. 26-29.
18. Ilves A. L., Smolina L. P. Standards for adjusting the fertility indicators of sod-podzolic soil. *Agrarian Russia*. 2020. № 4. Pp. 23-27.
19. Korchagin A. A., Shchukin I. M., Okorkova L. A., et al. The influence of fertilization and soil cultivation systems on the yield of grain crops in adaptive landscape farming systems of the Vladimir Opolye. *Vladimir farmer*. 2021. № 3 (97). Pp. 38-44.
20. Vlasenko N. G. Basic methodological principles for the formation of modern plant protection systems. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2016. № 4. Pp. 25-29.
21. Voronov S. I., Kirichkova I. V., Novikov S. Yu. Cultivation of winter rye at different levels of intensification in the Central Non-Black Earth Region. *Agrarian Russia*. 2023. № 11. Pp. 3-6.
22. Egorov N. M. Predecessors of winter wheat in the dry steppe zone of light chestnut soils of the Lower Volga region: Science and youth: new ideas and solutions: materials of the International scientific.-practical conferences. Volgograd, 2017. Pp. 460-464.
23. Zelenov A. V., Urishev R. Kh., Protopopov V. M. Techniques for preserving the fertility of light chestnut soils in field biologized crop rotations of the Lower Volga region. *Problems of rational use of environmental complexes in arid territories: materials of the International scientific. – practical conferences*. Volgograd, 2015. Pp. 52-54.
24. Sarychev A. N., Mikhalkov D. E., Mishchenko E. V., et al. Features of the formation of yield and quality indicators of winter wheat grain in the agroforestry landscape. *Agrarian Russia*. 2023. № 10. Pp. 25-30.

Информация об авторах

Воронов Сергей Иванович, доктор биологических наук, профессор, член-корр. РАН, директор ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (Российская Федерация, 143026, г. Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8103-3909>, e-mail: vsi08@mail.ru

Зеленов Александр Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории сортовых технологий озимых зерновых культур и систем применения удобрений, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», (Российская Федерация, 143026, Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: Zelenov.A@bk.ru

Author's Information

Voronov Sergey Ivanovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences Director, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center" Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoi Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8103-3909>, e-mail: vsi08@mail.ru

Zelenov Aleksander Vasilievich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Laboratory of Varietal Technologies of Winter Grain Crops and Fertilizer Application Systems, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center" Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoi Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: Zelenov.A@bk.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-03

MEDIUM-TERM CHANGES IN THE AGGREGATE COMPOSITION OF SOUTHERN CHERNOZEM UNDER THE INFLUENCE OF AFFORESTATION OF THE PENZA-KAMENSK STATE FOREST BELT

Aparin B. F., Mingareeva E. V.

*Central Museum of Soil Science named after V. V. Dokuchaev – Branch of the Federal State Budgetary Institution
Federal Research Center "Soil Institute named after V.V. Dokuchaev"*

St. Petersburg, Russian Federation

*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and
Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: elena.mingareeva@yandex.ru

Received 19.10.2023

Submitted 24.11.2023

The study was carried out within the framework of the project №22-16-20056 "Contribution of linear protective forest plantations to organic carbon deposition in soils of Volgograd region" with the financial support of the Russian Science Foundation and the Administration of Volgograd region

Summary

For the first time, studies of the profile structure of the aggregate composition of chernozem have been carried out using dated samples from the Bioresource Collection of the Central Soil Museum by V. V. Dokuchaev. The degree and nature of the influence of 70-year-old forest plantations on the aggregate composition of arable soils have been established.

Abstract

Introduction. In recent years, scientists have paid special attention to the study of the structure of aggregates, mechanisms and factors of formation of the percentage ratio of aggregates, i.e. fractions of different sizes, as well as aggregative stability and its influence on plant growth and productivity. Nevertheless, genetic aspects of aggregate percentage formation are less often studied. However, it should be noted that without studying the percentage ratio of aggregates as a typomorphic feature of soil-forming processes, it is difficult to predict changes in the percentage ratio of aggregates as a result of climate warming and anthropogenic impact. Thus, it is inevitably necessary to study the aggregate composition throughout the depth of the soil profile. The paper presents the results of the first research of the aggregate composition profile structure of southern chernozem using dated samples from the Bioresource Collection of the Central Museum of Soil Science. The degree and nature of the influence of 70-year-old forest plantations on the aggregate composition of arable soils were determined. **Object.** The object of the study is textural carbonate chernozems (southern) at the station "Belye Prudy", located in Danilovsky district of Volgograd region. **Materials and methods.** Soil samples were collected under two-year old tree plantings on arable land along a transect crossing three forest protection strips from west to east in 1950 and 2021 to a depth of 300 cm. A total of 3 soil transects were established with an average distance between transects of 360 m. **Results and conclusions.** According to the results of the study, based on the comparative analysis of the percentage ratio of aggregates of soils, soil-forming and underlying rocks, the structure of the aggregate composition profile of southern chernozem on loess-like sediments was studied for the first time. It was found that the percentage of aggregates of southern chernozem was formed on a structured mineral matrix represented by loess-like clays. A comparative study of soil samples from 1950 and 2021 revealed a different degree and character of change in the aggregate composition of arable soils under the influence of afforestation. The structure coefficient corresponds to a good structural condition. No principal changes in the profile structure of the aggregate composition of arable soils during the period from forest planting to the mature state were revealed. Significant correlations were established in the content of aggregates of different sizes, as well as with the content of some fractions of granulometric composition. No correlations between the content of aggregate composition fractions, humus and environmental reaction (pH) were revealed.

Keywords: types of lands, southern chernozems, forest belts, aggregate composition of soils, soil-forming rocks.

Citation. Aparin B. F., Mingareeva E. V. Medium-term changes in the aggregate composition of southern chernozem under the influence of afforestation of the Penza-Kamensk state forest belt. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 31-42 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-03.

Author's contribution. The authors of this study was directly involved in the planning, execution, or analysis of this study. The authors of this article is familiar with the final version presented and approved it.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.4

**СРЕДНЕСРОЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АГРЕГАТНОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО
ПОД ВЛИЯНИЕМ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЛЕСОПОЛОСЫ
ПЕНЗА-КАМЕНСК**

**Апарин Б. Ф., доктор сельскохозяйственных наук
Мингареева Е. В., старший научный сотрудник**

Центральный музей почвоведения имени В. В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ "Почвенный институт
им. В. В. Докучаева"

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук»

г. Волгоград, Российская Федерация

Исследование выполнено в рамках проекта №22-16-20056 «Вклад линейных защитных лесных насаждений в депонирование органического углерода в почвах Волгоградской области» при финансовой поддержке Российского научного фонда и Администрации Волгоградской области

Актуальность. В последние годы ученые уделяют особое внимание изучению вопросов строения агрегатов, механизмов и факторов формирования процентного соотношения агрегатов, т.е. фракций разной размерности, а также агрегативной устойчивости и её влияния на рост и продуктивность растений. Тем не менее, реже исследуются генетические аспекты формирования процентного соотношения агрегатов. Но, стоит отметить, что без изучения процентного соотношения агрегатов, как типоморфного признака почвообразовательных процессов сложно прогнозировать изменения про-

центного соотношения агрегатов в результате потепления климата и антропогенного воздействия. Таким образом, неизбежно возникает необходимость в исследовании агрегатного состава на всю глубину профиля почв. В статье представлены результаты впервые проведенных исследований структуры профиля агрегатного состава чернозема южного с использованием датированных образцов из Биоресурсной коллекции Центрального музея почвоведения. Установлены степень и характер влияния лесонасаждений 70-летнего возраста на агрегатный состав пахотных почв. **Объект.** Объектом исследования являются черноземы текстурно-карбонатные (южные) на стационаре «Белые пруды», расположенные в Даниловском районе Волгоградской области. **Материалы и методы.** Отбор почвенных образцов осуществлялся в 1950 г. под двухлетними посадками деревьев на пахотных землях по трансекте, пересекающей три лесозащитные полосы с запада на восток, и в 2021 гг. до глубины 300 см. Всего было заложено 3 почвенных разреза с расстоянием между разрезами в среднем 360 м. **Результаты и выводы.** По результатам исследования, на основе сравнительного анализа процентного соотношения агрегатов почв, почвообразующих и подстилающих пород, впервые была изучена структура профиля агрегатного состава чернозема южного на лессовидных отложениях. Было установлено, что процентное соотношение агрегатов чернозема южного сформировалось на структурированной минеральной матрице, представленной лессовидными глинами. Выполненное сравнительное исследование почвенных образцов 1950 и 2021 гг. выявило разную степень и характер изменения агрегатного состава пахотных почв под влиянием лесонасаждений. Коэффициент структурности соответствует хорошему структурному состоянию. Принципиальных изменений в структуре профиля агрегатного состава пахотных почв за период от посадки леса до зрелого состояния не выявлено. Установлены существенные корреляционные взаимосвязи в содержании агрегатов разной размерности, а также с содержанием некоторых фракций гранулометрического состава. Корреляционных связей между содержанием фракций агрегатного состава, гумусом и реакцией среды (pH) не выявлено.

Ключевые слова: типы угодий, черноземы южные, лесополосы, агрегатный состав почв, почвообразующие породы.

Цитирование. Апарин Б. Ф., Мингареева Е. В. Среднесрочные изменения агрегатного состава чернозема южного под влиянием лесонасаждений государственной лесополосы Пенза-Каменск. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(73). 31-42. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-03.

Авторский вклад. Авторы этого исследования принимали непосредственное участие в планировании, проведении или анализе этого исследования. Авторы данной статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Агрегатный состав (АС) является важной физической характеристикой почв, с которой связаны особенности тепло-, газо- и водообмена почвы с атмосферой, средой обитания, с условием роста и развития растений. Исторически, в исследовании агрегатного состава преобладает два аспекта: агрономический и экологический. В последние годы внимание ученых привлекают следующие вопросы: строение агрегатов, механизмы и факторы формирования АС, агрегативная устойчивость, влияние на продуктивность растений [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Значительно реже предметом исследования являются генетические аспекты формирования АС. Между тем, без изучения АС¹ как типоморфного признака почвообразовательных процессов сложно прогнозировать изменения АС в результате антропогенного воздействия или потепления климата. Это неизбежно вызывает необходимость исследования агрегатного состава на всю глубину профиля почв. Взаимосвязанные изменения агрегатов разной размерности по всей глубине почвы характеризуют структуру профиля агрегатного состава (САС).

Цель работы – исследовать изменения структуры профиля агрегатного состава агрочернозема южного под влиянием лесонасаждений государственной защитной лесной полосы (ГЗЛП) Пенза-Каменск.

Методы и материалы. АС изучался в почвенных образцах, отобранных из разрезов черноземов текстурно-карбонатных (южных) и заложенных на территории бывшего стационара комплексной экспедиции АН СССР «Белые пруды» по вопросам полезащитного лесоразведения. Стационар расположен на плоско-увалистом водоразделе рек Бузулук и Терса в Даниловском районе Волгоградской области.

¹ АС – это процентное соотношение агрегатов – фракций разной размерности: макроагрегаты – >10 мм; мезоагрегаты – 10-1 мм; микроагрегаты – <1 мм.

Образцы отбирались в 1950 и 2021 гг. В 1950 г. образцы до глубины 300 см были отобраны Е. А. Афанасьевой из трех разрезов (р.209, 210 и 211) под двухлетними посадками деревьев на пахотных землях по трансекте, пересекающей три лесозащитные полосы с запада на восток (рисунок 1).



Рисунок 1 – Расположение разрезов на трансекте ГЗЛП
Figure 1 – Location of transects on the transect of the state protective forest belt

Расстояние между разрезами составляет около 360 м. Срок сельскохозяйственного использования почв на момент отбора был около 150 лет. Образцы почв хранятся в Центральном музее почвоведения им. В. В. Докучаева и включены в состав Биоресурсной коллекции. В 2021 г. сотрудниками музея в местах заложения разрезов Афанасьевой (р. 209-211) под 70-летними лесонасаждениями были отобраны образцы из разрезов-аналогов: под западной лесополосой (ЛП) – р.1.21 (р.210), под центральной ЛП – р.2.21 (р.209) и под восточной ЛП – р.4.21 (р.211). Древостой в западной и центральной ЛП представлен *Acer negundo* (клен ясенелистный), а в восточной – *Fraxinus pennsylvanica* (ясень пенсильванский).

Черноземы сформированы на одном генетическом типе почвообразующих (ПП) и подстилающих пород – лессовидных легких глинах (табл. 1). Среднее содержание фракции физической глины ($<0,01$ мм) в почвах составило 70% (стандартное отклонение (σ) = 7,9%) и мало отличается от почвообразующей и подстилающей породы. Фракции крупного и среднего песка (1-0,25 мм) отсутствуют, а количество мелкого песка (0,25-0,05 мм) в среднем составляет 3%. Таким образом, агрегатный состав почв сформирован из частиц трех фракций гранулометрического состава (ГС) почв: 0,05-0,01, 0,005-0,001 и $<0,001$ мм.

АС в образцах определяли по общепринятой методике сухого просеивания на глубину профилей почв. Для статистического анализа полученных данных в программе MS Excel были рассчитаны: среднее арифметическое (М); стандартное отклонение (σ), коэффициент корреляции (г) Пирсона, исследовалась взаимосвязь АС с рН, содержанием гумуса и гранулометрическим составом, при уровне значимости $p = 0,05$.

Результаты и обсуждение. АС почвообразующих и подстилающих пород. Для того чтобы определить механизмы, факторы и движущие силы изменения структуры профиля агрегатного состава почв проведен сравнительный анализ АС образцов почвообразующих (с глубины 90-100 см) и подстилающих пород из 3 разрезов (250-260 см) (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание агрегатов и преобладающих фракций ГС почвообразующих и подстилающих пород

Table 1 – Content of aggregates and predominant HS fractions of soil-forming and underlying rocks

Разрез / Section	Глубина образца, см / Specimen depth, cm	Содержание агрегатов (мм), % / Aggregate content (mm), %								Фракции ГС (мм), % / HS fractions (mm), %		
		>10	10-7	7-5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	0,05-0,01	0,005-0,001	<0,001
210	90-100	54	9	6	8	14	3	3	3	27	25	39
	250-260	21	7	6	8	19	4	10	24	30	22	38
1.21	90-100	59	6	6	7	13	4	3	2	16	27	38
209	90-100	61	8	6	7	11	2	2	2	25	27	37
	250-260	22	8	8	9	21	5	9	18	52	17	18
2.21	90-100	46	14	8	9	16	3	2	2	28	29	35
211	90-100	78	5	3	3	6	1	1	1	27	23	37
	250-260	48	5	4	6	12	4	7	15	30	22	38
4.21	90-100	44	8	8	10	24	3	3	2			

Исследованные почвы (р.209, 210, 211) имеют однотипный АС подстилающих пород. В нем выделяются две группы агрегатов. Первую группу образуют преобладающие агрегаты: >10, 3-1 и <0,25 мм. Их суммарное количество составляет 61-75%. Во вторую группу входят остальные агрегаты с относительно низким содержанием (<10%) каждой фракции. Поскольку в ГС породы отсутствуют частицы >0,25 мм, можно предположить, что все агрегаты размерностью крупнее 0,25 мм образовались в результате агрегирования частиц мелкозема <0,05 мм (таблица 1).

Известно, что АС почв формируется в результате взаимосвязанных разнородных индивидуальных процессов: механических, физических, биологических и биохимических. В настоящее время подстилающие породы находятся вне зоны воздействия движущих сил процессов формирования АС. Коэффициент увлажнения в летний период колеблется от 0,32 до 0,23. Глубина весеннего промачивания описываемых почв в разные по увлажнению годы колебалась от 70 до 120 см с максимумом 180 см. Значительных изменений влажности на глубине 3-3,5 м по годам практически не происходило [10]. Благодаря большой глубине в подстилающих породах слабо изменяются температура и влажность, практически отсутствуют роющие животные, содержание гумуса меньше 1% и мало корней. Вероятно, что АС подстилающей породы сформировался после окончания этапа осадкообразования, еще до начала современного процесса почвообразования. Основным механизмом формирования АС могли быть объемные деформации, вызванные изменением фазового состояния влаги в отложениях в результате испарения или промерзания. Они приводили к растрескиванию породы, её агрегированию. Очевидно, что эти процессы происходили при многократно повторяющихся циклах увлажнения и иссушения, промерзания и оттаивания. Процесс агрегирования отложений сопровождал процесс осадкообразования. Он развивался последовательно снизу вверх. По мере увеличения мощности отложений влияние гидротермического фактора на нижележащие слои ослабевало. Это способствовало сохранению АС погребенных слоев. Новые слои осадков могли подвергаться физическим процессам агрегирования при других параметрах климата. Это приводило к образованию АС с другим соотношением фракций. Исходя из изложенного, АС почвообразующих пород можно рассматривать как продукт завершающих циклов осадкообразования. Подтверждением этого является агрегатный состав ПП. В его составе можно выделить, как и в подстилающей породе, также 2 группы фракций (таблица 1). Однако соотношение агрегатов в них существенно отличается. В составе первой группы абсолютно преобладают агрегаты >10 мм. Вторую позицию по содержанию занимает фракция 3-1 мм. Все остальные фракции находятся во второй группе.

Сравнение агрегатного состава ПП и подстиляющих пород показывает, что они, в целом, однородны по характеру соотношения фракций. Основным отличием является разница в содержании фракции $<0,25$ мм (таблица 1). Большое сходство в АС дает основание предположить единство механизма процесса агрегирования мелкозема почвообразующих и подстиляющих пород. Он проходил в разное время при неодинаковом соотношении гидротермических параметров.

Таким образом, мы приходим к заключению, что АС исследуемых почв сформировался на унаследованной агрегированной минеральной матрице ПП при абсолютном преобладании агрегатов >10 мм и узком соотношении остальных размерностей агрегатов.

Окончательное формирование САС как типоморфного признака гумусово-аккумулятивного процесса произошло при среднегодовой температуре $+5,4^{\circ}\text{C}$ и сумме осадков 390 мм. Оно связано с изменением факторов, механизмов и процессов агрегирования с глубиной – уменьшением величин контрастности и частоты возникновения градиентов температуры и влажности, массы корней, плотности живого населения, содержания гумуса.

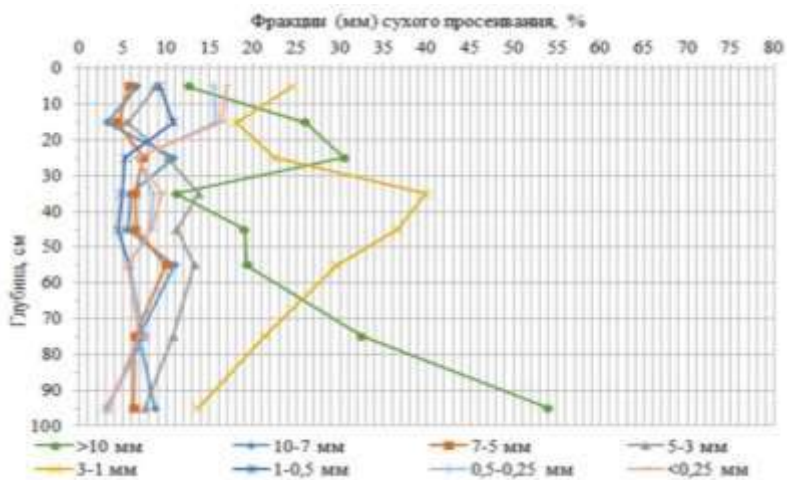
САС пахотных почв. В агрегатном составе профилей пахотных почв разрезов, заложенных в 1950 г. (р.209. 210 и 211), как и в ПП, выделяются две группы агрегатов. К первой группе относятся преобладающие фракции >10 и 3-1 мм с суммарной долей 34-57% (рисунок 2). Во вторую группу входят все остальные фракции. По характеру изменения АС профили почв можно разделить на 2 части по границе 50 см. Верхняя часть – это область широкого варьирования содержания всех фракций по глубине, особенно для фракций первой группы. Специфичен АС почв в слое 0-20 см в разрезах 210 и 211. В этом слое агрегаты 0,5-0,25 и $<0,25$ мм, относительно других, становятся преобладающими и в сумме составляют около 32%. В нижележащем слое (20-30 см) количество микроагрегатов во всех разрезах резко уменьшается (рисунок 2). Еще одной особенностью АС можно отметить наиболее высокое содержание во всех разрезах фракции 3-1 мм в слое 30-40 см.

В нижней части профиля почв (50-100 см) происходит постепенное изменение АС с хорошо выраженной тенденцией к уменьшению и сближению содержания фракций. Исключением являются агрегаты >10 мм, количество которых с глубиной возрастает, достигая максимума в ПП.

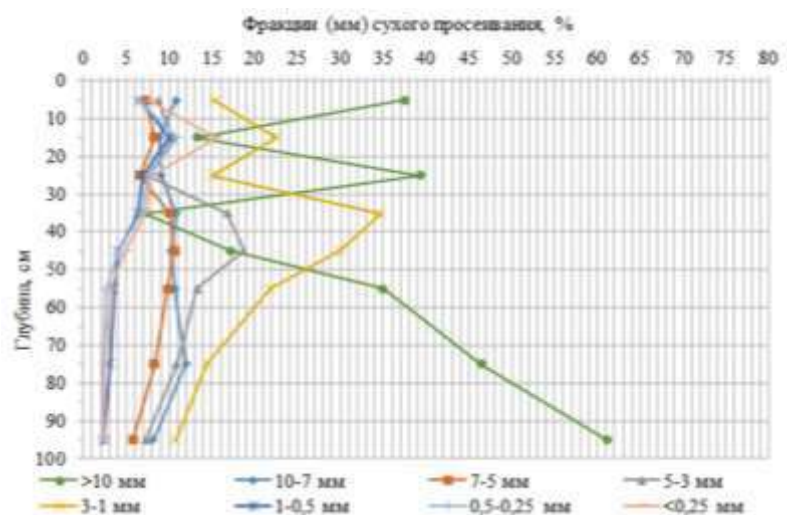
Длительное сельскохозяйственное использование почв оказывает как прямое (разрушение и консолидация агрегатов), так и косвенное (изменение факторов агрегирования) воздействие на АС. Особую роль в формировании АС играет механическая обработка верхнего слоя (0-30 см) почв, которая приводит к разрушению структуры. В условиях сплошной распашки это способствует развитию ветровой эрозии. Действительно, в исследуемых почвах разрезов 209 и 211 наблюдается более низкое содержание илистой фракции в верхней части профиля (0-20 см). Содержание гумуса в верхних 10 см почв составляет 4,8-5,7% с максимумом в разрезе р.211 (восточная лесополоса). С глубины 30 см во всех почвах содержание гумуса значительно уменьшается, причем, глубина гумусового профиля² во всех разрезах составляет 60 см. Реакция среды в почвах изменяется от нейтральных значений pH в верхней части профиля до щелочных в нижних.

В структуре профиля АС выделяются две характерные особенности: синхронные и асинхронные изменения в содержании фракций по глубине. Асинхронный тип (подобно зеркальному отражению) характерен для 2-х фракций >10 и 3-1 мм. Увеличение количества одной фракции сопряжено с уменьшением другой. В р.209 наблюдается асинхронный тип изменения фракции >10 мм по отношению к остальным. Синхронный тип изменения свойственен двум парам фракций: $<0,25$ и 0,5-0,25 мм, а также 10-7 и 7-5 мм. Близка к этому типу профильная изменчивость пар 5-3 и 3-1 мм. Заметим, что синхронный тип изменения наблюдается у смежных, близких по содержанию фракций. Ниже границы смены частей (50 см) САС представляет собой последовательный ряд, как по абсолютному содержанию одноименных фракций, так и по относительному. АС во всех разрезах оказался близок. Это свидетельствует о сходстве процессов и факторов агрегирования мелкозема.

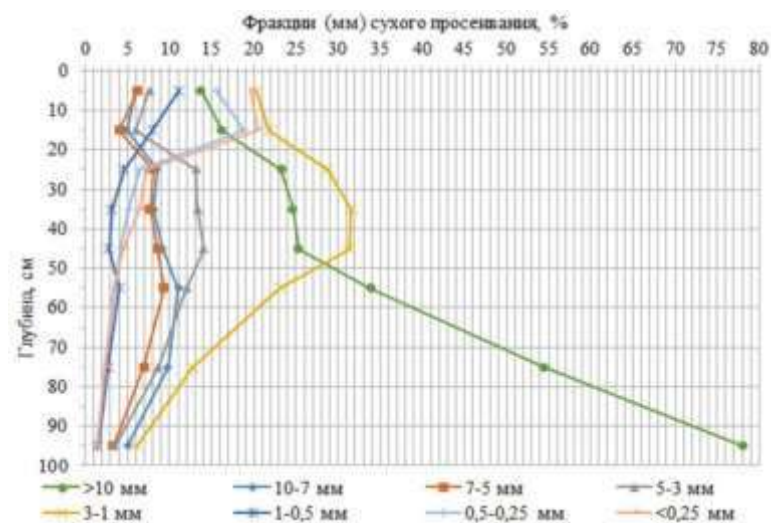
² За нижнюю границу гумусового горизонта принято содержание гумуса 2%.



р.210



р.209



р.211

Рисунок 2 – Агрегатный состав пахотных почв (1950 г.)
Figure 2 – Aggregate composition of arable soils (1950)

Структура профиля АС постагрогенных черноземов под лесонасаждениями. Сравнительный анализ факторов агрегирования современных лесных почв и их пахотных предшественников выявил, что в верхнем слое произошло увеличение содержания фракции ила. Незначительно понизилась граница обнаружения карбонатов. До глубины 40 см произошел сдвиг рН в более кислую сторону, а ниже – в более щелочную. В слое 0-10 см увеличилось содержание гумуса, а глубже оно увеличилось только в почве восточной лесополосы. Мощность гумусовых профилей сравниваемых пар за 70 лет не изменилась. Биогенный фактор агрегирования, связанный с жизнедеятельностью почвенных беспозвоночных, играет важную роль в формировании агрегатного состава почв [1]. Этот фактор существенно изменился [11]. В почвах полезащитных ЛП доминантными и субдоминантными видами являются дождевые черви, большая роль которых в формировании структуры общепризнана. По данным Е. А. Афанасьевой и С. Н. Карандиной, под лесонасаждениями из дуба, ясеня пушистого и клена татарского основная масса корней сосредоточена в верхнем полуметровом слое почв, наблюдается четкая дифференциация профиля по распределению массы корней разного диаметра (рисунок 3). Основная масса корней меньше 1 мм сосредоточена в слое 0-10 см, а максимальное количество корней 1-2 мм приходится на глубину 40-50 см.

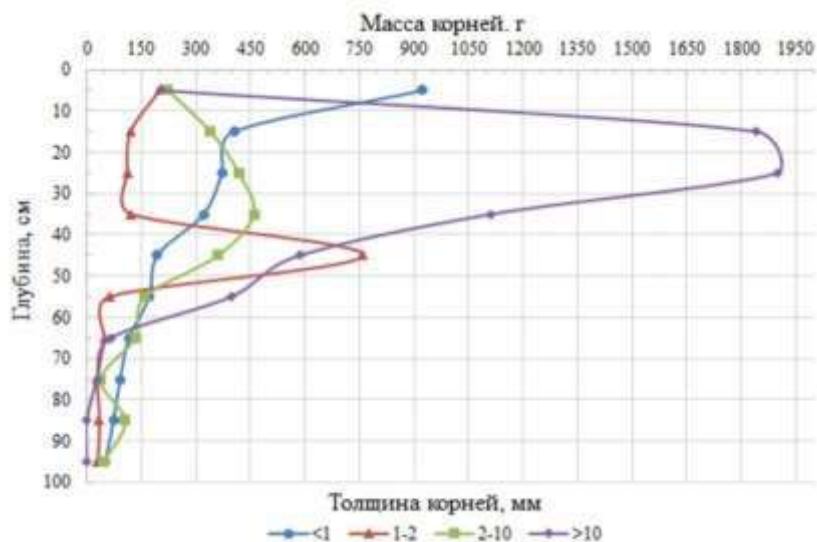
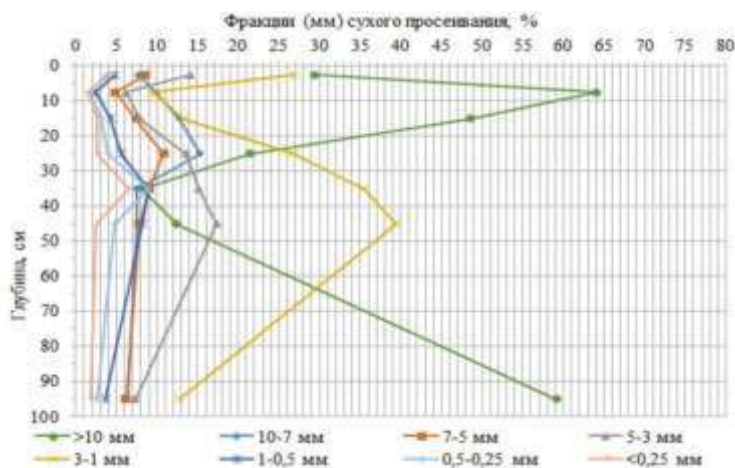


Рисунок 3 – Распределение корней разной толщины по профилю почв по данным Е. А. Афанасьевой
Figure 3 – Distribution of roots of different thicknesses along the soil profile according to data

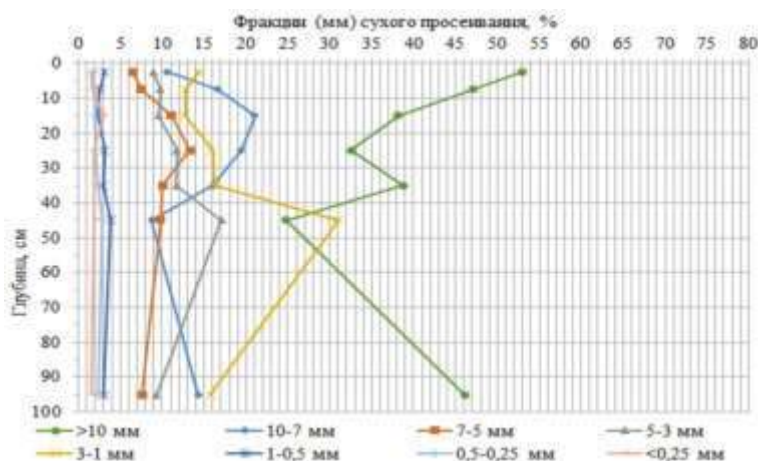
Посадка леса в 1948 г. сняла важный фактор агрегирования пахотных почв – механическое воздействие. По мере роста деревьев под их пологом уменьшился градиент изменений температуры и влажности поверхностных горизонтов, являющиеся важной движущей силой физических процессов агрегирования.

За 70 лет в агрегатном составе лесных почв (р.1.21, 2.21, 4.21) наблюдаются те же особенности, что и отмеченные для пахотных почв (р.209, 210, 211). В них также выделяются 2 группы по соотношению содержания фракций и две части (0-50 и 50-100 см) по характеру профильной изменчивости содержания агрегатов разной размерности (рис. 4). Граница в 50 см может быть связана с характером распределения основной массы корневой системы (рис. 3). Слой 0-50 см представляет собой область значительной перегруппировки АС. Она проявляется в асинхронном изменении фракций >10 и 3-1 мм в широком диапазоне значений. Амплитуда изменений в содержании остальных фракций значительно меньше. В профилях почв р.1.21 и 4.21 обращает внимание сужение различий в содержании всех фракций (за исключением 3-1 мм) на глубине 30-40 см. Характерно, что в этом слое, как и в пахотных почвах, наблюдается резкое снижение содержания агрегатов >10 мм, и возрастает содержание 3-1 мм (рис. 4). Очевидно, что такое изменение в содержании фракций в лесных почвах на этой глубине не связано с типом землепользования. Причина такой особенности САС не ясна. Параметры современных факторов агрегирования на этой глубине не дают оснований рассматривать их в качестве движущих сил. Не исключено, что

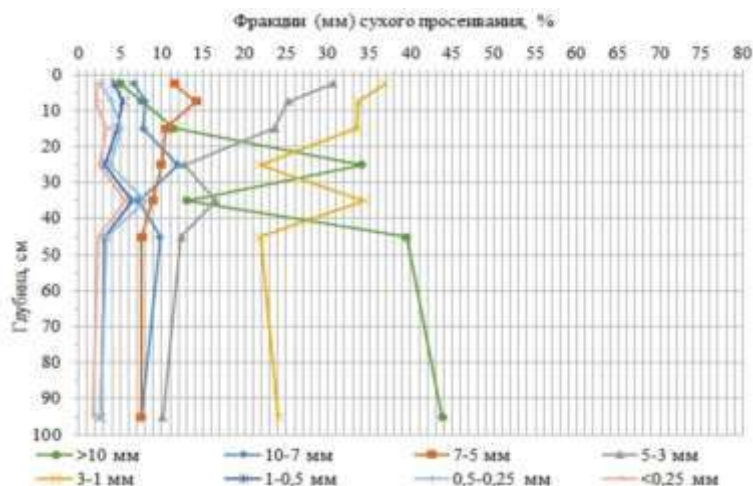
эта особенность АС унаследована от материнской породы. Среди индивидуальных особенностей изменений АС в разрезах лесных почв можно отметить значительное увеличение количества агрегатов 5-3 и 3-1 мм в слое 0-10 см в почве восточной ЛП (р.4.21).



р.1.21



р.2.21



р.4.21

Рисунок 4 – Агрегатный состав лесных почв (2021 г.)
Figure 4 – Aggregate composition of forest soils (2021)

Слой 50-100 см – зона резкого изменения соотношения преобладающих фракций – увеличение доли фракции >10 мм и уменьшение 3-1 мм. Их суммарная доля в АС по профилю лесных почв заметно больше, чем в пахотных и составляет 41-74%. Во всех разрезах за 70 лет почти в 3 раза уменьшилась доля микроагрегатов (<1мм), при сохранении постепенного изменения в содержании фракций 10-7, 7-5, 5-3 мм по глубине.

Анализ структуры профиля АС пахотных и лесных почв выявил их общие особенности: слоистость АС в слое 0-50 см для всех фракций, кроме преобладающих (>10 и 3-1 мм), связанная с их перегруппировкой в узком диапазоне значений; асинхронный характер изменения содержания преобладающих фракций в широком диапазоне по глубине профиля. Коэффициент структурности ($K_{стр.}$) почв 1950 г. и почв под лесом (2021 г.) характеризует хорошее ($K_{стр.}$ 0,67-1,5) и отличное АС ($K_{стр.}$ >1,5). Наиболее высокий $K_{стр.}$ в современных почвах западной и центральной ЛП, как и в почвах 1950 г., приходится на глубину 20-30 см, а восточной – 0-10 см. За 70 лет в р.1.21 и 2.21 в слое 0-20 см произошло уменьшение $K_{стр.}$ (от 0,3 до 1,15) и его увеличение в слое 20-30 см (от 0,8 до 1,5). В почве восточной ЛП (р.4.21) в слое 0-20 см $K_{стр.}$ увеличился в 3,5-5,5 раз и в слое 20-30 см – уменьшился на 0,6.

Корреляционный анализ³ выявил существенные взаимосвязи для доминирующих фракций АС (>10, 5-3, 3-1 и <0,25 мм) с содержанием фракций разной размерности (таблица 2). Взаимосвязь агрегатов >10 мм (отрицательная) проявилась с агрегатами <0,25 ($r = -0,52$), 5-3 ($r = -0,63$), 3-1 мм ($r = -0,84$); агрегатов 3-1 мм (положительная) с агрегатами 0,5-25 ($r = 0,29$) и 1-0,5 мм ($r = 0,40$); агрегатов <0,25 мм с 10-7 ($r = -0,39$) и 7-5 мм ($r = -0,46$).

Таблица 2 – Существенные корреляционные взаимосвязи между агрегатами разной размерности
Table 2 – Significant correlations between aggregates of different dimensions

Размерность агрегатов (мм) / Aggregate dimension (mm)	7-5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25
>10	-0,35	-0,63	-0,84	-0,66	-0,62	-0,52
10-7	0,75	-	-	-0,43	-0,54	-0,49
7-5	-	0,71	0,30	-	-0,38	-0,39
5-3	-	-	0,80	-	-	-
3-1	-	-	-	0,39	0,31	-
1-0,5	-	-	-	-	0,85	0,65
0,5-0,25	-	-	-	-	-	0,89

Корреляционный анализ АС и содержания гумуса и реакцией среды (рН) независимо от типа угодий не выявил существенных взаимосвязей.

Наиболее существенные взаимосвязи АС с ГС проявились для агрегатов >10 и <0,25 мм с фракциями ГС 0,05-0,01 и <0,001 мм. Коэффициент корреляции для макроагрегатов составил $r = -0,40$ и $0,42$, а для агрегатов <0,25 мм: $r = 0,69$ и $-0,55$.

Выводы. На основе сравнительного анализа АС почв, почвообразующих и подстилающих пород впервые исследована структура профиля агрегатного состава чернозема южного на лессовидных отложениях. Специфика структуры САС определяется асинхронным изменением по глубине соотношения 2 фракций (>10 и 3-1 мм) и делением профиля на 2 части по границе 50 см, которая соответствует границе резкого уменьшения массы корней древесных растений.

Установлено, что АС чернозема южного сформировался на структурированной минеральной матрице, представленной лессовидными глинами. Сравнительное исследование датированных почвенных образцов чернозема южного из Биоресурсной коллекции ЦМП им. В. В. До-

³Корреляционные взаимосвязи содержания фракций АС с исследуемыми свойствами почв (гумус, рН и содержание фракций ГС) считались существенными при выборке $n = 48$ и $r \geq 0,29$ ($t_r = 2,01$), а между содержанием агрегатов разных размерностей ($n = 104$) $r \geq 0,2$ ($t_r = 2,0$). При расчете корреляционных взаимосвязей между содержанием АС разных размерностей учитывались данные, полученные для прикопок к современным разрезам.

кучаева (1950 года отбора) с современными образцами (2021 г.) выявил разную степень и характер изменения агрегатного состава пахотных почв под влиянием лесонасаждений. Под влиянием лесонасаждений в почвах значительно уменьшилось содержание микроагрегатов в слое 0-20 см и возросло содержание фракций >10 и 5-3 мм в верхней части профиля. Коэффициент структурности, в целом, остался в пределах показателей хорошего структурного состояния.

Принципиальных изменений в структуре профиля агрегатного состава пахотных почв за период от посадки леса до зрелого состояния не произошло, что свидетельствует об агрегативной устойчивости чернозема южного.

Установлены существенные корреляционные взаимосвязи в содержании агрегатов различной размерности, а также с содержанием некоторых фракций гранулометрического состава. Корреляционных связей между содержанием фракций АС, гумусом и реакцией среды (рН) не выявлено.

Представляет особый интерес исследование связи САС почв с содержанием и распределением корней разного диаметра.

Conclusions. On the basis of the comparative analysis of the AC of soils, soil-forming and underlying rocks, the structure of the aggregate composition profile of southern chernozem on loess-like sediments has been studied for the first time. The specificity of the AC structure is determined by the asynchronous change of the ratio of 2 fractions (>10 and 3-1 mm) along the depth and the division of the profile into 2 parts along the boundary of 50 cm, which corresponds to the boundary of sharp decrease in the mass of roots of woody plants.

It was established that the AC of southern chernozem was formed on a structured mineral matrix represented by loess-like clays. A comparative study of dated soil samples of southern chernozem from the Bioresource Collection of the V. V. Dokuchaev Central Marine Research Center. Dokuchaev (1950) with modern samples (2021) revealed different degree and nature of changes in the aggregate composition of arable soils under the influence of afforestation. Under the influence of afforestation in soils significantly decreased the content of microaggregates in the 0-20 cm layer and increased the content of fractions >10 and 5-3 mm in the upper part of the profile. The structural coefficient, in general, remained within the range of good structural condition indicators.

There were no principal changes in the profile structure of aggregate composition of arable soils during the period from forest planting to the mature state, which indicates the aggregative stability of southern chernozem.

Significant correlations were found in the content of aggregates of different sizes, as well as with the content of some fractions of granulometric composition. No correlations between the content of AC fractions, humus and the reaction of the medium (pH) were revealed.

It is of special interest to study the relationship of soil SAS with the content and distribution of roots of different diameter.

Библиографический список

1. Totsch K. U., Amelung W., Gerzabek M. H., Guggenberger G., Klumpp E. etc. Review Article. Microaggregates in soils. *Plant Nutr. Soil Sci.* 2018. V. 181. Pp.104-136.
2. Rodríguez-Roble U., Arredondo T., Huber-Sannwald E., Ramos-Leal J. A., Yépez E. A. Technical note: Application of geophysical tools for tree root studies in forest ecosystems in complex soils. *Biogeosciences*. 2017. No 14. Pp. 5343-5357.
3. Lehmann J., Kinyangi J. Organic matter stabilization in soil microaggregates: implications from spatial heterogeneity of organic carbon contents and carbon forms. *Biogeochemistry*. 2007. V. 85. Pp. 45-57.
4. Fonte S. J., Barrios E., Six J. Earthworms, soil fertility and aggregate-associated soil organic matter dynamics in the Quesungual agroforestry system. *Geoderma*. 2010. V. 155. Pp. 320-328.
5. Белобров В. П., Юдин С. А., Ярославцева Н. В. и др. Изменение физических свойств черноземов при прямом посеве. *Почвоведение*. 2020. № 7. С. 880-890.
6. Кураченко Н. Л., Хижняк С. В. Пространственное варьирование структурно-агрегатного состава черноземов и серых лесных почв Красноярской лесостепи в предельно однородных условиях почвообразования. *Вестник АГАУ*. 2010. № 1 (63). С. 35-40.
7. Кураченко Н. Л., Бабаев М. В. Гумусовые вещества в формировании структурной организации почв техногенных ландшафтов. *Вестник КрасГАУ*. 2014. № 9. С. 63-67.
8. Лебедева И. И., Чевердин Ю. И., Титова Т. В., Гребенников А. М., Маркина Л. Г. Структурное состояние миграционно-мицелярных (типичных) агрочерноземов Каменной степи в условиях разновозрастной пашни. *Почвоведение*. 2017. № 2. С. 227-238.
9. Бухонов А. В., Худяков О. И., Борисов А. В. Изменения структурно-агрегатного состояния почв нижнего Поволжья за последние 3500 лет в связи с динамикой климата. *Почвоведение*. 2018. № 6. С. 710-719.
10. Aparin B. F., Mingareeva E. V., Sukhacheva E. Y., Sanzharova N. I. Concentrations of radionuclides (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , and ^{137}Cs) in chernozems of Volgograd oblast sampled in different years. *Eurasian Soil Science*. 2017. V. 50. № 12. Pp. 1395-1405.
11. Пятинина Е. В. Козловская лесная дача как уникальный рефугиум макропедофауны. Агроресомелиорация и защитное лесоразведение – история и перспективы развития. Волгоград, 2023.

References

1. Totsch K. U., Amelung W., Gerzabek M. H., Guggenberger G., Klumpp E. etc. Review Article. Microaggregates in soils. *Plant Nutr. Soil Sci.* 2018. V. 181. Pp.104-136.
2. Rodríguez-Roble U., Arredondo T., Huber-Sannwald E., Ramos-Leal J. A., Yépez E. A. Technical note: Application of geophysical tools for tree root studies in forest ecosystems in complex soils. *Biogeosciences*. 2017. No 14. Pp. 5343-5357.
3. Lehmann J., Kinyangi J. Organic matter stabilization in soil microaggregates: implications from spatial heterogeneity of organic carbon contents and carbon forms. *Biogeochemistry*. 2007. V. 85. Pp. 45-57.
4. Fonte S. J., Barrios E., Six J. Earthworms, soil fertility and aggregate-associated soil organic matter dynamics in the Quesungual agroforestry system. *Geoderma*. 2010. V. 155. Pp. 320-328.
5. Belobrov V. P., Yudin S. A., Yaroslavl'tseva N. V., et al. Changes in the physical properties of chernozems during direct sowing. *Soil science*. 2020. № 7. Pp. 880-890.
6. Kurachenko N. L., Khizhnyak S. V. Spatial Variation of the Structural-Aggregate Composition of Chernozems and Gray Forest Soils of the Krasnoyarsk Forest-Steppe in Extremely Homogeneous Conditions of Soil Formation. *Vestnik ASAU*. 2010. № 1 (63). Pp. 35-40.
7. Kurachenko N. L., Babaev M. V. Humus Substances in the Formation of the Structural Organization of Soils of Technogenic Landscapes. *Vestnik KrasGAU*. 2014. № 9. Pp. 63-67.
8. Lebedeva I. I., Cheverdin Y. I., Titova T. V., Grebennikov A. M., Markina L. G. Structural State of Migration-Micellar (Typical) Agrochernozems of the Stone Steppe in the Conditions of Multi-Age Arable Land. *Soil science*. 2017. № 2. Pp. 227-238.
9. Bukhonov A. V., Khudyakov O. I., Borisov A. V. Changes in the Structural-Aggregate State of Soils in the Lower Volga Region for the Last 3500 Years in Connection with Climate Dynamics. *Soil science*. 2018. № 6. Pp. 710-719.
10. Aparin B. F., Mingareeva E. V., Sukhacheva E. Y., Sanzharova N. I. Concentrations of radionuclides (²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K, and ¹³⁷Cs) in chernozems of Volgograd oblast sampled in different years. *Eurasian Soil Science*. 2017. V. 50. № 12. Pp. 1395-1405.
11. Pyatina E. V. Kozlovskaya Forest Dacha as a Unique Refugium of Macropedofauna. *Agroforestry and Protective Afforestation – History and Development Prospects*. Volgograd, 2023.

Информация об авторах

Апарин Борис Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, научный руководитель Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ "Почвенный институт им. В. В. Докучаева" (Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Биржевой проезд, д. 6), ORCID 0000-0001-6012-0168, e-mail: elena.mingareeva@yandex.ru

Мингареева Елена Валерьевна, старший научный сотрудник Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ "Почвенный институт им. В. В. Докучаева" (Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Биржевой проезд, д. 6), ORCID 0000-0003-3683-9273, e-mail: elena.mingareeva@yandex.ru

Author's Information

Aparin Boris Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Scientific Director of the Central Museum of Soil Science named after V. V. Dokuchaev – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Soil Institute named after V. V. Dokuchaev" (Russian Federation, 199034, St. Petersburg, Birzhevoy proezd, 6), ORCID 0000-0001-6012-0168, e-mail: elena.mingareeva@yandex.ru

Mingareeva Elena Valerievna, Senior Research Fellow of the Central Museum of Soil Science named after V. V. Dokuchaev – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Soil Institute named after V. V. Dokuchaev" (Russian Federation, 199034, St. Petersburg, Birzhevoy proezd, 6), ORCID 0000-0003-3683-9273, e-mail: elena.mingareeva@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-04

ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL FEATURES OF SPECIES OF THE GENUS *ATRAPHAXIS* IN ARID REGIONS OF SOUTH RUSSIA

Kalmykova E. V., Peredrienko A. I.

*Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for Agroecology,
Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Received 22.11.2023

Submitted 11.01.2024

The research was carried out on the topic of the State assignment of the Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences: No. 121041200195-4 "Formation of multifunctional cluster dendrological expositions and their renovation into bioresource artificial and green landscape spaces of recreational type in sparsely forested regions of Russia", financed by the Ministry of Science and higher education of the Russian Federation

Abstract

Introduction. The article analyzes the adaptation capabilities of steppe and semi-desert plants to unfavorable conditions (resistance to low and high temperatures in conditions of moisture deficiency) for their widespread use in enriching agrocenoses of forest-agrarian landscapes. The purpose of the work was to study the biological properties and ecological characteristics of populations of the genus *Atraphaxis*, to assess

their resistance to the soil and climatic conditions of the Lower Volga. **Objects.** Populations of the kurchavka of shrubby (*Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch.) were studied in the Kamyshinsky district of the Volgograd region at the Nizhnevolzhskaya station for the selection of tree species – a branch of the Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences in the steppe zone on chestnut light loamy soils in combination with salt marshes, precipitation 320-390 mm, humidification coefficient 0.35. In the conditions of the Astrakhan region of the Kharabalinsky district, in the desert zone of light chestnut soils, solonchic-desert, solonchak, with a precipitation amount of 180-250 mm and a moisture coefficient of 0.11, the kurchavka of prickly (*Atraphaxis spinosa* (L.)) was studied. **Materials and methods.** The bioecological properties of the selected objects were visually assessed according to five criteria: drought resistance (six-point scale of Pyatnitsky S.S.), winter hardiness (seven-point scale of the GBS RAS), assessment of the intensity of flowering and fruiting by the method of V. G. Kapper (five-point scale), vitality (three-point scale). The dynamics of the physiological state of the shrub during the growing season based on the indicators of the green leaf pigment system (chlorophyll, flavonoids, anthocyanins) was carried out using the DUALEX SCIENTIFIC+™ flavonoid and chlorophyll meter. **Results and conclusions.** It was revealed that the plants were able to adapt to stress conditions due to the high adaptive characteristics of the plant. Kurchavka, thanks to its high adaptive potential, forage and decorative qualities, the ability to purify the air, retain soil and prevent erosion, the curlew plays an important role in the ecosystem. It can grow singly and in sparse xerophytic shrub phytocenoses with buckthorn, almond, honeysuckle, etc. Prospects for further research have been identified – it is necessary to continue the ecological and biological study of species of the genus *Atraphaxis* in various habitats within the range and the development of mechanisms of introduction and re-introduction in the south of Russia to assess their potential for forest reclamation complexes.

Keywords: adaptation of woody plants, pigments of the photosynthetic system, *Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch.

Citation. Kalmykova E. V., Peredrienko A. I. Ecological and biological features of species of the genus *Atraphaxis* in arid regions of south Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 42-53. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-04.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 630*266:582.35/99

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВИДОВ РОДА *ATRAPHAXIS* В ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНАХ ЮГА РОССИИ

Калмыкова Е. В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Передриенко А. И., аспирант, лаборант-исследователь

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук»
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования выполнены по теме Государственного задания Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН: № 121041200195-4 «Формирование полифункциональных кластерных дендрологических экспозиций и их реновации в биоресурсные искусственные и озелененные ландшафтные пространства рекреационного типа в малолесных регионах России», финансирование Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Актуальность. В статье проанализированы адаптационные возможности степных и полупустынных растений к неблагоприятным условиям (устойчивость к низким и высоким температурам в условиях дефицита влаги) для их широко использования при обогащении агроценозов лесостепного ландшафта. Целью работы явилось изучить биологические свойства и экологические особенности популяций рода *Atraphaxis*, оценить их устойчивость к почвенно-климатическим условиям Нижнего Поволжья. **Объекты.** Популяции курчавки кустарниковой (*Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch.) изучались на территории Камышинского района Волгоградской области на Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиал ФНЦ агроэкологии РАН в степной зоне на каштановых легкосуглинистых почвах в комплексе с солончаками, количество осадков 320-390 мм, коэффициент увлажнения 0,35. В условиях Астраханской области Харабалинского района в пустынной зоне светло-каштановых почв, солонцевато-пустынных, солончаковых, с количеством осадков 180-250 мм и коэффициентом увлажнения 0,11 исследовалась курчавка колючая (*Atraphaxis spinosa* (L.)). **Материалы и методы.** Биоэкологические свойства выбранных объектов визуально оценивали по пяти при-

знакам: засухоустойчивость (шестибалльная шкала Пятницкого С. С.), зимостойкость (семибалльная шкала ГБС РАН), оценка интенсивности цветения и плодоношения методом В. Г. Каппера (пятибалльная шкала), жизненность (трехбалльная шкала). Динамика физиологического состояния курчавки в течение вегетационного периода по показателям пигментной системы зеленого листа (хлорофилла, флавоноидов, антоцианов) была проведена устройством Флавоид- и хлорофиллометр DUALEX SCIENTIFIC+™. **Результаты и выводы.** Выявлено, что растения смогли приспособиться к стресс-условиям благодаря высоким адаптационным особенностям растения. Курчавка, благодаря высокому адаптационному потенциалу, кормовым и декоративным качествам, способности очищать воздух, удерживать почвы и предотвращать эрозию, играет важную роль в экосистеме. Может расти одиночно и в разреженных ксерофитных кустарниковых фитоценозах с крушиной, миндалем, жимолостью и др. Определены перспективы дальнейшего исследования – необходимо продолжить эколого-биологическое изучение видов рода *Atraphaxis* в различных местообитаниях в пределах ареала и разработку механизмов интродукции и реинтродукции на юге России для оценки их потенциала для лесомелиоративных комплексов.

Ключевые слова: адаптация древесных растений, пигменты фотосинтетической системы, *Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch.

Цитирование. Калмыкова Е. В., Передриенко А. И. Эколого-биологические особенности видов рода *Atraphaxis* в засушливых регионах юга России. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 42-53. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-04.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В рамках реализации федерального проекта «Сохранение биоразнообразия и развитие экологического туризма» национального проекта «Экология» расширение исследований по экологии и биологии редких видов (около 15 % видов растений находится под угрозой исчезновения) помимо мониторинга состояния биоразнообразия, включено в приоритетную систему, обеспечивающую научную поддержку мер по сохранению дикой природы [13, 14].

Изучение популяций редких и эндемичных растений является перспективным методом исследования, поскольку популяции можно отнести к естественноисторическим и эволюционным единицам существования видов [11].

В связи с тем, что на юге России прослеживается тенденция значительного воздействия антропогенных факторов на изменение окружающей живой природы, важное значение имеют высокие потенциальные адаптационные возможности степных и полупустынных растений к неблагоприятным условиям (в особенности их устойчивость к низким и высоким температурам в условиях дефицита влаги) для их широкого использования при обогащении агроценозов лесоаграрного ландшафта [6, 8].

Род курчавка *Atraphaxis* (сем. гречишных) включает около 25 видов, распространённых в зонах пустынь, степей и нагорных сухих областях Восточного Средиземноморья, Передней, Центральной и Средней Азии, Кавказа, Крыма, Поволжья. Лимитирующими факторами для этого рода выпас скота и рекреация, пожары [1, 7, 10, 15, 16].

В связи с небольшой численностью и с распространением на ограниченной территории, прослеживается тенденция к полному исчезновению данных видов [2, 3, 4, 5, 9].

Цель работы – изучить биологические свойства и экологические особенности популяций рода *Atraphaxis*, оценить их устойчивость к почвенно-климатическим условиям Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Объектами исследований выступали курчавка кустарниковая (*Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch.) и курчавка колючая (*Atraphaxis spinosa* (L.)). Популяции курчавки кустарниковой изучались на территории Камышинского района Волгоградской области на Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиал ФНЦ агроэкологии РАН в степной зоне на каштановых легкосуглинистых почвах в комплексе с солончаками, количество осадков 320-390 мм, коэффициент увлажнения 0,35. В условиях Астраханской области Харабалинского района в пустынной зоне светло-каштановых почв, солонцевато-пустынных, солончаковых, с количеством осадков 180-250 мм и коэффициентом увлажнения 0,11 исследовалась курчавка колючая.

A. frutescens (L.) листопадный кустарник до 1,3 м высотой с обоеполыми цветками, ксерофит, олиготроф (рисунок 1а).

Ареал распространения *A. frutescens* (L.) Нижний Дон и Нижняя Волга, Заволжье, Западная Сибирь, Казахстан, Прибалкалье. Включен в списки редких видов флоры Волгоградской области, внесён в Красные книги Саратовской области и Астраханской.

A. spinosa (L.) летнезеленый листопадный кустарник с обоеполыми цветками, распространен в Закавказье, Дагестане, Казахстане, Средней Азии, Турции, Иране, Афганистане, Западном Китае. Внесён в Красные книги Саратовской области (1996) и Республики Калмыкия (2010, 2014).

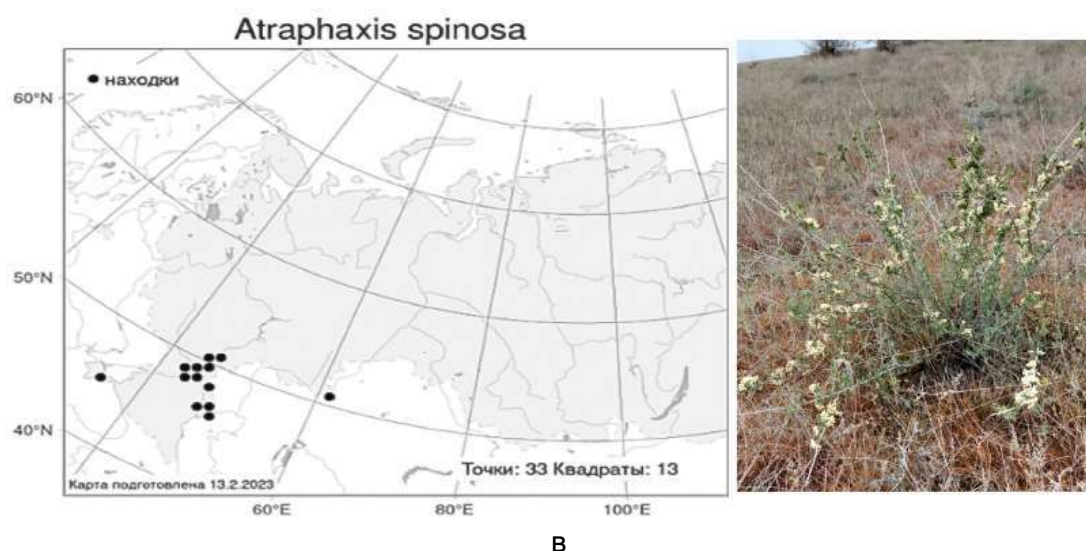
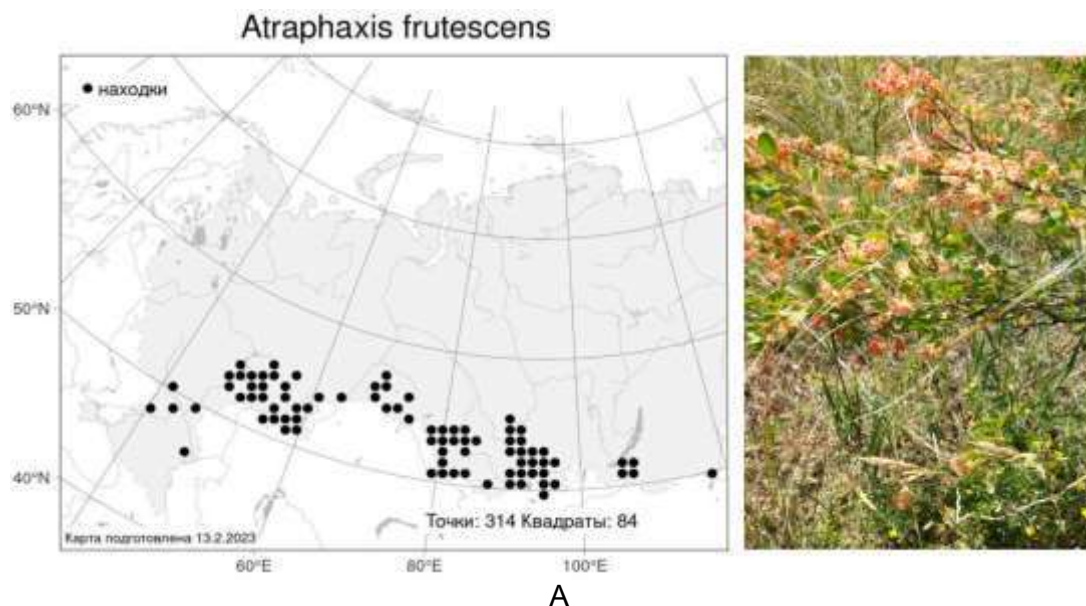


Рисунок 1 – Ареал распространения курчавки кустарниковой (а) и курчавки колючей (в) [12]

Figure 1 – Distribution area of the kurchavka of shrubby (a) and kurchavka of prickly (в) [12]

Эти виды имеют высокие кормовые характеристики. Лучше поедаются животными весной и в начале лета.

Биоэкологические свойства выбранных объектов визуально оценивали по пяти признакам: засухоустойчивость и зимостойкость (шестибалльная шкала Пятницкого С. С.) (таблица 1), оценка интенсивности цветения и плодоношения методом В. Г. Каппера (пятибалльная шкала), жизненность (трехбалльная шкала).

Таблица 1 – Шкала устойчивости к низким и высоким температурам по Пятницкому С. С.
Table 1 – Scale of resistance to low and high temperatures according to Pyatnitsky S. S.

Зимостойкость / Winter hardiness	Балл / Point	Степень адаптации / Degree of adaptation	Засухоустойчивость / Drought tolerance
Растение не повреждается зимними условиями / The plant is not damaged by winter conditions	1	1,0	Растения не реагируют на засушливые условия / Plants do not respond to arid conditions
Повреждаются эпизодически однолетние побеги до 50% / Annual shoots are occasionally damaged up to 50%	2	0,8	Тургор листов и хвои пониженный, растения заметно снижают прирост в этот или последующий год / The turgor of foliage and needles is lowered, the plants noticeably reduce growth this or the next year
Полностью отмирают побеги текущего года и частично повреждаются более старые ветви / The shoots of the current year die off completely and the older branches are partially damaged	3	0,6	Повреждается хвоя, листва и молодые побеги, прирост данного или последующего года снижается многократно или вообще отсутствует / Needles, foliage and young shoots are damaged, the growth of a given or subsequent year decreases many times or is absent at all
Обмерзают 2-3-летние побеги и скелетные ветви / 2-3-year-old shoots and skeletal branches freeze	4	0,4	Повреждаются скелетные ветви, растение не восстанавливает своих размеров в последующий год / Skeletal branches are damaged, and the plant does not regain its size in the following year
Полностью погибает надземная часть растений (или выше уровня снежного покрова) / The above-ground part of the plants dies completely (or above the level of the snow cover)	5	0,2	Погибает вся надземная часть растения / The entire above-ground part of the plant dies
Растения вымерзают полностью / Plants freeze completely	6	0	Растение гибнет от засухи полностью / The plant dies completely from drought

Определение массы 1000 семян было проведено взвешиванием в трехкратной повторности на весах ВК-300. Морфометрические показатели плодов – длина и ширина – определяли с точностью до 0,01 мм (100 измерений для каждого вида).

Динамика физиологического состояния кустарника в течение вегетационного периода по показателям пигментной системы зеленого листа (хлорофилла, флавоноидов, антоцианов) была проведена устройством Флавоид- и хлорофиллометр DUALEX SCIENTIFIC+™ [11].

Результаты и их обсуждение. Курчавка кустарниковая и колючая обладают высокими адаптационными возможностями, зимостойки и засухоустойчивы. Растение цветет и плодоносит с 2-3 летнего возраста. В первый год идет интенсивный рост корневой системы, надземные боковые побеги появляются на второй год. Цветки собраны в короткие кисти, которые цветут в апреле-мае.

Таблица 2 – Эколого-биологические параметры изучаемых видов рода *Atraphaxis*
Table 2 – Ecological and biological parameters of the studied species of the genus *Atraphaxis*

Вид / Plant Species	Высота, м / Height, m	Устойчивость к низким температурам, балл / Resistance to low temperatures, score	Устойчивость к высоким температурам, балл / Resistance to high temperatures, score	Цветение, балл / Flowering, score	Плодоношение, балл / Fruiting, score	Жизненность, балл / Vitality, score
Курчавка кустарниковая / kurchavka of shrubby	1,22±0,3	1	1	5	5	1
Курчавка колючая / kurchavka of prickly	0,4±0,6	1	1	5	5	1

Беловатые веточки с серой корой и удлиненные побеги курчавки кустарниковой неколючие, прирост в 2023 г. составил 188 мм (рисунок 2 а). На прирост курчавки колючей большое влияние оказывают высокие температуры в течение летнего периода, которые задерживают прирост побегов. В условиях Астраханской области он находится на уровне 25 мм. К осени концы молодых побегов курчавки колючей теряют листья и становятся шиповатыми, колючими.



Рисунок 2 – Прирост побегов курчавки кустарниковой (а) и курчавки колючей (в) в 2023 году
Figure 2 – Growth of shoots kurchavka of shrubby (a) and kurchavka of prickly (b) in 2023

Растения хорошо восстанавливаются от пня, прирост которых зависит от влияния внешних условий произрастания в течение вегетационного периода. Данная характеристика свидетельствует о ксерофитной природе курчавки и его экологическом оптимуме в зоне степей.

Данные виды размножаются семенами. Плоды трехгранные, темно-бурые от 2 до 5 мм в зависимости от вида (рисунок 3).

Семянка курчавки кустарниковой – ореховидная, почти крыловидно трехгранная, при созревании темно-бурая, блестящая (рисунок 3 а). Семянка курчавки колючей – ореховидная, плосковато-сплюснутая, двухгранная, при созревании светло-бурая или желтовато-зеленая, голая (рисунок 3 в). По массе 1000 семян прослеживается разница на 34,2 % в пользу курчавки кустарниковой.



Курчавка кустарниковая *Atraphaxis frutescens* (L.)
C. Koch.

Масса 1000 шт. семян
M.cp = 1,90 ± 0,07 г / Weight of 1000 seeds
M.av = 1.90 ± 0.07 g

Курчавка колючая *Atraphaxis spinosa* (L.)

Масса 1000 шт. семян
M.cp = 1,25±0,06 г /
Weight of 1000 seeds M.sr = 1.25±0.06 g

Рисунок 3 – Внешний вид семян изучаемых видов курчавки
Figure 3 – Appearance of achenes of the studied kurchavka species

Листья курчавки кустарниковой мелкие, жесткие, мясистые в среднем около 19 мм в длину и 9 мм в ширину (рисунок 4 а). У колючей – листья мельче, чем у предыдущего вида курчавки – в среднем 11 и 5 мм, соответственно (рисунок 4 в).



Рисунок 4 – Листовые пластинки представителей рода *Atraphaxis*
(а – курчавка кустарниковая, в – курчавка колючая)
Figure 4 – Leaf blades of representatives of the genus *Atraphaxis*
(а – kurchavka shrubby, с – kurchavka prickly)

При разделении особей популяции курчавки кустарниковой по длине листа более многочисленной оказалась группа с размерами в интервале от 16 до 20 мм. При анализе частот ранжированного ряда по признаку ширина листа выявлено преобладание групп растений с показателями – от 6 до 10 мм. Это косвенно указывает на то, что растения хорошо приспособляются к дефициту влаги, высоким температурам и солнечной радиации.

Анализ морфологических особенностей и пигментного комплекса растений видов родового комплекса *Atraphaxis* позволяет обосновать принципы морфогенеза в зависимости от меняющейся климатической и экологической обстановки и оценить перспективность и закономерности адаптации к условиям произрастания. Количественные показатели фотосинтетических пигментов величина непостоянная, носит сезонный характер. В наших исследованиях на основе сезонной динамики фотосинтетического аппарата растений курчавки кустарниковой отмечено накопление хлорофиллов *a+b* с 19,27 мкг/см² сырой массы в фазу полного зелене-ния до 20,11 мкг/см² сырой массы – максимальное содержание пигментов – в период окончания роста листьев и побегов, который приходится на третью декаду августа.

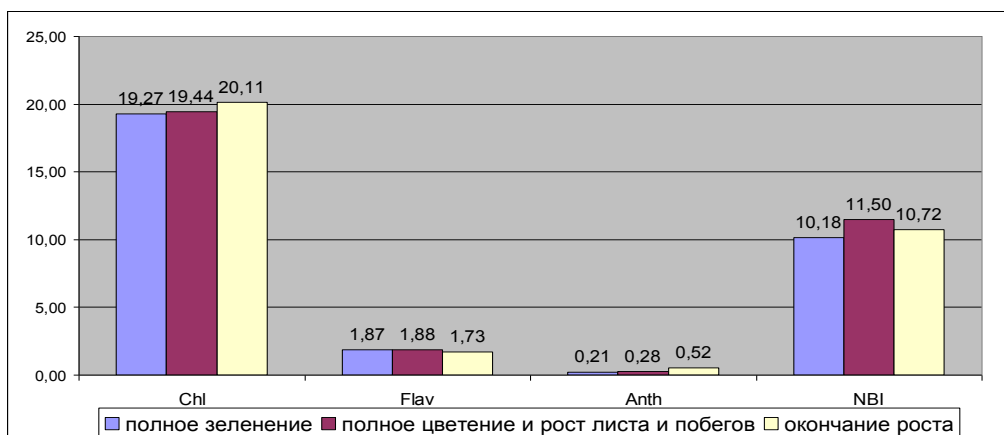


Рисунок 5 – Сезонная динамика фотосинтетического аппарата растений курчавки кустарниковой
(Chl – хлорофилл (мкг/см² сырой массы), Flav – флавоноиды (мкг/см² сырой массы),
Anth – антоцианы (мкг/см² сырой массы), NBI – индекс азотного баланса (y.e.))
Figure 5 – Seasonal dynamics of the photosynthetic apparatus plants of kurchavka shrubby
(Chl – chlorophyll (μg/cm² wet weight), Flav – flavonoids (μg/cm² fresh weight), Anth – anthocyanins
(μg/cm² fresh weight), NBI – nitrogen balance index (cu))

Flav являются эффективными защитными компонентами растения и в условиях стрессовой нагрузки имеют тенденцию накапливаться. В связи с тем, что с начала июля 2023 г. в период полного цветения и активного роста листьев и побегов отмечался скачек температуры (рисунок 6), происходило максимальное накопление флавоноидов в листьях курчавки кустарниковой – 1,88 мкг/см² сырой массы с последующим понижением к концу вегетации до 1,73 мкг/см² сырой массы, так как растение постепенно приспособилось к повышенным температурам при среднесуточном показателе 30,05 °С.

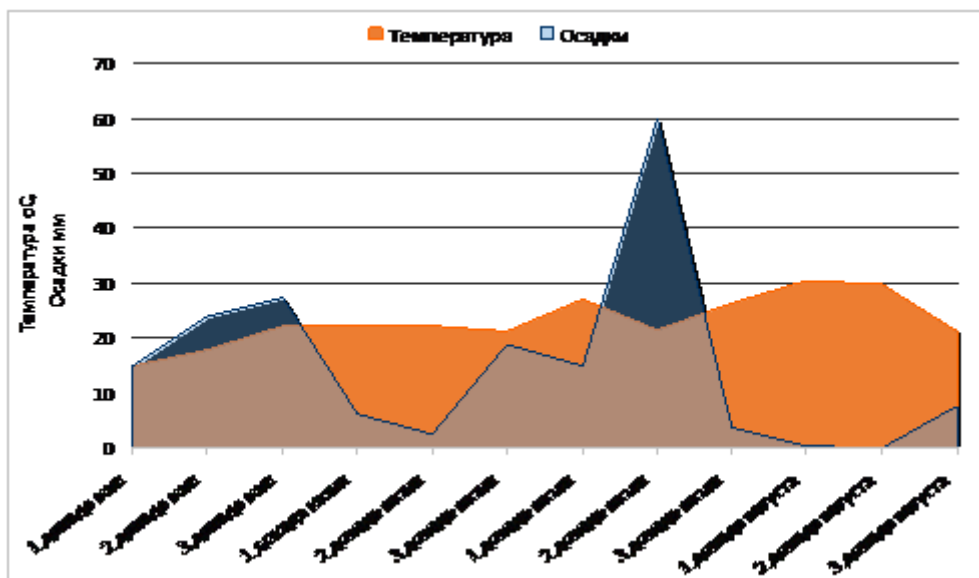


Рисунок 6 – Погодные условия произрастания курчавки кустарниковой
в г. Камышине Волгоградской области, 2023 г

Figure 6 – Weather conditions for the growth of kurchavka shrubby
in Kamyshin, Volgograd region, 2023

С повышением уровня хлорофиллов отмечалось повышение показателей антоцианов, которые выполняют защитные функции фотосинтетического аппарата в условиях возрастающих температурных максимумов.

На фоне температурного и водного стресса было исследовано функциональное состояние пигментного аппарата при помощи контролируемого увядания листьев (таблица 3).

Содержание хлорофиллов определяли в листьях в условиях произрастания (контроль), после 2 часов увядания при температуре воздуха +28°C и относительной влажности воздуха 50%, а также после восстановления водообеспеченности. После увядания в течение 2 часов содержание хлорофилла в листьях курчавки кустарниковой повысилось на 24%. После восстановления водообеспеченности в листьях происходило снижение содержания хлорофилла на 14,2%.

Таблица 3 – Состояние фотосинтетического аппарата при развитии водного стресса растений
курчавки кустарниковой

Table 3 – The state of the photosynthetic apparatus during the development of water stress of kurchavka shrubby plants

Условия водного стресса / Water Stress Conditions	Chl мкг/см ² сырой массы / Chl µg/cm ² of raw matter	Flav мкг/см ² сырой массы / Flav µg/cm ² of raw matter	Anth мкг/см ² сырой массы / Anth µg/cm ² of raw matter	NBI y.e.
На растении / On the plant	21,85±0,12	1,88±0,05	0,32±0,13	11,48±0,11
Увядание в течение 2 ч. / Wither within 2 hours	27,10±0,09	1,96±0,04	0,32±0,13	13,93±0,09
Восстановление тургора (12 часов в воде) / Turgor recovery (12 hours in the water)	24,95±0,10	2,08±0,04	0,24±0,18	12,03±0,10

Происходит понижение содержания Anth с 0,319 до 0,316 мкг/см² сырой массы в период увядания при повышении стрессовой нагрузки, что может свидетельствовать о замедлении процессов синтеза Anth в листьях курчавки кустарниковой, при одновременном увеличении содержания более эффективных компонентов защиты – флавоноидов с 1,88 до 1,96 мкг/см² сырой массы, NBI – индекс азотного баланса с 11,48 до 13,93 у.е.

При насыщении листовой пластины водой в течение 12 часов фиксировалось снижение содержания антоцианов до 0,24 мкг/см² сырой массы при наращивании значений флавоноидов.

Полученные результаты говорят о том, что растения смогли приспособиться к стресс-условиям благодаря высоким адаптационным особенностям растения.

К декоративным качествам родового комплекса *Atraphaxis* относится раскидистая форма свободнорастущего растения с густоветвистым общим габитусом кустарника, кожистая листва от сизо-зеленого до темно-зеленого цвета летом и желтого – осенью, густые многочисленные верхушечные кисти мелких цветков, которые долго сохраняют яркую окраску (таблица 4).

Таблица 4 – Адаптационные возможности видов родового комплекса *Atraphaxis*
Table 4 – Adaptive capabilities of species of the *Atraphaxis* generic complex

Видовое название растения / Species name of the plant	Адаптационные возможности / Adaptability				Декоративные достоинства / Decorative Features			
	требования к свету / Light Requirements	требования к почве / Soil Requirements	требования к влаге / Moisture Requirements	дымо- и газостойкость / Smoke and gas resistance	крона свободно-растущего растения / Crown of a free-growing plant		окраска листьев и соцветий / Color of leaves and inflorescences	
					форма / form	густота / density	Летом / in summer	Осенью / in autumn
Курчавка кустарниковая / kurchavka shrubby	Светолюбивая / Photophilous	Малая / Small	Малая / Small	Среднеустойчива / Moderately stable	Раскидистая / Sprawling	Средняя / Average	темно-зеленая / розово-желтая / Dark Green / Pink Yellow	Желтая / Yellow
Курчавка колючая / kurchavka prickly	Светолюбивая / Photophilous	Малая / Small	Малая / Small	Среднеустойчива / Moderately stable	Раскидистая / Sprawling	Средняя / Average	сизо-зеленая / молочная с розовым оттенком / bluish green / milky with a hint of pink	Желтая / Yellow

Очень светолюбивы, предпочитают произрастать только на умеренно сухих почвах, без длительного переувлажнения на теплых, открытых, солнечных участках с южной экспозицией.

Может расти одиночно и в разреженных ксерофитных кустарниковых фитоценозах с крушиной, миндалем, жимолостью и др.

Данный род выработал свой адаптационный механизм борьбы с засухой (рисунок 7), который проявляется защитной реакцией растения от испарения влаги при вхождении в состояние вынужденного покоя путем замедления или прекращения ростовых процессов и сбрасывания листьев (иногда полностью).



Рисунок 7 – Адаптационный механизм борьбы с засухой курчавки колючей в условиях Харабалинского района Астраханской области
Figure 7 – Adaptation mechanism of drought control of the kurchavka prickly in the conditions of the Kharabalinsky district of the Astrakhan region

Курчавка, благодаря высокому адаптационному потенциалу, кормовым качествам, способности очищать воздух, удерживать почвы и предотвращать эрозию, играет важную роль в экосистеме.

Заключение. В степных районах юга России курчавка кустарниковая и курчавка колючая хорошо растут и развиваются. Цветут и плодоносят с 2-3-летнего возраста. Данные виды имеют большую ценность благодаря хорошему приспособлению к засушливому климату и дефициту влаги аридной зоны.

Данная тенденция свидетельствует об успешной адаптации к экологическим условиям и перспективности данного вида при дальнейшем хозяйственном обогащении агроценозов лесостепного ландшафта.

Перспективы дальнейшего исследования – необходимо продолжить эколого-биологическое изучение видов рода *Atraphaxis* в различных местообитаниях в пределах ареала и разработку механизмов интродукции и реинтродукции на юге России для оценки их потенциала для лесомелиоративных комплексов.

Conclusions. In the steppe regions of the south of Russia, the akurchavka shrubby and kurchavka prickly grow and develop well. They bloom and bear fruit from the age of 2-3. These species are of great value due to their good adaptation to the arid climate and the lack of moisture in the arid zone.

This trend testifies to the successful adaptation to environmental conditions and the prospects of this species with further economic enrichment of agrocenoses of the forest-agrarian landscape.

Prospects for further research – further studies of species in various habitats within the range and the development of mechanisms of introduction and reintroduction in the south of Russia are needed to develop scientific recommendations for further study of populations and preservation of the gene pool of the genus *Atraphaxis*.

Библиографический список

1. Елисафенко Т. В. Состояние ценопопуляции редкого для Новосибирской области вида *Atraphaxis frutescens* (L.) С. Koch (Polygonaceae L.). Проблемы региональной экологии. 2011. № 3. С. 133–137.
2. Елисафенко Т. В. Проблема сохранения генофонда природных популяций в интродукционных коллекциях. Коллекции как основа изучения генетических ресурсов растений и грибов: тезисы докладов всероссийской конференции. Санкт-Петербург: Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, 2022. С. 14.

3. Виктор В. П., Куранова Н. Г., Черняева Е. В. Стратегии сохранения редких видов растений. Вестник Тверского государственного университета. Биология и экология. 2018. № 3. С. 106-129.
4. Ильина В. Н. Изменения базовых онтогенетических спектров популяций некоторых редких видов растений Самарской области при антропогенной нагрузке на местообитания. Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2015. Т. 24. № 3. С. 144-170.
5. Иозус А. П., Завьялов А. А., Крючков С. Н. Биоэкологическая характеристика древесных видов в условиях выращивания в сухой степи. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 10. С. 131-134.
6. Крючков С. Н., Вдовенко А. В., Соломенцева А. С. Анализ жизнеспособности древесных видов в защитных лесных полосах аридной территории Волгоградской области. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 5. С. 46-56.
7. Костиков Д. К., Банаев Е. В. Изменчивость морфологических признаков *Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2. С. 109-113.
8. Кутафина Н. В., Краснопивцева А. Н. Физиологические основы адаптации растительных организмов в условиях урбанизированной среды. Вестник Российского университета дружбы народов. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017. Т. 25. № 1. С. 21-28.
9. Малаева Е. В., Супрун Н. А., Ткаченко М. А. Деятельность Волгоградского регионального ботанического сада по сохранению биоразнообразия редких видов растений. Новости науки в АПК. 2019. № 1-2(12). С. 31-36.
10. Магомедова Б. М., Мингазова М. М. Сообщества с участием *Atraphaxis daghestanica* (Polygonaceae) в Докузпаринском районе Дагестана. Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. Т. 54. № 1. С. 107-111.
11. Магомедова Б. М. Морфометрическая изменчивость признаков побега курчавки Дагестанской (*Atraphaxis daghestanica* (Polygonaceae) в Докузпаринском районе Дагестана. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (70). С. 78-80.
12. Серегин А. П. Цифровой гербарий МГУ. М.: МГУ, 2023. <https://plant.depo.msu.ru>.
13. Шмараева А. Н., Федяева В. В., Шишлова Ж. Н. и др. Сохранение биоразнообразия растений на территории Государственного природного заказника «Горненский» (Ростовская область). Фиторазнообразие Восточной Европы. 2023. Т. 17. № 4. С. 184-196.
14. Васильев А. В., Васюков В. М., Зинченко Т. Д. и др. Стратегии сохранения биоразнообразия: региональный аспект. Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2021. Т. 30. № 3. С. 5-22.
15. Yurtseva O. V., Severova E. E., Bovina I. Y. Pollen morphology and taxonomy of *Atraphaxis* (Polygonaceae). Plant Systematics and Evolution. 2014. V. 300. № 4. P. 749-766.
16. Zhe Xua B., Ming-Li Zhanga C., The effect of past climatic oscillations on spatial genetic structure of *Atraphaxis manshurica* (Polygonaceae) in the Horqin sandlands, northern China. Biochemical Systematics and Ecology. 2015. V. 60. P. 88-94.

References

1. Elisafenko T. V. Status of the cenopopulation of the species *Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch (Polygonaceae L.), rare for the Novosibirsk region. Problems of regional ecology. 2011. № 3. Pp. 133-137.
2. Elisafenko T. V. Problem of Preservation of the Gene Pool of Natural Populations in Introduction Collections. Collections as a Basis for the Study of Genetic Resources of Plants and Fungi: Abstracts of the All-Russian Conference. St. Petersburg: Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, 2022. P. 14.
3. Viktorov V. P., Kuranova N. G., Chernyaeva E. V. Strategies for the Conservation of Rare Plant Species. Bulletin of Tver State University. Biology and Ecology. 2018. № 3. Pp. 106-129.
4. Changes in the Basic Ontogenetic Spectra of Populations of Some Rare Plant Species in the Samara Region under Anthropogenic Pressure on Habitats. Samarskaya Luka: Problems of Regional and Global Ecology. 2015. V. 24. № 3. Pp. 144-170.
5. Iosus A. P., Zavyalov A. A., Kryuchkov S. N. Bioecological Characteristics of Tree Species in Conditions of Cultivation in the Dry Steppe. International Journal of Applied and Basic Research. 2018. № 10. Pp. 131-134.
6. Kryuchkov S. N., Vdovenko A. V., Solomentseva A. S. Analysis of the Viability of Tree Species in Protective Forest Belts of the Arid Territory of the Volgograd Region. Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy. 2022. № 5. Pp. 46-56.
7. Kostikov D. K., Banaev E. V. Variability of morphological characters of *Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2016. V. 18. № 2. Pp. 109-113.
8. Kutafina N. V., Krasnopivtseva A. N. Physiological Foundations of Adaptation of Plant Organisms in the Conditions of Urbanized Environment. Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Ecology and life safety. 2017. V. 25. № 1. Pp. 21-28.
9. Malaeva E. V., Suprun N. A., Tkachenko M. A. Activity of the Volgograd Regional Botanical Garden to Preserve the Biodiversity of Rare Plant Species. News of science in the agro-industrial complex. 2019. № 1-2 (12). Pp. 31-36.
10. Magomedova B. M., Mingazhova M. M. Communities with *Atraphaxis daghestanica* (Polygonaceae) in the Dokuzparinsky District of Dagestan. Proceedings of the Gorskyi state agrarian university. 2017. V. 54. № 1. Pp. 107-111.
11. Magomedova B. M. Morphometric Variability of Signs of *Atraphaxis daghestanica* (Polygonaceae) Shoot in the Dokuzparinsky District of Dagestan. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2018. № 2 (70). Pp. 78-80.
12. Seregin A. P. Digital Herbarium of Moscow State University. Moscow: MSU Publ., 2023. <https://plant.depo.msu.ru>.
13. Shmaraeva A. N., Fedyaeva V. V., Shishlova Zh. N., et al. Conservation of plant biodiversity on the territory of the Gornensky State Nature Reserve (Rostov region). Phytodiversity of Eastern Europe. 2023. V. 17. № 4. Pp. 184-196.
14. Vasiliev A. V., Vasyukov V. M., Zinchenko T. D., et al. Biodiversity Conservation Strategies: Regional Aspect. Samarskaya Luka: Problems of Regional and Global Ecology. 2021. V. 30. № 3. Pp. 5-22.

15. Yurtseva O. V., Severova E. E., Bovina I. Y. Pollen morphology and taxonomy of *Atraphaxis* (Polygonaceae). *Plant Systematics and Evolution*. 2014. V. 300. № 4. Pp. 749–766.

16. Zhe Xua B., Ming-Li Zhanga C., The effect of past climatic oscillations on spatial genetic structure of *Atraphaxis manshurica* (Polygonaceae) in the Horqin sandlands, northern China. *Biochemical Systematics and Ecology*. 2015. V. 60. Pp. 88–94.

Информация об авторах

Калмыкова Елена Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией биозологии древесных растений, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8530-9995>, e-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Передриенко Анна Ивановна, лаборант-исследователь лаборатории биозологии древесных растений, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1717-1725>, e-mail: peredrienko-a@vfanc.ru

Author's Information

Kalmykova Elena Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, chief researcher, the head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants, «Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8530-9995>, e-mail: kalmykova.elena1111@yandex.ru

Peredrienko Anna Ivanovna, Research Assistant, Laboratory of Bioecology of Woody Plants, «Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1717-1725>, e-mail: peredrienko-a@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-05

REACTION OF GRAY MUSTARD VARIETIES TO SOWING DATES IN THE SUBZONE OF LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION

Medvedev G. A., Mikhalkov D. E., Ekaterinicheva N. G.

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: denis.mih@bk.ru

Received 28.03.2023

Submitted 29.12.2023

Introduction. This article presents the results of two-year observations of the formation of yields of three varieties of blue mustard at two sowing periods in the subzone of light chestnut soils of the Volgograd region. The control was the usual sowing time, when the soil warmed up to a seed depth of 6–7 degrees. The second sowing date was very early due to the frozen soil. Long-term observations of weather conditions were relatively favorable for the growth and development of mustard, which naturally affected both the photosynthetic parameters of the studied mustard varieties and their yields during both sowing periods. On average, in two years of research, ultra-early sowing proved to be the best. When growing mustard varieties during this sowing period, all photosynthetic parameters were significantly better than during the usual sowing period. The Gorlinka variety turned out to be the most productive. At the usual sowing time, it exceeded the Rushen variety by 10.5%, and the Slavyanka variety by 6.9%. With an extremely early sowing period, the advantage of the Gorlinka variety was even greater and amounted to 21.5 and 17.0%, respectively. The highest yield was achieved in 2023 for the Gorlinka variety – 2.25 t/ha, and the lowest – 1.48 t/ha for the Rushena variety in 2022. According to economic indicators, the Gorlinka variety turned out to be the most effective. The production of this variety at the usual sowing period was 70.9% more profitable than that of the Rushen variety, and 62.2% more profitable than that of the Slavyanka variety. At the earliest sowing date, the advantage of the Gorlinka variety was even greater and amounted to 74.4 and 62.6%, respectively.

Relevance. In recent years, interest in blue mustard has increased significantly in agricultural production. If in 2020 this crop occupied only 34 thousand hectares in the region, then in 2023 it will already be 104 thousand hectares. However, its yield varies greatly both from year to year and from region to region. In the region as a whole, the average yield of blue or Sarepta mustard does not exceed 1.0 t/ha. The potential yield of modern varieties is estimated at 2.5–2.7 t/ha, and the Gorlinka variety is capable of producing up to 3.0 t/ha. Therefore, the search for ways to increase the yield of this valuable oilseed crop in the conditions of the Volgograd region is a completely relevant and timely task. **Object.** As the object of the study, two periods of sowing blue mustard were taken – Factor A: 1. Normal sowing time (control). 2. Extra early on thawed frozen soil. Factor B – three varieties of blue mustard: 1. Rushena (control). 2. Slavyanka. 3. Gorlinka. **Materials and methods.** A two-factor field experiment was carried out on light chestnut soils of the Ilovinsky district of the Volgograd region in 2022–2023. according to the method of Lukomets V.M. [1]. The registration area of the plot is 72 m², the experiment is repeated three times. The predecessor is winter

wheat walking on fertilized fallow. **Results and conclusions.** An analysis of two-year observations of the formation of yields of three varieties of mustard blue at two sowing periods in the subzone of light chestnut soils of the Ilovinsky district of the Volgograd region showed that weather conditions naturally affected both the photosynthetic parameters of the studied varieties and their yields at both sowing periods. On average, over two years of research, the most effective was the early sowing of mustard. Of the varieties taken for study, the Gorlinka variety turned out to be the most productive. So, if at the usual sowing period the yield of varieties ranged from 1.53 to 1.69 t/ha, then at the early sowing period these indicators were significantly higher and varied in varieties from 1.81 to 2.20 t/ha. The Gorlinka variety turned out to be the most productive. The yield of this variety did not fall below 2.0 t/ha over the years and averaged 2.2 t/ha over two years at the early sowing period. At the usual sowing period, this variety also exceeded the other varieties and amounted to 1.69 t/ha, which is 0.16 t/ha higher than at the control. All photosynthetic parameters were also the best in this variety, both at the usual and early sowing dates. The calculation of economic efficiency for cultivation options also showed a clear advantage of the early sowing period. So, if the profitability of the production of oilseeds at the usual sowing period varied by varieties from 206 to 276.9%, then at the early sowing period the profitability ranged from 262.7 to 337.1%. Of the varieties, Turtledove turned out to be the most effective. The production of this variety at the usual sowing period was 70.9% more profitable than the Rushen variety and 62.2% more profitable than the Slavyanka variety. At the early sowing period, the advantage of the Gorlinka variety was even greater and amounted to 74.4 and 62.6%, respectively.

Keywords: gray mustard, sowing dates for gray mustard, varieties of gray mustard, yield of gray mustard.

Citation. Medvedev G. A., Mikhalkov D. E., Ekaterinicheva N. G. Reaction of gray mustard varieties to sowing dates in the subzone of light chestnut soils of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 53-62 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-05.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the design, execution, or analysis of the data obtained. All authors of this article have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 633.853.483

РЕАКЦИЯ СОРТОВ ГОРЧИЦЫ СИЗОЙ НА СРОКИ ПОСЕВА В ПОДЗОНЕ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Медведев Г. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Михальков Д. Е., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Екатериничева Н. Г., кандидат экономических наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье представлены результаты двухлетних наблюдений за формированием урожайности трех сортов горчицы сизой при двух сроках посева в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области. Контролем служил обычный срок посева при прогревании почвы на глубине заделки семян 6-7 градусов. Второй срок посева был сверхранний по таломерзлой почве. Годы наблюдений по погодным условиям были сравнительно благоприятными для роста и развития горчицы, что естественно сказалось, как на фотосинтетические показатели изучаемых сортов горчицы, так и на их урожайность при обоих сроках посева. В среднем за два года исследований сверхранний посев зарекомендовал себя с лучшей стороны. При возделывании сортов горчицы при этом сроке посева все фотосинтетические показатели были значительно лучше, чем при обычном сроке посева. Наиболее продуктивным оказался сорт Горlinka. На обычном сроке посева он превосходил сорт Рушена на 10,5%, а сорт Славянка на 6,9%. При сверхраннем сроке посева преимущество сорта Горlinka было еще больше, и соответственно, составило 21,5 и 17,0%. Самая высокая урожайность была достигнута в 2023 году у сорта Горlinka – 2,25 т/га, а самая низкая – 1,48 т/га у сорта Рушена в 2022 году. По экономическим показателям наиболее эффективным оказался сорт Горlinka. Производство этого сорта на обычном сроке посева было на 70,9% рентабельнее сорта Рушена и на 62,2% рентабельнее сорта Славянка. На сверхраннем сроке посева преимущество сорта Горlinka было еще больше и составило соответственно 74,4 и 62,6%.

Актуальность. В последние годы в сельскохозяйственном производстве интерес к горчице сизой значительно возрос. Если в 2020 году эта культура в области занимала только 34 тыс. га, то в 2023 году уже 104 тыс. га. Однако урожайность ее как по годам, так и по районам области сильно колеблется. В целом по области средняя урожайность горчицы сизой или сарептской не превышает 1,0 т/га. Потенциальная урожайность современных сортов оценивается в 2,5-2,7 т/га, а сорт Горlinka способен давать до 3,0 т/га. Следовательно, поиск путей повышения урожайности этой ценной масличной культуры в условиях Волгоградской области задача вполне актуальна и своевременна.

Объект исследования. В качестве объекта исследования были взяты два срока посева горчицы сизой – Фактор А: обычный срок посева (контроль); сверххранний по таломерзлой почве. Фактор В – три сорта горчицы сизой: 1. Рушена (контроль); 2. Славянка; 3. Горлинка.

Материалы и методы. Полевой двухфакторный опыт был заложен на светло-каштановых почвах Иловлинского района Волгоградской области в 2022-2023 гг. по методике Лукомец В. М. [1]. Учетная площадь делянки 72 м², повторность опыта трехкратная. Предшественник – озимая пшеница, идущая по удобренному пару.

Результаты и выводы. Анализ двухлетних наблюдений за формированием урожайности трех сортов горчицы сизой при двух сроках посева в подзоне светло-каштановых почв Иловлинского района Волгоградской области показал, что погодные условия естественно отразились и на фотосинтетических показателях изучаемых сортов, и на их урожайности на обоих сроках посева. В среднем за два года исследований наиболее эффективным оказался сверххранний срок посева горчицы. Из взятых на изучение сортов наиболее продуктивным оказался сорт Горлинка. Так, если при обычном сроке посева урожайность сортов колебалась от 1,53 до 1,69 т/га, то при сверххраннем сроке посева эти показатели были значительно выше и изменялись по сортам от 1,81 до 2,20 т/га. Наиболее урожайным оказался сорт Горлинка. Урожайность этого сорта по годам не опускалась ниже 2,0 т/га и в среднем за два года составила 2,2 т/га на сверххраннем сроке посева. На обычном сроке посева этот сорт также превосходил остальные сорта и составил 1,69 т/га, что на 0,16 т/га выше, чем на контроле.

Все фотосинтетические показатели были наилучшими у этого сорта как на обычном, так и на сверххраннем сроках посева. Расчет экономической эффективности по вариантам возделывания также показал явное преимущество сверххраннего срока посева. Так, если рентабельность производства маслосемян на обычном сроке посева изменялась по сортам от 206 до 276,9%, то на сверххраннем сроке посева рентабельность колебалась от 262,7 до 337,1%. Из сортов наиболее эффективным оказалась Горлинка. Производство этого сорта на обычном сроке посева было на 70,9% рентабельнее сорта Рушена и на 62,2% рентабельнее сорта Славянка. На сверххраннем сроке посева преимущество сорта Горлинка было еще больше и составило соответственно 74,4 и 62,6%.

Ключевые слова: горчица сизая, сроки посева горчицы сизой, сорта горчицы сизой, урожайность горчицы сизой.

Цитирование. Медведев Г. А., Михальков Д. Е., Екатериничева Н. Г. Реакция сортов горчицы сизой на сроки посева в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 53-62. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-05.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В зоне каштановых почв Волгоградской области среди масличных культур, особый интерес представляет горчица сизая или сарептская. Основные площади посевов горчицы в России сосредоточены в Поволжье и Ставропольском крае. До перестройки в Волгоградской области горчица ежегодно занимала от 89 до 184 тыс. га. Однако с переходом к новым формам хозяйствования посевные площади под горчицей резко сократились. Так в 2020 году было посеяно только 34 тыс. га горчицы и получена урожайность всего 0,43 т/га.

Начиная с 2021 года посевные площади горчицы стали резко расти. Так, в 2022 году было в области посеяно уже 58,7 тыс. га и урожайность составила 0,88 т/га, а в 2023 году уже было посеяно 104 тыс. га, и средняя урожайность составила 0,9 т/га. Передовые районы области: Нехаевский, Новоаннинский, Иловлинский, Октябрьский получили по 1,7-1,8 т/га маслосемян горчицы. Однако современные сорта горчицы, по данным сортоучастков, способны давать 2,5-2,7 т/га. В производственных условиях даже передовые хозяйства реализуют этот потенциал сортов только на 65-70%, а в целом по области только на 30-32 % [2, 3, 5].

По нашему мнению, чтобы закрепить горчицу в качестве основной культуры, в структуре посевных площадей, в зоне каштановых почв и выйти на ее стабильное производство, необходимо обеспечить баланс экономических интересов сельхозпроизводителя и переработчика.

Цена реализации маслосемян должна устраивать как аграриев, так и переработчиков. Чтобы снизить цену реализации маслосемян горчицы, необходимо снизить себестоимость ее производства за счет повышения урожайности. Поэтому разработка приемов агротехники, способствующих повышению урожайности горчицы, имеет исключительно большое значение. Решением этой проблемы и посвящены наши исследования.

Двухфакторный полевой опыт закладывался на светло-каштановых почвах Иловлинского района Волгоградской области в 2022 и 2023 гг. по следующей схеме: Фактор А – сроки посева: обычный срок посева при температуре почвы на глубине заделки семян 6-7 градусов (контроль); сверххранний срок посева по таломерзлой почве. Фактор В – сорта горчицы: 1. Рушена (контроль); 2. Славянка; 3. Горлинка. Предшественник – озимая пшеница. Норма высева 1,5 млн/га всхожих семян, способ посева обычный рядовой. Повторность в опыте трехкратная, учетная площадь делянки 72 м².

Наблюдения за ростом и развитием горчицы показали, что по сортам заметных отличий по полевой всхожести не было отмечено, а вот сроки посева на этот показатель оказывали существенное влияние (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние сроков посева на полевую всхожесть и сохранность растений к уборке у различных сортов горчицы (среднее за 2022-2023 гг.)

Table 1 – The influence of sowing dates on field germination and the safety of plants for harvesting in various mustard varieties (average for 2022-2023)

Срок посева / Sowing period	Сорт / Variety	Норма высева, млн/га / Seeding rate, million/ha	Взошло семян, млн/га / Seeds ger- minated, million/ha	Полевая всхожесть % / Field germination %	Число растений перед уборкой, млн/га / Number of plants before harvesting, million/ha	Сохранность растений,% / Plant safety, %
Обычный/ Ordinary	Рушена/ Rushena	1,5	1,19	79,3	1,07	89,6
	Славянка/ Slavyanka	1,5	1,20	79,8	1,08	90,1
	Горлинка/ Gorlinka	1,5	1,21	80,4	1,11	91,4
Сверххранний/ early ripeness	Рушена/ Rushena	1,5	1,24	82,6	1,12	90,2
	Славянка/ Slavyanka	1,5	1,25	83,2	1,14	91,5
	Горлинка/ Gorlinka	1,5	1,29	85,9	1,20	92,6

Анализируя данные таблицы 1, следует отметить, что в среднем за два года полевая всхожесть у всех сортов была достаточно высокой и не опускалась ниже 79,3%. Как на обычном, так и на сверххраннем сроках посева, по полевой всхожести, некоторое преимущество имел сорт Горлинка. Так, на обычном сроке посева он имел полевую всхожесть на 1,1% больше, чем сорт Рушена и на 0,6% превосходил сорт Славянка. При сверххраннем сроке посева преимущество сорта Горлинка было еще больше и достигало 3,3 и 2,7% соответственно. Что касается сроков посева, то преимущество сверххраннего срока по полевой всхожести было более существенным и колебалось по сортам от 3,3 до 5,5%. Аналогичная картина отмечалась и по общей сохранности растений к уборке. Так, на обычном сроке посева сохранность растений по сортам изменялась от 89,6 до 91,4%, а на сверххраннем сроке посева от 90,2 до 92,6%. Наибольшие показатели имел сорт Горлинка, а наименьшие сорт Рушена. Сорт Славянка по этому показателю занимал промежуточное положение.

Поскольку Волгоградская область находится в зоне рискованного земледелия и лимитирующим фактором здесь является влага, то в динамике влажности почвы мы уделяли особое внимание (таблица 2).

Анализируя данные таблицы 2, следует отметить, что оба года исследований были довольно благоприятными по увлажнению. Во все периоды развития горчицы сизой обеспеченность влагой растений была достаточно на высоком уровне. По количеству выпавших

осадков 2023 год несколько превосходил 2022 год. Это естественно способствовало лучшему росту и развитию растений горчицы, особенно в первые фазы развития. Преимущества, полученные на первых этапах развития, затем сказались и на процессе плодообразования у сортов горчицы (таблица 3).

Таблица 2 – Динамика влажности почвы в посевах горчицы по периодам ее развития в слое 0,0-1,0 м. Сорт Рушена

Table 2 – Dynamics of soil moisture in mustard crops by periods of its development in a layer of 0.0-1.0 m. The Rushen variety

Показатель / Indicator	Год наблюдения / Year of observation	
	2022	2023
Посев / Sowing		
Влажность почвы, % / Soil moisture, %	25,9	26,1
Общие запасы влаги, мм / Total moisture reserves, mm	218,6	225,3
Доступная влага, мм / Available moisture, mm	112,3	115,4
Количество осадков за межфазный период, мм / Precipitation during the interphase period, mm	7,9	12,3
Всходы / Shoots		
Влажность почвы, % / Soil moisture %	23,4	23,6
Общие запасы влаги, мм / Total moisture reserves, mm	207,9	214,5
Доступная влага, мм / Available moisture, mm	105,5	112,1
Количество осадков за межфазный период, мм / Precipitation during the interphase period, mm	15,7	18,3
Бутионизация / Budding		
Влажность почвы, % / Soil moisture %	18,6	20,3
Общие запасы влаги, мм / Total moisture reserves, mm	198,5	205,7
Доступная влага, мм / Available moisture, mm	99,3	112,7
Количество осадков за межфазный период, мм / Precipitation during the interphase period, mm	45,6	53,8
Цветение / Blossom		
Влажность почвы, % / Soil moisture %	17,2	18,4
Общие запасы влаги, мм / Total moisture reserves, mm	148,6	158,5
Доступная влага, мм / Available moisture, mm	81,5	86,9
Количество осадков за межфазный период, мм / Precipitation during the interphase period, mm	75,7	82,8
Зеленый стручок / The green pod		
Влажность почвы, % / Soil moisture %	15,8	16,3
Общие запасы влаги, мм / Total moisture reserves, mm	122,4	135,6
Доступная влага, мм / Available moisture, mm	67,4	74,9
Количество осадков за межфазный период, мм / Precipitation during the interphase period, mm	33,6	48,9
Полная спелость / Full ripeness		
Влажность почвы, % / Soil moisture %	12,3	13,5
Общие запасы влаги, мм / Total moisture reserves, mm	95,9	112,3
Доступная влага, мм / Available moisture, mm	53,4	62,2
Количество осадков за межфазный период, мм / Precipitation during the interphase period, mm	33,9	35,7

Из данных таблицы 3 видно, что в пределах срока посева большой разницы между сортами по числу заложившихся цветков на растении отмечено не было. Некоторое преимущество было у сорта Горлинка, но это превосходство не превышало 2-11 цветков на растении. Все сорта, взятые на изучение, на сверххранном сроке посева закладывали на 23-26 цветков на растении больше, чем при обычном сроке посева. По числу сохранившихся к уборке плодов преимущество сверххранного срока посева было еще больше. Так сохранность плодов у сортов горчицы на обычном сроке посева колебалась от 51,2 до 56,8%, а на сверххранном сроке посева от 58,6 до 61,3%.

Таблица 3 – Влияние изучаемых факторов на процесс плодообразования у сортов горчицы
(в среднем за 2022-2023 гг.)

Table 3 – The influence of the studied factors on the process of fruit formation in mustard varieties
(on average for 2022-2023)

Срок посева / The term of sowing	Сорт / The variety	Заложились цветков на рас- тении, шт / The number of flowers on the plant, pcs	Сохранилось пло- дов на растении к уборке, шт / Preserved fruits on the plant for harvesting, pcs	Сохранность,% / Preservation,%
Обычный / Ordinary	Рушена / Rushena	415	212	51,2
	Славянка / Slavyanka	419	224	53,4
	Горлинка / Gorlinka	423	239	56,8
Сверхранний / early ripeness	Рушена / Rushena	438	257	58,6
	Славянка / Slavyanka	440	263	59,7
	Горлинка / Gorlinka	449	275	61,3

Из данных сортов больше всего сохранял плоды сорт Горлинка. Сорта Рушена и Славянка к моменту уборки сохраняли, соответственно, на 18-12 плодов меньше на растении. Объясняется это более мощным развитием растений у этого сорта и лучшими фотосинтетическими показателями (таблица 4).

Таблица 4 – Основные фотосинтетические показатели сортов горчицы при различных сроках посева
(в среднем за 2022-2023 гг.)

Table 4 – The main photosynthetic indicators of mustard varieties at different sowing dates
(on average for 2022-2023)

Срок посева / Sowing period	Сорт / Variety	Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га / Maximum leaf area, thousand m ² /ha	Ф.П., тыс. м ² дней / га / P.P., thou- sand m ² , days/ha/	ЧПФ, г/м ² /га / PPP, g/m ² /ha	Сухая био- масса, т/га / Dry biomass, t/ha
Обычный / Ordinary	Рушена / Rushena	25,7	696	5,7	4,9
	Славянка / Slavyanka	28,3	712	5,9	5,3
	Горлинка / Gorlinka	29,7	725	6,2	5,8
Сверхранний / early ripeness	Рушена / Rushena	28,6	711	5,9	5,5
	Славянка / Slavyanka	30,2	729	6,1	5,9
	Горлинка / Gorlinka	31,8	779	6,5	6,2

Анализируя данные таблицы 4, следует отметить, что все взятые на изучение сорта горчицы наиболее высокие фотосинтетические показатели имели на сверхраннем сроке посева. Так максимальная площадь листьев на обычном сроке посева по сортам изменялась от 25,7 до 29,7 тыс. м²/га, то на сверхраннем сроке посева эти показатели были заметно выше и колебались по сортам от 28,6 до 31,8 тыс. м²/га. Такая же закономерность отмечается и по другим фотосинтетическим показателям. Так фотосинтетический потенциал при обычном сроке посева колебался по сортам от 696 до 725 тыс. м² дней/га, на сверхраннем сроке посева от 711 до 779 тыс.м². дней/га. Показатели чистой продуктивности фотосинтеза и сухой биомассы были наибольшими также на сверхраннем посеве. Из взятых на изучение сортов

по фотосинтетическим показателям выделялся сорт Горлинка. На влияние сорта на фотосинтетические показатели указывают ряд исследователей [4, 6, 7, 8, 11, 12]. Так, на обычном сроке посева он превосходил по максимальной площади листьев сорт Рушена на 4,0 тыс. м²/га или 15,6%, а сорт Славянка на 1,4 тыс. м²/га или 4,9%. На сверхраннем сроке посева сохранилась такая же закономерность, но преимущества сорта Горлинка были несколько меньшими. По другим фотосинтетическим показателям преимущество было также на стороне сорта Горлинка. Самые низкие показатели на обоих сроках посева имел сорт Рушена. Сорт Славянка по всем фотосинтетическим показателям немного превосходил сорт Рушена, но заметно уступал сорту Горлинка. Все это, естественно, отразилось на структуре плодоносящих растений и урожайности изучаемых сортов (таблицы 5, 6).

Таблица 5 – Влияние изучаемых факторов на структуру плодоносящих растений горчицы
(в среднем 2022-2023 гг.)

Table 5 – The influence of the studied factors on the structure of fruiting mustard plants
(on average 2022-2023)

Срок посева / Sowing period	Сорт / Variety	Число растений, млн.шт/га / Number of plants, million pieces/ha	Число стручков на растении, шт / Number of pods per plant, pcs.	Число семян в стручке, шт / Number of seeds in a pod, pcs.	Масса семян с растения, г / Weight of seeds per plant, g	Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g	Биологическая урожайность, т/га / Biological yield, t/ha
Обычный / Ordinary	Рушена / Rushena	1,07	52	11,2	1,45	1,78	1,56
	Славянка/ Slavyanka	1,08	56	11,9	1,51	1,81	1,62
	Горлинка / Gorlinka	1,11	59	12,1	1,56	1,85	1,73
Сверхранний / early ripeness	Рушена / Rushena	1,12	58	12,2	1,66	1,82	1,86
	Славянка/ Slavyanka	1,14	62	12,8	1,68	1,92	1,92
	Горлинка / Gorlinka	1,20	69	13,6	1,86	1,99	2,23

Анализируя структуру плодоносящих растений в таблице 5, необходимо отметить, что все показатели на сверхраннем сроке посева заметно выше, чем на обычном сроке посева. Так число растений на гектаре на обычном сроке посева по сортам изменялось от 1,07 до 1,11 млн. шт./га, а на сверхраннем сроке посева от 1,12 до 1,20 млн. шт./га.

На обычном сроке посева число стручков на растении было на 6-10 шт или 11,5-16,9% меньше, чем на сверхраннем сроке посева. По массе семян с растения преимущество сверхраннего срока посева было еще больше и по сортам колебалось от 14,5 до 19,6%. На этом же сроке посева была получена самая высокая биологическая урожайность. По сортам она изменялась от 1,86 до 2,23 т/га маслосемян, что на 19,2-28,9% больше, чем на обычном сроке посева.

Из сортов, взятых на изучение, наилучшие показатели были получены у сорта Горлинка, а самые низкие у сорта Рушена. Сорт горчицы Горлинка на обычном сроке посева превосходил сорт Рушена по биологической урожайности на 0,17 т/га или на 10,9%, а сорт Славянка на 6,7%. На сверхраннем сроке посева это преимущество составило соответственно 19,9 и 16,1%. Аналогичная картина сложилась и по хозяйственной урожайности (таблица 6).

Анализ урожайных данных из таблицы 6 показывает, что все отмеченные ранее закономерности полностью подтверждаются. Как по годам, так и в среднем за два года наиболее высокая урожайность у всех изучаемых сортов была получена при сверхраннем сроке посева.

В среднем за годы наблюдений сорт Рушена при обычном сроке посева сформировал 1,53 т/га маслосемян, а при сверхраннем сроке посева 1,81 т/га или на 18,3% больше. Сорт Славянка увеличил урожайность на сверхраннем сроке посева на 19%, а сорт Гор-

линка обеспечил прибавку урожая на 30,2%. Из взятых на исследование сортов наиболее эффективным оказался сорт Горлинка. На обычном сроке посева он превосходил сорт Рушена на 10,5%, а сорт Славянка на 6,9%. При сверхраннем сроке посева преимущество сорта Горлинка было еще больше и соответственно составило 21,5 и 17,0%.

Таблица 6 – Урожайность сортов горчицы по срокам посева, т/га
Table 6 – Yield of mustard varieties by sowing time, t/ha

Срок посева / Sowing period	Сорт / Variety	2022 г.	2023 г.	Средняя за 2022 и 2023 гг. / The average for 2022 and 2023
Обычный / Ordinary	Рушена / Rushena	1,48	1,58	1,53
	Славянка / Slavyanka	1,52	1,64	1,58
	Горлинка / Gorlinka	1,63	1,75	1,69
Сверхранний / early ripeness	Рушена / Rushena	1,72	1,90	1,81
	Славянка / Slavyanka	1,81	1,95	1,88
	Горлинка / Gorlinka	2,15	2,25	2,20

НСП ₀₅ А	0,12	0,16
НСП ₀₅ В	0,06	0,10
НСП ₀₅ АВ	0,08	0,12

Самая высокая урожайность была достигнута в 2023 году у сорта Горлинка 2,25 т/га, а самая низкая 1,48 т/га у сорта Рушена в 2022 году. Преимущества сорта Горлинка были подтверждены и экономическими расчетами (таблица 7).

Таблица 7 – Влияние сроков посева на экономические показатели возделывания сортов горчицы
(в среднем за 2022-2023 гг.)

Table 7 – The impact of sowing dates on the economic indicators of cultivation of mustard varieties
(on average for 2022-2023)

Срок посева / Sowing period	Сорт / Variety	Урожа- ность, т/га / Produc- tivity, t/ha	Затраты средств на 1 га, руб / Costs per 1 hectare, rub.	Себестои- мость 1 т, руб. / Cost price 1 ton, rub.	Стоимость валовой продукции, руб. / The cost of gross output, rub.	Расчетная прибыль, руб. На 1 т / Estimated profit, rub. per 1 ton	Уровень рента- бельно- сти, % / Profitabilit y level, %
Обычный / Ordinary	Рушена / Rushena	1,53	12500	8169	38250	16831	206,0
	Славянка/ Slavyanka	1,58	12550	7943	39500	17057	214,7
	Горлинка / Gorlinka	1,69	12600	6632	42250	18368	276,9
Сверхран- ний / early ripeness	Рушена / Rushena	1,81	12475	6892	45250	18108	262,7
	Славянка/ Slavyanka	1,88	12535	6678	47000	18332	274,5
	Горлинка / Gorlinka	2,20	12585	5720	55000	19280	337,1

Анализируя данные таблицы 7, следует отметить, что наилучшие результаты по всем сортам, в среднем за два года, были получены на сверхраннем сроке посева горчицы. На этом сроке посева, из-за более высокой урожайности, себестоимость полученной продукции оказалась самой низкой. Здесь же была получена наибольшая расчетная прибыль на тонну полученной продукции и наибольший уровень рентабельности.

Так, если рентабельность производства маслосемян на обычном сроке посева изменялась по сортам от 206 до 276,9%, то на сверхраннем сроке посева рентабельность колебалась от 262,7 до 337,1%. Из сортов наиболее эффективным оказалась Горлинка. На высокую экономическую эффективность современных сортов горчицы сизой указывает ряд авторов [5, 9, 10].

Независимо от срока посева, сорт Горлинка имел явное преимущество перед другими сортами, взятыми на исследование. Производство этого сорта на обычном сроке посева было на 70,9% рентабельнее, сорта Рушена и на 62,2% рентабельнее сорта Славянка.

На сверхраннем сроке посева преимущество сорта Горлинка было еще больше, и составило 74,4 и 62,6%. Сорт Славянка по всем экономическим показателям несколько уступал сорту Горлинка, но заметно превосходил сорт Рушена.

Выводы. На основании проведенных исследований можно заключить, что на светло-каштановых почвах можно получать довольно высокий урожай горчицы (1,8-2,2 т/га) при посеве сортов Горлинка и Славянка после озимой пшеницы в сверхранние сроки по таломерзлой почве. Уровень рентабельности при этом достигает 274-337%.

Conclusions. Based on the research, it can be concluded that on light chestnut soils it is possible to obtain a fairly high yield of mustard (1.8-2.2 t/ha) when sowing the varieties Gorlinka and Slavyanka after winter wheat in the very early terms on thaw-frozen soil. At the same time, the level of profitability reaches 274-337%.

Библиографический список

1. Лукомец В. М., Тишков Н. М., Семерина С. А., Махонин В. Л. Методика проведения агротехнических исследований в опытах с масличными культурами. Масличные культуры. 2023. № 1 (181). С. 33-52.
2. Михальков Д. Е., Кочергина А. С. Влияние предпосевной обработки семян и норм высева на урожайность горчицы сизой при возделывании на светло-каштановых почвах Волгоградской области. Аграрный научный журнал. 2017. № 3. С. 18-25.
3. Михальков Д. Е. Влияние сроков посева, предпосевной обработки семян и норм высева на пораженность вредителями и засоренность посевов горчицы сизой. Научный вестник. Агрономия. 2021. С. 58-61.
4. Алиев Т. Эффективное средство повышения урожая горчицы. Масличные культуры. 2019. № 2. С. 21-22.
5. Михальков Д. Е., Кочергина А. С. Влияние предпосевной обработки семян и норм высева на урожайность горчицы сизой на светло-каштановых почвах Волгоградской области. Вестник Алтайского ГАУ. 2018. № 2 (42). С. 16-20.
6. Михальков Д. Е., Кочергина А. С. Изучение действия электрофизической обработки и биологически активных веществ на рост и развитие горчицы. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 74-82.
7. Михальков Д. Е., Мищенко Е. В. Совершенствование агротехники возделывания горчицы сизой в Волгоградской области. Плодородие. 2018. № 3. С. 43-45.
8. Медведев Г. А., Михальков Д. Е., Екатериничева Н. Г. Эффективность рапса ярового и горчицы сизой в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3. С. 58-62.
9. Овчинников А. С., Пустовалов Е. В. Водный баланс и структура суммарного водопотребления горчицы Сарептской при поливе животноводческими стоками. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 181-186.
10. Patel R. H., Meisheri T. G., Patel J. R. Yields, Nutrient content and uptake by Indian mustard (*Brassica juncea* L.) Czernj and Cossonj as influenced by FYM, nitrogen of fertilizer. Gujarat. Arg. Univ. Res. J. 2018. № 2. Pp. 10-15.
11. Sugawe G. T., Shelke V. B., Munhe P. R. Influence of irrigation and nitrogen of quality and oil yields of mustard. Maharashtra Agr. Univ. 2019. № 2. Pp. 315-317.
12. Sugawe G. T., Shelke V. B. Response of mustard to various levels of irrigation and nitrogen. Maharashtra Agr. Univ. 2020. № 3. Pp. 306-311.

References

1. Lukomets V. M., Tishkov N. M., Semerina S. A., Makhonin V. L. Methodology for conducting agrotechnical research in experiments with oilseeds. Oilseeds. 2023. No. 1 (181). Pp. 33-52.
2. Mikhalkov D. E., Kochergina A. S. The influence of pre-sowing seed treatment and seeding rates on the yield of blue mustard when cultivated on light chestnut soils of the Volgograd region. Agrarian scientific journal. 2017. No 3. Pp. 18-25.
3. Mikhalkov D. E. Influence of sowing timing, pre-sowing seed treatment and seeding rates on pest infestation and infestation of gray mustard crops. Scientific Bulletin. Agronomy. 2021. Pp. 58-61.
4. Aliev T. An effective means of increasing mustard yield. Oilseeds. 2019. No 2. Pp. 21-22.
5. Mikhalkov D. E., Kochergina A. S. The influence of pre-sowing seed treatment and seeding rates on the yield of blue mustard on light chestnut soils of the Volgograd region. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2018. No 2 (42). Pp. 16-20.
6. Mikhalkov D. E., Kochergina A. S. Study of the effect of electrophysical treatment and biologically active substances on the growth and development of mustard. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2021. No 1 (61). Pp. 74-82.
7. Mikhalkov D. E., Mishchenko E. V. Improving agricultural technology for cultivating gray mustard in the Volgograd region. Fertility. 2018. № 3. Pp. 43-45.
8. Medvedev G. A., Mikhalkov D. E., Ekaterinicheva N. G. The effectiveness of spring rapeseed and blue mustard in the subzone of light chestnut soils of the Volgograd region. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2017. No 3. Pp. 58-62.
9. Ovchinnikov A. S., Pustovalov E. V. Water balance and structure of total water consumption of Sarepta mustard when irrigated with livestock waste. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2018. No 2 (50). Pp. 181-186.

10. Patel R. H., Meisheri T. G., Patel J. R. Yields, Nutrient content and uptake by Indian mustard (*Brassica juncea* L.) Czernj and Cossonj as influenced by FYM, nitrogen of fertilizer. Gujarat. Arg. Univ. Res. J. 2018. № 2. Pp. 10-15.
11. Sugawe G. T., Shelke V. B., Munhe P. R. Influence of irrigation and nitrogen of quality and oil yields of mustard. Maharashtra Agr. Univ. 2019. № 2. Pp. 315-317.
12. Sugawe G. T., Shelke V. B. Response of mustard to various levels of irrigation and nitrogen. Maharashtra Agr. Univ. 2020. № 3. Pp. 306-311.

Информация об авторах

Медведев Геннадий Андреевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Растениеводства, селекции и семеноводства», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0977-8321>, e-mail: medwedevga@yandex.ru

Михальков Денис Евгеньевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Растениеводства селекция и семеноводства», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: denis.mih@bk.ru

Екатери́ничева Наталья Геннадьевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Философия, история и право», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-1293>, e-mail: nataeka@mail.ru

Author's Information

Medvedev Gennadiy Andreevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Plant Production, Breeding and Seed Production, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0977-8321>, e-mail: medwedevga@yandex.ru

Mikhalkov Denis Evgenievich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Crop Production, Breeding and Seed Production, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky ave., 26), e-mail: denis.mih@bk.ru

Ekaterinicheva Natalia Gennadievna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Philosophy, History and Law, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-1293>, e-mail: nataeka@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-06

DESIGN OF AN ARCHITECTURAL MODEL OF A MID-SEASON SOYBEAN VARIETY PLANT FOR IRRIGATION CONDITIONS

Tolokonnikov V. V., Plusheva N. M.

*Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture"
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: nadiplus00@mail.ru

Received 04.04.2023

Submitted 22.09.2023

Abstract

Introduction. The intensification of world soybean production is preceded by an increase in the efficiency of breeding and seed production. Modernization of domestic soybean production should be focused on increasing the demand for improved varieties of soybeans of Russian selection. This is especially true in the southern regions. Here, the natural factors of the life support of the soybean plant favor obtaining high yield levels (3-5 t/ha) of varieties of this crop of average maturation time (110-120 days) under irrigation conditions. The effectiveness of breeding research largely depends on the development of the model variety prototype of soybeans that is closest in terms of economically valuable characteristics to the future original. **Object.** The purpose of the research. Based on a comparative analysis of the obtained results of the influence of economically important signs on soybean yield, to develop indicators of the characteristics of an average-ripened soybean variety for future use in production with a yield level of 4 tons /ha of grain and maturation periods of up to 120 days under irrigation conditions. **Materials and methods.** For a comprehensive study in the period 2019-2021, varieties of various ecological and geographical origin cultivated under irrigation conditions since their zoning were used: Volgogradka 1 (registered since 1991), Soer 6 (since 2001), VNIIQZ 76 (since 2003), Slavia (since 2009), VNIIQZ 31 (since 2011), Vita (since 2020). The area of plots is 12.6 m². The repetition is 4-fold. The area of plant nutrition was 0.70 x 0.024 m. Fertilizers N-100, P₂O₅ -80, K₂O – 50 kg d.v./ha were applied for a programmable yield of 4 t/ha. The irrigation regime is differentiated: in the generative period of development it is maintained at the level of 80% HB, in the vegetative and during the maturation of plants – 70% HB. The productivity structure was determined by selecting plants from 1 m², photosynthetic parameters were determined by die-cutting, the concentration of crude protein and fat was determined using an infrared analyzer. **Results and conclusions.** The analysis of generalized indicators of varieties of the previous stage of selection (16 names) contributed to the design of an architectural model of a plant of the future medium-ripened soybean variety for cultivation under irrigation conditions. In the dynamics of the stage development of plants, it is planned to reduce the vegetative period to 42 days and increase the reproductive period to 78 days. The morphological structure of the stem should be based on medium-sized (0.76 m) plants with increased attachment of the lower beans (0.16 m)

and increased branching on average per plant (4 pcs.). The production-oriented capacity of photosynthetically active sowing should be achieved due to the optimized leaf surface area by the beginning of flowering – up to 29 thousand m² / ha, by the end of flowering increased – up to 70 thousand m² / ha and significantly enhanced photosynthetic potential – up to 3 million m² x days / ha. The net productivity of photosynthesis and the collection of dry biomass should not increase in medium-ripened plants in order to avoid increasing their mutual shading, which leads to a decrease in the share of grain in the total biomass. Optimization of the level of leaf-stem mass contributes to the good development of donor-acceptor relations in favor of reproductive organs, therefore, the yield index should be increased to 20%. The orientation of the distribution of plastic substances between the leaves of beans and seeds is closely related to the microdistribution index, which in productive and low-growing varieties of irrigated agriculture should reach 74%. The crop structure of a highly productive plant should be focused on increasing the grain weight on average per plant to 10 g. To do this, it is necessary to strengthen the process of bean formation in the nodes – up to 5.5 pcs. and seed formation in beans up to 2.4 pcs. when optimizing the number of plants for harvesting at the level of 40 pcs. / m² due to their high preservation during the growing season – 72.7%. Obtaining a high yield – 4 t / ha with increased protein content of grain – up to 40% and optimal oil content – up to 19% will contribute to a high collection of these valuable substances – 1.38 t / ha and 0.65 t / ha under irrigation conditions.

Keywords: soybean irrigation, soybean breeding, soybean varieties, soybean yield, mid-season soybean varieties, soybean vegetation.

Citation. Tolokonnikov V. V., Plusheva N. M. Design of an architectural model of a mid-season soybean variety plant for irrigation conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 62-71 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-06.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.34:631.527(470.4)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНОЙ МОДЕЛИ РАСТЕНИЯ СРЕДНЕСПЕЛОГО СОРТА СОИ ДЛЯ УСЛОВИЙ ОРОШЕНИЯ

Толоконников В. В., доктор сельскохозяйственных наук
Плющева Н. М., старший лаборант

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия»
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Интенсификация мирового производства сои предворяется повышением эффективности селекции и семеноводства. Модернизация отечественного соеопроизводства должна быть ориентирована на усиление востребованности улучшенных сортов сои Российской селекции. Это особенно актуально в южных регионах. Здесь природные факторы жизнеобеспечения соевого растения благоприятствуют получению высоких уровней урожайности (3-5 т/га) сортов этой культуры средних сроков (110-120 дней) созревания в условиях орошения. Эффективность селекционных исследований во многом зависит от разработки наиболее приближенного по хозяйственно – ценным признакам к будущему оригиналу модельного сортопрототипа сои. **Цель исследований.** На основе сравнительного анализа полученных результатов влияния хозяйственно-важных признаков на урожайность сои, разработать показатели характеристики среднеспелого сорта сои будущего использования в производстве с уровнем урожайности 4 т/га зерна и сроками созревания – до 120 дней в условиях орошения. **Материалы и методы.** Для комплексного изучения в период 2019-2021 года использовались сорта различного эколого-географического происхождения, возделываемые в условиях орошения со времени их районирования: Волгоградка 1 (зарегистрирован с 1991 года), Соер 6 (с 2001 года), ВНИИОЗ 76 (с 2003 года), Славия (с 2009 года), ВНИИОЗ 31 (с 2011 года), Вита (с 2020 года). Площадь делянок 12,6 м². Повторность 4-х кратная. Площадь питания растений составляла 0,70 x 0,024 м. Под программируемый урожай 4 т/га вносили удобрения N-100, P₂O₅ -80, K₂O – 50 кг д.в./га. Режим орошения дифференцированный: в генеративный период развития поддерживается на уровне 80 % НВ, в вегетативный и при созревании растений – 70 % НВ. Структуру продуктивности определяли отбором растений с 1 м², фотосинтетические показатели – методом высечек, концентрацию сырого протеина и жира устанавливали с помощью инфракрасного анализатора. **Результаты и обсуждения.** Анализ обобщенных показателей сортов предыдущего этапа селекции (16 наименований) способствовал проектированию архитектурной модели растения будущего среднеспелого сорта сои для возделывания в условиях орошения. В динамике стадийного развития растений планируется уменьшить вегетативный период до 42 суток и увеличить репродуктивный – до 78 суток. Морфологическая структура стеблестоя должна быть основана на среднерослых (0,76 м) рас-

тениях с повышенным прикреплением нижних бобов (0,16 м) и увеличенной ветвистостью в среднем на одно растение (4 шт.). Продукционно-ориентированная мощность фотосинтетически активного посева должна быть достигнута за счёт оптимизированной площади листовой поверхности к началу цветения – до 29 тыс. м²/га, к концу цветения увеличенной – до 70 тыс. м²/га и значительно усиленным фотосинтетическим потенциалом – до 3 млн. м² х дней/га. Чистая продуктивность фотосинтеза и сбор сухой биомассы не должны возрастать у среднеспелых растений во избежание усиления их взаимозатенения, которое приводит к снижению доли зерна в общей биомассе. Оптимизация уровня листостебельной массы способствует хорошему развитию донорно-акцепторных отношений в пользу репродуктивных органов, поэтому индекс урожайности должен быть увеличен до 20 %. Ориентация распределения пластических веществ между створками бобов и семян, тесно связана с индексом микрораспределения, который у продуктивных и не высокорослых сортов орошаемого земледелия должен достигать 74 %. Структура урожая высокопродуктивного растения должна быть ориентирована на увеличении массы зерна в среднем на одно растение до 10 г. Для этого необходимо усилить процесс бобообразования в узлах – до 5,5 шт. и семяобразования в бобах до 2,4 шт. при оптимизации количества растений к уборке на уровне 40 шт./м² за счёт высокой их сохранности в период вегетации – 72,7 %. Получение высокого урожая – 4 т/га при повышенной белковости зерна – до 40 % и оптимальной масличности – до 19 % будет способствовать высокому сбору этих ценных веществ – 1,38 т/га и 0,65 т/га в условиях орошения.

Ключевые слова: орошение сои, селекция сои, сорта сои, урожайность сои, среднеспелые сорта сои, вегетация сои.

Цитирование. Толоконников В. В., Плющева Н. М. Проектирование архитектурной модели растения среднеспелого сорта сои для условий орошения. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 62-71. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-06.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В предшествующее десятилетие валовые сборы сои в мире ежегодно увеличиваются на 2,9 %. Предполагается, что к 2031 году объём производства этой культуры достигнет 411 млн. т, превысив более чем вдвое общий объём производства других важных масличных культур (188 млн. т) – рапса, подсолнечника и арахиса [14, 15]. Увеличение валовых сборов масличных культур преимущественно (на 75 %) будет, осуществляется на основе роста урожайности и только на 25 % - благодаря расширению посевных площадей. Важно отметить, что соя будет иметь особое преимущество, как важнейшая белково-масличная культура. Наряду с широким использованием во многих отраслях народного хозяйства растёт применение сои в рационе питания населения. Так, соевый изолят в Японии – распространённое блюдо к столу. Не случайно средняя продолжительность жизни достигает там 87,3 года. В южных странах её собирают по 2 урожая в год, особенно – в Латинской Америке. Высокая вероятность того, что в перспективе – 80 % мирового производства сои будут обеспечивать только 2 страны: США и Бразилия. Ожидается существенное увеличение производства сои в Китае, Индии, России и Канаде. Однако пока Российская Федерация обеспечивает потребности страны в сое и продуктах её переработки только на 60 % - значительный дефицит погашается импортом, и в основном – за счёт дешевого ГМО, сырья и белковых переработанных продуктов этой культуры, снижающих цену отечественной, более качественной, чем зарубежная, соя. Поэтому очень важно усилить научное обеспечение Российского соевого производства и, в первую очередь – следует отметить, что в аналогичной климатической зоне размещена южная часть Канады, где урожайность сои за счёт селекционных достижений повысилась на 20 % в предшествующие 20 лет [15].

Рентабельность производства сои достигается за счёт трёх факторов: достаточной обеспеченностью посева влагой и теплом, эффективной борьбой с сорняками, использованием высокопродуктивного сорта. В Южном Федеральном округе соя, возделываемая без полива, обеспечивает сбор в среднем 1,5 т/га зерна, а в условиях орошения 4 т/га и более [1, 2, 4, 9, 10, 12].

Селекционное улучшение сои по зерновой продуктивности связано с необходимостью сочетания в одном генотипе значительного количества ценных признаков и свойств, что предваряет проектирование архитектурной модели растения с показателями высокопродуктивного типа.

При разработке концепции сорта необходимо оценивать влияние сортотипа на зерновую продуктивность агрофитоценоза, давать характеристику морфологических признаков сорта: особенности роста главного побега, форме куста и ветвистости, количеству узлов, распределению бобов по стеблю [3, 7, 8].

Для условий орошения среди научных работ не найдено достаточно рекомендаций по разработке морфобиотипа сои, отзывчивого на оросительную воду, удобрения и другие факторы интенсификации при усилении аридизации климата, поэтому необходимо усилить внимание исследователей к показателям, отражающим признаки высокопродуктивного в посевах с орошением сортотипа сои и их связь с урожайностью и другими хозяйственно-ценными показателями.

Цель исследований – в результате обобщения параметров основных хозяйственно-полезных признаков (16 наименований) среднеспелых, как потенциально продуктивных сортов предшествующих этапов селекции (2019-2021 гг.), разработать модель высокопродуктивного сорта сои будущего с формируемым уровнем урожайности 4 т/га за 120 дней вегетационного периода.

Материалы и методы. Результаты исследований построены на материалах изучения шести среднеспелых сортов сои, зарегистрированных в Госсортреестре селекционных достижений по Нижневолжскому региону в разные годы периода 1991-2020 гг. – их выведения и распространения в сельскохозяйственном производстве. Подобранные сорта широко возделывались на территории Нижнего Поволжья. При выборе сортов по показателям характеристики важнейших признаков и свойств, учитывалось их происхождение, как сортов региональной (местной) селекции, что очень важно для этой культуры и способствовало более полному отражению 29 летней сортосмены со средними сроками (110-120 суток) созревания сортов (таблица 1).

Таблица 1 – Этапы сортосмены среднеспелых сортов сои в Волгоградской области
Table 1 – Stages of variety exchange of medium-ripened soybean varieties in the Volgograd region

Оригинаторы / Originators	Сорта / Varieties	Год включения в Госсортреестр / Year of inclusion in the State Sortregister
ФГБНУ ВНИИОЗ	Волгоградка 1	1991
ФГБНУ ФАНЦ Юга-Востока	Соер 6	2001
ФГБНУ ВНИИОЗ	ВНИИОЗ 76	2003
ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК им. В. С. Пустовойта	Славия	2009
ФГБНУ ВНИИОЗ	ВНИИОЗ 31	2011
ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК им. В.С. Пустовойта	Вита	2020

Уборочная площадь делянок – 12,6 м², расположенных в 4-х кратной повторности и посеянных с шириной междурядий 0,7 м. Норма посева семян 500 тыс. всхожих зерен на гектар. Удобрения вносили под программируемый урожай 4 т/га зерна из расчёта 100 кг N, 80 кг P₂O₅, 50 кг K₂O д.в./га. Орошение проводили дождевальными машинами Бауэр с учётом фаз роста и развития растений, поддерживая влажность почвы до начала цветения и в период «созревание-полная спелость» на уровне 70 % НВ в слое 0,4 м, в критические периоды: цветение, формирование, рост и налив бобов – 80 % НВ с промачиванием горизонта почвы до 0,6 м.

Показатели структуры продуктивности определяли отбором растений с площади 1 м² 2-х несмежных повторений. Уровни формирования сухого вещества определяли по фазам роста и развития растений. Площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза анализировали в соответствии с методами исследований в полевых опытах с соей [3].

Индекс урожайности определяли отношением общей биомассы к содержанию зерна в ней. Индекс микрораспределений рассчитывали делением веса бобов на вес выделенных из них семян. Анализ белка и масла в семенах определяли с помощью инфракрасного анализатора ИК.

Результаты и обсуждение. При разработке модельного сорта для будущего производственного использования важно опираться на достижения селекции того региона для которого будут рассчитываться параметры нового сорта. Опытный селекционер должен видеть будущие сорта растений, когда смотрит в настоящее время на существующие [5, 6, 13]. Исследованиями ФГБНУ ВНИИОЗ выявлены признаки и свойства сои, тесно связанные с продуктивностью орошаемого агроценоза и важные для селекционного улучшения этой культуры (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительные показатели характеристики высокопродуктивных среднеспелых сортов прошедшего и будущего этапов селекции сои в условиях орошения

Table 2 – Comparative characteristics of high-yielding medium-ripened varieties of the past and future stages of soybean breeding under irrigation conditions

№ п/п	Показатели / Indicators	Сорта / Varieties	
		предыдущего этапа селекции / of the previous stage of selection	Будущие / Future
1	Урожайность, т/га зерна / Yield, t/ha of grain	3,62	4
2	Продолжительность вегетационного периода, сутки / Duration of vegetation period, day	120	120
3	Динамика стадийного развития растений, сутки: всходы – цветение / Dynamics of stage development of plants, day: seedlings – flowering	47	42
	цветение-созревание / flowering-ripening	73	78
4	Морфологическая структура стеблестоя: высота растений, м / Morphological structure of the stem: plant height, m	0,81	0,76
	высота прикрепления нижних бобов, м / Attachment height of the lower beans, m	0,14	0,16
	количество ветвей на растении, шт. / Number of branches per plant, pcs.	2,8	4
5	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га: к началу цветения / Leaf surface area, thousand m ² /ha: at the beginning of flowering	26,4	29
	к концу цветения / Towards the end of flowering	67,3	70
6	Фотосинтетический потенциал, млн. м ² x суток/га / Photosynthetic potential, mln m ² x day/ha	2,8	3
7	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² сутки / Net productivity of photosynthesis, g/m ² day	7,4	7,4
8	Сбор сухой биомассы, т/га / Dry biomass harvesting, t/ha	20,6	20
9	Индекс уборочной урожайности, % / Yield index, %	17,6	20
10	Индекс микрораспределения, % / Microdistribution index, %	68	74
11	Количество растений перед уборкой, шт./м ² / Number of plants before harvesting, pcs./m ²	40	40
12	Доля сохранности растений к уборке при норме высева всхожих семян 550 шт./га / The share of plant survival for harvesting at the seeding rate of germinating seeds is 550 pcs./ha	72,7	72,7
13	Масса зерна, г: на одном растении / Grain weight, g: per plant	9,1	10
	1000 зерен /1000 grains	136	124
14	Среднее число, шт: бобов в узле главного стебля / Average number of pcs: beans in the node of the main stem	4,9	5,5
	семян в бобе / seeds in a bean	2,2	2,4
15	Концентрация в зерне, % от абсолютно сухого вещества: сырого протеина / Concentration in grain, % of absolute dry matter: crude protein	40	40
	Жира / Fat	19	19
16	Сбор, т/га: сырого протеина / Harvest, t/ha: crude protein	1,07	1,38
	Жира / Fat	0,51	0,65

Урожайность. При возделывании сои в условиях орошения важно тестировать сорта на адаптированность к атмосферной засухе, усиливающейся на фоне существенного снижения относительной влажности воздуха (менее 30 %) и отрицательно влияющей на урожайность. Повышение количества суховейных дней – более 55 за вегетационный период приводит к снижению продуктивности посева до 2 т/га зерна по сравнению с уровнем урожая (2,5-3,5 т/га) в годы с умеренной воздушной засухой – 47 дней (среднемноголетнее значение) и менее этого показателя.

Анализ литературных источников показал, что в посевах без орошения достаточно высокая урожайность может быть получена при разном сочетании элементов структуры продуктивности и зависима, в первую очередь – от количества выпадаемых осадков, особенно в фазы цветения, роста и налива бобов [2, 10, 11]. В условиях орошения возможность регулирования водного режима почвы, как главного фактора комфортной жизнедеятельности соевого растения в условиях Нижнего Поволжья, способствует одновременному, и суммируемому увеличению таких важных элементов структуры продуктивности, связанных с урожайностью, как количество бобов в узле, семян в бобе, масса 1000 зерен. Кроме того, для среднеспелых сортов очень важно корректировать периоды вегетации таким образом, чтобы без существенного увеличения общего вегетационного периода добиться повышения урожайности.

Продолжительность вегетационного периода и его фаз. Селекция сои на определённую длину вегетации должна проводиться в регионе, где планируется возделывание будущих сортов. Соя – культура сильно реагирующая на смену дня и ночи (фотопериод). Поэтому сорта региональной селекции, особенно из группы среднеспелых, пригодны для хозяйственного использования в посевах, площади которых необходимо концентрировать в узких поясах географических широт (1-1,5 ° или около 160 км).

В условиях орошения сроки созревания сортов тесно связаны с урожайностью ($r = 0,6-0,8$). На продуктивность будущего сорта оказывает влияние не общая продолжительность периода вегетации, а длительность отдельных его фаз. Существуют сорта с одинаковым сроком прохождения периода вегетации, но имеющие различия в сроках стадий роста и развития.

Важно отметить, что относительно короткий промежуток времени вегетативного роста растений, положительно влияет на уменьшение чрезмерного наращивания биомассы, до массового цветения и образования бобов. За счёт некоторого увеличения репродуктивного периода – до 78 суток у будущего сорта, благодаря уменьшению вегетативного этапа роста – до 42 суток, больше времени уходит на формирование продуктивности, причём без удлинения общего периода вегетации, гарантирующего надежное созревание растений в сентябре.

Линейный рост растений, высота прикрепления нижнего боба и количество ветвей на растении. Производственные сорта засухоустойчивого агроэкоотбора селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК им. В.С. Пустовойта такие как Парус, Селена, Пума, Славия и ряд других характеризуются высоким ростом растений – до 1 м и даже более [3]. При складывающихся благоприятных для роста и развития сои природно-климатических условиях (США, Бразилия, Аргентина), значительная высота стеблестоя является нежелательным признаком [8]. Результаты наших исследований показали, что орошаемые посевы высокорослых сортов сои снижают фотосинтетическую продуктивность листового аппарата из-за усиления взаимозатеняемости растений. Кроме того, формирование чрезмерного объёма биомассы, что характерно для этой культуры при комфортных условиях жизнеобеспечения, приводит стеблестой к полеганию на пике максимального нарастания сырой биомассы (2-я половина августа) у среднеспелых сортов – до уровня 80 т/га.

Исследования показали, что высота растений характеризуется средним коэффициентом корреляции – $r = 0,54$ с массой зерна на растении, поэтому высокопродуктивными агроценозами в равной мере могут быть и среднерослые агроэкоотборы волгоградской сои. Поэтому линейный рост у будущего сорта может достигать не более 0,76 м.

На уровень урожайности сои оказывает существенное влияние высота прикрепления нижнего боба. Если этот показатель не достигает 0,15 м между поверхностью почвы и местом прикрепления первого боба на растении, потери зерна за жаткой комбайна могут достигать 15-20 % от биологического урожая. У среднеспелых сортов этот признак не имеет высокой связи с зерновой продуктивностью растений – $r = 0,44$. Средний уровень корреляционных взаимоотношений выявлен между высотой растений и высотой прикрепления

нижнего боба – $r = 0,36$. Невысокие связи этого признака с продуктивностью и линейным ростом растений свидетельствует о возможности создания высокоурожайного и одновременно – среднерослого сорта сои.

Важным селекционным признаком является количество ветвей на растении. Роль этого показателя в увеличении продуктивности достаточно дискуссионна. В неорошаемых посевах наиболее селекционно значимыми и засухоустойчивыми считаются маловетвистые генотипы [2, 3]. Для ранних сортов также более предпочтительны, хорошо противостоящие засухе, одностебельные морфобиотипы [8].

В условиях орошения у среднеспелых сортов установлена высокая корреляционная связь количества ветвей с массой зерна на растении – $r = 0,80$. Учитывая это, будущий сорт должен иметь не менее четырёх ветвей на растении.

Показатели фотосинтетической активности растений. В списке перспективных технологий всемирного значения на первом месте поставлено повышение эффективности фотосинтеза. Фотосинтез является основным процессом создания органического вещества зелёными растениями. Поэтому важнейшая задача селекции – выведение сортов, характеризующихся эффективным использованием солнечной радиации на основе саморегуляции фотосинтетического процесса в зависимости от его интенсивности [8, 9].

Площадь листовой поверхности в неорошаемых посевах среднескороспелого сорта Ходсон сои в благоприятные годы достигает 58-68 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ [14,15]. Близкие к этим цифрам показатели отмечены и в наших исследованиях (2019-2021 гг.) – к концу цветения площадь листьев в среднем по сортам составляла 67,3 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$. С листовой поверхностью орошаемого агрофитоценоза и продуктивностью выявлена средняя корреляционная связь – $r = 0,58$, что свидетельствует о необходимости незначительного увеличения этого показателя – не более 70 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ у сортов будущего.

Высокая корреляция – $r = 0,76$ отмечена между фотосинтетическим потенциалом и продуктивностью стеблестоя, поэтому в генотипе будущего селекционного достижения важно закрепить в потомстве способность достигать фотосинтетической мощности посева до 3 млн. х дней/га.

Слабая отрицательная корреляционная связь прослеживается между продуктивностью агрофотосинтеза, показатель которой, как показал корреляционный анализ, должен остаться у нового сорта на существующем уровне – 7,4 г/м² сутки.

Индексы: уборочной урожайности и микрораспределения. Оптимизация фотосинтетической активности орошаемого агрофитоценоза сои способствует формированию биомассы в пересчёте на сухое вещество до уровня не более 20 т/га. Среднеспелые сорта развивают очень значительную мощность листостебельной массы и во избежание взаимозатенения растений и их полегания по мере созревания, важно отбирать элитные растения не по урожайности биомассы, а по доле зерна в ней. Коэффициент корреляции зерновой продуктивности орошаемого посева с индексом урожайности достигает существенной величины – 70. С учётом этого, доля зерна в общей биомассе у нового сорта должна быть увеличена – до 20 %.

У высокопродуктивных сортов эффективное распределение органических веществ, полученных в процессе фотосинтеза, между генеративными и вегетативными органами должно сопровождаться и рациональным распределением их в пределах репродуктивных органов: между семенами и створками бобов. Доля семян в бобах для сортов такого типа должна быть на уровне 74 % по сравнению с сортами прошедшего этапа селекции – 68 %.

Плотность продуктивного стеблестоя. Данный показатель тесно связан с лабораторной, полевой всхожестью семян, полнотой посева и сохранностью растений перед уборкой. Результаты наших исследований показали, что около 5 % семян сои не прорастает из-за неравномерного их заделывания в почву, до 10 % подвержены почвенным эпифитотиям (в основном семена с микроповреждениями) и не менее 12 % стеблестоя гибнут при проведении междурядных обработок. Поскольку уровни данных показателей больше зависят от модификационных, чем от генетических факторов, будущие сорта должны сохранять перед уборкой аналогичное существующим в настоящее время генотипам количество растений перед уборкой 40 шт./м².

Структурные элементы продуктивности. Главным фактором формирования высоких урожаев сои является масса зерна на одном растении. Коэффициент её корреляции с урожайностью достигает 0,91. Этот признак, даже в условиях орошения, характеризуется высоким коэффициентом вариации – до 49 %, что требует особой ориентации при

проведении отбора – на менее вариабельные признаки, но тесно связанные с урожайностью. Одним из таких показателей является «среднее количество бобов в узле» главного стебля. Он подвержен менее значимой изменчивости в орошаемых посевах – $C_v = 11-20 \%$, причём характеризуется высокой наследственностью и, что особенно важно – тесно связан с зерновой продуктивностью ($r = 0,75-0,96$). У новых сортов сои этот показатель должен достигнуть в среднем 5,5 бобов в 1 узле.

Качество зерна. Интенсификация сельскохозяйственного производства предопределяет востребованность сортов, сочетающих высокий урожай и качество зерна. В странах – лидерах мирового производства сои (США, Бразилия, Аргентина) содержание сырого протеина в семенах сои варьирует от 35 до 40 %. В Российской Федерации уровень концентрации белка в семенах редко превышает 34 %. А в товарной сое, произведённой в Центральном Федеральном округе, этот показатель находится на отметке 28-32 %. Ряд сортов канадской селекции (Максус, Киото, Саска и другие) способны обеспечить получение высокобелкового зерна сои до показателя 40 %. Однако, при этом, снижается содержание жира и падает урожайность, из-за того, что ген, контролирующий процесс накопления протеина в зерне сои связан с этими признаками отрицательной корреляцией (в среднем $r = -0,78$). Это важнейшая проблема, требующая безотлагательного решения.

В условиях орошения сорта селекции ФГБНУ ВНИИОЗ улучшены по этим показателям и обеспечивают получение до 40 % сырого протеина и до 19 % жира. С учётом роста урожайности будущего сорта до 4-х т/га сбор этих главнейших ингредиентов соевого зерна достигнет уровней 1,38 т/га и 0,65 т/га. Параллельно с ростом посевов сои в условиях орошения будет повышаться эффективность высокобелковой селекции, резервы генофонда которой достигают 45 %.

Заключение. Селекционное улучшение сои в условиях орошения должно опираться на результаты предшествующих этапов селекции и учитывать множество признаков, корреляционно связанных с продуктивностью и влияющих на её уровень. При выведении среднеспелых, наиболее урожайных – до 4-х т/га зерна в условиях орошения сортов, важно оптимизировать продолжительность вегетационного периода на уровне 120 суток. Кроме того, архитектурная модель среднеспелого сорта сои должна включать не менее 16 показателей.

Достигнуть роста урожайности и качества зерна будущего сорта планируется за счёт:

- паритетного изменения динамики межфазных периодов – до 42 суток «всходы-цветение» и до 78 суток «цветение-созревание»;
- уменьшения линейного роста растений до 0,76 м с одновременным увеличением количества ветвей стеблестоя до 4 шт./раст.;
- повышения листовой поверхности до цветения на уровне 29 тыс. м²/га, к концу цветения – до 70 тыс. м²/га;
- роста фотосинтетического потенциала до 3-х млн. м² х дней/га;
- достижения доли зерна во всей биомассе до 20 %;
- доведения индекса микрораспределения до 74 %;
- оптимизации массы зерна в среднем на одном растении до 10 г и абсолютного веса 1000 зерен до 124 г;
- формирования среднего количества бобов в узле главного стебля до 5,5 шт., семян в бобе – до 2,4 шт.;
- концентрации сырого протеина и жира в семенах на уровне 40 % и 19 %;
- сбора сырого протеина и жира в семенах до 1,38 т/га и до 0,65 т/га.

Изучаемые показатели связаны с оптимизацией использования водных и агрохимических ресурсов растениями и как показывает наш многолетний опыт – 1983-2023 гг., выведения 5-и сортов сои получивших регистрацию в Госсортреестре, вполне достижимы на основе селекционно-геномного улучшения этой культуры и выведения сортов с высоким соответствием требованиям соеопроизводства ближайшего будущего времени.

Conclusions. The selective improvement of soybeans under irrigation conditions should be based on the results of the previous stages of selection and take into account many features correlated with productivity and affecting its level. When breeding medium-ripened, the most productive – up to 4 tons / ha of grain under irrigation of varieties, it is important to optimize the duration of the growing season at the level of 120 days. In addition, the architectural model of a medium-ripened soybean variety should include at least 16 indicators.

It is planned to achieve an increase in the yield and quality of grain of the future variety by:

- parity changes in the dynamics of interphase periods – up to 42 days of "shoots-flowering" and up to 78 days of "flowering-ripening";

- reducing the linear growth of plants to 0.76 m with a simultaneous increase in the number of stem branches to 4 pcs. / plant;
- increasing the leaf surface before flowering at the level of 29 thousand m²/ ha, by the end of flowering – up to 70 thousand m²/ ha;
- growth of photosynthetic potential up to 3 million m² x days/ha;
- achieving the share of grain in the entire biomass up to 20 %;
- bringing the microdistribution index to 74 %;
- optimization of grain weight on average per plant up to 10 g and the absolute weight of 1000 grains up to 124 g;
- formation of the average number of beans in the node of the main stem up to 5.5 pcs., seeds in a bean – up to 2.4 pcs.;
- concentrations of crude protein and fat in seeds at the level of 40% and 19 %;
- collection of crude protein and fat in seeds up to 1.38 t/ha and up to 0.65 t/ha.

The studied indicators are related to the optimization of the use of water and agrochemical resources by plants and, as our long-term experience shows – 1983-2023, the breeding of 5 varieties of soybeans registered in the State Register is quite achievable on the basis of breeding and genomic improvement of this crop and the breeding of varieties with high compliance with the requirements of soybean production in the near future.

Библиографический список

1. Бельшикина М. Е., Загоруйко М. Г. Биохимический состав семян сортов сои различного эколого-географического происхождения и оценка пригодности их переработки. Аграрная Россия. 2023. № 7. С. 3-8.
2. Головина Е. В. Исследование засухоустойчивости и водного обмена сортов сои северного экотипа. Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 1 (33). С. 45-49.
3. Вишнякова М. А. и др. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: методические указания. Санкт-Петербург: ВИР, 2018. С. 143.
4. Марчук Л. Е., Тимошинов Р. В., Кушаева Е. Ж., Дубков А. А., Клыков А. Г. Формирование урожайности сои в зависимости от нормы высева и способа посева в условиях Приморского края. Аграрная Россия. 2022. № 12. С. 3-8.
5. Панфилова О. Н., Чугунова Е. В., Дерунова С. Н. Исходный материал для селекции кукурузы на засухоустойчивость. Аграрный научный журнал. 2020. № 2. С. 20-24.
6. Панфилова О. Н., Чугунова Е. В., Дерунова С. Н. Значение селекционного индекса новых гибридов кукурузы на зерно при выращивании на богаре и при орошении. Аграрный научный журнал. 2020. № 3. С. 29-34.
7. Сеферова И. В. Соя в условиях северо-запада Российской Федерации. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2016. № 3 (167). С. 107-105.
8. Суворова Ю. Н., Омелянюк Л. В., Асанов А. М. Подсолнечник и соя – перспективы интродуцированные масличные культуры для Западной Сибири. Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (44). С. 64-73.
9. Толоконников В. В., Кошкарлова Т. С., Вронская Л. В., Мухаметханова С. С. Генетические источники и методы селекции сои в условиях орошения. Орошаемое земледелие. 2021. № 2. С. 22-25.
10. Ториков В. Е., Бельченко С. А. Соя северного экотипа в интенсивном земледелии: монография. Брянск: Брянский ГАУ, 2019. 284 с.
11. Чамурлиев О. Г., Толоконников В. В., Чамурлиев О. Г. Соя при орошении в Нижнем Поволжье: монография. Волгоград, 2018. 156 с.
12. Шабалкин А. В., Дубинкина Е. А. Соя - экономически выгодная культура. Аграрная Россия. 2022. № 1. С. 17-21.
13. Tolokonnikov V. V., Novikov A. A., Vronskaya L. V., Fomin D. S., Koshkarova T. S. Agromeliorative methods of cultivation of a new variety of soybeans Volgogradka 2 under irrigation conditions. International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012072.
14. Tolokonnikov V. V., Vronskaya L. V., Trunova M. V., Koshkarova T. S., Saenko G. M. The models of soybeans varieties adapted to dry conditions. Advances in Science for Agriculture "Achievements of Science for the Agro Industrial Complex: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012013.
15. Fredrik F. Soebean (Glycine max) cropping in Sweden – influence of row distance, seeding date and suitable cultivars. Acta Agricultural Scandinavica, section B – Soil and Plant Science. 2021. Vol. 71. № 5. Pp. 311-317.
16. Kabwe N., Sarah A., Paul M. Molecular characterization of soybean accessions from the interhational collection of the plant gene resources of Canada: germplasm indentification. Journal of Crop Improvement. 2021. Vol. 35. № 5. Pp. 127-139.

References

1. Belyshkina M. E., Zagoruiko M. G. Biochemical composition of soybean seeds of various ecological and geographical origin and assessment of the suitability of their processing. Agrarian Russia. 2023. No 7. Pp. 3-8.
2. Golovina E. V. Study of drought resistance and water exchange of soybean varieties of the northern ecotype. Legumes and cereals. 2020. No 1 (33). Pp. 45-49.
3. Vishnyakova M. A., et al. Collection of world genetic resources of grain legumes VIR: replenishment, conservation and study: methodological guidelines. Saint Petersburg: VIR, 2018. 143 p.
4. Marchuk L. E., Timoshinov R. V., Kushaeva E. Zh., Dubkov A. A., Klykov A. G. Formation of soybean yield depending on the seeding rate and the method of sowing in the conditions of Primorsky Region. Agrarian Russia. 2022. No 12. Pp. 3-8.

5. Panfilova O. N., Chugunova E. V., Derunova S. N. Source material for corn breeding for drought resistance. *Agrarian Scientific Journal*. 2020. No 2. Pp. 20-24.
6. Panfilova O. N., Chugunova E. V., Derunova S. N. The value of the breeding index of new corn hybrids for grain when grown on the bogar and under irrigation. *Agricultural Scientific Journal*. 2020. No 3. Pp. 29-34.
7. Seferova I. V. Soy in the conditions of the north-west of the Russian Federation. *Oilseeds. Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds*. 2016. No 3 (167). Pp. 107-105.
8. Suvorova Yu. N., Omelianyuk L. V., Asanov A. M. Sunflower and soy – prospects of introduced oilseeds for Western Siberia. *Bulletin of Omsk State Agrarian University*. 2021. No 4 (44). Pp. 64-73.
9. Tolokonnikov V. V., Koshkarova T. S., Vronskaya L. V., Mukhametkhanova S. S. Genetic sources and methods of soybean breeding in irrigation conditions. *Irrigated agriculture*. 2021. No 2. Pp. 22-25.
10. Torikov V. E., Belchenko S. A. Soy of the northern ecotype in intensive agriculture: monograph. Bryansk: Bryansk GAU, 2019. 284 p.
11. Chamurliov O. G., Tolokonnikov V. V., Chamurliov O. G. Soybeans under irrigation in the Lower Volga region: monograph. Volgograd, 2018. 156 p.
12. Shabalkina A. V., Dubinkina E. A. Soy is an economically profitable crop. *Agrarian Russia*. 2022. No 1. Pp. 17-21.
13. Tolokonnikov V. V., Novikov A. A., Vronskaya L. V., Fomin D. S., Koshkarova T. S. Agromeliorative methods of cultivation of a new variety of soybeans Volgogradka 2 under irrigation conditions. *International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. P. 012072.
14. Tolokonnikov V. V., Vronskaya L. V., Trunova M. V., Koshkarova T. S., Saenko G. M. The models of soybeans varieties adapted to dry conditions. *Advances in Science for Agriculture "Achievements of Science for the Agro Industrial Complex: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. P. 012013.
15. Fredrik F. Soebean (Glycine max) cropping in Sweden – influence of row distance, seeding date and suitable cultivars. *Acta Agricultural Scandinavica, section B – Soil and Plant Science*. 2021. Vol. 71. № 5. Pp. 311-317.
16. Kabwe N., Sarah A., Paul M. Molecular characterization of soybean accessions from the interhational collection of the plant gene resources of Canada: germplasm identification. *Journal of Crop Improvement*. 2021. Vol. 35. № 5. Pp. 127-139.

Информация об авторах

Толоконников Владимир Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, д. 9), e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru

Плющева Надежда Михайловна, старший лаборант отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, д. 9), e-mail: nadiplus00@mail.ru

Author's Information

Tolokonnikov Vladimir Vasilyevich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading researcher of the Department of Intensive Technologies of Cultivation of Agricultural Crops of the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru

Nadezhda Mikhailovna Plusheva, Senior Laboratory Assistant of the Department of Intensive Technologies of Cultivation of Agricultural Crops of the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), e-mail: nadiplus00@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-07

INFLUENCE OF THE PREDECESSOR AND ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY ON THE YIELD OF A NEW VARIETY OF WINTER WHEAT «BYLINA DON»

Voshedsky N. N., Kulygin V. A., Tseluyko O. A., Kanzurov M. V.

*Federal Rostov Agricultural Research Centre
Rassvet village, Rostov region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: o.tseluyko@yandex.ru

Received 10.10.2023

Submitted 24.01.2024

*The research was carried out as part of the fulfillment of the state task on the topic FNFZ-2022-0003
"To develop improved ecological and adaptive technologies for cultivating new varieties of crops in crop
rotations of various designs of the Azov zone of the Rostov region"*

Summary

The article presents the results of research on the effect of winter wheat precursors black steam and peas on grain yield. Higher yields were noted for the predecessor black steam. However, in conditions of intensification of agriculture, peas can become a promising precursor of winter wheat. It provides economic compensation for a slight decrease in yield (by 10.0-11.9%), compared with black steam, due to the return on annual use of the field.

Abstract

Introduction. Based on previous studies, it was found that the best precursor for winter wheat in the zone of insufficient moisture is black steam, which contributes to obtaining the highest grain yield. However, in the realities of the modern market, the use of steam often turns out to be economically costly. Therefore, it remains relevant to search for alternatives to the black pair of precursors of winter wheat, allowing in specific soil and climatic conditions to fully unlock the potential of not only the crop, but also the agrocenosis of the field over time. In this regard, the purpose of the research is to establish the optimal precursor and key elements of cultivation technology that ensure high yields of a new variety of winter wheat Bylina Don in the conditions of the Azov zone of the Rostov region. **Materials and methods.** The research was carried out at the experimental hospital of FSBSI FRARC in 2019-2022, the soil of the experimental site is represented by ordinary chernozem, carbonate medium-sized light loam on loess-like loam. Two precursors of winter wheat were studied: black steam, peas for grain. Against their background, there are different seeding rates: 1) 4.0 million units/ha; 2) 4.5 million units /ha (control); 3) 5.0 million units /ha and mineral nutrition levels: without fertilizers – "0", moderate – "1" (N80P60K60), high – "2" (N120P80K80). When conducting the field experiment, generally accepted methods were used. **Results and conclusions.** The precursor of winter wheat, black steam, contributed to a higher average yield compared to its predecessor, peas. This difference at the studied seeding rates in conditions of moderate nutrition background was 10.0%, high – 11.9%. The average yield of winter wheat for peas, regardless of seeding rates and fertilizers, was 7.8-9.1% less than after steam. The seeding rate of 4.0 million units /ha reduced grain yield, regardless of the background of fertilizers, for steam by 16.8-17.3%, for peas – by 17.1-19.7%, compared with the control. The rate of 5.0 million units / ha provided an increase in yield, relative to control, for steam – by 7.5-8.7%, for peas – by 5.9-7.6%. The steam predecessor gave the greatest increase in yield from fertilizers, which amounted to 0.88-1.27 t/ha (28.3-31.6%) for the average background, and 1.54-2.09 t/ha (49.5-52.0%) for the high background. The best return on the use of fertilizers was obtained on the variant with the steam precursor, fertilizer and seeding standards N120P80K80 and 5.0 million units/ha – 7.39 kg/kg. The highest grain yield was provided in variants with a seeding rate of 5.0 million units/ha and a background nutrition of N120P80K80, amounting to the predecessors: steam – 6.11 t/ha, peas – 5.35 t/ha. **Conclusions.** Black steam remains an effective precursor of winter wheat, providing the highest grain yield. However, in conditions of intensification of agricultural production, peas can become a promising precursor to wheat. A decrease in grain yield after this leguminous crop by 10.0-11.9% can be economically compensated by obtaining additional products with the annual use of the production field with an improvement in its soil fertility and phytosanitary conditions.

Keywords: winter wheat, winter wheat predecessors, wheat seeding rates, new varieties of winter wheat.

Citation. Voshedsky N. N., Kulygin V. A., Tseluyko O. A., Kanzurov M. V. Influence of the predecessor and elements of cultivation technology on the yield of a new variety of winter wheat «Bylina Don». *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 71-81 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-07.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.11 «324»

ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКА И ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ НОВОГО СОРТА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ «БЫЛИНА ДОНА»

Вошедский Н. Н., кандидат сельскохозяйственных наук

Кулыгин В. А., кандидат сельскохозяйственных наук

Целуйко О. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Канцуров М. В., аспирант

Федеральный Ростовский аграрный научный центр
п. Рассвет, Ростовская область, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания по теме
FNFZ-2022-0003 «Разработать усовершенствованные эколого-адаптивные технологии
возделывания новых сортов сельскохозяйственных культур в севооборотах различных
конструкций приазовской зоны Ростовской области»

Актуальность. На основании ранее проведенных исследований установлено, что лучшим предшественником для озимой пшеницы в зоне недостаточного увлажнения является черный пар, способствующий получению наибольшей урожайности зерна. Однако в реалиях современного рынка применение пара часто оказывается экономически затратным. Поэтому актуальным остается поиск альтернативных черному пару предшественников озимой пшеницы, позволяющих в конкретных почвенно-

климатических условиях наиболее полно раскрыть потенциал не только культуры, но и агроценоза поля во времени. В связи с этим, цель исследований – установление оптимального предшественника и ключевых элементов технологии возделывания, обеспечивающих высокую урожайность нового сорта озимой пшеницы Былина Дона в условиях приазовской зоны Ростовской области. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном стационаре ФГБНУ ФРАНЦ в 2019-2022 гг., почва опытного участка представлена чернозёмом обыкновенным, карбонатным среднесиловым легкосуглинистым на лессовидном суглинке. Изучались два предшественника озимой пшеницы: черный пар, горох на зерно. На их фоне разные нормы высева семян: 1) 4,0 млн шт./га; 2) 4,5 млн шт./га (контроль); 3) 5,0 млн шт./га и уровни минерального питания: без удобрений – «0», умеренный – «1» ($N_{80}P_{60}K_{60}$), высокий – «2» ($N_{120}P_{80}K_{80}$). При проведении полевого опыта использовали общепринятые методики. **Результаты и выводы.** Предшественник озимой пшеницы черный пар способствовал получению более высокой средней урожайности, по сравнению с предшественником горох. Эта разница при изучаемых нормах высева в условиях умеренного фона питания составила 10,0%, высокого – 11,9%. Средняя урожайность озимой пшеницы по гороху независимо от норм высева и удобрений была меньше на 7,8-9,1%, чем после пара. Норма высева 4,0 млн шт./га уменьшала урожайность зерна, независимо от фона удобрений, по пару на 16,8-17,3%, гороху – на 17,1-19,7%, по сравнению с контролем. Норма 5,0 млн шт./га обеспечивала прибавку урожайности, относительно контроля, по пару – на 7,5-8,7%, гороху – на 5,9-7,6%. Паровой предшественник давал наибольшую прибавку урожайности от удобрений, которая составила по среднему фону 0,88-1,27 т/га (28,3-31,6%), высокому фону – 1,54-2,09 т/га (49,5-52,0%). Лучшая отдача от применения удобрений получена на варианте с предшественником пар, нормами удобрений и высева $N_{120}P_{80}K_{80}$ и 5,0 млн шт./га – 7,39 кг/кг. Самая высокая урожайность зерна обеспечивалась на вариантах с нормой высева 5,0 млн шт./га и фоном питания $N_{120}P_{80}K_{80}$, составив по предшественникам: пар – 6,11 т/га, горох – 5,35 т/га. **Выводы.** Эффективным предшественником озимой пшеницы, обеспечивающим наибольшую урожайность зерна, остается черный пар. Однако в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства перспективным предшественником пшеницы может стать горох. Снижение урожайности зерна после этой зернобобовой культуры на 10,0-11,9% может быть экономически компенсировано получением дополнительной продукции при ежегодном использовании производственного поля с улучшением его почвенного плодородия и фитосанитарной обстановки.

Ключевые слова: озимая пшеница, предшественники озимой пшеницы, нормы высева пшеницы, новые сорта озимой пшеницы.

Цитирование. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А., Целуйко О. А., Канцуров М. В. Влияние предшественника и элементов технологии возделывания на урожайность нового сорта озимой пшеницы «Былина Дона». *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 71-81. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-07.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Озимая пшеница является главной сельскохозяйственной культурой в РФ, посевы которой в 2022 г. достигли 16,69 млн га, что составляет, примерно, 21,1% от общей посевной площади в хозяйствах всех категорий [1]. Получение высоких устойчивых урожаев данной культуры способствует укреплению продовольственной безопасности и дальнейшему развитию экономики страны [2]. Лидером по посевным площадям под озимую пшеницу является Ростовская область, где в 2022 г. зерно культуры убрано с 2,9 млн га при средней урожайности 4,21 т/га [1]. Однако этот показатель значительно ниже реального потенциала озимой пшеницы в регионе, что подтверждают данные передовых хозяйств и научных организаций [3-5]. Следует отметить ряд объективных и субъективных факторов, лимитирующих повышение урожайности зерна культуры.

Усиление аридности климата в зоне недостаточного увлажнения ведет к ряду негативных, труднопрогнозируемых явлений. В периоды вегетации, когда потребность культуры в почвенной влаге наибольшая, часто отмечаются дефицит атмосферных осадков, их неблагоприятное для растений распределение по фазам роста, увеличение количества дней с атмосферной засухой, недостаточный снежный покров в осенне-зимний период и другие, характерные в настоящее время климатические факторы, не способствующие повышению урожайности зерна [6-8]. Среди причин недостаточно высокого уровня производства озимой пшеницы главными остаются неполная степень реализации сортового потенциала продуктивности и невысокий уровень интенсификации технологий возделывания [9].

Одним из резервов увеличения продуктивности озимой пшеницы является внедрение в производство новых эффективных сортов, реализация их потенциала, совершенствование уровня технологий [2, 3]. При этом универсальных, интенсивных технологий

возделывания культуры, независимо от почвенно-климатических условий выращивания, практически не существует. Каждому сорту должны соответствовать ключевые элементы технологии возделывания, с учетом комплекса конкретных природных факторов [2, 5, 9].

На основании ранее проведенных исследований установлено, что лучшим предшественником для озимой пшеницы в зоне недостаточного увлажнения является черный пар, способствующий, в частности, лучшему сохранению почвенной влаги перед посевом культуры, получению наибольшей урожайности зерна [4, 10, 11]. Однако в реалиях современного рынка, применение пара часто оказывается экономически затратным [12], ввиду неполучения урожая в год парования. Кроме этого, на паровом поле теряется почвенное плодородие, связанное с усилением развития почвенной и ветровой эрозии, сокращается поступление растительных остатков в пахотный горизонт, происходит интенсивное перемещение азота из корнеобитаемого слоя, крайне непродуктивно расходуется почвенная влага. В этих условиях глобальной задачей остается поиск альтернативных черному пару предшественников озимой пшеницы, позволяющих в конкретных почвенно-климатических условиях не только не снизить урожайность культуры, но и улучшить почвенное плодородие при замене парового поля. Одним из перспективных направлений при решении данной проблемы является использование в качестве предшественника озимой пшеницы зернобобовых культур, которые за счет азотфиксирующей способности могут полнее раскрыть потенциал поля с улучшением общего агроценоза в севообороте. Среди ключевых элементов технологии интенсификации производства пшеницы приоритетная роль принадлежит применению минеральных удобрений [2, 9]. Предметом дискуссии являются нормы, сроки внесения (в частности, подкормки), соотношение элементов питания и др. с учетом особенностей сорта и природно-климатических условий его возделывания [4, 13, 14]. В частности, некоторыми авторами установлено, что на высоком удобренном фоне поля традиционная подкормка озимой пшеницы может быть малоэффективной, а в отдельных случаях наблюдается отрицательный эффект [15, 16].

Важным элементом технологии возделывания озимой пшеницы является формирование оптимальной плотности стеблестоя растений. В зоне недостаточного увлажнения при часто повторяющихся неблагоприятных условиях для вегетации культуры, затрудняющих интенсивность кущения, главную роль в формировании стеблестоя играет норма высева семян [4, 17, 18, 20]. Оптимальная норма зависит от ряда факторов: тепловлагообеспеченности растений в период вегетации, почвенных характеристик, фона минерального питания, сроков сева, биологических особенностей сорта и др. Актуальным остается выявление для каждого сорта в конкретных природно-климатических условиях научно обоснованной нормы высева.

Исходя из вышесказанного, объектом наших исследований являлся предложенный специалистами ФГБНУ ФРАНЦ новый сорт озимой пшеницы Былина Дона, для которого выявлялся наиболее рациональный предшественник, оптимальная густота стояния стеблестоя и норма внесения удобрений для растений.

Цель исследований – установление оптимального предшественника и ключевых элементов технологии возделывания, обеспечивающих высокую урожайность нового сорта озимой пшеницы Былина Дона в условиях приазовской зоны Ростовской области.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились на опытном поле ФГБНУ ФРАНЦ в 2019-2022 гг. Климат зоны проведения опытов – засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Средняя многолетняя годовая температура воздуха составляет 10,0°C. Сумма температур воздуха – 3200-3400°C. Продолжительность теплого периода – 230-260 дней, безморозного – 175-180. Относительная влажность воздуха имеет ярко выраженный годовой ход, с наименьшими значениями в июле – 50-60%, опускающаяся в отдельные дни до 25-30 % и ниже. Среднегодовое количество осадков – 470 мм. За теплый период их выпадает до 300 мм. Относительно небольшое количество осадков в сочетании с высокими температурами определяет сухость воздуха и почвы, частую повторяемость засух [19]. Почва опытного участка представлена чернозёмом обыкновенным, карбонатным среднесуглинистым на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном (0-30 см) слое составляло 4,0-4,2%, общего азота – 0,22-0,25%, подвижного фосфора и калия – соответственно 39 и 545 мг/кг. Реакция почвенного раствора (pH) – 7,1-7,3 ед.

Плотность почвы в слое 0-30 см – $1,26 \text{ г/см}^3$ [19]. Площадь опытной делянки последнего порядка – 80 м^2 . Размещение вариантов рендомизированное. При проведении полевого опыта использовали общепринятые методики (Б. А. Доспехов, 2011, А. Ф. Вадюнина, 1985). Полевые опыты проводились по типичной схеме, применяемой в ФГБНУ ФРАНЦ при изучении зерновых культур [19]. Пространственное расположение опыта – в трехкратной повторности. Изучались два предшественника озимой пшеницы – черный пар и горох на зерно. На фоне каждого предшественника изучались нормы высева семян (фактор А): 1) 4,0 млн шт./га; 2) 4,5 млн шт./га (контроль); 3) 5,0 млн шт./га и уровни минерального питания (фактор В): 1) без удобрений – «0» (контроль); 2) умеренный – «1» ($N_{80}P_{60}K_{60}$); 3) высокий – «2» ($N_{120}P_{80}K_{80}$).

По предшественнику горох система обработки почвы включала послеуборочное дискование агрегатом БДМ 3х4 с трактором Т-150, последующая вспашка на глубину 25-27 см с применением скоростного плуга ПС-3+1 в агрегате с трактором МТЗ-82. Мероприятия проводятся сразу после уборки гороха, в нашей зоне третья декада июня. Минеральные удобрения применялись дробно: перед основной обработкой вносили суперфосфат и хлористый калий дозами $P_{60}K_{60}$ и $P_{80}K_{80}$, в феврале-марте проводилась подкормка, по таломерзлой почве, аммиачной селитрой дозами N_{80} и N_{120} . По предшественнику черный пар, который размещался после подсолнечника, аналогичные агротехнические мероприятия проводились после уборки предшествующей культуры, с обязательным выравниванием зяби в осенний период.

Посев озимой пшеницы по изучаемым предшественникам проводился в идентичные, оптимальные для региона сроки по годам: 09.09.2019, 18.09.20 и 21.09.21 г. селекционной сеялкой СС-11 на глубину 4-5 см в агрегате с трактором Т-40. В течении вегетационного периода, начиная с осенних всходов озимой пшеницы, агротехнические мероприятия были направлены на строгий фитосанитарный контроль на всех этапах органогенеза культуры. Уборка урожая зерна осуществлялась прямым комбайнированием с помощью комбайна САМПО-500.

Результаты и обсуждение. Обеспеченность озимой пшеницы теплом и влагой в разные периоды вегетации в годы исследований имела заметные отличия по показателям сумм среднесуточных температур воздуха, выпавших осадков, запасам продуктивной влаги в почве. Перед посевом культуры отмечались определенные отличия в показателях почвенных запасов метрового слоя на участках с разными предшественниками. В условиях черного пара эти запасы были на 12-17% выше, чем по предшественнику горох. При этом разница соответствующих показателей в пахотном горизонте оказалась минимальной. Всходы посевов по предшественнику черный пар наблюдались на 1-2 дня раньше, чем по гороху. В дальнейшем сроки наступления характерных фаз вегетации озимой пшеницы по разным предшественникам на вариантах опыта отличались не более чем на 2-3 суток. Продолжительность вегетационного периода пшеницы по предшественнику горох в годы исследований была на 3-4 дня длиннее. В 2019-2020 гг. ГТК озимой пшеницы за осенний период составил 0,37, весенне-летний – 0,59, а в целом, не превысил 0,52, что позволяет оценить его, как «средне-сухой». В 2020-2021 гг. этот показатель в осенний период равнялся 0,43, весенне-летний достиг 0,97, в общем, составил 0,80. Это характеризует данный вегетационный период как «средне-влажный». В 2021-2022 гг. ГТК осеннего периода равнялся 0,77, весенне-летнего – 0,51, а в целом, составил 0,57, что также позволяет его оценить, как «средне-сухой». Следует отметить, что условия перезимовки культуры в годы проведения опытов были благоприятными для растений с количеством атмосферных осадков за осенне-зимне-весенний период, соответственно, 162,6 мм, 161,6 и 226,8 мм с наличием снежного покрова в большую часть периодов приостановки вегетации. Таким образом, метеорологические условия вегетации озимой пшеницы в годы исследований были относительно благоприятными.

Разные нормы применяемых удобрений, густота стеблестоя озимой пшеницы на фоне изучаемых предшественников оказали определенное влияние на изменение показателей урожайности зерна в годы исследований (таблица 1).

Общей тенденцией является нарастание показателей при увеличении плотности посева и уровня применения удобрений, независимо от предшественника. При этом на вариантах с естественным плодородием в 2020 и 2021 гг. урожайность зерна, независимо от густоты стеб-

лестоя, по предшественнику горох колебалась в пределах 2,38-3,06 т/га и была незначительно выше (на 1,3-1,7%), чем аналогичные показатели по черному пару. В 2022 г. в этих условиях более высокие показатели получены по паровому предшественнику – на 0,16-0,31 т/га (3,3-6,3%). На вариантах с применением удобрений при всех нормах высева более высокие показатели получены по черному пару. На вариантах с фоном питания $N_{80}P_{60}K_{60}$ соответствующая разница составляла 0,20-1,03 т/га (6,3-14,7%), фоном $N_{120}P_{80}K_{80}$ – 0,36-1,17 т/га, или 8,7-15,2%.

Таблица 1 – Урожайность озимой пшеницы в зависимости от элементов технологии возделывания на фоне разных предшественников, ФГБНУ ФРАНЦ, 2019-2022 гг., т/га
Table 1 – The yield of winter wheat depending on the elements cultivation technologies against the background of different predecessors, FSBSI FRARC, 2019-2022, t/ha

Фон NPK / NRK von	Норма высева, год / Seeding rate, year												сред. по NPK / NRK average
	4,0 млн шт./га				4,5 млн шт./га				5,0 млн шт./га				
	2020	2021	2022	сред. / average	2020	2021	2022	сред. / average	2020	2021	2022	сред.	
Предшественник – черный пар / Predecessor – Black steam													
«0»	2,34	2,88	4,10	3,11	2,87	3,47	4,88	3,74	3,02	3,78	5,27	4,02	3,62
«1»	2,86	3,81	5,29	3,99	3,48	4,62	6,58	4,89	3,83	5,05	6,99	5,29	4,72
«2»	3,41	4,24	6,29	4,65	4,13	5,20	7,52	5,62	4,51	5,74	8,09	6,11	5,46
сред	2,87	3,64	5,23	3,91	3,49	4,43	6,33	4,75	3,79	4,86	6,78	5,14	
Общее HCP ₀₅ – 0,11 т; фактор A: HCP ₀₅ – 0,10 т; фактор B: HCP ₀₅ – 0,11 т. / Total HSR ₀₅ – 0.11 tons; Factor A: HSR ₀₅ – 0.10 t; Factor B: HSR ₀₅ – 0.11 t.													
Предшественник – горох / Predecessor – peas													
«0»	2,38	2,93	3,85	3,05	2,91	3,53	4,72	3,72	3,06	3,81	4,94	3,94	3,57
«1»	2,66	3,49	4,60	3,58	3,26	4,27	5,84	4,46	3,44	4,77	5,96	4,72	4,25
«2»	3,03	3,87	5,47	4,12	3,77	4,76	6,38	4,97	3,96	5,18	6,92	5,35	4,81
сред	2,69	3,43	4,64	3,58	3,31	4,19	5,65	4,38	3,49	4,59	5,94	4,67	
Общее HCP ₀₅ – 0,10 т; фактор A: HCP ₀₅ – 0,09 т; фактор B: HCP ₀₅ – 0,10 т. / Total HPR ₀₅ – 0.10 tons; Factor A: HSR ₀₅ – 0.09 tons; Factor B: HSR ₀₅ – 0.10 t.													

На вариантах естественного плодородия при разных нормах высева семян, средняя урожайность по паровому предшественнику составила 3,62 т/га, по предшественнику горох – 3,57 т/га, с минимальной разницей. Аналогичные показатели урожайности в условиях умеренного («1») и высокого («2») фонов питания составили, соответственно, 4,72 и 4,25 т/га, 5,46 и 4,81 т/га, при разнице на 0,47 т/га (10,0%) и 0,65 т/га (11,9%) с приоритетом парового предшественника.

Средняя урожайность озимой пшеницы при плотности посева 4,0 млн шт./га и разных нормах удобрений составила по пару 3,91 т/га, гороху – 3,58 т/га, что на 0,33 т/га (8,4%) меньше. Аналогичные показатели при густоте стеблестоя 4,5 и 5,0 млн шт./га были выше, составив соответственно, 4,75 т/га и 4,38 т/га при разнице 0,37 т/га (7,8%), 4,67 т/га и 5,14 т/га при разнице 0,47 т/га, или 9,1%.

Самая высокая урожайность зерна получена в 2022 г. при плотности посева 5,0 млн шт./га и норме удобрений $N_{120}P_{80}K_{80}$ по предшественникам: черный пар – 8,09 т/га, горох – 6,92 т/га. На этом же варианте отмечены и лучшие средние по годам показатели урожайности, соответственно 6,11 и 5,35 т/га.

Влияние густоты стеблестоя озимой пшеницы и норм вносимых удобрений на урожайность зерна при разных предшественниках имело определенные закономерности (таблица 2).

По предшественнику черный пар снижение густоты стеблестоя до 4,0 млн шт./га в среднем уменьшало урожайность по варианту без удобрений на 0,63 т/га (16,8%), варианту с нормой $N_{80}P_{60}K_{60}$ на 0,90 т/га (18,4%), варианту с $N_{120}P_{80}K_{80}$ – на 0,97 (17,3%), по сравнению с контролем (4,5 млн шт./га). При этой же норме высева озимой пшеницы по предшественнику горох снижение урожайности в абсолютных и относительных единицах имело незначительные отличия, составив в условиях разных вариантов применяемых удобрений 0,67-0,88 т/га, что соответствует 17,1-19,7%. Густота стеблестоя 5,0 млн шт./га давала возможность повысить урожайность зерна при усилении фона минерального питания.

Таблица 2 – Анализ влияния нормы высева на урожайность озимой пшеницы, ФГБНУ ФРАНЦ, 2019-2022 гг.

Table 2 – Analysis of the effect of the seeding rate on the yield of winter wheat, FSBSI FRARC, 2019-2022

Варианты / Options	Изменение урожайности по сравнению с контролем 4,5 млн шт./га / Change in yield compared to the control of 4.5 million pieces/ha			
	4,0 млн шт./га /4.0 million pieces/ha		5,0 млн шт./га /5.0 million pieces/ha	
	т/га	%	т/га	%
Предшественник – черный пар / Predecessor – Black steam				
Без удобрений / Fertilizer-free	-0,63	16,8	0,28	7,5
N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	-0,90	18,4	0,40	8,8
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	-0,97	17,3	0,49	8,7
Предшественник – горох / Predecessor – peas				
Без удобрений / Fertilizer-free	-0,67	18,0	0,22	5,9
N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	-0,88	19,7	0,26	5,8
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	-0,85	17,1	0,38	7,6

При паровом предшественнике в условиях естественного плодородия прибавка урожайности к контролю составила 0,28 т/га (7,5%), при умеренном фоне питания – 0,40 т/га (8,8%), высоком – 0,49 т/га (8,7%). На аналогичных вариантах по предшественнику горох прибавки были несколько меньше, не превысив, соответственно 0,22 т/га (5,9%), 0,26 т/га (5,8%) и 0,38 т/га (7,6%).

Таким образом, норма высева 4,0 значительно снижала урожайность зерна пшеницы как по паровому предшественнику (до 18,4%), так и по гороху до (19,7%), в сравнении с контролем (4,5 млн. шт./га). Лучшие показатели отмечены на вариантах с нормой высева семян 5,0 млн шт./га и прибавками по изучаемым предшественникам до 8,8 и 7,6%. На наш взгляд, наряду с указанной нормой, при наличии в осенний период достаточного количества почвенной влаги, можно рекомендовать и посевную норму 4,5 млн шт./га, особенно по предшественнику горох.

Еще большее воздействие на повышение урожайности зерна оказали разные нормы вносимых удобрений (таблица 3).

Таблица 3 – Эффективность применения удобрений на озимой пшенице, ФГБНУ ФРАНЦ, 2019-2022 гг.
Table 3 – The effectiveness of fertilizers on winter wheat, FSBSI FRARC, 2019-2022

Варианты / Options	Прибавка от удобрений / Fertilizer Gain						Отдача урожайности от удобрений, кг/кг/нормы / Yield return from fertilizers, kg/kg/rate		
	4,0 млн шт./га		4,5 млн шт./га		5,0 млн шт./га				
	т/га	%	т/га	%	т/га	%	4,0	4,5	5,0
Предшественник – черный пар / Predecessor – Black steam									
N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	0,88	28,3	1,15	30,7	1,27	31,6	4,40	5,75	6,25
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	1,54	49,5	1,88	50,5	2,09	52,0	5,50	6,71	7,39
Предшественник – горох / Predecessor – peas									
N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	0,53	17,4	0,74	19,9	0,78	19,8	2,65	3,70	4,00
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	1.07	35.1	1.25	33.6	1.41	35.8	3.82	4.46	5.11

Увеличение показателей происходило по мере интенсификации густоты стеблестоя растений. По паровому предшественнику фон питания N₈₀P₆₀K₆₀ способствовал получению следующих прибавок при разной плотности посева: 4,0 млн шт./га – 0,88 т/га, или 28,3%, 4,5 млн шт./га – 1,15 т/га, или 30,7%, 5,0 млн шт./га – 1,27 т/га, или 31,6%, по сравнению с контролем. Варианты с высокой нормой удобрений N₁₂₀P₈₀K₈₀ обеспечивали получение значительного объема дополнительной продукции зерна, который при указанных нормах высева достиг соответственно 1,54 т/га (49,5%), 1,88 т/га (50,5%) и 2,09 т/га (52,0%).

На вариантах по предшественнику озимой пшеницы горох применение удобрений дало меньшие прибавки урожайности. На фоне N₈₀P₆₀K₆₀, независимо от нормы высева семян, они не превысили 0,53-0,78 т/га (17,4-19,9%), на фоне N₁₂₀P₈₀K₈₀ равнялись 1,07-1,41 т/га (35,1-35,8%) по сравнению с естественным плодородием.

Окупаемость вносимых по схеме опыта удобрений возрастала в условиях интенсификации плотности посева и фона питания. На фоне умеренных норм внесения, отдача от применения удобрений по паровому предшественнику изменялась от 4,40 до 6,25 кг дополнительной продукции на единицу д.в. По предшественнику горох этот диапазон не превысил 3,7-4,00 кг/кг. При высоком фоне питания ($N_{120}P_{80}K_{80}$) отдача от удобрений была выше, достигнув по черному пару 5,50-7,39 кг/кг. По гороху – 3,82-5,11 кг/кг. Лучший показатель получен на варианте с паровым предшественником, высокими нормами удобрений и высева – 7,39 кг/кг.

Некоторые отличия тепловлагообеспеченности озимой пшеницы, выращиваемой по предшественникам черный пар и горох отражают показатели ее водного баланса, который составляют осадки X , расход влаги из почвы ΔW в слое 1 м и суммарное водопотребление E , а также зависящий от урожайности (Y) коэффициент водопотребления культуры (K_b), отражающий эффективность использования влаги растениями. Характерными представляются данные на варианте с нормой высева 5 млн шт./га и высоким фоном удобрений (таблица 4).

Таблица 4 – Водный баланс озимой пшеницы при разных предшественниках, ФГБНУ ФРАНЦ, 2019-2022 гг.

Table 4 – Water balance of winter wheat under different predecessors, FSBSI FRARC, 2019-2022

Предшественник / Predecessor	ΔW , м ³ /га	X , м ³ /га	E , м ³ /га	Y , т/га	K_b , м ³ /т
Чистый пар / Black steam	365	1402	1767	6,11	289
Горох / Pea	257	1402	1659	5,35	310

Разница в продолжительности периодов вегетации озимой пшеницы по вариантам изучаемых предшественников не превышала 2-4 суток, и среднее количество выпавших осадков оказалось одинаковым. Более высокий расход влаги из почвы на участках черного пара обусловлен наличием несколько больших (на 12-17%) запасов продуктивной почвенной влаги перед посевом, которые в период полной спелости были одинаково низкими на рассматриваемых вариантах. Особенность формирования элементов водного баланса озимой пшеницы в годы исследований – высокая доля атмосферных осадков, которые составили 79,3-84,5% от суммарного водопотребления. Наименьший расход почвенной влаги на получение единицы продукции отмечалось на варианте черного пара – 289 м³/т. При этом более высокий коэффициент водопотребления пшеницы на варианте после гороха не превысил 7,3%, по сравнению с паровым предшественником.

Выводы. Предшественник озимой пшеницы черный пар способствовал получению более высокой средней урожайности, по сравнению с предшественником горох. Эта разница, независимо от нормы высева в условиях умеренного фона питания составила 0,47 т/га (10,0%), высокого – 0,65 т/га (11,9%). Средняя урожайность озимой пшеницы по гороху при изучаемых нормах высева, независимо от фона питания, была меньше на 0,37-0,47 т/га, или на 7,8-9,1%, чем после парового предшественника.

Норма высева 4,0 млн шт./га уменьшала урожайность зерна, независимо от фона удобрений, по пару на 0,63-0,97 т/га, или на 16,8-17,3%, гороху – на 0,67-0,88 т/га, или на 17,1-19,7%, по сравнению с контролем. Норма 5,0 млн шт./га способствовала повышению урожайности по пару на 0,28-0,49 т/га (7,5-8,7%), гороху – на 0,22-0,38 т/га (5,9-7,6%). Таким образом, лучшие показатели отмечены на вариантах с густотой стеблестоя 5,0 млн шт./га. На наш взгляд, наряду с нормой высева 5,0 млн шт./га, при наличии в осенний период достаточного количества почвенной влаги, можно рекомендовать и посевную норму 4,5 млн шт./га, особенно по предшественнику горох.

Паровой предшественник обеспечивал наибольшую прибавку урожайности от удобрений, которая составила по умеренному фону 0,88-1,27 т/га (28,3-31,6%), высокому фону – 1,54-2,09 т/га (49,5-52,0%). Лучшая отдача от применения удобрений получена на варианте с предшественником пар, фоном $N_{120}P_{80}K_{80}$ и нормой высева 5,0 млн. шт./га – 7,39 кг дополнительной продукции на кг внесенных удобрений.

Самая высокая урожайность озимой пшеницы обеспечивалась на вариантах с нормой высева 5,0 млн. шт./га и фоном питания $N_{120}P_{80}K_{80}$, составив по пару 6,11 т/га, по гороху 5,35 т/га.

Эффективным предшественником озимой пшеницы, обеспечивающим получение наибольшей урожайности зерна, остается черный пар. Однако в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства перспективным предшественником пшеницы, на наш

взгляд, может стать горох. Снижение урожайности зерна после этой зернобобовой культуры на 10,0-11,9% может быть экономически компенсировано получением дополнительной продукции при ежегодном использовании производственного поля с улучшением его почвенного плодородия и фитосанитарной обстановки.

Conclusions. The predecessor of winter wheat, pure steam contributed to a higher average yield compared to the predecessor of peas. This difference, regardless of the seeding rate in conditions of a moderate background of nutrition, was 0.47 t/ha (10.0%), high – 0.65 t/ha (11.9%). The average yield of winter wheat for peas at the studied seeding rates, regardless of the nutritional background, was 0.37-0.47 t/ha, or 7.8-9.1% less than after the steam predecessor.

The seeding rate of 4.0 million units/ha reduced grain yield, regardless of the background of fertilizers, by 0.63-0.97 t/ha, or by 16.8-17.3%, for peas – by 0.67-0.88 t/ha, or by 17.1-19.7%, compared with the control. The rate of 5.0 million units/ha contributed to an increase in the yield of steam by 0.28-0.49 t/ha (7.5-8.7%), peas – by 0.22-0.38 t/ha (5.9-7.6%). Thus, the best indicators were noted on variants with a stem density of 5.0 million units/ha. In our opinion, along with the seeding rate of 5.0 million pcs/ha, if there is sufficient soil moisture in the autumn period, we can recommend a sowing rate of 4.5 million pcs./ha, especially for the pea nursery.

The steam predecessor provided the greatest increase in yield from fertilizers, which amounted to 0.88-1.27 t/ha (28.3-31.6%) on the average background, and 1.54-2.09 t/ha (49.5-52.0%) on the high background. The best return from the use of fertilizers was obtained on the variant with a steam predecessor, background $N_{120}P_{80}K_{80}$ and a seeding rate of 5.0 million units/ha – 7.39 kg of additional products per kg of fertilizers applied.

The highest yield of winter wheat was provided on variants with a seeding rate of 5.0 million pcs/ha and a food background of $N_{120}P_{80}K_{80}$, amounting to a pair of 6.11 t/ha, for peas 5.35 t/ha.

Pure steam remains an effective precursor of winter wheat, providing the highest grain yield. However, in the conditions of the intensification of agricultural production, in our opinion, peas can become a promising precursor of wheat. The decrease in grain yield after this leguminous crop by 10.0-11.9% can be economically compensated by obtaining additional products with the annual use of the production field with the improvement of its soil fertility and phytosanitary conditions.

Библиографический список

1. Rosstat.gov.rustorage/mediabank...predv/2022.xlsx. https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Frosstat.gov.ru%2Fstorage%2Fmediabank%2F29_cx_predv_2022.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK.
2. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2025 года и на перспективу до 2030 года. М., 2016. 73 с. <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/959/959648abb188a76c11095d869e8bde94.pdf>
3. Фоменко М. А., Грабовец А. И., Олейникова Т. А., Мельникова О. В. Параметры адаптивности и гомеостатичности сортов озимой мягкой пшеницы в степной зоне Ростовской области. Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 4. С. 105-111.
4. Алабушев А. В., Попов А. С., Овсянникова Г. В., Сухарев А. А., Самофалова Н. Е., Кравченко Н. С. Эффективность применения минеральных удобрений при возделывании твердой озимой пшеницы сорта Агат Донской в южной зоне Ростовской области. Зерновое хозяйство России. 2018. № 6 (78). С. 3-9.
5. Баршадская С. И., Нецадим Н. Н., Квашин А. А. Урожайность и качество зерна различных сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественника, удобрений и других приемов выращивания. Научный журнал КубГАУ. 2016. № 120 (06). С. 17.
6. Беляков А. М., Назарова М. В. Анализ погоды в Волгоградской области за длительный период времени и урожай зерновых культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 71-79.
7. Гаевая Э. А. Влияние тепловлагообеспеченности на эффективность использования почвенной влаги озимой пшеницей, возделываемой на эрозивно-опасных склонах Ростовской области. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 1 (21). С. 155-167.
8. Попов А. С., Овсянникова Г. В., Сухарев А. А. Влияние условий влагообеспеченности на урожайность зерна мягкой озимой пшеницы по различным предшественникам в южной зоне Ростовской области. Зерновое хозяйство России. 2021. № 6 (78). С. 83-87.
9. Федоренко В. Ф., Саложников С. Н., Петухов Д. А. и др. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы. М., 2018. С. 67-68, 72.
10. Сухарев А. А., Попов А. С., Овсянникова Г. В., Копман И. К., Самофалова Н. Е. Выбор предшественников и сроков посева для новых сортов твердой озимой пшеницы Юбилейка и Янтарина. Зерновое хозяйство России. 2023. № 3. С. 65-72.
11. Семинченко Е. В. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественника по мере удаления от лесозащитной полосы. Известия НВ АУК. 2020. № 2 (58). С. 170-176.
12. Галиченко И. И. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников. Земледелие. 2012. № 1. С. 35-36.
13. Cook R. L., Trilca A. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in Southern Illinois. Agronomy Journal. 2016. Vol. 108. № 1. Pp. 415-426.

14. Федюшкин А. В., Пасько С. В., Парамонов А. В., Медведева В. И. Влияние систематического внесения удобрений и предшественников на урожай и качество зерна озимой пшеницы. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (66). С. 65-68.
15. Скороходов В. Ю. Эффективность возделывания озимых ржи и пшеницы при длительном использовании минеральных удобрений в условиях неустойчивого увлажнения степной зоны южного Урала. Известия НВ АУК. 2021. № 4 (64). С. 105-117.
16. Шабалкин А. В., Иванова О. М., Воронцов В. А. и др. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от способов подготовки пара и средств интенсификации. Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 2. С. 52-55.
17. Shahab F., Coulter J. A., Ye C., Wu W. Yield penalty due to delayed sowing of winter wheat and the mitigatory role of increased seeding rate. European Journal of Agronomy. 2020. Vol. 119. Article number: 126120.
18. Ma S.-C., Wang T.-C., Guan X.-K., Zhang X. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot. Field Crops Research. 2018. V. 221. Pp. 166-174.
19. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность новых сортов гороха в богарных условиях Ростовской области. Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 8. С. 14-19.
20. Воронов С. И., Бородычев В. В., Плескачев Ю. Н. и др. Влияние способов обработки почвы на засорённость и продуктивность озимой пшеницы. Аграрная Россия. 2020. № 9. С. 3-7.

References

1. Rosstat.gov.rustorage/mediabank...predv/2022.xlsx. https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Frosstat.gov.ru%2Fstorage%2Fmediabank%2F29_cx_predv_2022.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK.
2. Long-term strategy for the development of the grain complex of the Russian Federation until 2025 and for the future until 2030. Moscow, 2016. 73 p. <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/959/959648abb188a76c11095d869e8bde94.pdf>
3. Fomenko M. A., Grabovets A. I., Oleynikova T. A., Melnikova O. V. Parameters of Adaptability and Homeostaticity of Winter Soft Wheat Varieties in the Steppe Zone of the Rostov Region. Legumes and cereals. 2019. № 4. Pp. 105-111.
4. Alabushev A. V., Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Sukharev A. A., Samofalova N. E., Kravchenko N. S. Efficiency of Mineral Fertilizers in the Cultivation of Durum Winter Wheat of the Agat Donskoy Variety in the Southern Zone of the Rostov Region. Grain farming in Russia. 2018. № 6 (78). Pp. 3-9.
5. Barshadskaya S. I., Neshchadim N. N., Kvashin A. A. Yield and grain quality of different varieties of winter wheat depending on the predecessor, fertilizers and other cultivation methods. Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2016. № 120 (06). P. 17.
6. Belyakov A. M., Nazarova M. V. Analysis of the year in the Hungarian region for the long-term period of time and level of grain crops. Izvestiya NV AUK. 2020. № 3 (59). Pp. 71-79.
7. Gaevaya E. A. The influence of heat and moisture on the efficiency of the use of soil moisture by winter wheat, cultivated on the erosion-dangerous slopes of the Rostov region. Scientific journal of the Russian Research Institute of Problems of Melioration. 2016. № 1 (21). Pp. 155-167.
8. Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Sukharev A. A. Influence of Moisture Availability Conditions on Grain Yield of Soft Winter Wheat by Various Predecessors in the Southern Zone of the Rostov Region. Grain farming in Russia. 2021. № 6 (78). Pp. 83-87.
9. Fedorenko V. F., Sapozhnikov S. N., Petukhov D. A., et al. Scientific Foundations for the Production of High-Quality Wheat Grain. Moscow, 2018. Pp. 67-68, 72.
10. Sukharev A. A., Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Kopman I. K., Samofalova N. E. Selection of Predecessors and Sowing Dates for New Varieties of Durum Winter Wheat Yubilyarka and Yantarina. Grain farming in Russia. 2023. № 3. Pp. 65-72.
11. Seminchenko E. V. Yield of Winter Wheat Depending on the Precursor as It Moves Away from the Forest Shelterbelt. Izvestiya NV AUK. 2020. № 2 (58). Pp. 170-176.
12. Galichenko I. I. Yield of Winter Wheat Depending on Predecessors. Agriculture. 2012. № 1. Pp. 35-36.
13. Cook R. L., Trilca A. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in Southern Illinois. Agronomy Journal. 2016. Vol. 108. № 1. Pp. 415-426.
14. Fedyushkin A. V., Pasko S. V., Paramonov A. V., Medvedeva V. I. Influence of systematic application of fertilizers and precursors on the yield and grain quality of winter wheat. Proceedings Orenburg state agrarian university. 2017. № 4 (66). Pp. 65-68.
15. Efficiency of Winter Rye and Wheat Cultivation with Long-Term Use of Mineral Fertilizers under Conditions of Unstable Moisture in the Steppe Zone of the Southern Urals. Izvestiya NV AUK. 2021. No 4 (64). Pp. 105-117.
16. Shabalkin A. V., Ivanova O. M., Vorontsov V. A., et al. Productivity of winter wheat depending on fallow preparation methods and intensification agents. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2019. V. 33. № 2. Pp. 52-55.
17. Shahab F., Coulter J. A., Ye C., Wu W. Yield penalty due to delayed sowing of winter wheat and the mitigatory role of increased seeding rate. European Journal of Agronomy. 2020. Vol. 119. Article number: 126120.
18. Ma S.-C., Wang T.-C., Guan X.-K., Zhang X. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot. Field Crops Research. 2018. V. 221. Pp. 166-174.
19. Voshedsky N. N., Kulygin V. A. Influence of Cultivation Technology Elements on the Yield of New Pea Varieties in Rainfed Conditions of the Rostov Region. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2021. V. 35. № 8. Pp. 14-19.
20. Voronov S. I., Borodychev V. V., Pleskachev Yu. Influence of tillage methods on weediness and productivity of winter wheat. Agrarian Russia. 2020. № 9. Pp. 3-7.

Информация об авторах

Вошедский Николай Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, Заслуженный работник сельского хозяйства России, заведующий отделом земледелия и растениеводства, лаборатории биология растений, агрохимии и сортовой агротехники сельскохозяйственных культур, ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, д. 1), e-mail: dzni-szr@mail.ru

Кулыгин Владимир Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, д. 1), e-mail: kulygin-vladimir@rambler.ru

Целуйко Оксана Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ученый секретарь, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, д. 1), o.tseluyko@yandex.ru

Канцуров Максим Васильевич, аспирант, ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, д. 1), e-mail: dzni@mail.ru

Author's Information

Voshedsky Nikolay Nikolayevich, Candidate of Agricultural Sciences, Honored Worker of Agriculture of Russia, Head of the Department of Agriculture and Crop Production, Laboratory of Plant Biology, Agrochemistry and varietal agricultural Technology of agricultural crops of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Rostov Agricultural Research Centre" (Russian Federation, 346735, Rostov Region, Aksai District, Rassvet Village, Institutsкая St., 1), e-mail: dzni-szr@mail.ru

Kulygin Vladimir Anatolyevich, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Rostov Agricultural Research Centre" (Russian Federation, 346735, Rostov Region, Aksai District, Rassvet Village, Institutsкая St., 1), e-mail: kulygin-vladimir@rambler.ru

Tseluyko Oksana Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Scientific Secretary, leading researcher of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Rostov Agricultural Research Centre" (Russian Federation, 346735, Rostov Region, Aksai District, Rassvet Village, Institutsкая St., 1), e-mail: o.tseluyko@yandex.ru

Kansurov Maxim Vasilyevich, postgraduate student of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Rostov Agricultural Research Centre" (Russian Federation, 346735, Rostov Region, Aksai District, Rassvet Village, Institutsкая St., 1), e-mail: dzni@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-08

EVALUATION OF NEW TOMATO VARIETIES OF ASTRAKHAN BREEDERS
FOR SUITABILITY FOR MECHANIZED HARVESTING

Gulin A. V., Kigashpaeva O. P., Machulkina V. A., Kostenko A. N., Lavrova L. P.

All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»
Kamyzyak, Astrakhan Region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: vniioob@mail.ru

Received 17.10.2023

Submitted 11.01.2024

The research was carried out within the framework of the state task on the topic No. FNMW-2022-0013 "To create lines, varieties, hybrids of vegetable, melon and industrial crops with a given set of economically valuable features and to improve the elements of zonal agrotechnologies of their cultivation in irrigated conditions of the Lower Volga region" (Reg. no. 1021060307591-3-4.1.1) budget financing programs for 2022-2024 Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Introduction. Tomato is the main vegetable crop in Russia, but when cultivating it, the most labor-intensive process is harvesting (up to 70% of total costs), so the need to replace manual fruit harvesting with mechanized harvesting is obvious, which requires specialized varieties. VNIIOOB has been studying breeding material for a long time in accordance with the requirements of mechanized harvesting, on the basis of which varieties have been created. **The purpose** of this work is to study the created new tomato varieties for suitability for mechanized harvesting. The task is to study groups of tomato varieties bred by VNIIOOB and select them in accordance with the requirements of mechanized harvesting. **Novelty** – for the first time, new varieties bred by the institute have been assessed for their suitability for mechanized harvesting. The relevance of the work carried out is that the cultivation of selected varieties with mechanized harvesting will reduce labor costs by up to 70%. **Object.** Tomato varieties of two types: I8 – Bulldog, Avdeevsky, Astrakhansky, Khors; and I2 – Torpedo, Malinovka, Orange Avuri. The work was carried out using appropriate methods. The suitability of varieties for mechanized harvesting was studied based on the yield yield and the physical and mechanical properties of the fruit. **Research results.** According to the studies, the most suitable in terms of fruit ripening friendliness (variety I8) was the Astrakhan variety – 75.9% of mature fruits. In variety type I2 (Torpedo, Malinovka and Orange Avyuri), the ripening friendliness varied from 81.7 to 89.6%, which is higher than the varieties variety type I8 by 1.2 times. The highest ratio of fruits to tops weight was observed in the varieties Torpedo and Orange Avyuri – within 9.2 – 12.6. Fruit separation is better in the Orange Avyuri and Torpedo varieties – 1.28 – 1.42 kg. The most durable skin was characteristic of fruits of variety type I2, which amounted to 238.0 – 290.0 g/mm², and their resistance to crushing was 4.9 – 6.2 kg;

in varieties of type I₈, the crushing force was 1.1 – 1.3 times less. **Conclusions.** Thus, all the studied varieties of variety type I₂ are suitable for mechanized harvesting, and of the studied varieties of variety type I₈, the varieties Astrakhansky and Bulldog are the most suitable.

Keywords: new tomato varieties, tomato breeding, mechanized tomato harvesting.

Citation. Gulin A. V., Kigashpaeva O. P., Machulкина V. A., Kostenko A. N., Lavrova L. P. Evaluation of new tomato varieties of astrakhan breeders for suitability for mechanized harvesting. *Proc. Of the Lower Volga Agro University Comp.* 2024. 1(73). 81-89 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-08.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 635.64:631.55

ОЦЕНКА НОВЫХ СОРТОВ ТОМАТА АСТРАХАНСКИХ СЕЛЕКЦИОНЕРОВ НА ПРИГОДНОСТЬ К МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УБОРКЕ

Гулин А. В., кандидат сельскохозяйственных наук
Кигашпаева О. П., кандидат сельскохозяйственных наук
Мачулкина В. А., доктор сельскохозяйственных наук
Костенко А. Н., старший научный сотрудник
Лаврова Л. П., младший научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства –
филиал ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»
г. Камызяк, Астраханская область, Российская Федерация

**Исследования проведены в рамках выполнения госзадания по теме № FNMW-2022-0013
«Создать линии, сорта, гибриды овощных, бахчевых и технических культур с заданным
набором хозяйственно ценных признаков и усовершенствовать элементы зональных
агротехнологий их возделывания в орошаемых условиях Нижнего Поволжья»
(Рег. № 1021060307591-3-4.1.1) программы бюджетного финансирования на 2022-2024 гг.
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации**

Аннотация. Томат – основная овощная культура, но при его возделывании – самый трудоемкий процесс – уборка (до 70% общих затрат), поэтому очевидна необходимость замены ручного сбора плодов механизированным, для чего нужны специализированные сорта. Во ВНИИООБ продолжительное время проводится изучение селекционного материала в соответствии с требованиями механизированной уборки, на основе которого созданы сорта. **Цель** данной работы – изучение созданных новых сортов томата на пригодность к механизированной уборке. **Задача** – изучить группы сортов томата селекции ВНИИООБ и подобрать в соответствии с требованиями механизированной уборки. **Новизна** – впервые дана оценка новых сортов селекции института на пригодность к механизированной уборке. **Актуальность** проведенной работы в том, что возделывание выделенных сортов при механизированной уборке позволит сократить затраты труда до 70%. **Материалом** служили сорта томатов двух сортотипов: I₈ – Бульдог, Авдеевский, Астраханский, Хорс; и I₂ – Торпеда, Малиновка, Оранжевый Авюри. Работа проводилась по соответствующим методикам. Изучались пригодность сортов для механизированной уборки по дружности отдачи урожая и физико-механическим свойствам плодов. **Результаты исследований.** По проведенным исследованиям наиболее пригодным по дружности созревания плодов (сортотип I₈) был сорт Астраханский – 75,9% зрелых плодов. У сортотипа I₂ (Торпеда, Малиновка и Оранжевый Авюри) дружность созревания варьировала от 81,7 до 89,6%, что выше сортов сортотипа I₈ в 1,2 раза. Наиболее высокое соотношение плодов к весу ботвы отмечено у сортов Торпеда и Оранжевый Авюри – в пределах 9,2 – 12,6. Отделяемость плодов лучше у сортов Оранжевый Авюри и Торпеда – 1,28 – 1,42 кг. Наиболее прочной кожицей характеризовались плоды сортотипа I₂, которая составляла 238,0 – 290,0 г/мм², а устойчивость их на раздавливание составляла 4,9 – 6,2 кг; у сортов сортотипа I₈ усилие на раздавливание было меньше в 1,1 – 1,3 раза. **Выводы.** Таким образом, все изучаемые сорта сортотипа I₂ пригодны для механизированной уборки, а из изучаемых сортов сортотипа I₈ наиболее пригодны сорта Астраханский и Бульдог.

Ключевые слова: новые сорта томата, селекция томата, механизированная уборка томата.

Цитирование. Гулин А. В., Кигашпаева О. П., Мачулкина В. А., Костенко А. Н., Лаврова Л. П. Оценка новых сортов томата астраханских селекционеров на пригодность к механизированной уборке. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 81-89. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-08.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В экономике Астраханской области агропромышленный комплекс занимает ведущее место и является одной из важнейших составляющих развития территории, так как область является крупнейшим поставщиком сельскохозяйственной продукции на юге России и имеет серьезные перспективы на дальнейшее наращивание объемов производства растениеводческой продукции.

В структуре посевных площадей, учитывая специфику региона, около 60% занимают овощебахчевые культуры, одной из которых являются томаты [1]. Обеспечение стабильного роста производства томатов за счет создания новых отечественных сортов и внедрение современных технологий производства являются одними из важнейших вопросов [2, 3, 4]. Однако, несмотря на заполнение рынка овощами, в том числе томатами, объемом собственного производства недостаточен и, как отмечают некоторые исследователи, прослеживается увеличение импорта и сезонность потребления [5, 6, 7].

Известно, что плоды томатов используются разносторонне, как в свежем, так и переработанном виде, а, благодаря высоким вкусовым и диетическим качествам, они полезны для здорового питания, приготовления продуктов функционального назначения [8, 9, 10]. В настоящее время потребители стали более требовательными к качеству плодов томатов: сорта должны сочетать высокие вкусовые качества товарных плодов с лежкостью и транспортабельностью. Такая продукция пользуется спросом и реализуется по более высокой цене. Поэтому одной из важнейших составляющих, является выведение новых сортов для получения высоких урожаев с высоким качеством плодов с переходом на промышленную основу. Требуется сорта томатов, приспособленные к механизированной уборке, что, в свою очередь, связано с их прочностными свойствами [11]. Согласно работам, проведенным учеными, сорта для механизированной уборки должны обладать определенными свойствами. Так в характеристике степени пригодности растений к механизированной уборке лучшим показателем является стебlistость куста, то есть отношение массы куста к массе находящихся на нем плодов. По их мнению, она должна варьировать в пределах от 0,3 до 0,45. Большое значение при механизированной уборке имеют данные о прочности и твердости плодов. По мнению авторов, величина разрушающей нагрузки для зрелых плодов должна соответствовать, в зависимости от сорта, от 26 до 55 Н, а твердость зрелых плодов варьировать от 1,1 до 1,8 Н/мм². При этом авторы отмечают, что скорость удара для зрелых плодов не должна превышать 0,2 м/сек [12, 13, 14]. В ряде работ ученых отмечено что, исходя из прочностных показателей плодов, скатные доски, наклонные плоскости должны быть длиной до 1 м и устанавливаться под углом не более 30-35° [15, 16].

Целью нашей научно-исследовательской работы было изучение новых созданных сортов томатов на пригодность к механизированной уборке.

Актуальность работы. Изучение новых сортов томатов разных сортотипов позволит выявить наиболее перспективные сорта для механизированной уборки.

Новизна. Впервые проводилось изучение новых сортов томатов на пригодность их к механизированной уборке.

Задача исследования – дать оценку и выделить наиболее перспективные из новых сортов томатов селекции ВНИИООБ на пригодность к механизированной уборке.

Материалы и методы. Как известно, мировая коллекция томатов по классификации Д. Л. Брежнева (1964 г.) выделена в 6 групп сортотипов, которые объединяют 33 сортотипа, но в настоящее время в 1982 году приняты и опубликованы новые методические указания по определению сортотипов культурного томата (составитель Б. Я. Глушков, ВИР). В новой методике 6 групп, каждая группа включает 8 сортотипов. Наиболее распространенная в нашей стране первая группа (I), включающая восемь сортотипов. Поэтому научно-исследовательская работа по выведению новых сортов, пригодных к механизированной уборке проводилась на основе сортов этой группы. В эту группу входят сорта детерминантного типа от карликовых до высокорослых, различных по вегетационному периоду. На основании проведенной кропотливой работы селекционерами ВНИИООБ были получены следующие сорта, которые относятся к двум группам: крупноплодные (сортотип I₈),

характеризующиеся детерминантным среднерослым кустом, с обыкновенным листом, округлой формой плода, среднего или крупного размера, среднеспелые по сроку созревания. Для проведения исследований на пригодность к комбайновой уборке были взяты сорта селекции института: Бульдог, Авдеевский, Астраханский и Хорс. Сорта Бульдог, Авдеевский, Астраханский характеризуются высотой куста от 65 до 90 см, являются среднеспелыми, высокоурожайными, с массой плода от 120 до 300 г. Цвет плодов красный. Сорт Хорс также относится к сорто типу I₈, отличается от вышеуказанных сортов более поздним созреванием с крупными плодами ярко-желтой окраски. Сливовидные (сорто тип I₂) характеризуется среднерослым кустом с обыкновенным листом, с удлинено-овальной, сливовидной или цилиндрической формой плода. Нами были взяты сорта Торпеда, Малиновка и Оранжевый Авюри. Сорт Торпеда – среднеспелый, с плодами цилиндрической формы массой 90 – 100 г. Куст среднерослый. Сорт Малиновка – куст обыкновенный, высотой 50 – 70 см со сливовидными по форме плодами малиновой окраски, масса плода 70 – 80 г. Достоинство сорта – плоды без сочленения плодоножки. Сорт Оранжевый Авюри – среднеспелый, лист обыкновенный, высота растения колеблется от 60 до 70 см. Плоды желто-оранжевые овально-сливовидной формы.

Растения были выращены в условиях открытого грунта в рассадной культуре на опытном поле института, расположенного в г. Камызяк Астраханской области. Почва участка – аллювиально-луговая, среднесуглинистая, слабозасоленная, засоление сульфатно-хлоридного типа. Реакция среды в пахотном слое pH составляла 7,3. Содержание гумуса в пахотном слое 1,84%. Содержание щелочно-гидролизующего азота в пределах 49 мг/кг, подвижного фосфора 50 мг/кг, подвижного калия 140 мг/кг.

В опытах проводили фенологические наблюдения, биометрические измерения растений, учет урожая, поражение растений и плодов болезнями и вредителями, определяли физико-механические свойства плодов, их химический состав.

Фенологические наблюдения проводились в соответствии с методикой Госсортиспитания сельскохозяйственных культур (1975 г.) и методикой полевых опытов с овощными культурами. Отмечали даты посева, всходов, высадки растений в открытый грунт, цветения, даты начала созревания плодов и уборки.

Биометрические исследования проводились через каждые 10 суток после высадки растений в открытый грунт.

Поражение растений и плодов болезнями и вредителями оценивали по пятибалльной шкале, где:

- 0 – отсутствие поражения;
- 1 – поражено 10 – 25% растений;
- 2 – поражено 26 – 50% растений;
- 3 – поражено 51 – 75% растений;
- 4 – поражено более 76% растений.

Урожай учитывали весовым способом. Уборку проводили вручную, имитируя комбайновую. Имитация достигалась путем подрезания растений у корневой шейки и дальнейшим встряхивании куста на вибростенде с экспозицией 60 колебаний в минуту. Учитывали вес куста и вес плодов. Урожай делили на товарную и нетоварную части. К товарной части относили целые стандартные плоды. К нетоварной – мелкие, треснувшие, пораженные болезнями и вредителями. Кроме того, определяли соотношение веса плодов к весу ботвы по формуле $\frac{П}{Б}$, где П – вес плодов, кг; Б – вес ботвы в кг. Для механизированной уборки важен показатель отношения длины стебля к высоте растения $\frac{Д}{В}$, где Д – длина стебля в см, В – высота растения в см.

Физико-механические свойства плодов определяли по методикам НИИОХ (Р. Х. Бекков, Б. В. Квасников, А. И. Зайцев, 1966 г.). Плотность кожицы и мякоти плодов измеряли с помощью прибора ИДП-500 (фото динамометрический измеритель прочности). Проколы проводили по кругу у основания (около плодоножки), по центральной части (наибольший диаметр) и на вершине плода в период массового созревания. Удельную роль мякоти и прочности плода определяли отношением прочности кожицы к мякоти.

Прочность прикрепления плодов к плодоножке и прочность плодов к статистическому сжатию определяли прибором ОПТ-10 (определитель прочности плодов томатов к статистическим нагрузкам). Прочность плодов томатов к ударным воздействиям измеряли прибором ППУ-500. Прибор предназначен для нанесения строго дозированных ударов по плодам с последующим анализом их на повреждения.

Разбор вороха после уборки проводили по формуле:

$$O_{\text{в}} = П + З + Б + М + ЗЛ + У + П_{\text{р}} + П_{\text{п}},$$

где $O_{\text{в}}$ – общая масса вороха, кг;

П – перезрелые плоды, кг;

З – зрелые плоды, кг;

Б – бурые плоды, кг;

М – молочные плоды, кг;

ЗЛ – зеленые плоды, кг;

У – уродливые плоды, кг;

$P_{\text{р}}$ – наличие растительной примеси, кг;

$P_{\text{п}}$ – наличие почвенной примеси, кг.

К перезревшим плодам относили плоды со свежими трещинами и плоды с зарубцевавшимися трещинами. Зеленые плоды с диаметром меньше 4 см относили к браку. Молочные плоды – к этой фракции относили целые плоды. Уродливые – к этой фракции относили все плоды разной степени зрелости. П – растительные остатки, находящиеся в ворохе. Примеси почвы определяли путем взвешивания почвы, находящиеся в ворохе. Процентное отношение определяли по формуле:

$$\text{Перезрелые плоды} = \frac{П \cdot 100}{O_{\text{в}}}.$$

Аналогично определяли все остальные компоненты. – М., 1968 г.

Работа проводилась согласно «Методическим указаниям по использованию новых приборов для оценки физико-механических свойств плодов овощебахчевых культур указаний по определению сортотипов культурного томата (составитель Б. Я. Глушков, ВИР, 1982 г.), (Б. В. Квасников, А. И. Зайцев, Р. Х. Беков, В. К. Соколова).

Результаты исследований. В результате изучения большого количества сортов образцов были выделены две группы, относящиеся к сортотипу I_8 : сорта Бульдог, Авдеевский, Астраханский, Хорс и к сортотипу I_2 : сорта Торпеда, Малиновка, Оранжевый Авюри. Как видно из табл. 1 сорта, относящиеся к сортотипу I_8 , были более высокими. Высота куста варьировала от 72 до 75 см, превышая этот показатель в 1,2-1,4 раза у сортов, относящихся к сортотипу I_2 . Как показывают полученные данные более крупные плоды у сортов Бульдог и Авдеевский, их вес составлял 220 – 280 г. У сортов Астраханский и Хорс – 140 – 170 г. Вес плодов у сортов Торнадо, Малиновка, Оранжевый Авюри не превышал 85 – 100 г. По полученным данным была установлена взаимосвязь между высотой растения и массой плодов на нем. Более высокая масса растений вместе с плодами была у сорта Бульдог 9,93 кг. У других сортов, относящихся к этому сортотипу, она варьировала от 8,72 до 6,74 кг (сорт Хорс). У сортов Торпеда, Малиновка и Оранжевый Авюри масса растения вместе с плодами изменялась, в зависимости от сорта, от 5,94 до 6,26 кг.

Для машинной уборки очень важна одновременность созревания плодов. По существующим рекомендациям сорта, предназначенные для механизированной уборки, должны иметь в убранном урожае 80% зрелых плодов. Как видно из табл. 1, у сортов, относящихся к сортотипу I_8 , дружность созревания колеблется от 68,7 до 75,9%, а наиболее соответствующими параметрам для механизированной уборки являются сорта, относящиеся к сортотипу I_2 : дружность созревания у этих сортов составляет 81,7 – 89,6% (таблица 1).

Такая закономерность объясняется тем, что у сортов сортотипа I_8 , высокорослость и связанная с ней растянутость плодообразования доминирует над низкорослостью, которая положительно коррелирует с друностью созревания. Таким образом, друность созревания наиболее низкая у сортотипа I_8 , следовательно, эти сорта малопригодны для машинной уборки. Сорта, относящиеся к сортотипу I_2 , по друности созревания больше подходят для механизированной уборки.

Таблица 1 – Характеристика изучаемых сортов томата
Table 1 – Characteristics of the studied tomato varieties

Название Сорта / Variety Name	Высота растения, см / Plant height, cm	Вес одного плода, г / Weight of one fruit, g	Число дней от всходов до созревания / Number of days from germination to maturity	Масса расте- ния с плода- ми, кг / Weight of the plant with fruits, kg	Масса пло- дов на растении, кг / Weight of fruits on the plant, kg	Дружность созревания, % / Friendli- ness of ripen- ing, %
Булдого / Bulldog	72	280	110	9,93	8,6	68,7
Авдеевский / Avdeevskii	75	220	115	8,72	7,3	71,4
Астраханский / Astrakhanskii	79	140	115	7,91	6,8	75,9
Хорс / Hors	72	170	123	6,74	5,9	70,3
Торпеда / Torpeda	50	100	107	6,16	5,5	81,7
Малиновка / Mali- novka	55	85	101	5,94	4,7	85,4
Оранжевый Авю- ри / Orange Avyuri	68	95	100	6,26	5,8	89,6

Показатель сорта, оказывающий влияние на продуктивность работы комбайна, это отношение массы плодов к массе ботвы. В нашем случае это соотношение колеблется от 5,1 до 7,0 (сортотип I₈) и 3,8 – 12,6 (сортотип I₂). Высокое соотношение плодов связано с высокой дружностью созревания. Влияние этого соотношения характеризует и высокую активность биомассы (таблица 2).

Таблица 2 – Отношение веса плодов к весу ботвы
Table 2 – Ratio of fruit weight to tops weight

Сорт / Sort	Масса растения с плодами, кг / Weight of the plant with fruits, kg	Масса плодов на растении, кг / Weight of fruits on the plant, kg	Масса растения без плодов, кг / Weight of the plant without fruits, kg	Отношение веса плодов к весу ботвы $\frac{П}{Б}$ / Ratio of fruit weight to leaf weight P/W
Булдого / Bulldog	9,93	8,6	1,33	6,5
Авдеевский / Avdeevskii	8,72	7,3	1,42	5,1
Астраханский / Astrakhanskii	7,91	6,8	1,11	6,7
Хорс / Hors	6,74	5,9	0,84	7,0
Торпеда / Torpeda	6,10	5,5	0,60	9,2
Малиновка / Malinovka	5,94	4,7	1,24	3,8
Оранжевый Авюри / Orange Avyuri	6,26	5,8	0,26	12,6
НСР ₀₅	-	-	-	0,06

При проведении опыта было отмечено наличие выраженной тенденции к увеличению полеглости стебля с увеличением урожая. У более высокорослых растений, относящихся к сортотипу I₈, увеличивается вес биомассы, в том числе и количество плодов, что приводит к полеглости растений и, как результат, затрудняется уборка урожая. Так растения, сцепляясь стеблями с растениями из соседних рядов, затрудняют работу комбайна и это приводит к осыпанию плодов.

Не менее важное значение при механизированной уборке имеет содержание сухих веществ в плодах. Как видно из таблицы 3, наиболее высокое содержание сухих веществ наблюдалось у сортов Астраханский и Хорс – 5,9% (сортотип I₈), у сорта Торпеда 6,8% (сортотип I₂). Надо отметить незначительное отличие между сортами по содержанию сухих веществ. Все сорта соответствовали технологическим требованиям консервной промышленности (таблица 3).

Показатели содержания сухих веществ и суммы сахаров выше других изучаемых образцов были у сорта Торпеда.

Таблица 3 – Содержание сухих веществ и суммы сахаров по рефлектometру
Table 3 – Content of dry substances and total sugars according to the reflectometer

Название сорта / Variety Name	Сухое вещество, % / Dry matter, %	Сумма сахаров, % / Sum of sugars, %
Бульдог / Bulldog	5,7	4,3
Авдеевский / Avdeevskii	5,4	4,0
Астраханский / Astrakhanskii	5,9	4,4
Хорс / Hors	5,9	4,3
Торпеда / Torpeda	6,8	5,1
Малиновка / Malinovka	5,9	4,1
Оранжевый Аюри / Orange Ayuri	5,2	4,2

Физико-механические свойства плодов и растений имеют большое значение при механизированной уборке. Усилие отрыва плода от плодоножки у сортов пригодных для механизированной уборки должно быть таким, чтобы не происходило преждевременного осыпания плодов и в тоже время не должно быть очень сильным, затрудняющим отделение плодов. Оптимальное усилие на отрыв у изученных сортов варьировало от $1,68 \pm 0,026$ до $2,17 \pm 0,054$ кг (сортотип I_8), у сортов, относящихся к сортотипу I_2 . Усилие отрыва колебалось от 1,28 до 1,56 кг. Изменение усилия отрыва от плодоножки, по нашему мнению, зависит от изменчивости данного признака, заложенного в сорте. Среди изученных сортов наибольшее усилие отрыва отмечено у сорта Авдеевский (таблица 4).

Помимо усилия отрыва плодоножки от плода при механизированной уборке большое значение имеет и усилие на прокол кожицы плода, усилие на раздавливание плода и по устойчивости плода к динамическим нагрузкам. Как показывают данные таблицы 4, прочность кожицы на прокол во многом зависит от сорта. Наиболее устойчивыми к проколу были сорта со сливовидной формой плода, относящиеся к сортотипу I_2 . Среди этих сортов наиболее устойчивым к проколу кожицы был сорт Торпеда – 290 г/мм^2 . В сортах, относящихся к сортотипу I_8 , выделился сорт Бульдог – 226 г/мм^2 . По полученным данным видно, что сорта со сливовидной формой плода более устойчивы к проколу кожицы (в 1,3 раза), по сравнению с плодами округлой формы.

Большое значение, как при механизированной уборке, так и дальнейшей транспортировке имеет устойчивость плодов к статическим нагрузкам. Усилие на раздавливание плодов, в основном, зависело от сорта, принадлежащего к тому или иному сортотипу. И как видно из таблицы 4, более выносливыми были сорта сортотипа I_2 , устойчивость у них к статическим нагрузкам колебалась от 4,9 до 6,2 кг, что выше в 1,1 – 1,3 раза, чем у сортов сортотипа I_8 . Наиболее высокой прочностью отличились сорта Малиновка (сортотип I_2) и Астраханский (сортотип I_8). Устойчивость к раздавливанию у них составляла 6,2 кг и 4,9 кг.

Устойчивость плодов к ударным воздействиям или динамическим нагрузкам в среднем составляла у сортов сортотипа I_8 от 0,11 до 0,18 кг-м, у сортов сортотипа I_2 от 0,18 до 0,22 кг-м (таблица 4).

Таблица 4 – Физико-механические свойства плодов
Table 4 – Physical and Mechanical Properties of Fruits

Название Сорта / Variety Name	Усилие отрыва плода от плодоножки, кг / Tearing force of the fruit from the peduncle, kg	Прочность кожицы плодов, г/мм^2 / Skin strength, g/mm^2	Устойчивость к статическим нагрузкам, кг / Resistance to static loads, kg	Устойчивость к динамическим нагрузкам, кг-м / Resistance to dynamic loads, kg-m
Бульдог / Bulldog	$2,00 \pm 0,032$	$226 \pm 1,8$	$4,53 \pm 0,21$	0,18
Авдеевский / Avdeevskii	$2,17 \pm 0,054$	$184 \pm 2,4$	$4,30 \pm 0,18$	0,14
Астраханский / Astrakhanskii	$1,92 \pm 0,043$	$192 \pm 2,0$	$4,90 \pm 0,20$	0,14
Хорс / Hors	$1,68 \pm 0,026$	$184 \pm 2,4$	$4,40 \pm 0,14$	0,11
Торпеда / Torpeda	$1,42 \pm 0,024$	$290 \pm 2,0$	$5,46 \pm 0,22$	0,18
Малиновка / Malinovka	$1,56 \pm 0,038$	$264 \pm 4,2$	$6,20 \pm 0,24$	0,22
Оранжевый Аюри / Orange Ayuri	$1,28 \pm 0,022$	$238 \pm 5,1$	$4,90 \pm 0,20$	0,19

Вывод. При механизированной уборке очень важны два фактора: дружность созревания плодов и отношение веса плодов к ботве. Эти факторы во многом зависят от принадлежности сорта к тому или иному сорто типу. В сорто типе I₈ наиболее дружное созревание плодов было отмечено у сорта Астраханский – 75,9%. В сорто типе I₂ выделился сорт Оранжевый Авюри 89,6%. Эти сорта подходят для механизированной уборки.

Сопоставление физико-механических свойств позволило выделить из сорто типа I₈ сорт, наиболее пригодный для механизированной уборки. Это сорт Астраханский. Он отличается высокой устойчивостью к статическим и динамическим нагрузкам. Все сорта сорто типа I₂ по своим физико-механическим свойствам пригодны для механизированной уборки.

Conclusions. When mechanized harvesting, two factors are very important – the uniformity of fruit ripening and the ratio of the weight of the fruit to the tops. These factors largely depend on whether the variety belongs to a particular variety type. In variety type I₈, the most consistent fruit ripening was observed in the Astrakhan variety – 75.9%. In variety type I₂, the Orange Avyuri variety stood out with 89.6%. These varieties are suitable for mechanized harvesting.

A comparison of physical and mechanical properties made it possible to select from variety type I₈ the variety most suitable for mechanized harvesting. This is the Astrakhan variety. It is highly resistant to static and dynamic loads. All varieties of type I₂ are suitable for mechanized harvesting due to their physical and mechanical properties.

Библиографический список

1. Астраханская область в цифрах: краткий статистический сборник Астраханьстат. Астрахань, 2020. С. 43-45.
2. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы, утвержденная постановлением правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г за № 996.
3. Иванова В. Н., Серегин С. Н. Нарастивание объемов производства и расширение экспорта продукции – долгосрочные приоритеты развития АПК России. Пищевая промышленность. 2018. № 6. С. 22-26.
4. Иванова В. Н., Серегин С. Н. О проекте стратегии развития АПК России на период до 2030 года. Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 7. С. 2-7.
5. Авдеев А. Ю. Сорта томата, предназначенные для длительной транспортировки, безтарной перевозки, комбайновой уборки и консервной переработки: монография. Классификация и морфобиологическая идентификация диких видов и культивируемых сортов томатов. Астрахань, 2014. С. 50-53.
6. Гиш Р. А. Новые и перспективные сорта томата отечественной селекции. Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Краснодар. С. 267-269.
7. Беков Р. Х., Гиш Р. А., Костенко А. Н. Исходный материал для селекции томата. Картофель и овощи. 2017. С. 39-40.
8. Мачулкина В. А., Санникова Т. А., Гулин А. В., Анишко М. Ю. Транспортировка, тара и качество плодов томатов. Проблемы развития АПК региона. 2019. № 3 (39). С. 244-247.
9. Кигапшаева О. П., Гулин А. В. Перспективные салатные сорта томата для юга России. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 2 (66). С. 101-110.
10. Гиш Р. Х. О практических результатах исследований по созданию новых сортов томата. Allbest. ru, 2017.
11. Максимов С. В., Беков Р. Х. Практические результаты сотрудничества в селекции томата. Картофель и овощи. 2022. № 12. С. 17-19.
12. Анишко М. Ю. Повышение дружности созревания плодов томата. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. С. 48-52.
13. Бабаев А. Г., Алиева З. К., Бабаев В. А. Подбор дружносозревающих сортов и линий томата путем оценки основных физико-механических показателей плодов. Пермский аграрный вестник. 2017. № 1. С. 18-24.
14. Донская В. И., Катакаев Н. Х. Перспективные сорта томата пригодные для механизированной уборки и дальнейшей транспортировки. Овощи России. 2016. № 4. С. 30-31.
15. Батыров В. А., Гарьянова Е. Д., Киселева Г. Н. Подбор сортов томатов для механизированной уборки в условиях Прикаспийской низменности. Вестник КрасГу. 2020. № 7. С. 26-30.
16. Беков Р. Х. Оценка отечественных сортов и перспективных линий томата на пригодность к механизированной уборке. Картофель и овощи. 2020. № 9. С. 29-32.

References

1. Astrakhan Region in Figures: A Brief Statistical Collection Astrakhanstat. Astrakhan, 2020. Pp. 43-45.
2. Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017-2030, approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated August 25, 2017 No. 996.
3. Ivanova V. N., Seregin S. N. Increasing Production Volumes and Expanding Exports of Products as Long-Term Priorities for the Development of the Russian Agro-Industrial Complex. Food industry. 2018. № 6. Pp. 22-26.
4. Ivanova V. N., Seregin S. N. On the Draft Strategy for the Development of the Agro-Industrial Complex of Russia for the Period up to 2030. Economics of Agricultural and Processing Enterprises. 2018. № 7. Pp. 2-7.
5. Avdeev A. Y. Varieties of Tomato Intended for Long-Term Transportation, Containerless Transportation, Combine Harvesting and Canned Processing: Monograph. Classification and morphobiological identification of wild tomato species and cultivated tomato varieties. Astrakhan, 2014. Pp. 50-53.
6. Gish R. A. New and Promising Tomato Varieties of Domestic Breeding. Scientific support of the agro-industrial complex. Krasnodar. Pp. 267-269.

7. Bekov R. Kh., Gish R. A., Kostenko A. N. Source material for tomato breeding. Potatoes and vegetables. 2017. Pp. 39-40.
8. Machulkina V. A., Sannikova T. A., Gulin A. V., Anishko M. Yu. Problems of development of the agro-industrial complex of the region. 2019. № 3 (39). Pp. 244-247.
9. Kigashpaeva O. P., Gulin A. V. Perspective Salad Tomato Varieties for the South of Russia. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex. 2022. № 2 (66). Pp. 101-110.
10. Gish R. Kh. On the Practical Results of Research on the Creation of New Tomato Varieties. Allbest.ru, 2017.
11. Maksimov S. V., Bekov R. Kh. Practical Results of Cooperation in Tomato Breeding. Potatoes and vegetables. 2022. № 12. Pp. 17-19.
12. Anishko M. Y. Improving the Friendliness of Tomato Fruit Ripening. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2019. Pp. 48-52.
13. Babaev A. G., Alieva Z. K., Babaev V. A. Selection of Friendly Ripening Tomato Varieties and Lines by Assessing the Main Physical and Mechanical Indicators of Fruits. Perm Agrarian Bulletin. 2017. № 1. Pp. 18-24.
14. Donskaya V. I., Katakaev N. Kh. Promising tomato varieties suitable for mechanized harvesting and further transportation. Vegetables of Russia. 2016. № 4. Pp. 30-31.
15. Batyrov V. A., Garyanova E. D., Kiseleva G. N. Selection of tomato varieties for mechanized harvesting in the conditions of the Caspian lowland. Vestnik KrasGau. 2020. № 7. Pp. 26-30.
16. Bekov R. Kh. Evaluation of Russian Varieties and Promising Tomato Lines for Suitability for Mechanized Harvesting. Potatoes and vegetables. 2020. № 9. Pp. 29-32.

Информация об авторах

Гулин Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, директор ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), ORCID 0000-0001-6000-5311, e-mail: vniiob@mail.ru

Кигаашпаева Ольга Петровна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом селекции и семеноводства ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), ORCID 0000-0003-4578-6177, e-mail: vniiob@mail.ru

Мачулкина Вера Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), ORCID 0000-0002-9051-6371, e-mail: vniiob@mail.ru

Костенко Александр Николаевич, старший научный сотрудник, ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), e-mail: vniiob@mail.ru

Лаврова Лариса Петровна, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), e-mail: vniiob@mail.ru

Author's Information

Gulin Aleksander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Director of VNIIOOB – branch of FGBNU "PAFSC RAS" (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubicha St., 16), ORCID 0000-0001-6000-5311, e-mail: vniiob@mail.ru

Kigashpaeva Olga Petrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Selection and Seed Production of VNIIOOB – branch of FGBNU "PAFSC RAS" (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubicha St., 16), ORCID 0000-0003-4578-6177, e-mail: vniiob@mail.ru

Machulkina Vera Aleksandrovna, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Breeding and Seed Production of VNIIOOB – branch of FGBNU "PAFSC RAS" (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubicha St., 16), ORCID 0000-0002-9051-6371, e-mail: vniiob@mail.ru

Kostenko Alexander Nikolaevich, Senior Researcher, VNIIOOB – branch of FGBNU "PAFSC RAS" (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubicha St., 16), e-mail: vniiob@mail.ru

Lavrova Larisa Petrovna, Junior Researcher of the Department of Breeding and Seed Production of VNIIOOB – branch of FGBNU "PAFSC RAS" (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubicha St., 16), e-mail: vniiob@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-09

FOLIAR TOP DRESSING ON CORN CROPS AS ONE OF THE AGRICULTURAL METHODS FOR INCREASING GRAIN YIELD

Kagermazov A. M., Khachidogov A. V.

*Institute of Agriculture – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kagermazov.alan@yandex.ru

Received 21.11.2023

Submitted 24.01.2024

Summary

The article presents the results of the effectiveness of the effect of non-root fertilizers on the elements of the structure and yield of corn grain during grain cultivation in the foothill zone of Kabardino-Balkaria.

Abstract

Introduction. In order to obtain a high grain yield, along with high-quality seed material, properly selected agricultural techniques, using chemical protection agents, mineral fertilizers, an important role is assigned to the use of highly effective non-root (leaf) top dressing on crops, which contribute to the removal of plants from a depressed state when applying high doses of herbicides and increasing crop yields by an average of 15-20%. **Object.** The object of scientific and practical work were non-root preparations for crops of corn

hybrid Krasnodar 291 AMV. **Materials and methods.** The experiments were conducted in the conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria in the experimental field of the structural division of the ISS KBNTS RAS in the period from 2020-2022. The following non-root fertilizers were used in the work: Agrostimul, VE-50 ml/ha; Alfastim, VE-50 ml/ha; Intermag Profi-2, l/ha; Bigus, BP-0.5g/l; Agromaster 18-18-18+3 – 2,5 kg/ha. This work was carried out in compliance with all methodological recommendations. **Goals and objectives.** The purpose of the research is to study the effect of the effectiveness of the use of non-root top dressing on the indicators of the yield structure and yield of corn grain in the conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria. In connection with this goal, the following main tasks were solved in the experiment: to determine the effect of non-root fertilizers on corn height and crop structure indicators; to establish the effect of non-root fertilizing on grain yield. **Results and conclusions.** The most effective drugs have been identified, which had a significant impact on the formation of elements of the structure and yield of corn grain as a whole. Among them, the following options can be distinguished: Agromaster, where the yield was 7.9 t /ha, and the increase was 1.2 t/ha; Intermag Profi, CE – a yield of 7.7 t /ha and, accordingly, an increase of 1 t/ha; Agrostimul, VE yield of 7.5 t / ha, an increase in grain yield of 0.8 t /ha. The conducted studies show the expediency of spraying corn crops with leaf fertilizers during grain cultivation, as they are one of the effective agricultural practices aimed at increasing yields.

Keywords: corn crops, foliar fertilization of corn, corn cultivation, grain corn yield.

Citation. Kagermazov A. M., Khachidogov A. V. Foliar top dressing on corn crops as one of the agricultural methods for increasing grain yield. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 89-98 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-09.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 633.15:631.52

НЕКОРНЕВЫЕ ПОДКОРМКИ НА ПОСЕВАХ КУКУРУЗЫ КАК ОДИН ИЗ АГРОПРИЕМОВ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА

Кагермазов А. М., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Хачидогов А. В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»
г. Нальчик, Республика Кабардино-Балкария, Российская Федерация

Актуальность. С целью получения высокого урожая зерна, наряду с качественным посевным материалом, правильно подобранной агротехникой, с использованием химических средств защиты, минеральных удобрений, немаловажная роль отводится применению на посевах высокоэффективных некорневых (листовых) подкормок, которые способствуют выведению растения из угнетенного состояния при внесении высоких доз гербицидов и повышению урожайности культуры в среднем на 15-20 %. Объектом научно-практической работы явились препараты некорневого назначения на посевах гибрида кукурузы Краснодарский 291 AMB. **Материалы и методы.** Опыты были заложены в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии на опытном поле структурного подразделения ИСХ КБНЦ РАН в период с 2020-2022 гг. В работе были задействованы следующие некорневые удобрения: Агrostимул, ВЭ-50 мл/га; Альфастим, ВЭ-50 мл/га; Интермаг Профи-2, л/га; Бигус, ВР – 0,5г/л; Агромастер 18-18-18+3 – 2,5 кг/га. Данная работа проводилась с соблюдением всех методических рекомендаций. **Цели и задачи.** Цель исследований – изучить влияние эффективности применения некорневых подкормок на показатели структуры урожая и урожайности зерна кукурузы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии. В связи с поставленной целью, в опыте решались следующие основные задачи: определить действие некорневых удобрений на высоту кукурузы и показатели структуры урожая; установить влияние некорневых подкормок на урожай зерна. **Результаты и выводы.** Выделены наиболее эффективные препараты, которые оказали существенное влияние на формирование элементов структуры и урожайности зерна кукурузы в целом. Среди них можно выделить следующие варианты: Агромастер, где урожайность составила 7,9 т/га, а прибавка – 1,2 т/га; Интермаг Профи, КЭ – урожайность 7,7 т/га и соответственно прибавка 1 т/га; Агrostимул, ВЭ урожайность 7,5 т/га, прибавка урожайности зерна – 0,8 т/га. Проведенные исследования показывают целесообразность опрыскивания листовыми подкормками посевов кукурузы при возделывании на зерно, так как являются одним из эффективных агроприемов, направленных на увеличение урожайности.

Ключевые слова: посевы кукурузы, некорневые подкормки кукурузы, возделывание кукурузы, урожайность зерновой кукурузы.

Цитирование. Кагермазов А. М., Хачидогов А. В. Некорневые подкормки на посевах кукурузы как один из агроприемов повышения урожайности зерна. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 89-98. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-09.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Кукуруза – одна из основных сельскохозяйственных культур современного мирового земледелия. По мнению ряда международных организаций, многих видных ученых мира она находится на третьем месте по посевным площадям после основных злаковых культур (пшеницы и риса) [1].

Устойчивый рост производства зерновых культур, в том числе кукурузы, и создание на этой основе сбалансированной кормовой базы – один из главных приоритетов обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации [2]. Кукуруза – очень важная культура, которая играет роль в производстве продуктов питания, кормов для животных и сырья для биоэнергетики во всем мире [3].

Благодаря своим свойствам, кукуруза в России используется как зерновая и кормовая культура, которая в основном идет на корм скоту и птице. Зеленую массу кукурузы используют для приготовления силоса, а зерно добавляют в комбикорм как обязательный компонент. Кукурузное зерно отличается высокими кормовыми достоинствами – 1 кг содержит 1,34 кормовых единицы, тогда как зерно ячменя – 1,2 корм. ед., овса – 1 корм. ед. В нем содержится 65-70% безазотистых экстрактивных веществ, 9-12% белка, 4-5% жира, 2% сахара и очень мало клетчатки [4].

Задача увеличения производства продовольствия напрямую зависит от увеличения валового сбора продовольственного и фуражного зерна. Кукуруза как наиболее продуктивная зерновая кормовая культура играет важную роль в решении зерновой проблемы. Уровень и качество зерна кукурузы в значительной мере зависят от внедрения в производство новых высокоурожайных сортов и гибридов, а также применения научно обоснованной технологии их возделывания [5].

Будучи высокзатратной культурой, кукуруза (*Zea mays*) требует значительных питательных веществ, а также подвержена дисбалансу питательных веществ [6]. При возделывании кукурузы на зерно важно удовлетворить значимую потребность культуры в нужном объеме и оптимальном соотношении наиважнейших элементов питания и микроэлементов [7]. На создание 1 т зерна с соответствующим количеством листостебельной массы кукуруза потребляет из почвы и удобрений в среднем 24-30 кг азота, 10-12 – фосфора и 25-30 кг – калия [8].

В современном растениеводстве помимо применения минеральных удобрений одним из наиболее перспективных направлений является применение стимуляторов роста и развития растений [9]. Стимуляторы роста, а точнее регуляторы роста в последнее время приобретают все большую популярность [10].

На разных фазах развития потребности кукурузы в элементах питания меняются. Это нужно учитывать при составлении схемы внесения подкормок. Различная скорость поступления в растения элементов питания наблюдается уже на самых ранних этапах вегетации. Активное потребление азота кукурузой начинается в фазе шести-восьми листьев. До их появления растение усваивает азота всего 3%, от появления 8-го листа до усыхания на початках рылец – 85%, оставшиеся 10-12% в фазу созревания. В связи с этим соотношение между элементами питания в растении в течение вегетации постоянно меняется. Существенное значение в формировании продуктивности растений имеет некорневая подкормка, которая стала важным элементом современных технологий производства сельскохозяйственной продукции [11]. Интерес к применению некорневой подкормки возрастает еще и в связи с тем, что, кроме традиционных удобрений, большое значение в системе питания приобретают современные агрохимикаты. Они представлены многокомпонентными, разнообразными по составу и принципу действия удобрениями, содержащими не только азот, фосфор и калий, но и комплекс микроэлементов, органических кислот, фитогормонов [12].

Внекорневое внесение питательных веществ позволяет получать небольшие количества целевых элементов, адаптированных к специфическим требованиям конкретного вида культуры на различных стадиях роста, непосредственно к растению. Адекватные концентрации питательных веществ могут улучшить состояние питания растений, стимулиро-

вать рост корней и усилить усвоение минералов из почвенного раствора [13]. Некорневая подкормка растений не может заменить основного внесения минеральных удобрений в почву, хотя в ряде случаев может выступать как единственно возможный источник питания растений [14].

Цель исследований – изучить влияние эффективности применения некорневых подкормок на показатели структуры урожая и урожайности зерна кукурузы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии.

В связи с поставленной целью, в опыте решались следующие основные задачи:

– определить действие некорневых удобрений на высоту кукурузы и показатели структуры урожая;

– установить влияние некорневых подкормок на урожай зерна.

Материалы и методика исследований. Практическая часть по данной теме была проведена в 2020-2022 годы на опытном поле лаборатории селекции и семеноводства гибридов кукурузы института сельского хозяйства филиала КБНЦ РАН, расположенного в предгорной зоне Кабардино-Балкарии.

Почва экспериментального поля представлена обыкновенным тяжелосуглинистым черноземом. Агрохимическая характеристика почвы (по Чирикову): P_2O_5 подв. – 9,8 мг/100 г почвы; K_2O обм. – 7,2 мг/100 г почвы; N – 10,2 мг/100 г почвы; pH – 7,2 (метод ЦИНАО, ГОСТ 2648385); гумус (по Тюрину) – 4,4 % [15].

Метеорологические условия за период проведения исследований были неодинаковыми (данные Кабардино-Балкарского Гидрометцентра). В период вегетации кукурузы в 2020 году, погодные условия были более теплыми и с наименьшей влажностью (на 0,8° С ниже в сравнении с многолетними показателями). Осадков в этот период по сравнению с 2020 и 2022 годами выпало на 30 мм меньше. Основное количество осадков 280 мм пришлось на самый жаркий период июль-август месяцы. Во время роста кукурузы (май-июнь месяцы) в 2021-2022 годы, наблюдалось повышение температуры воздуха на 2,3 и 3,6° С. Количество осадков составило 312 и 307 мм соответственно, что благоприятно отразилось на развитии культуры.

В целом независимо от незначительных отклонений по показателям метеорологических условий, наблюдалось нормальное формирование початков кукурузы.

Использованная в исследованиях агротехника при возделывании кукурузы на зерно, включала следующие операции: вспашка участка после уборки предшествующей культуры; боронование и культивация предпосевная перед посевом. Согласно запланированной тематике на 2020-2022 годы, на экспериментальное поле было внесено 200 кг/га минерального удобрения «Азофоски 16:16:16», плюс междурядная культивация с проведением прикорневой подкормкой аммиачной селитрой из расчета 150 кг/га. Предшественником за годы проведения экспериментальных работ был озимый ячмень. Перед посевом культуры участок обработали однокомпонентным довсходовым гербицидом «Анаконда, КЭ» 1,5 л/га, в фазе 3-5 листьев для подавления сорной растительности проведено опрыскивание посевов универсальным послевсходовым гербицидом «МайсТер, ВДГ» из расчета 0,125 л/га. Опыты ежегодно закладывались в первой декаде мая, с последующим формированием густоты стояния в фазе 4-6 листьев. Объектом исследований послужили некорневые подкормки на посеве гибрида кукурузы Краснодарский 291 АМВ.

Площадь деляночных опытов составила 19,8 м², учетной – 9,8 м². Делянки 2-х рядковые, систематическое размещение, повторность вариантов 4-х кратная. Ширина междурядий составила 70 см. Листовую подкормку кукурузы препаратами за все годы проведенных испытаний проводили в фазе 8 листьев ручным опрыскивателем (Werto).

Схема опытов состояла из следующих вариантов:

1. Контроль (без подкормки);
2. Агrostимул, ВЭ-50мл/га;
3. Альфастим, ВЭ-50мл/га;
4. Интермаг Профи, КЭ (2л/га);
5. Бигус, ВР-0,5л/га;
6. Агромастер 18-18-18+3 (2,5кг/га).

В таблице 1 представлены препараты – некорневые подкормки, включенные в опыты по оценке их эффективности на посеве кукурузы.

Таблица 1 – Характеристика препаратов, использованных в исследованиях
в предгорной зоне КБР за 2020-2022 гг.

Table 1 – Characteristics of drugs used in research in the foothill zone of the CBD for 2020-2022

Название препарата / Name of the drug	Предназначение препарата / Purpose of the drug	Препаративная форма / Preparative form
Агростимул, ВЭ / Agrostimul	Высокоэффективный биологический иммуномодулятор, стимулятор роста и развития растений для обработки зерновых / Highly Effective Biological Immunomodulator, Plant Growth and Development Stimulator for Grain Processing	Водная эмульсия / Aqueous emulsion
Альфастим, ВЭ / Alfasteam	Усиление ростовых и формообразовательных процессов, повышение урожайности, улучшение качества продукции / Strengthening of growth and shape-forming processes, increase in yield, improvement of product quality	Водная эмульсия / Aqueous emulsion
Интермаг Профи, КЭ / Intermag Profi	Содержит сбалансированный набор микроэлементов, отвечающих питательным требованиям кукурузы / Contains a balanced set of micronutrients that meet the nutritional requirements of corn	Водорастворимый концентрат / Water-soluble concentrate
Бигус, ВР / Bigus	Регулятор роста растений на основе гуминовых веществ, предназначенный для стимуляции роста и развития растений, повышения урожайности / Plant growth regulator based on humic substances, designed to stimulate the growth and development of plants, increase yields	Водный раствор / Aqueous solution
Агромастер 18-18-18+3 / Agromaster	Универсальное средство для поддержания и стимуляции роста растений / An all-in-one product for maintaining and stimulating plant growth	Порошковый состав / Powder Composition

В течение всего вегетационного периода, регулярно проводили плановые наблюдения за фазами развития кукурузы. Уборку початков культуры провели вручную, с измерением влажности зерна при помощи влагомера (Фауна ВК) в второй декаде октября. Урожайность рассчитывали с пересчетом на общепринятую 14%-ую влажность зерна.

Закладку опытных делянок и проведение самих исследований проводили с соблюдением общепринятых методик (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований, 2011; Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой / ВНИИ кукурузы ВАСХНИЛ. Днепропетровск, 1980).

Результаты и обсуждение. Листовое (некорневое) внесение на кукурузу удобрений, является одним из важных звеньев в технологической цепи возделывания данной культуры. Суть данного агротехнического мероприятия сводится к усвоению важных питательных элементов, через вегетативные органы растений. Такие работы в значительной степени повышают уровень потребления незаменимых питательных веществ, по сравнению с минеральными удобрениями, которые непосредственно вносят в почву.

Из представленных табличных данных (таблица 2) видно, что в целом установлена относительно, положительная динамика действий некорневых подкормок на рост и ряд элементов структуры урожая зерна кукурузы.

Высота растений один из составляющих признаков, оказывающих влияние на формирование урожайности зерна. Значительный прирост растений кукурузы наблюдался в период цветения. Оценивая по вариантам опытов признак высота растений, можно отметить, что наилучший рост отмечен в вариантах с применением листовых подкормок Агростимул и Интермаг Профи, в котором превышение над контролем по высоте растений было на уровне

17 и 11 см, а у остальных от 9 до 6 см, что меньше значение НСР. Препараты некорневого значения способствовали увеличению не только вегетативной части растений, но и сам початок, определяющий будущий урожай зерна культуры. Наилучшие показатели по увеличению количества початков в расчете на 100 растений отмечены на опытных делянках с использованием препаратов Агромастер, прибавка составила 14 шт./100 растений, Интермаг Профи, прибавка – 10 шт./100 растений. Почти одинаковое увеличение как по высоте 9 и 7 см, так и по числу початков кукурузы 8 и 6 см соответственно (при пересчете на 100 растений) наблюдалось с некорневыми подкормками АгроСтимул и Альфастим.

Таблица 2 – Влияние некорневых подкормок на высоту и основные показатели структуры урожая кукурузы по вариантам опытов (среднее за годы исследований 2020-2022 гг., НПУ № 1, предгорная зона КБР)

Table 2 – The effect of non-root top dressing on the height and main indicators of the structure of the corn crop according to the experimental variants (average for the years of research 2020-2022, NPU No. 1, foothill zone of the CBR)

№ п/п	Варианты опыта / Experience Options	Высота растений кукурузы, См / Height of corn plants, cm		Початки кукурузы на 100 растений, шт. / Corn cobs for 100 plants, pcs.		Длина початка, См / Cob length, cm		Число зерен на початке, шт. / Number of grains on the cob, pcs.		Масса початка, г / Cob weight, g	
		Высота / height	Прирост / increase	Початки / Cobs	Прибавка / increase	Длина / length	Прибавка / increase	Зерен / Grains	Прибавка / increase	Масса / mass	Прибавка / increase
1	Контроль (без подкормки) / Control (without fertilizing)	260	-	104	-	16,2	-	453	-	152	-
2	АгроСтимул / AgroStimul	277	17	112	8	16,7	0,5	502	49	167	15
3	Альфастим / Alfasteam	267	7	110	6	16,9	0,7	487	34	168	16
4	Интермаг Профи / Intermag Profi	271	11	114	10	17,1	0,9	511	58	175	23
5	Бигус / Bigus	266	6	110	6	16,6	0,4	481	28	161	9
6	Агромастер / Agromaster	269	9	118	14	17,0	0,8	518	65	171	19
НСР _{0,05}		10		5		0,56		28		7,8	

Подкормка растений кукурузы некорневыми удобрениями через листья оказало влияние на рост стержня и соответственно на длину самого початка кукурузы. Наилучшие значения по влиянию некорневых подкормок на длину початка (элемент структуры урожайности) в среднем отмечены в вариантах с препаратами Интермаг Профи, Агромастер и Альфастим, где длина составила от 16,9 до 17,1 см, а прибавка соответственно от 0,7 до 0,9 см.

Важным элементом структуры урожайности является количество зерен в початке [16]. По числу зерен в початке (один из определяющих элементов урожайности зерна кукурузы), значительная прибавка в среднем – 65 шт. отмечена в варианте с опрыскиванием опытных делянок кукурузы некорневой подкормкой Агромастер и Интермаг Профи – 58 шт.

Следует учесть, что с увеличением признака как число зерен в початке, наблюдается возрастание массы зерна. В среднем за годы исследований больше всего прибавки массы початка отмечено с препаратом Интермаг Профи с массой початка 175 г и прибавкой 23 г.

Интегрирующим показателем, характеризующим эффективность изучаемых приемов агротехники, является урожайность [17]. На рисунке 1 представлены результаты урожайности зерна по вариантам опытов: АгроСтимул, ВЭ – 7,5 т/га, Альфастим, ВЭ – 7,3 т/га, Интермаг Профи, КЭ – 7,7 т/га, Бигус, ВР – 7,0 т/га, Агромастер – 7,9 т/га.

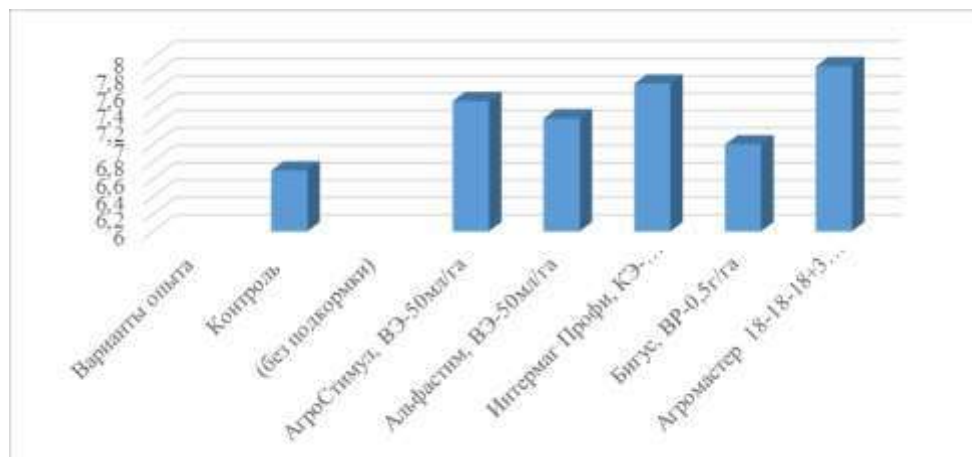


Рисунок 1 – Урожайность зерна кукурузы (т/га), в среднем за 2020-2022 гг.

Figure 1 – Corn grain yield (t/ha), on average for 2020-2022

Как видно из рисунка среднее значение урожайности зерна кукурузы за годы проведенных работ на контрольном варианте составило 6,7 т/га.

Все вовлеченные в практическую работу удобрения некорневого назначения обеспечивали повышение урожайности зерна кукурузы и соответственно прибавку к нему, однако роль их действия была неодинаковой.

Прибавка от использованных некорневых удобрений в опыте составила от 0,8 до 1,2 т/га или 4,47-17,9 % (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние некорневых подкормок на урожай и прибавку зерна кукурузы по вариантам опытов (в среднем за 2020-2022 гг., НПУ № 1, предгорная зона КБР)

Table 3 – The effect of non-root fertilizing on the yield and increase of corn grain according to the variants of experiments (on average for 2020-2022, NPU No. 1, foothill zone of the CBR)

№ п/п	Варианты опыта / Experience Options	Урожай зерна, т/га / Grain yield, t/ha	Прибавка к урожаю, т/га / Increase in yield, t/ha
1	Контроль (без подкормки) / Control (without fertilizing)	6,7	–
2	АгроСтимул / AgroStimul	7,5	0,8
3	Альфастим / Alfasteam	7,3	0,6
4	Интермаг Профи / Intermag Profi	7,7	1,0
5	Бигус / Bigus	7,0	0,3
6	Агромастер / Agromaster	7,9	1,2
	НСР _{0,05}		0,5

Лучшие результаты по урожайности и существенная прибавка за три года исследований отмечены на вариантах с некорневыми удобрениями Агромастер, где урожайность зерна составила 7,9 т/га, а соответственно прибавка – 1,2 т/га и Интермаг Профи, КЭ с урожайностью 7,7 и с прибавкой 1 т/га.

Подкормка Бигус, ВР за все время исследований оказалась менее эффективной как по элементам структуры урожая, так и по урожайности зерна кукурузы (7,0 т/га), где прибавка составила 0,3 т/га, что меньше показателя НСР.

В целом, как свидетельствуют табличные данные (средние значения), за весь период проведенных исследований наблюдалось достоверное увеличение урожая зерна кукурузы при внесении некорневых подкормок на всех деляночных вариантах (за исключением препарата Бигус, ВР) в сравнении с контролем, и соответственно и между испытываемыми препаратами.

Заключение. Следует учесть, что даже самая насыщенная удобрениями почва, не способна в полной степени обеспечить растения всем необходимым набором макро и микроэлементов. Проведенные научные исследования показали, что использование некорневых удобрений – это неотъемлемое звено в агротехнологии возделывания кукурузы, поскольку оказывает влияние на повышение урожайности зерна.

Результаты, полученные в ходе проведенной работы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии, показали, что опрыскивание посевов кукурузы в фазе 8 листьев некорневыми препаратами, способствовало усилению роста растений и элементов структуры урожая культуры.

Наиболее эффективную роль на высоту показало некорневое удобрение Агrostимул, где прибавка по высоте растений составило 17 см.

По числу початков на 100 штук растений отмечено в варианте Агромастер с превышением 14 початков на 100 растений.

Числу зерен на початке выделились варианты с препаратами Агромастер 65 шт. и Интермаг Профи – 58 шт.

Длина початка и по массе самого початка лучшие результаты наблюдались на варианте Интермаг Профи (17,1 см и 175 г).

Повышение урожайности зерна и, соответственно, прибавка к нему в среднем за три года отмечены в вариантах с некорневыми подкормками Агромастер 18-18-18+3 в дозе 2,5 кг/га (в среднем прибавка 1,2 т/га на 17,9 %) и Интермаг Профи, КЭ в количестве 2 л/га (прибавка 1 т/га – 14,9 %).

Некорневая подкормка АгросТимул, ВЭ в дозе 50 мл/га, в целом оказала положительное действие на показатели структуры урожая и урожайности зерна (прибавка 0,8 т/га – 11,9 %).

Conclusions. It should be noted that even the most fertilized soil is not able to fully provide plants with all the necessary set of macro and microelements. The conducted scientific research has shown that the use of non-root fertilizers is an integral link in the agricultural technology of corn cultivation, since it affects the increase in grain yield.

The results obtained during the work carried out in the conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria showed that spraying corn crops in the 8-leaf phase with non-root preparations contributed to increased plant growth and elements of the crop yield structure.

The most effective role in height was shown by non-root fertilizer of Agrostimules, where the increase in plant height was 17 cm.

According to the number of cobs per 100 plants, it was noted in the Agromaster variant with an excess of 14 cobs per 100 plants.

The number of grains on the cob was distinguished by options with Agromaster preparations of 65 pcs. and Intermag Profi – 58 pcs.

The length of the cob and the weight of the cob itself, the best results were observed on the Intermag Pro variant (17.1 cm and 175 g).

An increase in grain yield and, accordingly, an increase in it on average over three years were noted in variants with non-root top dressing Agromaster 18-18-18 +3 at a dose of 2.5 kg /ha (an average increase of 1.2 t/ha by 17.9%) and Intermag Profi, CE in the amount of 2 l/ha (an increase of 1 t/ha – 14.9%).

Foliar top dressing of agrostimules, VE at a dose of 50 ml/ ha, generally had a positive effect on the indicators of crop structure and grain yield (an increase of 0.8 t/ha – 11.9%).

Библиографический список

1. Бельченко С. А., Дронов А. В. и др. Адаптивный и продуктивный потенциал среднеранних гибридов кукурузы на зерно в агроландшафтных условиях Брянской области. Вестник Ульяновской Государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2 (54). С. 19-26.
2. Бойко В. Н. Полевая оценка образцов коллекции кукурузы по устойчивости к пузырчатой головне. Труды по прикладной ботанике генетике и селекции. 2019. № 180 (3). С. 91-95.
3. Yanming Zhao, Chengfu Su Mapping quantitative trait loci for yield-related traits and predicting candidate genes for grain weight in maize. Sci Rep. 2019. V. 9. P. 16112.
4. Аппаев С. П., Касермазов А. М., Хачидогов А. В., Бижоев М. В. Оценка новых гибридов кукурузы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 29-35.

5. Appaev S., Kagermazov A., Khatefov E. et al. Development of self-pollinated maize lines based on the teosinte collection of the N. I. Vavilov institute of plant industry (VIR). E3S Web of Conferences. 2021. V. 262.
6. Amissah S., Ankomah G. et al. Nutrient Sufficiency Ranges for Corn at the Early Growth Stage: Implications for Nutrient Management. Plants. 2023. No 12 (4). P. 713.
7. Кагермазов А. М., Хачидогов А. В. Влияние внекорневых подкормок на урожайные качества зерна кукурузы. Аграрная Россия. 2019. № 6. С. 13-16.
8. Лазарев В. И., Минченко Ж. Н., Башкатов А. Я., Гаврилова Т. В. Агробиологическое и экономическое обоснование использования микроэлементных удобрений при возделывании кукурузы в условиях черноземных почв Курской области. Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 6. С. 60-62.
9. Васин В. Г., Кошелева И. К. Урожайность и кормовые достоинства гибридов кукурузы на зерно при внесении минеральных удобрений и стимуляторов роста. Вестник Ульяновской Государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 2 (42). С. 45-53.
10. Прудников А. Д., Курятов П. А. Аминокислотные биостимуляторы в процессе роста, развития и продуктивности раннеспелых гибридов кукурузы в условиях Смоленской области. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2019. № 2 (42). С. 41-46.
11. Коконев С. И., Валиуллина Р. Д., Рябова Т. Н. и др. Эффективность фоллиарной обработки посевов кукурузы комплексными и микробиологическими удобрениями. Научно-производственный журнал Кормопроизводство. 2020. № 5. С. 26-29.
12. Ивашененко И. Н., Багринцева В. Н. оценка эффективности некорневых подкормок азотсодержащими удобрениями на кукурузе. Известия ТСХА. 2021. Т. 3. С. 40-54.
13. Boscaro R., Panozzo A. et al. Effects of Foliar-Applied Mixed Mineral Fertilizers and Organic Biostimulants on the Growth and Hybrid Seed Production of a Male-Sterile Inbred Maize Line. 2023. No 12 (15). P. 2837.
14. Шмалько И. А., Багринцева В. Н. Повышение урожайности кукурузы посредством некорневой подкормки растений. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (55). С. 63-68.
15. Кагермазов А. М., Хачидогов А. В., Яндиева А. Р. Изучение самоопыленных линий кукурузы по хозяйственно-ценным признакам и устойчивости к биотическим факторам в предгорной зоне Кабардино-Балкарии. Вестник НГАУ. 2022. № 4 (65). С. 50-55.
16. Семина С. А., Гаврюшина И. В. и др. Роль регуляторов роста в формировании урожайности зерна кукурузы. Нива Поволжья. 2021. № 1 (58). С. 23-27.
17. Щемелева Г. В., Цындра Л. В., Галеев Р. Р. и др. Урожайность и качество кукурузы, выращиваемой на зерно и силос в условиях орошаемого земледелия в лесостепи Приобья. Вестник НГАУ. 2021. № 4. С. 83-89.

References

1. Belchenko S. A., Dronov A. V. et al. Adaptive and productive potential of medium-early corn hybrids for grain in the agro-landscape conditions of the Bryansk region. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021. No 2 (54). Pp. 19-26.
2. Boyko V. N. Field assessment of maize collection samples for resistance to bubbly smut // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. No 180 (3). Pp. 91-95.
3. Yanming Zhao, Chengfu Su Mapping quantitative trait loci for yield-related traits and predicting candidate genes for grain weight in maize. Sci Rep. 2019. V. 9. P. 16112.
4. Appaev S. P., Kagermazov A. M., Khachidogov A. V., Bizhiov M. V. Evaluation of new corn hybrids in the conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria. Siberian Bulletin of agricultural Science. 2022. V. 52. No 6. Pp. 29-35.
5. Appaev S., Kagermazov A., Khatefov E. et al. Development of self-pollinated maize lines based on the teosinte collection of the N. I. Vavilov institute of plant industry (VIR). E3S Web of Conferences. 2021. V. 262.
6. Amissah S., Ankomah G. et al. Nutrient Sufficiency Ranges for Corn at the Early Growth Stage: Implications for Nutrient Management. Plants. 2023. No 12 (4). P. 713.
7. Kagermazov A. M., Khachidogov A. V. The influence of foliar top dressing on the yield qualities of corn grain. Agrarian Russia. 2019. No 6. Pp. 13-16.
8. Lazarev V. I., Minchenko Zh. N., Bashkatov A. Ya., Gavrilova T. V. Agrobiological and economic justification of the use of trace element fertilizers in the cultivation of corn in the conditions of chernozem soils of the Kursk region. International Agricultural Journal. 2018. No 6. Pp. 60-62.
9. Vasin V. G., Kosheleva I. K. Productivity and feed advantages of corn hybrids for grain when applying mineral fertilizers and growth stimulants. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2018. No 2 (42). Pp. 45-53.
10. Prudnikov A. D., Kuryatov P. A. Amino acid biostimulants in the process of growth, development and productivity of early-maturing corn hybrids in the Smolensk region. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2019. No 2 (42). Pp. 41-46.
11. Kokonov S. I., Valiullina R. D., Ryabova T. N., etc. The effectiveness of foliar treatment of corn crops with complex and microbiological fertilizers. Scientific and production journal Forage Production. 2020. No 5. Pp. 26-29.
12. Ivashenenko I. N., Bagrintseva V. N. evaluation of the effectiveness of foliar fertilizing with nitrogen-containing fertilizers on corn. Izvestiya TSKHA. 2021. V. 3. Pp. 40-54.
13. Boscaro R., Panozzo A. et al. Effects of Foliar-Applied Mixed Mineral Fertilizers and Organic Biostimulants on the Growth and Hybrid Seed Production of a Male-Sterile Inbred Maize Line. 2023. No 12 (15). P. 2837.
14. Shmalko I. A., Bagrintseva V. N. Increasing corn yield through non-root fertilization of plants. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021. No 3 (55). Pp. 63-68.
15. Kagermazov A. M., Khachidogov A. V., Yandieva A. R. The study of self-pollinated corn lines by economic and valuable signs and resistance to biotic factors in the foothill zone of Kabardino-Balkaria. Bulletin of NGAU. 2022. No 4 (65). Pp. 50-55.
16. Semina S. A., Gavryushina I. V. et al. The role of growth regulators in the formation of corn grain yield. Niva of the Volga region. 2021. No 1 (58). Pp. 23-27.
17. Shchemeleva G. V., Tsyndra L. V., Galeev R. R. et al. Productivity and quality of corn grown for grain and silage in conditions of irrigated agriculture in the forest steppe of the Ob region. Bulletin of NGAU. 2021. No 4. Pp. 83-89.

Информация об авторах

Кагермазов Алан Мухамедович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства раннеспелых гибридов кукурузы, ФГБНУ ФНЦ «Кабардино-Балкарский научный центр РАН» (Российская Федерация, 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Кирова, д. 224), e-mail: kagermazov.alan@yandex.ru

Хачидогов Азамат Валерьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства раннеспелых гибридов кукурузы, ФГБНУ ФНЦ «Кабардино-Балкарский научный центр РАН» (Российская Федерация, 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Кирова, д. 224), e-mail: azamat.xa@mail.ru

Author's Information

Kagermazov Alan Mukhamedovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Breeding and Seed Production of Early-maturing Corn Hybrids, Federal State Budgetary Scientific Research Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 360004, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Kirova str., 224), e-mail: kagermazov.alan@yandex.ru

Khachidogov Azamat Valerievich, Candidate of Agricultural Sciences, senior scientist, employee of the Laboratory of breeding and seed production of early-maturing corn hybrids of the Federal State Budgetary Scientific Research Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 360004, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Kirova str., 224), e-mail: azamat.xa@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-10

THE TECHNOLOGY OF THERMAL COMPENSATION IRRIGATION DURING THE LAYING AND OPERATION OF STRAWBERRY PLANTATIONS ON THE LOWER VOLGA

Lytov M. N.

*Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: lytovmn@yandex.ru

Received 21.12.2023

Submitted 01.02.2024

Summary

The technology of thermal compensation irrigation has been developed, which provides accelerated heat removal from the soil surface during periods of realization of the climatic risk of soil overheating and prevents the formation of mass precipitation in plantings due to plant death.

Abstract

Introduction. The relevance of research is determined by modern requirements and trends in the development of hydro-reclamation systems and technologies, including in the field of integrated regulation of life factors, plant protection from meteorological extremes, ensuring the achievement of goals for sustainable and highly productive agricultural production. The present study is carried out within the framework of systematic work on endowing modern hydro-reclamation systems with the functions of comprehensive plant protection from climatic risks and is devoted to the development of technology capable of effectively compensating for temperature soil extremes to prevent mass death of strawberry plants during the laying and operation of plantations. **Object.** Strawberry planting during the period of planting and operation of plantations, considered as an object of realization of the climatic risk of mass plant death due to overheating of the upper root-bearing soil layer. **Materials and methods.** The aim of the study is to develop a technology for thermal compensation irrigation during the laying and operation of strawberry plantations, which protect plants from the risk of death due to overheating of the soil in the hot, sharply continental climate of the Lower Volga region. The working hypothesis of the research was the assumption about the possibility of using irrigation for accelerated heat removal from the soil surface during periods of climate risk. The key parameter of the technology is the frequency of watering. In methodological terms, the basis of the study is a field experiment. The main evaluation criteria were: the value of the compensated soil temperature in the 0.05-0.10 m layer, plant safety and biometric indicators, including strawberry yield. **Results and conclusions.** The effectiveness of thermocompensation irrigation technology in the laying and operation of strawberry plantations in the sharply continental climate of the Lower Volga region has been theoretically substantiated and experimentally confirmed. Studies have obtained convincing data confirming the possibility of reducing the temperature of the upper root-bearing soil layer by conducting thermal compensation irrigation by 3.4-10.6 °C and maintaining it no higher than 26.0-31.0 °C when the risk is realized. The parameters of thermocompensation irrigation technology for the region under consideration are experimentally substantiated. The greatest effect on compensation of soil temperature from overheating is provided when conducting thermal compensation watering immediately after drying of the soil surface or with a waiting period of 0.5 hours. This allows for a 6.2-9.9% reduction in the proportion of strawberry plant fallout in the year of plantation laying, a 12.0% reduction in total plant losses due to soil overheating and freezing during the first overwintering, and a significant increase in the coefficient of plant alignment in plantings from 75.1 to 92.9%. The highest yield of strawberries, 24.4 t/ha, was provided in areas where thermal compensation watering was carried out with a waiting period of 0.5 hours.

Keywords: *strawberries, thermocompensatory irrigation of strawberries, establishment of strawberry plantations, preservation of strawberry plants, bioproductivity of strawberries.*

Citation. Lytov M. N. The technology of thermal compensation irrigation during the laying and operation of strawberry plantations on the Lower Volga. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 98-107 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-10.

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Author of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

УДК 631.674:634.75

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМОКОМПЕНСАЦИОННЫХ ПОЛИВОВ ПРИ ЗАКЛАДКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛАНТАЦИЙ ЗЕМЛЯНИКИ НА НИЖНЕЙ ВОЛГЕ

Лытов М. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
им. А. Н. Костякова
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Актуальность исследований определяется современными требованиями и трендами развития гидромелиоративных систем и технологий, в том числе в области комплексного регулирования факторов жизни, защиты растений от метеорологических экстремумов, обеспечивающих достижение целей по устойчивому и высокопродуктивному агропроизводству. Настоящее исследование выполняется в рамках системной работы по наделению современных гидромелиоративных систем функциями комплексной защиты растений от климатических рисков и посвящено разработке технологии, способной эффективно компенсировать температурные почвенные экстремумы для предотвращения массовой гибели растений земляники в период закладки и при эксплуатации плантаций. **Объект.** Посадки земляники в период закладки и эксплуатации плантаций, рассматриваемые как объект реализации климатического риска массовой гибели растений из-за перегрева верхнего корнесодержащего слоя почвы. **Материалы и методы.** Целью исследования является разработка технологии термокомпенсационных поливов при закладке и эксплуатации плантаций земляники, обеспечивающих защиту растений от риска гибели из-за перегрева почвы в условиях жаркого, резко-континентального климата Нижнего Поволжья. Рабочей гипотезой исследований стало предположение о возможности использования орошения для ускоренного отвода тепла с поверхности почвы в периоды реализации климатического риска. Ключевым параметром технологии является периодичность проведения поливов. В методологическом плане основой исследования является полевой эксперимент. Основными оценочными критериями являлись: величина компенсированной температуры почвы в слое 0,05-0,10 м, сохранность растений и биометрические показатели, включая урожайность земляники. **Результаты и выводы.** Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена эффективность технологии термокомпенсационных поливов при закладке и эксплуатации плантаций земляники в условиях резко-континентального климата Нижнего Поволжья. Исследованиями получены убедительные данные, подтверждающие возможность снижения температуры верхнего корнесодержащего слоя почвы за счет проведения термокомпенсационных поливов на 3,4-10,6 °С и поддержания его не выше 26,0-31,0 °С при реализации риска. Экспериментально обоснованы параметры технологи термокомпенсационных поливов для рассматриваемого региона. Наибольший эффект по компенсации температуры почвы от перегрева обеспечивается при проведении термокомпенсационных поливов сразу после высыхания поверхности почвы или с периодом ожидания 0,5 часа. Это позволяет на 6,2-9,9 % снизить долю выпадов растений земляники в год закладки плантаций, на 12,0 % сократить суммарные потери растений из-за перегрева почвы и вымерзания в первую перезимовку, существенно, с 75,1 до 92,9 % увеличивался коэффициент выравниваемости растений в посадках. Наибольшая урожайность ягод земляники в первый год плодоношения, 24,4 т/га, обеспечивалась на участках, где термокомпенсационные поливы проводили сразу после высыхания поверхности почвы или с периодом ожидания 0,5 часа.

Ключевые слова: *земляника, термокомпенсационные поливы земляники, закладка плантаций земляники, сохранность растений земляники, биопродуктивность земляники.*

Цитирование. Лытов М. Н. Технология термокомпенсационных поливов при закладке и эксплуатации плантаций земляники на Нижней Волге. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 98-107. DOI:10.32786/2071-9485-2024-01-10.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Системная работа по наделению современных гидромелиоративных систем функциями комплексной защиты растений от климатических рисков является одним из перспективных направления развития гидромелиораций в зоне развитого орошаемого земледелия [1, 2]. Климатический риск является непосредственным объектом приложения регуляционного воздействия и, наряду с этим, – главным оценочным показателем эффективности этого воздействия. Климатический риск понятие изначально экономическое, в некоторых случаях, социальное, но практически не применялось в качестве хозяйственно-технологического критерия [3-5]. Классическое определение климатического риска раскрывает его как совместную характеристику вероятности опасных проявлений климатического фактора и его воздействия на объект этого риска, которая выражается в величинах повторяемости и ущерба. Относительно решаемой нами проблемы, это понятие рассматривается применительно к посевам сельскохозяйственных культур, а значит, определяет риски их возделывания [6-8]. Рассматриваются такие проявления климата, которые выходят за область адаптационного потенциала растений, то есть, связаны с риском их гибели. Кроме того, риски предполагается компенсировать на мелиорированных землях, а это значит, что водный режим почвы регулируется и в качестве климатического риска не рассматривается. Работа предполагает исследование теории вовлеченных процессов, конструктивное совершенствование технических систем, разработку предметно ориентированных технологий. Технологии являются тем результатом, которые определяют практический выход такого рода исследований. Одной из таких, разрабатываемых нами технологий, является технология термокомпенсационных поливов, предотвращающей риск массовой гибели растений земляники в период закладки и эксплуатации плантаций, который часто реализуется в условиях жаркого, резко-континентального климата Нижнего Поволжья [9, 10].

Целью исследования является разработка технологии термокомпенсационных поливов при закладке и эксплуатации плантаций земляники, обеспечивающих защиту растений от риска гибели из-за перегрева почвы в условиях жаркого, резко-континентального климата Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Промышленная интродукция садовой земляники в регионы Нижней Волги, отличающимся жарким и сухим климатом в теплое время года, а также высокой солнечной активностью, которая редко компенсируется облачностью, - имеет хорошие перспективы, но сдерживается из-за проблем, возникающих при закладке плантаций [11, 12]. Одним из ключевых региональных факторов, нарушающих нормальное формирование плантаций земляники, является перегрев приповерхностного корнесодержащего слоя почвы [13-15]. Повышение температуры почвы до критических отметок сопровождается остановкой роста корней, а в дальнейшем и отмиранием корневой системы. Продолжительные температурные стрессы ведут к массовым выпадам растений, из-за чего посадки формируются неравномерно. При высоких затратах на закладку плантаций формирование урожая остается не стабильным, что несет агробизнесу не всегда приемлемые риски.

Рабочей гипотезой исследований стало предположение о возможности использования орошения для ускоренного отвода тепла с поверхности почвы в периоды реализации климатического риска. Ключевым параметром технологии является периодичность проведения поливов. Для оценки эффективности термокомпенсационных поливов и обоснования параметров технологии, обеспечивающих достижение наилучшего результата, был заложен полевой эксперимент со следующим набором вариантов: вариант 1 (контроль) – без проведения термокомпенсационных поливов; вариант 2 – проведение термокомпенсационных поливов после высыхания смоченной поверхности почвы с добавочным интервалом 0,5 часа; 3 – проведение термокомпенсационных поливов сразу после высыхания смоченной поверхности почвы; 4 – проведение термокомпенсационных поливов после высыхания смоченной поверхности почвы с добавочным интервалом 2,0 часа. Эксперимент был реализован на опытном участке в КФХ «Шишлянникова М. В.» Дубовского района Волгоградской области. Площадь опытного участка 1200 м², площадь учетной делянки в четырех повторностях 300 м².

Результаты и обсуждение. Целевая функция компенсации климатического риска, реализующегося из-за перегрева верхнего корнесодержащего слоя почвы в период закладки и эксплуатации плантаций земляники, имеет вид:

$$F(-T_{csh}) \in [T_{ph.max}^{root} - T_{sh}; T_{opt}^{root} - \Delta T_{opt}^{root} - T_{sh}], \quad (1)$$

где $F(-T_{csh})$ – целевая функция предотвращения перегрева почвы с переходом в область необратимого деструктивного влияния фактора, за счет понижения температуры активного слоя на величину $(-T_{csh})$, °K; $T_{ph.max}^{root}$ – физиологический порог адаптации культуры к перегреву почвы в активно осваиваемой корнями зоне, °K; T_{sh} – актуальная (прогнозируемая) величина температуры активного слоя почвы при реализации климатического риска, °K; T_{opt}^{root} – верхняя граница физиологически оптимального для культуры диапазона температуры почвы, °K; ΔT_{opt}^{root} – диапазон физиологически оптимальных для культуры температур почвы, °K.

Общее количество теплоты, которое должно быть отведено для охлаждения почвы в соответствии с требованиями целевой функции, определится из уже известного выражения:

$$-\Delta T_{csh} = \frac{-q_{soil}}{C_{soil} \cdot V_{a,soil}}, \quad (2)$$

где $-\Delta T_{csh}$ – целевая величина снижения температуры активного слоя почвы, обеспечивающая предотвращение деструктивного действия фактора и перевода его в зону адаптации или оптимальных условий для развития культуры, °K.

Отвод тепла может осуществляться посредством использования оросительной воды и складывается из двух составляющих. Первое, это отвод тепла за счет использования агента регулятора (оросительной воды) с пониженной температурой, который при нагревании потребляет часть избыточно запасенного тепла почвы:

$$-q_{agent} = -\Delta T_{agent} \cdot C_{agent} \cdot V_{agent}, \quad (3)$$

Одним из важных условий, ограничивающих эффективность такого метода компенсации избыточной температуры почвы, являются ограничения по величине $-\Delta T_{agent}$, которые определяются минимальной, физиологически обоснованной температурой воды, используемой для полива, а также фактическими температурами воды в водоисточнике и оросительной системе. Однако, вторая составляющая позволяет существенно повысить эффективность использования оросительных мелиораций для отвода избыточно накопленного тепла в почве, и определяется теплотой фазового перехода:

$$-q_{ph,t} = -V_e \cdot r, \quad (4)$$

где $-q_{ph,t}$ – теплота, поглощаемая в результате фазового перехода испаряемой с поверхности почвы оросительной воды, Дж/га; V_e – объем воды, испаряемой с поверхности почвы, м³/га; r – теплота фазового перехода воды из жидкого состояния в парообразное, Дж/кг.

Как видно, отвод тепла за поглощения теплоты фазового перехода будет тем больше, чем больший объем агента регулятора, в данном случае, - оросительной воды, пойдет на испарение с поверхности почвы. Идеальным решением будет, если V_{agent} будет равен V_e . Обеспечить данное условие можно за счет проведения поливов, ориентированных на смачивание только поверхности почвы.

Предлагаемая технология основана на проведении периодических (циклических) термокомпенсационных поливов с равномерным распределением по поверхности почвы в форме мелкокапельного дождя (рисунок 1). Целевым ориентиром является смачивание поверхности почвы на глубину 1-2 см.

Экспериментальные исследования подтвердили эффективность термокомпенсационных поливов и возможность существенного снижения температуры почвы в верхнем слое корнеобитаемой зоны (рисунки 2, 3).

По обобщенным данным проведение термокомпенсационных поливов с периодичностью, определяемой продолжительностью высыхания смоченной поверхности почвы с дополнительным технологическим интервалом 0,5 часа, позволяло снижать температуру верхнего горизонта корнеобитаемого слоя почвы на 3,4-10,6 °C. Максимальный эффект достигался в 12-15 часов по полудню, когда почва, благодаря интенсивной инсоляции, прогревалась особенно сильно.

На приведенных графиках легко заметить, что расхождения в кривых суточного хода температуры почвы начинается уже после 6-9 часов утра, продолжается в течение всех световых суток и даже, благодаря тепловой инерции, несколько дольше. Расхождения определялись началом проведения термокомпенсационных поливов, которые назначались для торможения интенсивного нагрева почвы.

На участках варианта, где термокомпенсационные поливы не проводились, максимальная суточная температура почвы достигала 34°C в первую после закладки плантации декаду, 39°C – во вторую и 40°C – в пятую и свыше 44°C в 7 декаду с момента высадки растений.



Рисунок 1 – Система комбинированного орошения для проведения термокомпенсационных поливов в год закладки плантации земляники

Figure 1 – Combined irrigation system for thermocompensatory irrigation in the year of strawberry plantation

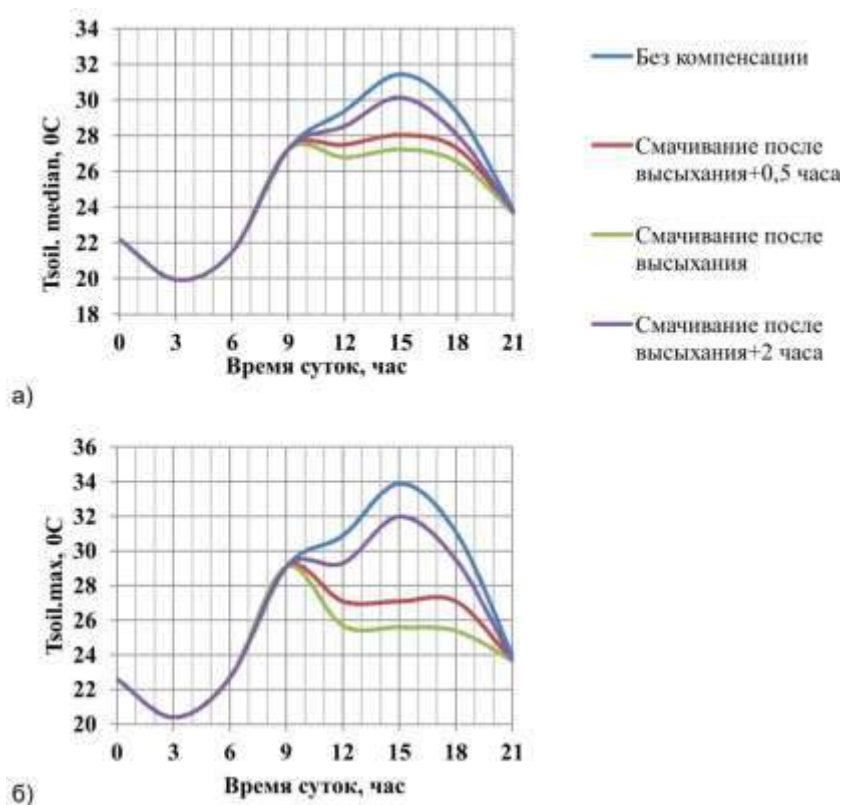


Рисунок 2 – Суточная динамика температуры почвы ($h=0,05-0,10$ м) в 1 декаду после высадки рассады земляники

Figure 2 – Daily dynamics of soil temperature ($h=0.05-0.10$ m) in 1 decade after planting strawberry seedlings
а) среднее за 2022-2023 гг. / 2022-2023 average

б) в день максимальной напряженности за период 2022-2023 гг. / on the day of maximum tension for the period 2022-2023

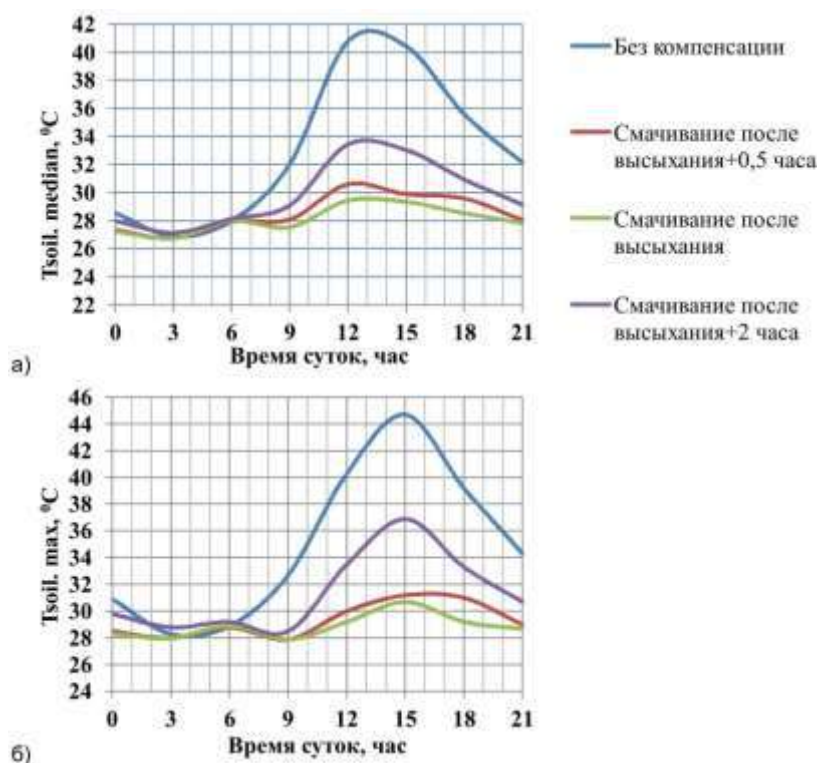


Рисунок 3 – Суточная динамика температуры почвы ($h=0,05-0,10$ м)
в 7 декаду после высадки рассады земляники

Figure 3 – Daily dynamics of soil temperature ($h=0.05-0.10$ m) in the 7th decade after planting strawberry seedlings

а) среднее за 2022-2023 гг. / 2022-2023 average

б) в день максимальной напряженности за период 2022-2023 гг. / on the day of maximum tension for the period 2022-2023

Использование термокомпенсационных поливов, даже с самой продолжительной в опыте цикличностью, – после высыхания смоченной поверхности почвы плюс 2 часа, – позволило снизить максимальную величину суточного прогрева почвы до $31-37^{\circ}\text{C}$. Проведение термокомпенсационных поливов с добавочным временным интервалом в 0,5 часа после высыхания смоченной поверхности почвы позволило сдвинуть температурный фактор существенно ближе к зоне биологического оптимума. Максимальные суточные значения температуры почвы здесь не превышали $30-31^{\circ}\text{C}$, причем непродолжительное время, – пиковая нагрузка продолжалась не более 0,5-2 часов.

При проведении поливов сразу после высыхания смоченной поверхности почвы ее температура в верхнем горизонте корнеобитаемого слоя снижалась еще на $1-2^{\circ}\text{C}$. Следует признать, что поливы в этом случае приходилось проводить наиболее часто; это несет в себе дополнительную технологическую нагрузку и создает наиболее благоприятные условия для активации грибных инфекций.

Полученные данные подтверждают эффективность технологии термокомпенсационных поливов, которая, прежде всего, отражается в снижении доли выпадов и формировании более выравненных посадок земляники (таблица 1).

В 2023 году погодные условия не несли риска перегрева почвы в период укоренения рассады земляники. Температурная напряженность в мае была невысокой, а поступление солнечной радиации в значительной мере компенсировалось облачностью. Средняя декадная температура второй декады мая составила $16,4^{\circ}\text{C}$, третьей – $21,3^{\circ}\text{C}$. При этом пики температуры в самые теплые дни не превышали $26,0-30,0^{\circ}\text{C}$. Все это обеспечивало комфортные условия для укоренения земляники и без проведения термокомпенсационных поливов. В сочетании со своевременно проведенными капельными поливами такие условия способствовали хорошей приживаемости, которая на всех вариантах опытах составила $98,2\%$.

Таблица 1 – Показатели эффективности формирования плантации земляники в зависимости от технологии термокомпенсационных поливов (2023 год закладки плантации)
Table 1 – Indicators of the efficiency of strawberry plantation formation depending on the technology of thermocompensatory irrigation (2023 year of plantation establishment)

Гидромелиоративная компенсация температурного фактора / Irrigation and reclamation compensation of the temperature factor	Доля выпадов в год закладки плантации земляники, % / Share of falls per year of strawberry plantation, %	Общая сухая биомасса посева, т/га / Total dry biomass of crops, t/ha	Коэффициент выравненности растений в посадках (по биомассе), % / Coefficient of uniformity of plants in plantings (by biomass), %	Максимальная площадь листьев в год закладки плантации, тыс. м ² /га / Maximum leaf area in the year of plantation establishment, thousand m ² /ha
Без компенсации / No compensation	9,2	3,84	75,1	14,6
Термокомпенсационный полив после высыхания + 0,5 часа / Thermal compensatory irrigation after drying + 0.5 hours	3,5	5,05	91,5	17,7
Термокомпенсационный полив после высыхания / Thermal compensatory irrigation after drying	3,0	5,12	92,9	17,8
Термокомпенсационный полив после высыхания + 2,0 часа / Thermal compensatory irrigation after drying + 2.0 hours	6,6	4,27	86,7	15,9
НСР ₀₅	0,9	0,21	3,8	1,63

Риски перегрева почвы в 2023 году, не считая нескольких единичных случаев июня, стали реализовываться уже в первой декаде июля. Температура воздуха в этот период достигала 38 °С и более, а интенсивная инсоляция сочеталась с отсутствием облачного зонтика. Укоренение рассады земляники к этому моменту уже произошло, сформировались выравненные посадки, практически без пропусков по рядку. Однако оказалось, что перегрев почвы и в этот период роста и развития земляники, является губительным фактором, сопровождающимся массовыми выпадами растений.

Суммарная доля погибших растений земляники в первый год после закладки плантации на участках, где термокомпенсационные поливы не проводили, составила 9,2 %. Это существенно ниже, чем 2022 году, когда риски перегрева почвы реализовались уже в фазу укоренения рассады, но все еще остается значимым фактором, так как лишает почти 5000 тыс. раст./га, которые могли дать урожай.

Проведение термокомпенсационных поливов обеспечивало снижение доли погибших растений до 3,0-6,6 %. Наибольший эффект по компенсации риска был получен на участках, где поливы проводили сразу после высыхания поверхности почвы, то есть с наименьшим интервалом. Доля выпадов по растениям земляники здесь составила 3,0 %. Доля погибших растений земляники на участках, где термокомпенсационные поливы проводили не сразу после высыхания поверхности почвы, а с периодом ожидания 0,5 часа, составила 3,5 %, однако разницу с предыдущим вариантом нельзя считать доказанной, так как наименьшая существенная разность по варианту составляет 0,9 %. А вот при увеличении периода ожидания до 2,0 часов сопровождалось увеличением доли выпадов до 6,6 %, и разница здесь уже статистически подтверждается.

Анализ накопленной посадками биомассы показал, что потери погибших в результате реализации риска растений земляники, не компенсируются накоплением массы сохранившихся растений. Напротив, при реализации некомпенсированного риска перегрева почвы, часть растений оставалась развита хуже остальных, из-за чего потери посадок в биомассе становились еще более значимы. На контроле, где термокомпенсационные поливы не проводили, урожай сухой биомассы земляники составил 3,84 т/га, тогда как при

компенсации риска поливами, накопление биомассы увеличивалось до 4,27-5,12 т/га. Наибольшую сухую массу, 5,05-5,12 т/га, получилось накопить в посадках, где термокомпенсационные поливы проводили после высыхания поверхности почвы или с периодом ожидания не более получаса. На участках этих же вариантов был получен наибольший коэффициент выравнинности растений в посадках, 91,5-92,9 %, который определялся нами по биомассе. Для сравнения на контроле, где термокомпенсационные поливы не проводили, коэффициент выравнинности растений в посадках не превышал 75,1 %.

Проведение термокомпенсационных поливов способствовало лучшему развитию листовой поверхности. Максимальная площадь листьев на участках, где термокомпенсационные поливы проводили после высыхания поверхности почвы или с периодом ожидания не более получаса, составила 17,7-17,8 тыс.м²/га, тогда как на контроле не превышала 14,6 тыс.м²/га. Следует признать возможность комплексного влияния термокомпенсационных поливов формирование плантаций земляники, где положительный эффект от компенсации перегрева почвы будет сочетаться с регулированием микроклимата в среде посева.

В таблице 2 приведены результаты оценки формирования плантаций и урожая земляники в посадках первого года плодоношения, то есть заложенных в предыдущем году. Оценка интегрированная, учитывались как особенности формирования посадок после высадки рассады, так и те изменения, которые произошли в первую перезимовку растений, а также результаты продукционного процесса по первому году плодоношения.

В зимний период, естественно, никаких термокомпенсационных поливов не проводилось, однако процент погибших в первую перезимовку растений также коррелировал с вариантами опыта. Причем, если различия между вариантами по периодичности проведения термокомпенсационных поливов находились в пределах ошибки опыта ($HCP_{05} = 0,84$ %), то в сравнении с контрольным вариантом разница оказалась статистически доказанной. На наш взгляд это объясняется различным состоянием растений в посадках перед первой перезимовкой. Из-за перегрева почвы только часть растений погибает, но есть и определенный процент выживших, но ослабленных растений. В определенной мере это подтверждается различиями в выравнинности растений, о которых мы уже говорили выше. Ослабленные растения в перезимовку несут дополнительные риски гибели растений и формирования выпадов уже от вымерзания.

Таблица 2 – Продуктивность земляники первого года плодоношения в зависимости от технологии термокомпенсационных поливов (среднее за 2021-2023 гг.)

Table 2 – Productivity of strawberries in the first year of fruiting depending on the technology of thermocompensatory irrigation (average for 2021-2023)

Гидромелиоративная компенсация температурного фактора / Irrigation and reclamation compensation of the temperature factor	Доля выпадов в год закладки плантации земляники, % / Share of falls per year of strawberry plantation, %	Доля выпадов в первую перезимовку, % / Proportion of lunges during the first overwintering, %	Суммарная доля выпадов земляники к первому году плодоношения, % / Total share of strawberry falls by the first year of fruiting, %	Урожайность, т/га / Yield, t/ha
Без компенсации / No compensation	15,7	6,2	21,9	20,7
Термокомпенсационный полив после высыхания + 0,5 часа / Thermal compensatory irrigation after drying + 0.5 hours	6,2	4,1	10,3	24,4
Термокомпенсационный полив после высыхания / Thermal compensatory irrigation after drying	5,8	4,1	9,9	24,4
Термокомпенсационный полив после высыхания + 2,0 часа / Thermal compensatory irrigation after drying + 2.0 hours	10,7	4,5	15,2	23,7
HCP_{05}	1,22	0,84	-	0,56

Суммарная доля выпадов растений к первому году плодоношения на контроле, где термокомпенсационные мероприятия не проводили, составила 21,9 %. На участках с проведением термокомпенсационных поливов суммарная доля выпадов растений земляники изменялась от 9,9 до 15,2 %, причем на лучших вариантах, где поливы проводили сразу после высыхания поверхности почвы, или с периодом ожидания 0,5 часа, не превышала 9,9-10,3 %.

Все изменения в формировании посадок земляники и индивидуального развития растений в посадках, безусловно, отразились на формировании урожая товарных ягод. Посадки наибольшей продуктивности, с урожайностью в первый год плодоношения 24,4 т/га, удалось сформировать при проведении термокомпенсационных поливов сразу после высыхания поверхности почвы или с периодом ожидания 0,5 часа. На участках, где термокомпенсационные мероприятия проводили, но период ожидания был больше, – 2 часа, урожайность оказалась меньше, 23,7 т/га, причем различия подтверждены и результатами дисперсионного анализа ($HCp_{05} = 0,56$ т/га). На контроле урожайность земляники была существенно ниже и составила 20,7 т/га.

Выводы. Таким образом, ранее теоретически обоснованная технология термокомпенсационных поливов нашла экспериментальное подтверждение эффективности при закладке плантаций земляники садовой. Исследованиями получены убедительные данные, подтверждающие возможность снижения температуры верхнего корнесодержащего слоя почвы за счет проведения термокомпенсационных поливов на 3,4-10,6 °C и поддержания его не выше 26,0-31,0 °C при реализации риска. Наибольший эффект по компенсации температуры почвы от перегрева обеспечивается при проведении термокомпенсационных поливов сразу после высыхания поверхности почвы или с периодом ожидания 0,5 часа. Это позволяет на 6,2-9,9 % снизить долю выпадов растений земляники в год закладки плантаций, на 12,0 % сократить суммарные потери растений из-за перегрева почвы и вымерзания в первую перезимовку, на 21,2-21,9 % возросла максимальная площадь листьев, существенно, с 75,1 до 92,9 % увеличивался коэффициент выравнивания растений в посадках (по биомассе). В совокупности, сокращение потерь от гибели растений в год закладки плантаций и за первую перезимовку, а также активизация ростовых процессов и фотосинтетической деятельности, обеспечивали повышение урожайности земляники. В первый год плодоношения наибольшая урожайность ягод земляники, 24,4 т/га, формируется на участках, где термокомпенсационные поливы проводят сразу после высыхания поверхности почвы или с периодом ожидания 0,5 часа.

Conclusions. Thus, the previously theoretically justified technology of thermal compensation irrigation has found experimental confirmation of its effectiveness in planting strawberry plantations. Studies have obtained convincing data confirming the possibility of reducing the temperature of the upper root-bearing soil layer by conducting thermal compensation irrigation by 3.4-10.6 °C and maintaining it no higher than 26.0-31.0 °C when the risk is realized. The greatest effect on compensation of soil temperature from overheating is provided when conducting thermal compensation watering immediately after drying of the soil surface or with a waiting period of 0.5 hours. This allows for a 6.2-9.9% reduction in the proportion of strawberry plant fallout in the year of plantation laying, a 12.0% reduction in total plant losses due to soil overheating and freezing during the first overwintering, a 21.2-21.9% increase in the maximum leaf area, a significant increase in the coefficient of plant alignment in plantings from 75.1 to 92.9% (according to biomass). Together, the reduction of losses from plant death in the year of planting and during the first overwintering, as well as the activation of growth processes and photosynthetic activity, ensured an increase in strawberry yields. In the first year of fruiting, the highest yield of strawberries, 24.4 t/ha, is formed in areas where thermal compensation watering is carried out immediately after drying of the soil surface or with a waiting period of 0.5 hours.

Библиографический список

1. Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В., Ольгаренко В. Иг., Григорьян А. А. Технические функции водного режима гидромелиоративных систем. News of Science and Education. 2018. Т. 5. № 5. С. 036-045.
2. Лытов М. Н. Биосферно-экологические принципы создания гидромелиоративных систем с функцией компенсации климатических рисков. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 533-542.
3. Яшалова Н. Н., Молчанова Т. К., Рубан Д. А. Предпосылки эффективного управления климатическими рисками в сельском хозяйстве России: инвестиционно-инновационный аспект. Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. 2019. Т. 18. № 5. С. 637-655.
4. Шевченко В. А., Кирейчева Л. В. Мелиорация: инвестиционные потребности и привлекательность. Сельский механизатор. 2021. № 4. С. 2-4.
5. Сафронова Т. И. Вероятностный подход к выбору управленческих решений в мелиорации. Научное обозрение. Технические науки. 2020. № 1. С. 20-25.
6. Владимиров С. А., Сафронова Т. И., Приходько И. А. Вероятностная модель процесса управления мелиоративными мероприятиями. International Agricultural Journal. 2019. Т. 62. № 4. С. 18.

7. Vozhehova R., Lykhovyd P., Biliaieva I. Aridity assessment and forecast for Kherson oblast at the climate change. *EurAsian Journal of BioSciences*. 2020. V. 14. № 1. Pp. 1455-1462.
8. He W., Ju W., He Q., Song L., Li J., Schwalm C. R., Sippel S., Wu X., Zhang C., Sitch S., Friedlingstein P., Viovy N., Jain A. K. Large-scale droughts responsible for dramatic reductions of terrestrial net carbon uptake over north America in 2011 and 2012. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. 2018. V. 123. № 7. Pp. 2053-2071.
9. Овчинников А. С., Бородычев В. В., Гуренко В. М., Шишлянникова М. В., Акимова Т. С. Влияние температурного фактора на рост, развитие и продуктивность земляники в климатических условиях Нижнего Поволжья. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2016. № 4 (44). С. 210-217.
10. Бородычев В. В., Гуренко В. М., Майер А. В., Шишлянникова М. В., Акимова Т. С. Комбинированное орошение земляники. *Проблемы развития АПК региона*. 2016. Т. 25. № 1-2 (25). С. 25-29.
11. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Многолетние исследования гидротермического режима агроценозов и системы комбинированного орошения для его регулирования. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2022. № 2. С. 3-7.
12. Лытов М. Н. Агробиологическая эффективность комбинированного орошения сельскохозяйственных культур в Нижнем Поволжье. *Аграрная Россия*. 2022. № 10. С. 3-7.
13. Абызов В. В. Оценка устойчивости сортов земляники к дефициту влаги и экстремальным положительным температурам. *Агро XXI*. 2010. № 7-9. С. 8-10.
14. Шокаева Д. Б. Развитие растений, закладка цветковых почек и урожайность короткодневных сортов земляники в зависимости от температуры. *Сельскохозяйственная биология*. 2009. Т. 44. № 5. С. 78-86.
15. Салихов М. М., Сумарокова Т. Б. Продуктивный потенциал сортов земляники. *Фруктоводство и ягодоводство России*. 2014. Т. 38. № 2. С. 87-96.

References

1. Olgarenko V. I., Olgarenko I. V., Olgarenko V. Ig., Grigoryan A. A. Technical Functions of the Water Regime of Hydromelioration Systems. *News of Science and Education*. 2018. V. 5. № 5. Pp. 036-045.
2. Lytov M. N. Biospherical and Ecological Principles of Creating Hydromelioration Systems with the Function of Compensating Climate Risks. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2022. № 3 (67). Pp. 533-542.
3. Yashalova N. N., Molchanova T. K., Ruban D. A. Prerequisites for Effective Management of Climate Risks in Russian Agriculture: Investment and Innovation Aspect. *UrFU Bulletin. Series: Economics and Management*. 2019. V. 18. № 5. Pp. 637-655.
4. Shevchenko V. A., Kireycheva L. V. Melioration: investment needs and attractiveness. *Rural machine operator*. 2021. № 4. Pp. 2-4.
5. Safronova T. I. Probabilistic Approach to the Choice of Managerial Decisions in Land Reclamation. *Scientific Review. Technical Sciences*. 2020. № 1. Pp. 20-25.
6. Vladimirov S. A., Safronova T. I., Prikhodko I. A. Probabilistic model of the process of managing land reclamation measures. *International Agricultural Journal*. 2019. V. 62. № 4. P. 18.
7. Vozhehova R., Lykhovyd P., Biliaieva I. Aridity assessment and forecast for Kherson oblast at the climate change. *EurAsian Journal of BioSciences*. 2020. V. 14. № 1. Pp. 1455-1462.
8. He W., Ju W., He Q., Song L., Li J., Schwalm C. R., Sippel S., Wu X., Zhang C., Sitch S., Friedlingstein P., Viovy N., Jain A. K. Large-scale droughts responsible for dramatic reductions of terrestrial net carbon uptake over north America in 2011 and 2012. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. 2018. V. 123. № 7. Pp. 2053-2071.
9. Ovchinnikov A. S., Borodychev V. V., Gurenko V. M., Shishlyannikova M. V., Akimova T. S. Influence of the Temperature Factor on the Growth, Development and Productivity of Strawberries in the Climatic Conditions of the Lower Volga Region. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2016. № 4 (44). Pp. 210-217.
10. Borodychev V. V., Gurenko V. M., Mayer A. V., Shishlyannikova M. V., Akimova T. S. Combined Strawberry Irrigation. *Problems of development of the agro-industrial complex of the region*. 2016. V. 25. № 1-2 (25). Pp. 25-29.
11. Dubenok N. N., Mayer A. V. Long-term studies of the hydrothermal regime of agroecosystems and the combined irrigation system for its regulation. *Russian Agricultural Science*. 2022. № 2. Pp. 3-7.
12. Lytov M. N. Agrobiological Efficiency of Combined Irrigation of Agricultural Crops in the Lower Volga Region. *Agrarian Russia*. 2022. № 10. Pp. 3-7.
13. Abyzov V. V. Assessment of the Resistance of Strawberry Varieties to Moisture Deficit and Extreme Positive Temperatures. *Агро XXI*. 2010. № 7-9. Pp. 8-10.
14. Shokaeva D. B. Plant Development, Flower Bud Formation and Yield of Short-Day Strawberry Varieties Depending on Temperature. *Agricultural Biology*. 2009. V. 44. № 5. Pp. 78-86.
15. Salikhov M. M., Sumarokova T. B. Productive Potential of Strawberry Varieties. *Fruit and berry growing in Russia*. 2014. V. 38. № 2. Pp. 87-96.

Информация об авторах

Лытов Михаил Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Author's Information

Lytov Michail Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, The All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture is a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

THE EFFICIENCY OF PEA SEED STIMULATION WITH COMPLEX PREPARATIONS

Neverov A. A., Vereshchagina A. S.

Federal State Budgetary Scientific Institution Federal scientific Center for biological Systems and agricultural Technologies RAS
Orenburg, Russian Federation

Corresponding author E-mail: nevalex2008@yandex.ru

Received 05.10.2023

Submitted 25.12.2023

The research was carried out as part of the implementation of research for 2021-2030. FSBI FNC BST RAS on the topic (FNWZ-2022-0014)

Summary

The article presents the results of laboratory studies on the stimulation of pea seeds with sulfuric acid salts of iron and magnesium, as well as in combination with a humate-containing complex preparation. The synergistic effect of the combination of drugs on the growth activity of pea seedlings was obtained. New knowledge has been obtained on the processing of pea seeds with growth-stimulating preparations for use in crop production in the Russian Federation.

Abstract

Introduction. Unlike the seeds of grain crops, a much larger amount of productive moisture is required to obtain friendly pea shoots, approximately 150% of the seed weight. The steppe zone of Orenburg region in 80% of cases is characterized by insufficient moistening of the upper sown soil layer. In such conditions, agricultural practices that accelerate the processes of swelling and germination of seeds are very relevant. **Object.** The object of the study is: seeds of Vortan peas and preparations for seed treatment: Borogum – M molybdenum, crystallohydrates of magnesium and iron sulfates. **Materials and methods.** The treatment of pea seeds with preparations was carried out in plastic bags at the rate of consumption of 10 liters of working solution per 1 ton of seeds. The exposure of the treated seeds was 24 hours. Germination was carried out in a thermostat in the sand at a constant temperature of 20°C for 6 days. The laboratory experiment was based on a 4-fold repetition of 50 seeds in each repetition with subsequent processing of the experimental results. The smallest significant difference was calculated in the author's variance analysis program by B. A. Dospekhov. **Results and conclusions.** Treatment of pea seeds with Borogum – M molybdenum biological preparation in combination with trace elements: iron and magnesium increases seed germination by 3% and 4% respectively. Separate use of single-component drugs does not give a positive result. Of the single-component preparations, only a 1% solution of magnesium sulfate (Epsomite) showed a significant result on the formation of sprouts in peas (an increase of 12.8%). Complex preparations in various combinations showed the best results on growth activity, the processes of formation of sprouts and roots in peas. The formation of the aboveground part of the seedling is more influenced by the combination of Borogum with magnesium (Mg): an increase of 28.3% relative to the control, and the roots – Borogum + Mg + Fe – 13.6% of the control. There is an obvious synergistic effect of enhancing the growth and development of peas at the seed germination stage from the addition of iron and magnesium sulfates to Borogum-M preparation, in which these trace elements were absent.

Keywords: peas, germination of pea seeds, stimulation of pea seeds, ferrous sulphate, magnesium sulphate, borogum.

Citation. Neverov A. A., Vereshchagina A. S. The Efficiency of Pea Seed Stimulation with Complex Preparations. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 108-115 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-01-11.

Author's contribution. The author of the article provided was directly involved in the research. The obtained results were subjected to a comprehensive analysis.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.31/37:631.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТИМУЛЯЦИИ СЕМЯН ГОРОХА КОМПЛЕКСНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ

Неверов А. А., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Верещагина А. С., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН
г. Оренбурге, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения НИР на 2021-2030 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН по теме (FNWZ-2022-0014)

Актуальность. В отличие от семян зерновых культур для получения дружных всходов гороха требуется значительно большее количество продуктивной влаги, примерно 150% от массы семян. Степная зона Оренбуржья в 80% случаев характеризуется недостаточным увлажнением верхнего

посевного слоя почвы. В таких условиях агроприёмы, способствующие ускорению процессов набухания и прорастания семян, весьма актуальны. **Объект.** Объектом исследования являются: семена гороха сорта Вортан и препараты для обработки семян: Борогум-М молибденовый, кристаллогидраты сульфатов магния и железа. **Материалы и методы.** Обработка семян гороха препаратами проводилась в полиэтиленовых пакетах из расчёта расхода 10 л рабочего раствора на 1 т семян. Экспозиция обработанных семян составила 24 часа. Проращивание осуществлялось в термостате в песке при постоянной температуре 20°C в течение 6 дней. Лабораторный опыт закладывался в 4-х кратном повторении по 50 семян в каждом повторении с последующей обработкой результатов эксперимента. Наименьшая существенная разность вычислялась в авторской программе дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову. **Результаты и выводы.** Обработка семян гороха биопрепаратом Борогум-М молибденовый в сочетании с микроэлементами: железом и магнием повышает всхожесть семян на 3% и 4% соответственно. Раздельное применение однокомпонентных препаратов положительного результата не даёт. Из однокомпонентных препаратов существенный результат показал только 1%-ный раствор сульфата магния (Эпсомит) на формирование ростков у гороха (прирост 12,8%). На ростовую активность, процессы формирования ростков и корешков у гороха лучшие результаты показали комплексные препараты в различных сочетаниях. На формирование надземной части проростка большее влияние оказывает сочетание Борогума с магнием (Mg): прирост 28,3% относительно контроля, а корешков – Борогум +Mg + Fe – 13,6% от контроля. Очевиден синергетический эффект усиления роста и развития гороха на стадии прорастания семян от добавления к препарату Борогум-М молибденовый сульфатов железа и магния, в котором эти микроэлементы отсутствовали.

Ключевые слова: горох, всхожесть семян гороха, стимуляция семян гороха, сульфат железа, сульфат магния, борогум.

Цитирование. Неверов А. А., Верещагина А. С. Эффективность стимуляции семян гороха комплексными препаратами. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 108-115. DOI:10.32786/2071-9485-2024-01-11.

Авторский вклад. Авторы предоставленной статьи принимали непосредственное участие в проведении исследований. Полученные результаты подвергались всестороннему анализу.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Микроэлементы играют центральную роль в поддержании метаболизма, росте и развитии растений, устойчивости к стрессам и болезням [1].

В последние годы большое количество исследований [2, 3, 4] продемонстрировало, что применение экзогенных регуляторов роста путем обработки семян, полива или внекорневого опрыскивания является эффективной стратегией повышения засухоустойчивости путем улучшения антиоксидантной способности растений, повышения способности растений к осмотическому регулированию, защиты фотосинтетической системы и поддержание эффективного фотосинтеза, изменения внешней и внутренней структуры корней и листьев для улучшения поглощения и переноса воды, регулирования процессов метаболизма питательных веществ и энергии и регулирования экспрессии функциональных генов и активности функциональных белков.

Магний (Mg) – одно из 17 питательных веществ, необходимых для растений. Хорошо известно, что он играет важную роль во многих процессах метаболизма растений. В частности, в фотосинтезе и связанных с ним процессах Mg имеет большое значение. Концентрации Mg в клетках растений самые высокие в хлоропластах, доля Mg может составлять до 35%, связанного с молекулами хлорофилла, в зависимости от Mg-статуса растения [5].

Ион магния (Mg^{2+}) является одним из наиболее распространенных катионов в живых клетках растений, которым обычно требуется $1,5-3,5 \text{ г кг}^{-1}$ для оптимального роста растений [6]. Магний жизненно важен для нескольких физиологических и биохимических процессов в растениях, включая фотосинтез, разделение углеводов и синтез белка, которые влияют на рост растений и формирование урожая [6, 7]. Помимо того, что Mg является центрально связанным ионом молекулы хлорофилла, он является активатором более 300 ферментов. Существуют взаимодействия между Mg^{2+} и другими ионами. Высокие уровни K^{+} и Ca^{2+} приводят к снижению доступности Mg для корней растений, что особенно актуально в условиях степного Оренбуржья из-за избытка этих ионов в почве.

Железо (Fe) является одним из питательных веществ, необходимых для роста и развития растений. Fe принимает участие во многих химических реакциях, включая фотосинтез и дыхание, поскольку он обладает окислительно-восстановительной активностью благодаря своей способности легко принимать и отдавать электроны. Дефицит железа обычно приводит к снижению жизнеспособности растений. Растения в основном поглоща-

ют железо из почвы [8]. Из-за его высокой окислительно-восстановительной активности Fe легко окисляется в аэробных или щелочных почвах. Окисленное железо нерастворимо и, следовательно, недоступно для растений.

Авторы [9] сообщают: «...взаимодействие ионов способствует усилению продукционного процесса за счет повышения активности гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов и механизмов регуляции растений, происходит усиление аттрагирующих процессов, результатом которых является активное набухание семян и поглощение ими воды. На яровой пшенице установлено, что сочетанное действие при обработке семян повышает темп водоупотребления до 7 %, интенсивность дыхания увеличивается на 26,1-29,9 %, в результате усиливается активность фермента амилазы. Наиболее эффективными, на наш взгляд, являются предпосевная обработка семян и листовая подкормка двумя-тремя элементами или факторами».

Установлено [10], что обработка семян гороха однокомпонентным препаратом Гумат+7 повышала полевую всхожесть на 3-4%, урожайность на 0,12-0,17 т/га (5,6-7,9%). Полевая всхожесть семян, обработанных совместным применением препаратов (Гумат + 7 и полимером Эпок) превышала этот показатель в контроле – на 57%, а урожайность гороха – на 0,25-0,28 т/га или 11,7-13,1%.

В работе представлены результаты исследований по влиянию предпосевной обработки семян гороха биопрепаратами и микроэлементами на посевные показатели семян и урожайность гороха сортов Кадет и Фараон в условиях Курской области.

Установлено [11], что обработка семян гороха биопрепаратами совместно с комплексом микроэлементов Агромикс (200 г/т) способствовала повышению энергии прорастания семян гороха на 2-3 %, всхожести – на 2-4 %, силы роста – на 3-5 %. Масса проростков у обработанных семян увеличивалась: у сорта Кадет на 13,1-19,2 %, у сорта Фараон на 14,2-16,7 %.

В условиях полевого опыта [12] нами установлено положительное влияние обработки семян ячменя комплексными препаратами Борогум комплексный и Борогум молибденовый на улучшение усвоения элементов минерального питания: азота и калия из почвы и значительный прирост листостебельной массы относительно контроля.

В работе [13] показано, что ростки ячменя, выращенные из семян, обработанных микроэлементами, более жизнеспособны не только в условиях достаточного увлажнения, но и при значительном дефиците влаги.

Существенное влияние на формирование проростков нута оказали микроэлементы Mg и Fe. Экзогенная обработка семян этими микроэлементами значительно увеличила массу корешков у нута на 56% и 50,5%, ростков – на 82,9% и 57,7% соответственно [14].

Полученные результаты позволили предположить, что наибольший эффект от обработки семян гороха возможен при совместном применении биостимуляторов с микроэлементами.

Материалы и методы. Объектом исследования являются водные растворы солей серной кислоты 1,0%-ной концентрации и Борогум-М молибденовый в дозе 0,3 л на 1 т семян, которыми обрабатывались семена гороха Ватан.

1. Сульфат железа $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (железный купорос), неорганическое соединение, железная соль серной кислоты. Сульфат железа(II) хорошо растворим в воде (26,3 г при 20 °C). Из водных растворов кристаллизуется голубовато-зелёный гептагидрат $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

2. Сульфат магния $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Эпсомит) – порошок белого цвета, пакетированный по 20 г. (Производитель – Южно-Уральский завод магниевых соединений. г. Кувандык Оренбургской области), белый кристаллический порошок, растворимый в воде.

3. Борогум – М молибденовый – Комплексный препарат производства НВП БашИнком содержащий, споровые бактерии, гуматы и комплекс микроэлементов. Мо – 3%, В-7%; БМВ – гуматы калия – 3%; Фитоспорин-М – 1,5%; микроэлементный комплекс: Со – 0,002%, Cu – 0,01%, Zn – 0,01%, Mn – 0,04%, Ni – 0,002%, Li – 0,0004%, S – 0,05%, Se – 0,0001%, Cr – 0,0005%.

Расчёт количества препарата для обработки семян проводился по действующему веществу на примере Эпсомита. Действующее вещество – сульфат металла.

Молярная масса $24+32+16 \cdot 4+7 \cdot (2 \cdot 1+16) = 246$ г/моль. Содержание сульфата магния (120 г моль^{-1}) или 48,8%.

Расход рабочего раствора для обработки 1 т семян сельскохозяйственных культур – 10 л. Расход сульфата магния семиводного (препарата) на 1 т семян при 1%-ной концентрации водного раствора – 205 г.

Для приготовления 100 мл: 1%-ного раствора сульфата магния требуется 2,05 г семиводного сульфата магния.

Для обработки 1 кг семян использовалось 10 мл водного раствора препарата с экспозицией 1 сутки.

Обработка семян проводилась в полиэтиленовых пакетах. Проращивание – в песке, в темноте при постоянной температуре 20° С в четырёх-кратном повторении, по 50 шт семян в каждом повторении. День закладки семян на проращивание и день съёма семян считался за одни сутки. Проращивание проводилось в течение 6-суток. Для контроля использовались семена, обработанные водой из расчёта 10 л воды на 1 т семян.

Схема эксперимента. Обработка семян гороха в лабораторных условиях проводилась из расчёта 10 л рабочего раствора на 1 т семян. Количество вариантов – 7.

1. Контроль
2. FeSO₄ (Fe)
3. MgSO₄ (Mg)
4. Борогум-М (Борогум)
5. Борогум + Fe
6. Борогум +Mg
7. Борогум + Fe + Mg

Дисперсионный анализ с вычислением наименьшей существенной разности (НСР₀₅) проводился в авторской программе по методике Б. А. Доспехова, 2011.

Результаты и обсуждение. Лабораторная всхожесть семян гороха в опыте изменялась от 76% до 85% при среднем значении данного параметра по опыту и на контроле – 81% (таблица 1).

Таблица 1 – Лабораторная всхожесть семян гороха
 Table 1 – Laboratory germination of pea seeds

№ п/п / serial number	Варианты опыта / Experience Options	Всхожесть, % / Germination rate, %	Отклонения от контроля, % / Deviations from control, %
1	Контроль / Control	81	-
2	Fe	79	-2
3	Mg	76	-5
4	Борогум / Bogorum	81	0
5	Борогум + Fe / Bogorum+ Fe	84	3
6	Борогум + Mg / Bogorum+ Mg	85	4
7	Борогум +Fe + Mg / Bogorum+Fe + Mg	82	1
Среднее по опыту / Average Experience		81	0
НСР ₀₅		-	2

Не оказали существенного влияния на всхожесть семян препараты железа, Борогум и смесь препаратов Борогум +Fe + Mg, отклонения по всхожести в данных вариантах не превысили наименьшую существенную разность (НСР₀₅), равную 2%.

Обработка семян Эпсомитом (Mg) отрицательно повлияла на всхожесть семян (-5%). Однако комбинации препаратов: Борогум + Fe и Борогум + Mg повысили всхожесть на 3% и 4% соответственно.

В целом сочетание препарата Борогум с металлами оказало положительное действие на всхожесть семян гороха в отличие от однокомпонентных вариантов.

В наших ранних исследованиях [13, 14] сульфатные формы железа и магния в 1%-ной концентрации также снижали лабораторную всхожесть семян нута до 5% и не оказывали существенного влияния на семена ячменя.

Стимулирующий эффект от обработки семян препаратами был иным (таблицы 2, 3).

Измерения ростков гороха показали, что их длина и масса, выраженные в миллиметрах и миллиграммах, практически совпадают в абсолютном значении. Аналогичная связь обнаружена по размеру и весу корешков. Таким образом, достаточно было бы проводить анализ стимулирующего эффекта путём взвешивания общего количества ростков и корешков.

Таблица 2 – Биометрия ростка гороха

Table 2 – Biometrics of a pea sprout

№ п/п / serial number	Варианты опыта / Experience Options	Длина ростка, мм / Sprout length, mm	Отклонения от контроля / Deviations from control		Масса рост- ка, мг / Sprout weight, mg	Отклонения от кон- троля / Deviations from control	
			мм / mm	%		мг / mg	%
1	Контроль / Control	39	-	-	38,9	-	-
2	Fe	41	2	5,1	41,2	2,3	5,9
3	Mg	44	5	12,8	43,9	5,0	12,9
4	Борогум / Bogorum	37	-2	-5,1	37,0	-1,9	-4,9
5	Борогум + Fe / Bogorum+ Fe	40	1	2,6	39,9	1,0	2,6
6	Борогум + Mg / Bogorum+ Mg	50	11	28,3	50,2	11,3	29,1
7	Борогум +Fe + Mg / Bogorum +Fe + Mg	45	6	15,4	44,6	5,7	14,7
Среднее по опыту / Average by experience		42	3	7,7	42,2	3,3	8,5
HCP ₀₅		-	3	7,7	-	3	7,7

Обработка семян гороха препаратами оказала положительное влияние на увеличение размеров ростка за исключением Борогума. Лучшие результаты показали комплексные препараты: Борогум + Mg и Борогум +Fe + Mg. Прирост длины ростка составил соответственно 11 и 6 мм, что на 28,3 и 15,4% больше контроля (39 мм). Из однокомпонентных препаратов положительный эффект (прирост 5 мм или 12,8%) наблюдался в варианте с 1%-ном раствором сульфата магния (Mg).

Так же как и в случае с показателем всхожести, комплексные препараты показали лучшие результаты стимулирования ростовой активности, особенно в сочетании с Эпсомитом (Mg).

Влияние изучаемых препаратов на рост и развитие зародышевой корневой системы гороха отличалось от формирования ростков (таблица 3).

Таблица 3 – Биометрия зародышевого корешка гороха

Table 3 – Biometrics of the germ root of peas

№ п/п / serial number	Варианты опыта / Experience Options	Длина корешка, мм / Spine length, mm	Отклонения от контроля / Deviations from control		Масса ко- решка, мг / Root weight, mg	Отклонения от кон- троля / Deviations from control	
			мм / mm	%		мг / mg	%
1	Контроль / Control	66	-	-	66,4	-	-
2	Fe	68	2	3,0	68,8	2,4	3,6
3	Mg	66	0	0	66,0	-0,4	-0,6
4	Борогум / Borogum	56	-10	-15,0	56,5	-9,9	-14,9
5	Борогум + Fe / Borogum + Fe	71	5	7,5	70,8	4,8	7,2
6	Борогум + Mg / Borogum + Mg	69	3	4,5	69,4	3,0	4,5
7	Борогум +Fe + Mg / Borogum +Fe + Mg	75	9	13,6	75,2	8,8	13,3
Среднее по опыту / Aver- age Experience		68	2	3,0	67,6	1,3	1,9
HCP ₀₅		-	2	3,0	-	2,1	3,2

Длина зародышевого корешка варьировала от 56 до 71 мм, а по массе от 56,5 до 70,8 мг. Тормозящее действие на формирование корневой системы (-10 мм или 15%) показал Борогум. Лучшие результаты получены в варианте Борогум + Fe + Mg – прирост корешка составил 9 мм (13,6%) относительно контроля с длиной корешка 66 мм. Существенный положительный прирост корешка показали комплексные препараты: Борогум + Fe – 5 мм (7,5%) и Борогум + Mg – 3 мм (4,5%) и препарат железа (Fe) – 2 мм (3%).

Если сравнивать лучшие варианты по ускорению (стимуляции) ростовой активности проростков гороха, то очевидно наибольший эффект проявляется от обработки семян комплексными препаратами. В случае стимуляции роста – это Борогум-М молибденовый в сочетании с Эпсомитом (Mg). Для лучшей стимуляции корневой системы к данной смеси целесообразно добавить сульфат железа 1%-ной концентрации.

Таким образом, очевиден синергетический эффект усиления роста и развития гороха на стадии прорастания семян от добавления к препарату Борогум-М молибденовый сульфатов железа и магния, в котором эти микроэлементы отсутствовали. Если сопоставить роль железа и магния на раннем этапе прорастания семян, то очевидно магний в большей степени стимулирует рост надземной части растений, а железо корневой системы гороха. Эффективность совместного применения биопрепарата Борогум – М молибденовый и микроэлементов Mg и Fe для ускорения роста корешков наиболее высокая, а ростков – сочетание Борогума и Mg.

К аналогичному заключению о наибольшей эффективности комплексных препаратов против однокомпонентных – приходят многие исследователи [9, 10, 11].

Заключение. Обработка семян гороха биопрепаратом Борогум-М молибденовый в сочетании с микроэлементами: железом и магнием повышает всхожесть семян на 3% и 4% соответственно. Раздельное применение однокомпонентных препаратов положительного результата не даёт.

Из однокомпонентных препаратов существенный результат показал только 1%-ный раствор сульфата магния (Эпсомит) на формирование ростков у гороха (прирост 12,8%).

На ростовую активность, процессы формирования ростков и корешков у гороха лучшие результаты показали комплексные препараты в различных сочетаниях. На формирование надземной части проростка большее влияние оказывает сочетание Борогума с магнием: прирост 28,3% относительно контроля, а корешков – Борогум + Mg + Fe – 13,6% от контроля.

Очевиден синергетический эффект усиления роста и развития гороха на стадии прорастания семян от добавления к препарату Борогум-М молибденовый сульфатов железа и магния, в котором эти микроэлементы отсутствовали.

В условиях недостаточного увлажнения верхнего слоя почвы для ускорения появления всходов гороха целесообразно применять обработку семян комплексными препаратами в сочетании Борогум-М молибденовый и 1%-ные водные растворы сульфатов магния и железа.

Conclusions. Treatment of pea seeds with Borogum-M molybdenum biological preparation in combination with trace elements: iron and magnesium increases seed germination by 3% and 4%, respectively. The separate use of single-component drugs does not give a positive result.

Of the single-component preparations, only a 1% solution of magnesium sulfate (Epsomite) showed a significant result on the formation of sprouts in peas (an increase of 12.8%).

Complex preparations in various combinations showed the best results on growth activity, the processes of formation of sprouts and roots in pea. The formation of the aboveground part of the seedling is more influenced by the combination of Borogum with magnesium: an increase of 28.3% relative to the control, and the roots – Borogum + Mg + Fe – 13.6% of the control.

The synergistic effect of enhancing the growth and development of peas at the stage of seed germination from the addition of iron and magnesium sulfates to Borogum-M preparation, in which these trace elements were absent, is obvious.

In conditions of insufficient moistening of the topsoil to accelerate the emergence of pea seedlings, it is advisable to use seed treatment with complex preparations in combination with Borogum-M molybdenum and 1% aqueous solutions of magnesium and iron sulfates.

Библиографический список

1. Shahzad Zaigham, Amtmann A. Food for thought: how nutrients regulate root system architecture. Current Opinion in Plant Biology. 2017. No 39. Pp. 80-87.
2. Hassan Nemat, Heba Ebeed, Aljaarany A. Exogenous application of spermine and putrescine mitigate adversities of drought stress in wheat by protecting membranes and chloroplast ultra-structure. Physiology and Molecular Biology of Plants. 2020. No 26. Pp. 233-245.

3. Li H., Wang Jin-Qiang, Qing L. Photosynthesis product allocation and yield in sweet potato with spraying exogenous hormones under drought stress. *Journal of Plant Physiology*. 2020. No 253. P. 153265.
4. Veroneze-Júnior V., et al. Leaf application of chitosan and physiological evaluation of maize hybrids contrasting for drought tolerance under water restriction. *Brazilian Journal of Biology*. 2019. No 80. Pp. 631-640.
5. Igamberdiev A. U., Kleczkowski L. A. Optimization of ATP synthase function in mitochondria and chloroplasts via the adenylate kinase equilibrium. *Frontiers in Plant Science*. 2015. No 6.
6. Nejia F., et al. Effects of magnesium deficiency on photosynthesis and carbohydrate partitioning. *Acta physiologiae plantarum*. 2016. No 38.
7. Hawkesford M., et al. Marschner's mineral nutrition of higher plants. *Functions of macronutrients*. London, 2012. Pp. 135-189.
8. Zelazny En., Vert G. Plant nutrition: root transporters on the move. *Plant physiology*. 2014. No 166. Pp. 500-508.
9. Костин В. И., Дозоров А. В., Исайчев В. А. Взаимодействие микроэлементов – синергистов в различных сельскохозяйственных растениях при обработке семян и листовой подкормке. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. № 2 (46). С. 71-78.
10. Ерохин А. И., Цуканова З. Р., Латынцева Е. В. Эффективность применения экологически безопасных препаратов для предпосевной обработки семян гороха. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 3 (43). <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-ekologicheskii-bezopasnyh-preparatov-dlya-predposevnoy-obrabotki-semyan-goroha>.
11. Кривошеев С. И., Шумаков В. А., Гаврилова Т. В. Влияние предпосевной обработки семян биопрепаратами и микроудобрениями на посевные качества и урожайность различных сортов гороха. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. № 6. С. 40-44.
12. Неверов А. А., Верещагина А. С., Ураскулов Р. Ш. Влияние гуминовых препаратов на усвоение элементов минерального питания посевами ячменя. *Животноводство и кормопроизводство*. 2021. Т. 104 (№ 3). С. 115-126.
13. Неверов А. А., Верещагина А. С. Влияние микроэлементов на формирование проростков ячменя в условиях оптимального и недостаточного увлажнения. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*. 2022. № 3 (67). С. 180-188.
14. Неверов А. А. Стимуляция семян нута растворами солей серной кислоты. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*. 2022. № 2 (66). С. 126-134.

References

1. Shahzad Zaigham, Amtmann A. Food for thought: how nutrients regulate root system architecture. *Current Opinion in Plant Biology*. 2017. No 39. Pp. 80-87.
2. Hassan Nemat, Heba Ebeed, Aljaarany A. Exogenous application of spermine and putrescine mitigate adversities of drought stress in wheat by protecting membranes and chloroplast ultra-structure. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2020. No 26. Pp. 233-245.
3. Li H., Wang Jin-Qiang, Qing L. Photosynthesis product allocation and yield in sweet potato with spraying exogenous hormones under drought stress. *Journal of Plant Physiology*. 2020. No 253. P. 153265.
4. Veroneze-Júnior V., et al. Leaf application of chitosan and physiological evaluation of maize hybrids contrasting for drought tolerance under water restriction. *Brazilian Journal of Biology*. 2019. No 80. Pp. 631-640.
5. Igamberdiev A. U., Kleczkowski L. A. Optimization of ATP synthase function in mitochondria and chloroplasts via the adenylate kinase equilibrium. *Frontiers in Plant Science*. 2015. No 6.
6. Nejia F., et al. Effects of magnesium deficiency on photosynthesis and carbohydrate partitioning. *Acta physiologiae plantarum*. 2016. No 38.
7. Hawkesford M., et al. Marschner's mineral nutrition of higher plants. *Functions of macronutrients*. London, 2012. Pp. 135-189.
8. Zelazny En., Vert G. Plant nutrition: root transporters on the move. *Plant physiology*. 2014. No 166. Pp. 500-508.
9. Kostin V. I., Dozorov A. V., Isaychev V. A. Interaction of Microelements - Synergists in Various Agricultural Plants in Seed Treatment and Foliar Feeding. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019. № 2 (46). Pp. 71-78.
10. Erokhin A. I., Tsukanova Z. R., Latyntseva E. V. Efficacy of the Use of Ecologically Safe Preparations for Pre-Sowing Treatment of Pea Seeds. *Legumes and cereals*. 2022. № 3 (43). <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-ekologicheskii-bezopasnyh-preparatov-dlya-predposevnoy-obrabotki-semyan-goroha>.
11. Krivosheev S. I., Shumakov V. A., Gavrilova T. V. Influence of pre-sowing seed treatment with biological preparations and microfertilizers on sowing qualities and yield of various pea varieties. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2018. № 6. Pp. 40-44.
12. Neverov A. A., Vereshchagina A. S., Uraskulov R. Sh. Influence of humic preparations on the assimilation of mineral nutrition elements by barley crops. *Animal husbandry and fodder production*. 2021. V. 104 (No. 3). Pp. 115-126.
13. Neverov A. A., Vereshchagina A. S. Influence of trace elements on the formation of barley sprouts under conditions of optimal and insufficient moistening. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex*. 2022. № 3 (67). Pp. 180-188.
14. Neverov A. A. Stimulation of chickpea seeds with solutions of sulfuric acid salts. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex*. 2022. No 2 (66). Pp. 126-134.

Информация об авторах

Неверов Александр Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур. «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, д. 27/1), ORCID: 0000-0001-5467-2476, e-mail: nevaalex2008@yandex.ru

Верещагина Антонина Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур. «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, д. 27/1).

Author's Information

Neverov Aleksander Alekseevich, Candidate of Agricultural Sciences Leading Researcher of the Department of Technologies of Grain and Fodder Crops, "Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 460051, Orenburg, Gagarin Ave., 27/1), ORCID: 0000-0001-5467-2476, e-mail: neva-lex2008@yandex.ru

Vereshchagina Antonina Sergeevna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Department of Technologies of Grain and Fodder Crops, "Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 460051, Orenburg, Gagarin Ave., 27/1).

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-12

POSSIBILITIES OF USING THE PLANT GROWTH REGULATOR MELAFEN IN GRAPE NURSERY

Pavlyuchenko N. G., Kolesnikova O. I., Zimina N. I.

The All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Y. I. Potapenko – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Rostov Agrarian Scientific Center Novochoerkassk, Russian Federation

Corresponding author E-mail: npavlyuchenko@yandex.ru

Received 04.10.2023

Submitted 27.11.2023

The studies were carried out within the framework of research theme for 2018...2021. "To develop effective technologies for production of planting material, including the use of biotechnological methods." Subject No. 0710-2019-0031

Introduction. When developing resource-saving technologies for the production of planting material, a significant place is given to preparations containing physiologically active substances, the action of which would lead to the stimulation of the most important physiological and biochemical processes in the plant body and, as a result, would ensure an increase in the yield and quality of seedlings. **Object** of the research was the technology of production of grafted grapevine seedlings. The subject of the study is the use of synthetic medicine Melafen in the technological cycle of grafted grapevine seedlings production of Preobrazhenie, Stanichny, Tsimlyansky Cherniy (rootstock – B×R Kober 5BB) varieties. **Materials and methods.** The research was carried out in All-Russian Research Ya. I. Potapenko Institute for Viticulture and Winemaking – branch of the Federal State Budget Scientific Institution Federal Rostov Agricultural Research Center (Novochoerkassk, Rostov region) in laboratory and field conditions, according to generally accepted methods in viticulture. Table grafting was used for the experiment. The method of growing seedlings is open, with mulching of the soil with a black film, the planting scheme was 0.2 x 0.15 m. The experiment included 5 variants in 3 repetitions of 100 grafts. The single cultivation technology was used in all variants of the experiments (stratification, irrigation, fertilizer, plant protection from diseases and pests). **Results and conclusions.** It was found that Melafen in a very low concentrations has an effect on regeneration processes, contributing to the formation of stronger connections between the graft and rootstock cuttings. The yield of grafts after stratification, depending on the grafted variety and the concentration of the solution, increased by 1.0-23.3% relative to the control variants. The maximum yield of grafts after stratification was 93.3% (Preobrazhenie 1×10^{-11} mg/l and Stanichny 1×10^{-7} mg/l). Inhibition of the bud break of Tsimlyansky Cherniy variety was noted using a solution with concentrations of 1×10^{-9} and 1×10^{-11} . In all the other variants of the experiment, Melafen stimulated the bud break and the shoot growth. The drug had a positive effect on the adaptation of grafted plants to field conditions, the growth and development of seedlings in the nursery. In all experimental variants, an increase in the yield of grafted seedlings was noted, the excess relative to the control variants ranged from 0.6 to 16%. The prospects for using the drug Melafen in grape nurseries have been proven.

Keywords: *grafted grape seedlings, biometric indicators seedlings, plant growth regulators.*

Citation. Pavlyuchenko N. G., Kolesnikova O. I., Zimina N. I. Possibilities of using the plant growth regulator Melafen in grape nursery. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1 (73). 115-124 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-01-12.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 634.8.04

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ МЕЛАФЕН В ВИНОГРАДНОМ ПИТОМНИКОВОДСТВЕ

Павлюченко Н. Г., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Колесникова О. И., старший научный сотрудник
Зими́на Н. И., старший научный сотрудник

*Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия
имени Я. И. Потапенко – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (ВНИИВиВ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ)
г. Новочеркасск, Российская Федерация*

**Исследования проведены в рамках тематики НИР 2018...2021 гг. «Разработать эффективные
технологии производства посадочного материала, в том числе с использованием
биотехнологических методов». Тема № 0710-2019-0031**

Актуальность. При разработке ресурсосберегающих технологий производства посадочного материала значительное место отводится препаратам, содержащим физиологически активные вещества, действие которых приводило бы к стимуляции важнейших физиологических биохимических процессов в растительном организме и, как результат, обеспечивало бы повышение выхода и качества саженцев. **Объектом исследований** являлась технология производства привитых виноградных саженцев. Предмет исследования – использование синтетического препарата Мелафен в технологическом цикле производства привитых виноградных саженцев сортов Преображение, Станичный, Цимлянский чёрный (подвой - БхР Кобер 5ББ). **Материалы и методы.** Исследования проводили во ВНИИВиВ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ (г. Новочеркасск, Ростовской области) в лабораторных и полевых условиях, согласно общепринятым в виноградарстве методикам. Для эксперимента использовали настольные прививки. Способ выращивания саженцев – открытый, с мульчированием почвы черной пленкой, схема посадки – 0,2 x 0,15 м. Опыт включал 5 вариантов в 3-х повторностях по 100 прививок. При выполнении опытов во всех вариантах использована единая технология выращивания (стратификация, орошение, удобрение, защита растений от болезней и вредителей). **Результаты и обсуждение.** Установлено, что Мелафен в очень низких концентрациях оказывает влияние на регенерационные процессы, способствуя образованию более прочных соединений между привойным и подвойным черенками. Выход прививок после стратификации в зависимости от привойного сорта и концентрации раствора увеличился на 1,0-23,3% относительно контрольных вариантов. Максимальный выход прививок после стратификации – 93,3% установлены в вариантах Преображение 1×10^{-11} мг/л и Станичный 1×10^{-7} мг/л. Ингибирование процесса распускания почек отмечено при обработке срезов сорта Цимлянский чёрный, раствором концентрации 1×10^{-9} и 1×10^{-11} , в остальных вариантах опыта Мелафен стимулировал процесс распускания и рост побегов. Препарат оказал положительное влияние на адаптацию прививок к полевым условиям, рост и развитие саженцев в школке. Во всех опытных вариантах отмечено увеличение выхода привитых саженцев, превышение относительно контрольных вариантов составило от 0,6 до 16%. Установлена перспективность использования препарата Мелафен в виноградном питомниководстве.

Ключевые слова: привитые саженцы винограда, биометрические показатели саженцев, регуляторы роста растений.

Цитирование. Павлюченко Н. Г., Колесникова О. И., Зими́на Н. И. Возможности использования регулятора роста растений Мелафен в виноградном питомниководстве. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 115-124. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-12.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Основными направлениями государственной политики в области виноградарства и виноделия предусматривается обеспечение устойчивого развития виноградарства, увеличение площадей виноградных насаждений, закладываемых преимущественно посадочным материалом виноградных растений отечественного производства; содействие внедрению эффективных, безопасных и экологических технологий при осуществлении деятельности в области виноградарства и виноделия [1]. В связи с этим, особое значение приобретает развитие питомниководства, перспективным направлением которого является внедрение ресурсосберегающих технологий, при разработке которых значительное место отводится препаратам, со-

держащим физиологически активные вещества природного происхождения и их синтетическим аналогам. Ведется поиск и испытания новых препаратов, действие которых в очень малых концентрациях приводило бы к стимуляции важнейших физиологических биохимических процессов в растительном организме и, как результат, обеспечивало бы повышение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции [2]. К этой категории препаратов относится синтетический регулятор роста растений Мелафен [3].

Значительная часть исследований, направленных на выявление механизмов действия и эффективности Мелафена (меламиновой соли), проводилась на однолетних культурах. Установлено его влияние на энергию прорастания и всхожесть семян, повышение урожайности и качества продукции яровой пшеницы [4], на всхожесть семян и увеличение вегетативной массы растений табака [5-7]. Сообщается, что использование Мелафена для предпосевной обработки семян кукурузы позволило повысить урожайность кукурузы в зерне и улучшить качество початков [8], обработка семян фасоли стимулирует образование клубеньков на корневой системе и, как следствие, увеличение урожайности [9]. Установлена эффективность Мелафена в качестве активатора при заготовке сенажа [10].

Не многочисленными исследованиями на многолетних культурах подтверждено положительное влияние внекорневого внесения препарата Мелафен. Обработка растений яблони наряду с удержанием плодов на дереве повышает ростовую активность, оказывает положительное влияние на формирование и развитие генеративных органов [11]. Использование на плодоносящих виноградниках в период вегетации приводит к более интенсивному накоплению сахаров в соке ягод, ускорению созревания урожая, увеличению массы грозди, урожая с куста и с единицы площади, усилению ростовых процессов, увеличению пигментов в листьях, увеличению эмбриональной плодоносности [12]. Применение Мелафена в составе некорневых подкормок на маточных насаждениях винограда, способствовало увеличению прироста и площади листовой поверхности растений [13]. Доказана эффективность использования регулятора роста Мелафен при микроклональном размножении винограда [14].

На основании данных, изложенных в литературных источниках, было установлено, что Мелафен обладает регуляторным действием, оптимизирует энергетические процессы в течение всего онтогенеза растений, нивелирует последствия отрицательного воздействия различных стрессов, это послужило основанием для его использования в эксперименте в виноградном питомниководстве. **Целью** настоящих исследований являлось определение перспективности применения физиологически активного вещества Мелафен в виноградном питомниководстве.

Материалы и методы. Исследования проводили во Всероссийском научно-исследовательском институте виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиале Федерального Ростовского аграрного научного центра (г. Новочеркасск, Ростовской области). В статье приводятся данные пяти лет исследований.

Объектом исследований являлась технология производства привитых виноградных саженцев.

Предмет исследования – использование синтетического препарата Мелафен в технологическом цикле производства привитых виноградных саженцев сортов Преображение, Станичный, Цимлянский чёрный.

Препарат "Мелафен" представляет собой меламиновую соль бис-(оксиметил)-фосфиновой кислоты, синтезирован в Институте органической и физической химии им. А. Е. Арбузова Казанского научного центра РАН.

Схема опыта включала следующие варианты:

1. Контроль (вода).
2. Мелафен 1×10^{-5} мг/л
3. Мелафен 1×10^{-7} мг/л
4. Мелафен 1×10^{-9} мг/л
5. Мелафен 1×10^{-11} мг/л

Повторность опыта 3-х кратная по 100 прививок в повторности. Подготовка черенков к прививке проводилась по общепринятой технологии. Обработку Мелафеном копуляционного среза на подвое проводили в течение 2-3сек. перед соединением прививаемых

компонентов. Стратификация прививок открытая на субстрате (глауконитовый песок), при температуре воздуха в стратификационной камере 27...29° С, влажности воздуха – 85....98%. Сроки проведения прививки – апрель, посадки прививок в школку – первая декада мая. Способ выращивания саженцев в школке – открытый с мульчированием почвы черной полиэтиленовой пленкой (80 мк), схема посадки прививок 0,2 x 0,15 м. Тип почвы – чернозем обыкновенный, карбонатный, среднесиловой, тяжелосуглинистый, на лессовидных суглинках. Климат – континентальный. При выполнении опытов во всех вариантах использована единая технология выращивания (орошение, удобрение, защита растений от болезней и вредителей).

Опыты проводили согласно общепринятым в виноградарстве методикам. В процессе проведения исследований учитывались основные биологические и хозяйственно-ценные показатели: выход прививок после стратификации, адаптация прививок в школке, сила и характер роста побегов - длина и диаметр; развитие листовой поверхности и корневой системы, выход стандартных саженцев.

Статистическую обработку основных результатов исследований осуществляли методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (Методика полевого опыта. 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.) с использованием программ для Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Получение качественного срастания привоя и подвоя является основной задачей при производстве привитых виноградных саженцев. Недостаточное срастание компонентов прививки одна из основных причин гибели растений в школке и кустов после посадки в поле. Наиболее ответственным периодом в производственном цикле, влияющим на срастание привоя и подвоя является время нахождения прививок на стратификации, продолжающейся в течение 17-20 дней. Использование различных физиологически активных веществ позволяет ускорить процесс образования раневой ткани (каллуса), соединяющей прививаемые компоненты и сократить срок стратификации прививок. В этой связи значительный интерес представляет регулятор роста Мелафен, обладающий полифункциональностью. Исследованиями установлено, что направленность физиолого-биохимических изменений в растениях под влиянием препарата подобна действию цитокининов на энергетический и метаболический обмен.

Обработка срезов стимулятором роста растений активизировало рост раневой ткани, вследствие чего, отмечено увеличение количество прививок с круговым каллусом. В зависимости от концентрации раствора количество прививок с круговым каллусом сорта Преображение превысило показатель контрольного варианта на 14,0-23,3%, максимальное влияние на процесс регенерации тканей отмечено при обработке концентрацией 1×10^{-11} (рисунок 1). Стимулирующий эффект выявлен и у прививок сорта

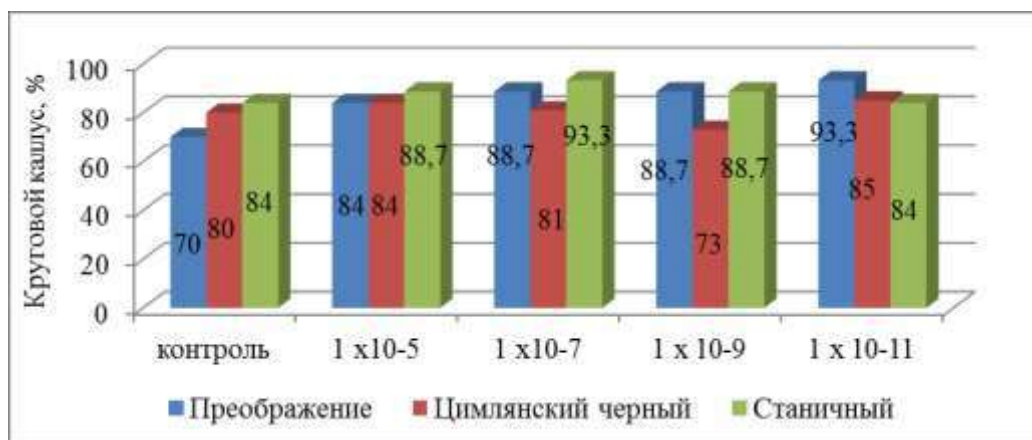


Рисунок 1 – Влияние регулятора роста растений Мелафен на регенерационную активность прививаемых компонентов

Figure 1 – The influence of the plant growth regulator Melafen on regeneration activity of grafted components

Станичный. Относительно контроля выход прививок с круговым каллусом увеличился на 4,7-9,3%. Наиболее активно процесс каллусования проходил в варианте 1×10^{-7} , выход прививок увеличился до 93,3%. Наименьшее влияние обработка срезов оказала на активизацию каллусогенеза у прививок сорта Цимлянский чёрный. Превышение над контрольным показателем составило 1,0-5,0%. Отрицательная реакция на экзогенное внесение стимулятора роста проявилось у сорта Цимлянский чёрный, при использовании раствора концентрацией 1×10^{-9} .

Созданные в период стратификации гидротермические условия, ускоряют распускание почек и рост побегов, это создает благоприятную среду для развития грибных болезней. Ингибировать ростовые процессы предполагалось путем обработки копуляционных срезов раствором препарата Мелафен высокой концентрации. Экспериментальным путем было установлено влияние экзогенного стимулятора на ростовые процессы в период стратификации прививок. Средние показатели распускания глазков варьировали по вариантам опыта от 65,7% (1×10^{-9}) у сорта Цимлянский чёрный, до 90,0% (1×10^{-11}) у прививок сорта Преображение (рисунок 2). Установлено, что при производстве прививок сорта Преображение, Мелафен стимулирует распускание почек во всех опытных вариантах. Количество распустившихся почек варьировало от 80,0 до 90,0%, в контрольном варианте – 65,3%. Менее активно распускание почек проходило у сорта Станичный, превышение относительно контроля составило 1,0-11,7%. Ингибирование процесса распускания почек отмечено только при обработке срезов сорта Цимлянский чёрный, раствором концентрации 1×10^{-9} (66,7%) и 1×10^{-11} (72,0%), это ниже показателя контрольного варианта на 8,3 и 3,0% соответственно. В большинстве вариантов опыта Мелафен оказывал стимулирующее действие на ростовые процессы прививок.

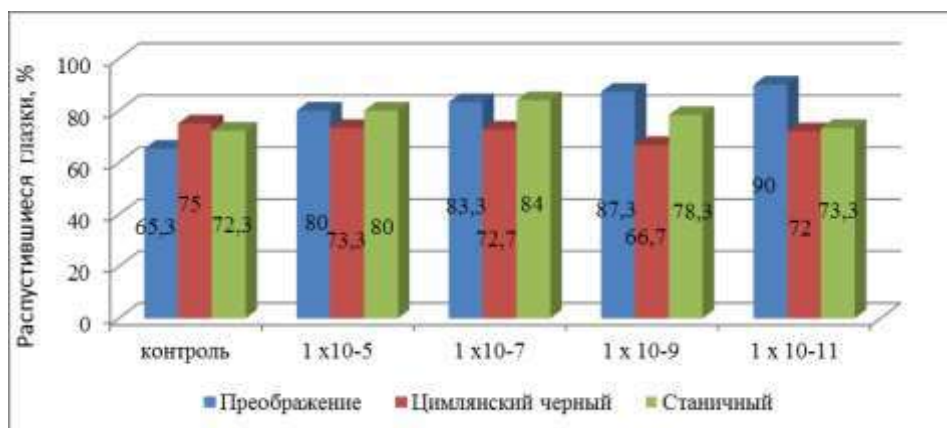


Рисунок 2 – Влияние Мелафена на распускание почек в период стратификации прививок
Figure 2 – The effect of Melafen on bud break during vaccination stratification

Применение препарата Мелафен в большинстве вариантов опыта имело пролонгированное действие и эффективно повлияло на адаптацию и приживаемость прививок в открытом грунте. В зависимости от концентрации раствора приживаемость прививок сорта Преображение варьировала от 86,0 до 92,1%, в контрольном варианте – 85,2%, наибольшее влияние Мелафена отмечено в варианте 1×10^{-11} . Показатель приживаемости прививок сорта Цимлянский чёрный варьировал от 77,8 до 91,9%, превысив показатель контрольного варианта на 3,7-17,8%. Максимальное количество прижившихся прививок, прошедших период адаптации, установлен в варианте 1×10^{-5} . В меньшей мере влияние обработки на приживаемость отмечена у сорта Станичный, количество прижившихся прививок варьировало от 80,2 до 91,7%, относительно высокого показателя приживаемости прививок в контроле – 81,7%, разница между вариантами опыта и контролем составила от минус 1,5 до 10%. Максимальный показатель приживаемости отмечен в варианте 1×10^{-5} (рисунок 3).

В вариантах с сортом Преображение прослеживается корреляционная взаимосвязь между выходом прививок после стратификации и приживаемостью прививок в поле ($r=0,6$). Слабая взаимосвязь между показателями у сорта Станичный ($r=0,4$) и не установлена в

вариантах сорта Цимлянский черный ($r=0,05$). Таким образом, к факторам, влияющим на приживаемость прививок в поле, можно отнести активность регенерационных процессов в период стратификации и способность к адаптации сорта к неблагоприятным условиям после высадки в грунт.

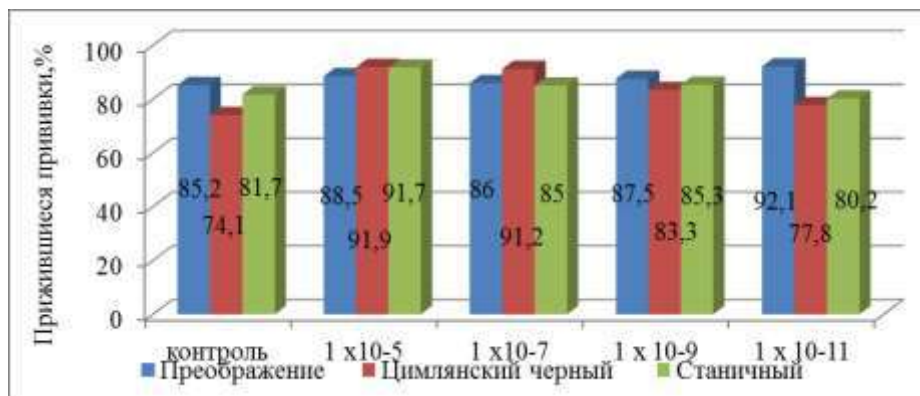


Рисунок 3 – Показатели приживаемости прививок в открытом грунте

Figure 3 – Survival rates of vaccinations in open ground

Одним из наиболее показательных ответов растений на любые воздействия является рост. Обработка срезов препаратом, содержащим физиологически активные вещества, во всех вариантах оказала положительное влияние на рост и развитие саженцев в школке. Оценка биометрических показателей вегетирующих саженцев, продемонстрировала различия между параметрами растений. Во всех экспериментальных вариантах средняя длина побега значительно превышала величину этого показателя в контроле. У сорта Преображение длина побега относительно контроля увеличилась на 9,0-21,5 см или на 7,9-18,9%. Максимальное увеличение длины побега отмечено в варианте 1×10^{-7} (таблица 1). Обработка Мелафеном не оказала существенного влияния на рост побегов в толщину. Диаметр побега в опытных вариантах находился на уровне контроля.

В опытных вариантах саженцы отличались более развитым листовым аппаратом. В зависимости от концентрации Мелафена площадь листовой поверхности превысила контрольный вариант на 243,8-340,8 см², площадь листа на 3,9-7,5 см². Максимальное увеличение площади листовой поверхности сорта Преображение произошло в варианте 1×10^{-9} за счет увеличения поверхности листа на 7,5 см² относительно контроля. В варианте 1×10^{-5} площадь листовой поверхности превысила контроль вследствие увеличения количества листьев при относительном сокращении длины междоузлия.

У прививок сорта Станичный наблюдали схожее влияние Мелафена на развитие побегов, полученные данные коррелируют с результатам опыта на сорте Преображение. Длина побегов относительно контроля увеличилась на 9,7-21,6 см или на 14,5-32,4%.

Максимальной длины побега достигли в варианте с концентрацией 1×10^{-7} . Прослеживается влияние обработки на рост побега в толщину, наиболее проявившееся в варианте 1×10^{-9} , превышение над контролем составило 1,0 мм. Увеличение длины побега оказало положительное влияние на развитие листового аппарата. Площадь листовой поверхности увеличилась на 0,9-268,7 см², наибольшее влияние отмечено при использовании раствора концентрацией 1×10^{-7} . Саженцы в этом варианте отличались лучшим развитием листовой пластины – 56,2 см², в контроле – 45,7 см². Количество листьев незначительно отличалось от контроля, как в большую сторону, так и в меньшую (-0,9 ... +1,1 см²).

У прививок сорта Цимлянский черный во всех вариантах опыта отмечена положительная динамика ростовых процессов, но менее выраженная в сравнении с сортами Преображение и Станичный. Длина побега относительно контроля увеличилась на 6,4-23,0 см, площадь листовой поверхности на 17,3-416,0 см². Максимальные биометрические показатели установлены в варианте 1×10^{-11} : средняя длина побегов 98,1 см, превышение над контролем составило 30,0%, диаметр увеличился на 0,7 мм, площадь листовой поверхности на 416 см², вследствие значительного увеличения площади листа и их количества.

Таблица 1 – Биометрические показатели развития саженцев в полевых условиях
Table 1 – Biometric indicators of seedling development in field conditions

Сорт / Sort	Вариант / Variant	Побег / Shoot		Вызревание лозы, % / Vine greening, %	Средняя площадь листовой / поверхности, см ² Average leaf surface area, cm ²		Количество листьев, шт. / Number of leaves, pcs.
		длина, см / Length, cm	диаметр, мм / Diameter, mm		Растения / Plants	Листа / leaf	
Преображение / Preobrazhenie	Контроль / control	113,7±31,8	5,3±0,6	48,41	1162,4±359,6	51,0	22,8
	1 x 10 ⁻⁵	124,7±31,7	5,4±0,2	56,4	1456,0±241,1	55,8	26,1
	1 x 10 ⁻⁷	135,2±37,4	5,4±0,6	58,5	1406,2±431,2	54,9	25,6
	1 x 10 ⁻⁹	122,7±28,8	5,2±0,5	60,2	1503,2±382,0	58,5	25,7
Станичный / Stanichnyi	1 x 10 ⁻¹¹	132,5±43,3	5,4±0,2	58,9	1422,2±487,8	56,2	25,3
	Контроль / control	66,7±9,4	4,5±0,6	30,3	849,0±163,8	45,7	18,8
	1 x 10 ⁻⁵	76,4±17,8	4,6±0,5	36,4	906,2±223,1	50,9	17,9
	1 x 10 ⁻⁷	88,3±23,9	5,1±0,5	37,8	1117,7±305,5	56,2	19,9
Цимлянский черный / Tsimlyansky Black	1 x 10 ⁻⁹	80,1±9,9	5,5±0,4	35,6	849,9±291,3	45,2	19,0
	1 x 10 ⁻¹¹	81,5±20,2	4,8±0,5	34,3	1025,6±239,0	51,0	20,1
	Контроль / control	75,1±15,3	5,0±0,8	38,0	1049,2±210,9	37,2	28,2
	1 x 10 ⁻⁵	85,3±14,4	4,9±0,2	42,9	1169,2±200,0	48,1	24,3
	1 x 10 ⁻⁷	85,6±13,5	5,2±0,5	58,8	1161,8±254,64	43,0	27,0
	1 x 10 ⁻⁹	81,5±8,2	5,2±0,5	47,6	1076,5±106,3	46,0	23,4
	1 x 10 ⁻¹¹	98,1±16,9	5,7±0,7	49,9	1465,2±260,4	48,67	30,1

Отмечено положительное влияние внесения стимулятора на вызревание лозы саженцев. Во всех вариантах опыта показатель вызревания лозы превысил контроль, наибольшая разница проявилась в вариантах 1×10^{-7} и 1×10^{-9} .

Анализ развития корневой системы саженцев указывает на наличие сортовой отзывчивости на обработку стимулятором. Среднее количество корней в расчете на саженец варьировало в зависимости от сорта привоя. У сорта Преображение в контроле величина этого показателя составляла 12,0 шт. Обработка Мелафеном способствовало более активному развитию корневой системы, количество корней превысило контроль на 1,2-3,6 шт. Наиболее значимые отличия установлено в варианте 1×10^{-9} (таблица 2). У прививок сорта Станичный наблюдали схожее, но более выраженное влияние. Количество корней в экспериментальных вариантах увеличилось на 1,4-6,5 шт. в сравнении с контролем. Наибольшее превышение установлено в варианте 1×10^{-7} , оно составило 6,5 шт. Влияние обработки на образование и развитие корневой системы саженцев сорта Цимлянский черный наименее выражено. Количество корней в контроле составило 11,8 шт. Наиболее эффективна обработка препаратом в варианте 1×10^{-11} , превышение составило 2,6 корня. В остальных вариантах образование и развитие корней на уровне контроля.

Таблица 2 – Показатели развития корневой системы привитых саженцев
Table 2 – Indicators of development of the root system of grafted seedlings

Варианты / Options	Сорт / Sort	Количество пяточных корней по фракциям, шт. / Number of heel roots by fractions, pcs.			Общее количество корней, шт. / Total number of roots, pcs.
		до 1 мм	1-3 мм	более 3мм	
Контроль / Control	Преображение / Preobrazhenie	6,2	5,8	0,0	12,0
	Станичный / Stanichnyi	6,8	3,6	0,8	11,2
	Цимлянский черный / Tsimlyansky Black	5,4	5,8	0,6	11,8
Мелафен 1×10^{-5}	Преображение / Preobrazhenie	6,0	7,2	0,0	13,2
	Станичный / Stanichnyi	4,8	5,8	2,0	12,6
	Цимлянский черный / Tsimlyansky Black	5,4	6,0	1,4	12,8
Мелафен 1×10^{-7}	Преображение / Preobrazhenie	7,0	7,8	0,0	14,8
	Станичный / Stanichnyi	6,6	6,4	4,7	17,7
	Цимлянский черный / Tsimlyansky Black	6,0	4,6	1,4	12,2
Мелафен 1×10^{-9}	Преображение / Preobrazhenie	6,8	8,4	0,4	15,6
	Станичный / Stanichnyi	6,6	7,0	1,6	15,2
	Цимлянский черный / Tsimlyansky Black	6,6	4,8	0,4	11,8
Мелафен 1×10^{-11}	Преображение / Preobrazhenie	6,0	7,4	1,2	14,6
	Станичный / Stanichnyi	6,4	5,2	2,0	13,6
	Цимлянский черный / Tsimlyansky Black	6,6	5,8	2,0	14,4

Полученные данные указывают на зависимость развития корневой системы от концентрации стимулятора и сортовых особенностей привойного сорта. У сорта, относящегося к виду *V. vinifera* (Цимлянский черный), обработка не оказала существенного влияния на развитие корневой системы. Значительное влияние Мелафена прослеживается на сортах сложного межвидового происхождения – Преображение и Станичный. В результате обработки увеличились количественный и качественный показатели развития корневой системы. У сорта Преображение количество корней диаметром 1-3 мм в зависимости от концентрации раствора превысило контроль на 1,4-2,6 шт., у сорта Станичный – 1,6-3,4 шт. Наибольшее влияние отмечено в варианте 1×10^{-7} .

Выход стандартных саженцев в школке – основной показатель эффективности технологии производства посадочного материала. В вариантах опыта выход саженцев сорта Преображение превышал контрольные показатели на 4,4-16,0%. Отмечено, что выход саженцев увеличивался по мере повышения концентрации раствора (рисунок 4). Наибольшая эффективность обработки установлена в варианте 1×10^{-11} , выход привитых саженцев составил 69,3%.

Выход саженцев в опытных вариантах сорта Станичный превысил контрольный показатель на 4-10,3%, сорта Цимлянский черный на 0,6-11%. Причем, в этих вариантах прослеживается в обратная зависимость. С увеличением концентрации раствора снижается количество стандартных саженцев. Лучшей концентрацией для сортов Станичный и Цимлянский черный оказалась 1×10^{-5} , увеличение выхода саженцев, относительно контроля, составило 10,3 и 11,0% соответственно.

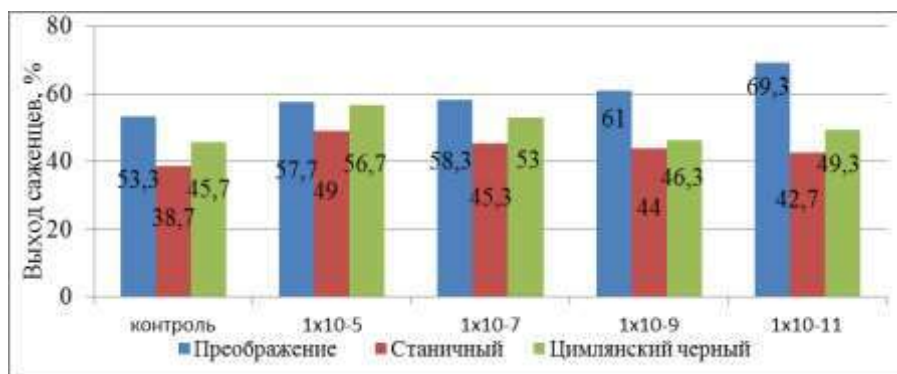


Рисунок 4 – Показатели выхода стандартных саженцев

Figure 4 – Yield indicators of standard seedlings

Закключение. Экспериментом по выявлению ответных реакций на обработку стимулятором роста виноградных растений, установлено, что Мелафен в очень низких концентрациях оказывает влияние на регенерационные процессы, способствуя образованию более прочных соединений между привойным и подвойным черенками, проявляет рост регулируюшую активность, оказывает положительное влияние на адаптацию прививок в школке, рост и развитие саженцев. Отмечена специфическая отзывчивость привойных сортов на обработку Мелафеном. Во всех опытных вариантах отмечено увеличение выхода привитых саженцев, превышение относительно контрольных вариантов составило от 0,6 до 16%. Таким образом, установлена целесообразность использования препарата Мелафен в технологии производства привитых виноградных саженцев.

Conclusions. An experiment to identify responses to treatment with a growth stimulator of grape plants has established that Melafen in very low concentrations has an effect on regenerative processes, contributing to the formation of stronger connections between scion and rootstock cuttings, shows growth regulatory activity, has a positive effect on the adaptation of grafts in school, growth and development of seedlings. Specific responsiveness of graft varieties to treatment with Melafen was noted. In all experimental variants, an increase in the yield of grafted seedlings was noted, the excess compared to the control variants ranged from 0.6 to 16%. Thus, the expediency of using Melafen in the technology of production of grafted grape seedlings has been established.

Библиографический список

1. О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации: ФЗ от 27.12.2019 N 468-ФЗ. <http://www.consultant.ru/document/cons/>.
2. Шаповал О. А., Можарова И. П., Барчукова А. Я. и др. Регуляторы роста растений в агротехнологиях основных сельскохозяйственных культур. Москва: ВНИИА, 2015. 348 с.
3. Фаттахов С. Г., Кузнецов В. В., Загоскина Н. В. Мелафен: механизм действия и области применения. Казань: Печать-Сервис XXI век, 2014. 408 с.
4. Кузнецов И. Ю., Поварницына А., Ахметзянов М. Р., Вафин И. Х. Эффективность применения стимулятора роста Мелафен при обработке семян озимой пшеницы протравителем «Поларис». Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 2 (53). С. 15-19.
5. Плотникова Т. В., Тютюнникова Е. М., Соболева Л. М. Влияние обработки семян стимулятором роста Мелафен на формирование рассады и урожайность табака. Земледелие. 2020. № 2. С. 17-20.
6. Соболева Л. М., Плотникова Т. В., Тютюнникова Е. М. Результаты совместного применения гербицида Комманд и регуляторов роста при выращивании табака. Агрохимия. 2020. № 12. С. 45-49.
7. Соболева Л. М., Плотникова Т. В. Снижение фитотоксического действия почвенного гербицида с помощью удобрений и регуляторов роста растений при возделывании табачной рассады. Успехи современного естествознания. 2021. № 5. С. 39-44.
8. Синяшин К. О., Чернышева Н. В. Влияние препарата Мелафен на формирование початка, урожайность и качество зерна кукурузы. Труды кубанского аграрного университета. 2022. № 99. С. 162-16.
9. Гурьев Г. П. Влияние препаратов клубеньковых бактерий и синтетического регулятора роста Мелафен на урожайность фасоли и его структурные элементы. Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 4 (32). С. 87-91.
10. Фаттахова З. Ф., Бикчантаев И. Т., Шакиров Ш. К. Влияние биологических препаратов на консервирование козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.). Вестник казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 1 (61). С. 62-65.
11. Дорошенко Т. Н., Максимцов Д. В., Аль-Хуссейни А. М. А. Возможности использования регуляторов роста для корректировки формирования урожая плодовых растений. Научный журнал КубГАУ. 2016. № 119 (05). <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/87.pdf>

12. Радчевский П. П., Чурсин И. А., Матюзок Н. В., Барчукова А. Я. и др. Влияние Мелафена на агробиологические и технологические показатели винограда Совиньон белый. Научный журнал КубГАУ. 2016. №121 (07).
13. Ребров А. Н. Влияние кремния и меламиновой соли на повышение адаптивности маточных растений винограда Каберне северный в условиях песчаного массива. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2017. № 45(03). <http://journal.kubansad.ru/pdf/17/03/07>.
14. Дорошенко Н. П. Результаты исследований препарата «Мелафен» в культуре винограда in vitro. Мелафен: механизм действия и области применения. Казань, 2014. С. 298-304.

References

1. On viticulture and winemaking in the Russian Federation: Federal Law dated 27.12.2019 N 468-FZ. <http://www.consultant.ru/document/cons/>.
2. Shapoval O. A., Mozharova I. P., Barchukova A. Y., et al. Plant Growth Regulators in Agricultural Technologies of Basic Agricultural Crops. Moscow: VNIIA, 2015. 348 p.
3. Fattakhov S. G., Kuznetsov V. V., Zagorskina N. V. Melafen: Mechanism of Action and Areas of Application. Kazan: Pechat-Service XXI Century, 2014. 408 p.
4. Kuznetsov I. Yu., Povaritsina A., Akhmetzyan M. R., Vafin E. X. The effectiveness of the use of growth stimulant Melafen in the treatment of seeds of winter wheat with the weeder "Polaris". Journal of Kazan State Agrarian University. 2019. V. 14. № 2 (53). Pp. 15-19.
5. Plotnikova T. V., Tyutyunnikova E. M., Soboleva L. M. Effect of Seed Treatment with Growth Stimulant Melafen on Seedling Formation and Tobacco Yield. Agriculture. 2020. № 2. Pp. 17-20.
6. Soboleva L. M., Plotnikova T. V., Tyutyunnikova E. M. Results of Combined Application of Command's Herbicide and Growth Regulators in Tobacco Cultivation. Agrochemistry. 2020. № 12. Pp. 45-49.
7. Soboleva L. M., Plotnikova T. V. Reduction of Phytotoxic Effect of Soil Herbicide Using Fertilizers and Plant Growth Regulators in the Cultivation of Tobacco Seedlings. Advances in Modern Natural Science. 2021. № 5. Pp. 39-44.
8. Sinyashin K. O., Chernysheva N. V. Effect of Melafen on Cob Formation, Yield and Quality of Corn Grain. Proceedings of the Kuban Agrarian University. 2022. № 99. Pp. 162-16.
9. Guryev G. P. Effect of Nodule Bacteria Preparations and Melafen Synthetic Growth Regulator on Bean Yield and Its Structural Elements. Legumes and cereals. 2019. № 4 (32). Pp. 87-91.
10. Fattahova Z. F., Bikchantayev and. T., Shakirov Sh. C. The influence of biological preparations on the preservation of Oriental goat (Galega orientalis lam.). Journal of Kazan State Agrarian University. 2021. V. 16. № 1 (61). Pp. 62-65.
11. Doroshenko T. N., Maksimov D. V., Al-Husseini A. M. A. Possibilities of Using Growth Regulators to Adjust the Formation of Fruit Plant Yield. Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2016. № 119 (05). <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/87.pdf>.
12. Radchinsky P. P., Chursin I. A., Matuzok N. V., Barchukova A. Ya., et al. Influence of Melafen on Agrobiological and Technological Indicators of Sauvignon White Grape. Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2016. № 121 (07).
13. Rebrov A. N. Influence of silicon and melamine salt on increasing the adaptability of mother plants of northern Cabernet grapes under conditions of a sand massif. Fruit growing and viticulture in the South of Russia. 2017. № 45 (03). <http://journal.kubansad.ru/pdf/17/03/07>.
14. Doroshenko N. P. Results of Studies of Melafen in Grape Culture in Vitro. Melaphene: mechanism of action and areas of application. Kazan, 2014. Pp. 298-304.

Информация об авторах

Павлюченко Наталья Георгиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории питомниководства винограда Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, Баклановский пр., 166), ORCID: 0000-0002-8185-693X, e-mail: npavlyuchenko@yandex.ru

Зими́на Ната́лия Ива́новна, старший научный сотрудник лаборатории питомниководства винограда Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, Баклановский пр., 166), ORCID: 0000-0001-5312-8292, e-mail: ZiminaN@yandex.ru

Колесникова Ольга Ивановна, старший научный сотрудник лаборатории питомниководства винограда Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, Баклановский пр., 166), ORCID: 0000-0002-0595-0537, e-mail: Kolesnikova O@yandex.ru

Author's Information

Pavlyuchenko Natalia Georgievna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Grape Nursery Laboratory of the All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Y. I. Potapenko, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Rostov Agrarian Research Center" (Russian Federation, 346421, Rostov region, Novo-cherkassk, Baklanovsky pr., 166), ORCID: 0000-0002-8185-693X, e-mail: npavlyuchenko@yandex.ru

Zimina Natalia Ivanovna, Senior Researcher, Grape Nursery Laboratory of the All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Y. I. Potapenko, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Rostov Agrarian Research Center" (Russian Federation, 346421, Rostov region, Novo-cherkassk, Baklanovsky pr., 166), ORCID: 0000-0001-5312-8292, e-mail: ZiminaN@yandex.ru

Kolesnikova Olga Ivanovna, Senior Researcher, Grape Nursery Laboratory of the All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Y. I. Potapenko, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Rostov Agrarian Research Center" (Russian Federation, 346421, Rostov region, Novo-cherkassk, Baklanovsky pr., 166), ORCID: 0000-0002-0595-0537, e-mail: Kolesnikova O@yandex.ru

THE INITIAL BREEDING MATERIAL FROM THE SPHERICAL SHARADA WHEAT

Romanov B. V., Kozlov A. A., Paramonov A. V.

*Federal State Budget Scientific Institution "Federal Rostov Agricultural Research Center"
Rassvet, Rostov region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: triticumrbw@mail.ru

Received 20.11.2023

Submitted 08.02.2024

Summary

The article presents the results of the study of the selection material obtained under the influence of colchicin from the original spherical wheat grade of Sharad wheat. It was found that despite higher production characteristics, the qualitative characteristics of its grain corresponded to ball wheat, including the original Sharad. The cleaved macromutant soft wheat, in terms of its production indicators, did not exceed the soft wheat variety, but had the best grain quality.

Abstract

Introduction. The foundation of wheat breeding remains a combination of high yield potential and grain quality with a certain resistance to abiotic and biotic stressors. Therefore, breeders pay close attention to the corresponding indicators of the starting material. However, since there is a negative correlation between harvest and grain quality, the increase in gross harvest of soft wheat *T. aestivum* L. AuAuBBDD is accompanied by some decrease in grain quality. As one of the possible options for improving the quality of the resulting products, some researchers suggest using *T. Sphaerococcum* Perc ball wheat. AuAuBBDD. The useful properties of this wheat include high quality of grain, resistance to subsidence, erektoid arrangement of leaves, low requirement for soil conditions, precocity, sunniness, undevelopment and spherical shape of the grain. The results of a comparative analysis of the area-settled varieties of spherical and soft wheat showed that the former are significantly inferior in their production indicators to the latter, but this, in some way, is compensated by the higher grain quality of the former. Therefore, it is of great interest to create, with the help of mutagenic exposure to colchicine, one of the first varieties of spherical wheat, its improved shape and macromutant soft wheat. **Materials and methods.** One of the first varieties of Sharad ball wheat and macromutant forms obtained from it under the influence of colchicine served as objects of research: Sharad improved, and isolated at the same time with it, macromutant soft wheat, as well as districtsettled varieties of shearer wheat. When comparing soft wheat from Sharada with varieties of *T. aestivum* L, standard in the region varieties of soft millettsa Don 107, Yermak and modern zoned varieties were used. At the final stage, the line 1/10-17 and the line of soft wheat of hybrid origin 2/13-19, obtained from the combination Sharada improved x Rassvet 1, as well as 1/20-21 (Sharada improved x soft from Sharada) were used. Plants in each test were grown according to the principle of a single difference. Morphometric parameters were determined in the scale phase before or at the beginning of the scale. Morphometric parameters were determined in the scale phase before or at the beginning of flowering. In the full ripeness phase, 15-20 productive shoots were selected and after bringing them to standard humidity, structural analysis was carried out. Grain quality determination was carried out in the laboratory of general analyses of FSBNU FRANZ according to GOSTs. Statistical processing of data for B. A. Dospikhov according to Michsoft Excel standard programs. **Results and discussion.** As a result of studies of the original Sharada grain wheat and macromutant forms obtained from it, it was established that plucked soft wheat has higher morphometric and production indicators. It has larger ears and, accordingly, grains and, as a result, the largest mass of grain from the ear. The lowest indicators were the original Sharada. The charade, improved in terms of the parameters of its ears and grains, occupies an intermediate position. At the same time, it is noteworthy that in turn, Sharada has an improved larger grain than the original Sharada, despite the same spherical shape. In terms of morphostructural indicators, Sharada improved significantly exceeds the original Sharada and is quite close to soft wheat., both in weight 1000 grains and in size of its flag leaf. Accordingly, the improved Sharada was superior in such an important selection feature as the mass of grains from the ear of zoned varieties of spherical wheat. At the same time, in terms of quality indicators of grain, it remained almost at the level of the original Sharada and the varieties of spherical wheat used in the production. The isolated macromutant soft wheat was, in terms of its production characteristics, at the level of those varieties of soft wheat, and in terms of grain quality at the forefront. Therefore, lines based on macromutant soft wheat had relatively good grain quality. **Conclusions.** Due to the effect of colchicine, macromutant Charades improved and soft wheat are obtained from the original Sharad spherical wheat. The improved charade significantly exceeded the original charade and, currently available, other zoned varieties of ball millet. Despite higher production characteristics, the qualitative characteristics of its grain corresponded to spherical wheat, including the original Sharad. The cleaved macromutant soft wheat, in terms of its production shows, did not exceed the soft wheat variety, but had the best grain quality, which it apparently inherited from the original

spherical form, which is subject to the lines created on its basis. Therefore, Sharada improved can be quite used as a source selection material for increasing the productivity of existing varieties of spherical wheat. Macromutant soft as a grain quality improver in soft wheat.

Keywords: wheat varieties, Sharada, breeding of spherical wheat, spherical wheat.

Citation. Romanov B. V., Kozlov A. A., Paramonov A. V. The initial breeding material from the spherical Sharada wheat. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 125-135 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-13.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read the final version presented and approved it.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 633.11:631.527

ИСХОДНЫЙ СЕЛЕКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ИЗ ШАРОЗЁРНОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА ШАРАДА

Романов Б. В., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Козлов А. А., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Парамонов А. В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»
п. Рассвет, Ростовская область, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения НИР FNFZ-2019-0002 «Сформировать и изучить базовые коллекции генетических ресурсов сои, нута и пшеницы для выделения и создания селекционно-перспективных форм» (№ госрегистрации АААА – А19-119081690036-2)

Актуальность. Фундаментом селекции пшеницы остается сочетание высокого потенциала урожайности и качества зерна при определённой устойчивости к абиотическим и биотическим стрессовым факторам. Поэтому селекционеры обращают пристальное внимание на соответствующие показатели исходного материала. Вместе с тем, поскольку существует отрицательная корреляция между урожаем и качеством зерна, увеличение валового сбора урожая мягкой пшеницы T.aestivum L. A^uA^uBBDD сопровождается некоторым снижением качества зерна. Как один из возможных вариантов улучшения качества получаемой продукции, некоторые исследователи предлагают использовать шарозёрную пшеницу T.sphaerococcum Pers. A^uA^uBBDD. К полезным свойствам данной пшеницы относятся высокое качество зерна, устойчивость к полеганию, эректоидное расположение листьев, малая требовательность к почвенным условиям, скороспелость, зноевыносливость, неосыпаемость и шаровидная форма зерновки. Результаты сравнительного анализа районированных сортов шарозёрной и мягкой пшениц показали, что первые значительно уступают по своим продукционным показателям последним, но это, в какой-то степени компенсируется более высоким качеством зерна первых. Поэтому вызывает большой интерес, создание при помощи мутагенного воздействия колхицином на один из первых сортов шарозёрной пшеницы, улучшенной её формы и макромутантной мягкой пшеницы. **Материалы и методы.** В качестве объектов исследования служили один из первых сортов шарозёрной пшеницы Шарада и, полученные из неё под воздействием колхицина, макромутантные формы: Шарада улучшенная, и выделенная одновременно с ней, макромутантная мягкая пшеница, а также районированные сорта шарозёрной пшеницы. При сравнении мягкой пшеницы из Шарады с сортами T.aestivum L. использовали стандартные в регионе сорта мягкой пшеницы Дон 107, Ермак и современные районированные сорта. На завершающем этапе применяли созданную на базе Шарады улучшенной, линию 1/10-17 и линии мягкой пшеницы гибридного происхождения: 2/13-19, полученную из комбинации – Шарада, улучшенная х Рассвет 1, а также 1/20-21 (Шарада улучшенная х мягкая из Шарады). Растения в каждом опыте выращивали в соответствии с принципом единственного различия. Морфометрические показатели определяли в фазу колошения перед цветением или в начале его. В фазу полной спелости отбирали по 15-20 продуктивных побегов и после доведения их до стандартной влажности, проводили структурный анализ. Определение качества зерна осуществляли в лаборатории общих анализов ФГБНУ ФРАНЦ согласно ГОСТам. Статистическая обработка данных по Б. А. Доспехову согласно стандартных программ Microsoft Excel. **Результаты и обсуждение.** В результате проведенных исследований исходной шарозёрной пшеницы сорта Шарада и полученных из неё макромутантных форм установлено, что более высокими морфометрическими и продукционными показателями обладает выщипившаяся мягкая пшеница. У неё более крупные колосья и соответственно зерновки и, как итог, наибольшая масса зерна с колоса. Наименьшими показателями выделялась исходная Шарада. Шарада улучшенная по параметрам своих колосьев и зерновок занимает промежуточную позицию. В то же время, не смотря на разницу

в размерах зерновок, отмечено хорошо выраженное отличие в форме зерновок мягкой пшеницы от таковых Шарады исходной и Шарады улучшенной, которые относятся к представителям *T.sphaerosocum* Persiv. Показано, что у макромутантной мягкой пшеницы из Шарады зерновки удлинённой формы и более крупные, а у представителей шарозёрных пшениц, т.е. Шарады исходной и Шарады улучшенной короткие, бочёновидные. Вместе с тем, обращает на себя внимание, что в свою очередь, у Шарады улучшенной более крупные зерновки, по сравнению с Шарадой исходной, несмотря на одинаковую шаровидную форму. По морфоструктурным показателям Шарада, улучшенная существенно превосходит исходную Шараду и вполне приблизилась к мягкой пшенице, как по массе 1000 зёрен, так и по размерам своего флагового листа. Соответственно, Шарада улучшенная превосходила по такому важному селекционному признаку как масса зёрен с колоса районированные сорта шарозёрных пшениц. В тоже время, по качественным показателям зерна она осталась практически на уровне исходной Шарады и используемых на производстве сортов шарозёрной пшеницы. Выделенная макромутантная мягкая пшеница, была по своим производственным признакам на уровне таковых сортов мягкой пшеницы, а по качеству зерна на передовых позициях. Поэтому, созданные на базе макромутантной мягкой пшеницы линии, обладали относительно хорошими качественными показателями зерна. **Выводы.** Благодаря воздействию колхicina из исходного сорта шарозёрной пшеницы Шарада получены макромутантные Шарада улучшенная и мягкая пшеница. Шарада улучшенная существенно превышала исходную Шараду и, имеющиеся на данный момент, другие районированные сорта шарозёрных пшеницы. Несмотря на более высокие производственные признаки, качественные характеристики её зерна соответствовали шарозёрным пшеницам, включая исходную Шараду. Выщепившаяся макромутантная мягкая пшеница, по своим производственным показателям не превышала сорта мягких пшениц, но обладала лучшим качеством зерна, которое она, по-видимому, унаследовала от исходной шарозёрной формы, что подтверждается созданными на её базе линиями. Следовательно, Шарада улучшенная может вполне использоваться как исходный селекционный материал для повышения продуктивности имеющихся сортов шарозёрной пшеницы. Макромутантная мягкая как улучшитель качества зерна у мягких пшениц.

Ключевые слова: сорта пшеницы, Шарада, селекция шарозёрной пшеницы, шарозёрная пшеница.

Цитирование. Романов Б. В., Козлов А. А., Парамонов А. В. Исходный селекционный материал из шарозёрной пшеницы сорта Шарада. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 125-135. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-13.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Основой селекции пшеницы является сочетание высокого потенциала урожайности и качества зерна при определённой устойчивости к абиотическим и биотическим стрессовым факторам. В настоящее время, при создании в селекции исходного материала, широко используются молекулярно-биологические методы, гермоплазма диких видов пшениц [1-4]. Урожайность вновь создаваемых сортов базируется на таких важных селекционных признаках как масса зерна с колоса, масса 1000 зёрен, уборочный индекс и др. [5-9]. Поэтому селекционеры обращают пристальное внимание на соответствующие показатели исходного материала. Как правило, высокие производственные признаки исходных генотипов в дальнейшем реализуются в высокопродуктивные сорта. Вместе с тем, поскольку существует отрицательная корреляция между урожаем и качеством зерна, повышение валового сбора урожая мягкой пшеницы *T.aestivum* L. A^uA^uBBDD сопровождается некоторым снижением качества её товарной продукции. Как один из возможных вариантов улучшения качества воспроизводимого зерна, некоторые исследователи предлагают использовать шарозёрную пшеницу *T.sphaerosocum* Pers. A^uA^uBBDD (А. Н. Боровик, 2001). К полезным свойствам шарозёрной пшеницы относятся, в первую очередь, высокое качество зерна, устойчивость к полеганию, эректоидное расположение листьев, малая требовательность к почвенным условиям, скороспелость, зноевыносливость, неосыпаемость и, главное, за, что она получила своё название, шаровидная форма зерновки. Последнее позволяет ей, при одинаковых объёмах зерна при помоле, получать больший выход муки, по сравнению с мягкой пшеницей. Однако результаты сравнительного анализа районированных сортов шарозёрной и мягкой пшениц показали, что первые значительно уступают по своим производственным показателям последним, но это, в какой-то степени, компенсируется более

высоким качеством зерна первых [10]. Поэтому вызывает большой интерес, создание при помощи мутагенного воздействия колхицином на один из первых сортов шарозёрной пшеницы сорта Шарада, улучшенной её формы и, одновременно выделенную при этом макромутантную мягкую пшеницу [11].

Цель настоящих исследований оценка продукционных и качественных показателей выделенных макромутантных форм из Шарады как исходного селекционного материала.

Условия, материалы и методы. Полевые исследования проводили в ФГБНУ ФРАНЦ (Федеральный Ростовский аграрный научный центр) в приазовской зоне Ростовской области в 2019-2022 гг. Климат территории проведения исследований засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Годовая температура воздуха составляет в среднем за 40 лет наблюдений в институте – 9,6⁰С, сумма температур воздуха – 3200-3400⁰. Продолжительность теплого периода – 230-260 дней, безморозного – 175-180 дней [12].

В качестве объектов исследования служили один из первых сортов шарозёрной пшеницы Шарада и, полученные из неё под воздействием колхицина, макромутантные формы: шарозёрная Шарада улучшенная, и выделенная одновременно с ней, мягкая пшеница. При сравнении мягкой пшеницы из Шарады с сортами T.aestivum L. опирались, в основном, на стандартные в регионе сорта мягкой пшеницы Дон 107 и Ермак, а также широко известный сорт Безостая 100. На завершающем этапе использовали созданный на базе Шарады улучшенной линию 1/10-17 и линии гибридного происхождения: 2/13-19, полученную из комбинации Шарада улучшенная х Рассвет 1, а также 1/20-21 (Шарада улучшенная х мягкая из Шарады). Растения в каждом опыте выращивали одновременно в одинаковых условиях. Морфометрические показатели определяли в фазу колошения перед цветением или в начале его. Площадь флагового листа рассчитывали по А. М. Гродзинскому. В фазу полной спелости отбирали по 15-20 продуктивных побега и после доведения их до стандартной влажности, проводили структурный анализ. Определение качества зерна осуществляли в лаборатории общих анализов ФГБНУ ФРАНЦ согласно ГОСТам. Математическая обработка данных проводили по Б. А. Доспехову согласно стандартных программ Microsoft Excel (Б. А. Доспехов, 1985).

Результаты и обсуждение. Для лучшего понимания и оценки материала обратимся к рисунку. На нём представлены колосья и зерновки Шарады исходной (слева) и, полученных из неё макромутантных форм: мягкой пшеницы из Шарады (в центре) и Шарады улучшенной (справа).

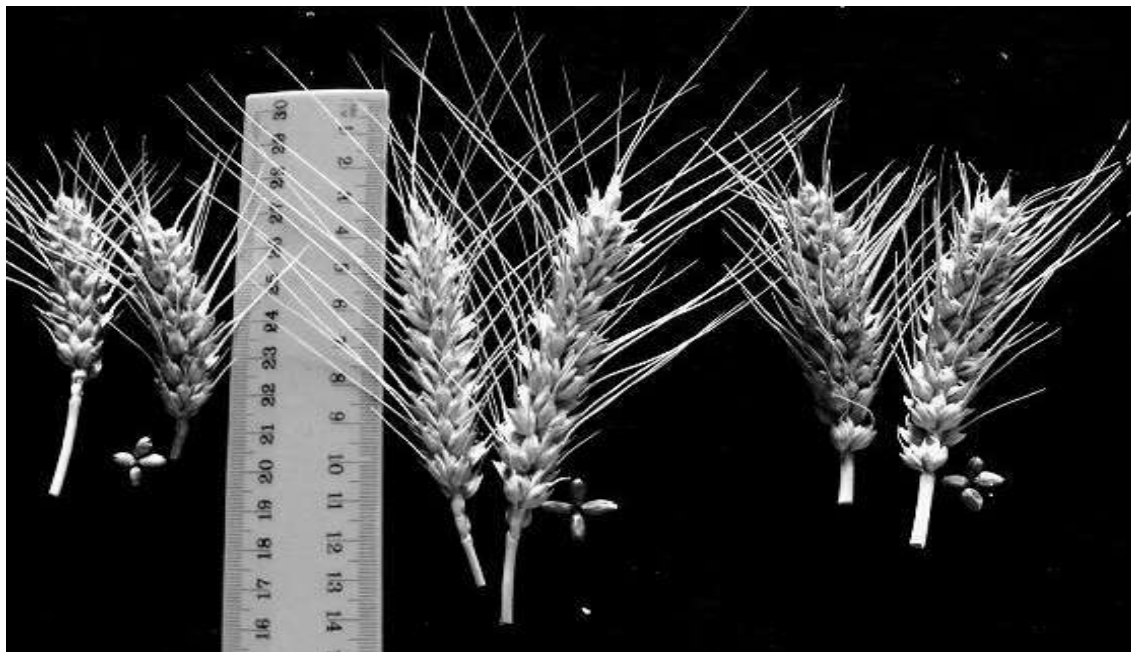


Рисунок – Колосья и зерновки Шарады исходной (слева) и, полученных из неё макромутантных форм: мягкой пшеницы из Шарады (в центре) и Шарады улучшенной (справа)
Figure – The ears and grains of Sharada of the original (left) and macromutant forms obtained from it: soft wheat from Sharada (center) and improved Sharada (right)

Все колосья остистые. Заметно, что ости мягкой пшеницы существенно длиннее, чем у шарозёрных пшениц. Четко видно, что наибольшими габаритами выделяется мягкая пшеница из Шарады, а наименьшими размерами колосьев и зерновок Шарада исходная. Колосья мягкой пшеницы по длине равны примерно 9-10 см, а Шарады исходной в пределах 5-6 см. Шарада улучшенная по габитусу своих колосьев и зерновок занимает промежуточную позицию, соответственно, длина её колосьев варьирует от 7 до 8 см. В то же время, несмотря на различия в размерах зерновок, можно отметить, хорошо выраженное отличие в форме зерновок мягкой пшеницы от таковых Шарады исходной и Шарады улучшенной, которые относятся к представителям *T.sphaerococcum* Perciv. Видно, что у мягкой пшеницы из Шарады зерновки удлиненной формы и более крупные, а у представителей шарозёрных пшениц, т.е. Шарады исходной и Шарады улучшенной короткие, бочёнковидные. Вместе с тем, обращает на себя внимание то, что в свою очередь, у Шарады улучшенной более крупные зерновки, по сравнению с Шарадой исходной, несмотря на одинаковую шаровидную форму.

Морфоструктурные показатели в основном согласуются с представленными на фото размерами колосьев и зерновок (таблица 1). По крайней мере, наименьшей высотой растения, площадью флагового листа и массой 1000 зёрен обладает Шарада исходная. У данного образца средняя высота растений составляет всего лишь 60,8 см, площадь флагового листа 15,8 см² и масса 1000 зёрен равна 31,8 г. Максимальными, этими же показателями, отмечается представительница макромутантной мягкой пшеницы, у которой высота растения равна 95,5 см, площадь флага 24,4 см² и масса 1000 зёрен 42,4 г. Однако различия между макромутантой мягкой и Шарадой улучшенной не так однозначны, как это представляется из фото. Во всяком случае, если по высоте растений Шарада улучшенная (74,0 см) имеет более или менее промежуточное место, то по площади флага (23,2 см²) и по массе 1000 зёрен (40,3 г) она практически на уровне мягкой пшеницы, невзирая на то, что в абсолютных показателях у последней небольшое преимущество. Следовательно, по определённым морфоструктурным данным Шарада улучшенная, благодаря воздействию колхидина стала очень близка к макромутантной мягкой. Поскольку площадь флагового листа у Шарады улучшенной 23,2 см², а у мягкой из Шарады 24,4 см² и эта разница при НСР₀₅ = 4,3 является недостоверной. Аналогичная закономерность наблюдается по массе 1000 зёрен: 40,3 г и 42,4 г, соответственно. Одновременно, они существенно превосходят по этим показателям Шараду исходную (31,8 г).

Таблица 1 – Морфоструктурные показатели Шарады и её макромутантных форм
 Table 1 – Morphostructural indicators of Sharada and its macromutant forms

Генотип / Genotype	Высота растений, см / Plant height, cm	Площадь флагового листа, см ² / Flag leaf area, cm ²	Масса 1000 зёрен, г / Weight of 1000 grains, g
Шарада исходная / Sharada Original	60,8	15,8	31,8
Шарада улучшенная / Enhanced Sharada	74,0	23,2	40,3
Мягкая пшеница из Шарады / Soft wheat from Sharada	95,5	24,4	42,4
НСР ₀₅	4,6	4,3	3,2

Что касается продукционных показателей и, особенно, такого селекционно важного, как масса зерна с колоса, следует подчеркнуть, отставание шарозёрных пшениц от Шарады улучшенной (таблица 2).

Так средний показатель по данному признаку у шарозёрных сортов составлял 1,63 г, тогда как у Шарады улучшенной – 2,15 г. Однако, даже самый высокий показатель массы зерна с колоса среди сортов (у Пасковьи 1,83 г), хотя и на грани, но тем не менее, с минимальным для достоверности разрывом, обеспечивает соответствующую разницу. Относительно других признаков: длина колоса у Шарады улучшенной равна в среднем 7,2 см, что больше, чем у районированных сортов, но в то же время, у сорта Пасковья она даже немного длиннее (в абсолютном выражении 7,4 см), хотя это и недостоверно. По числу колосков в колосе у Шарады улучшенной 22,9, а у шарозёрных представителей оно в преде-

лах от 19,1 шт. у Еремеевны до 19,7 Прасковьи и Шарады. По количеству зерновок в колосе, преимущество за Шарадой улучшенной, за исключением сорта Прасковья, она явно доминирует над всеми остальными сортообразцами, у которых данный показатель составил в среднем 47,2 шт. Однако разница между Прасковьей 50,2 и Шарадой улучшенной 54,3 при $HCP_{05} = 4,7$, недостоверна. В целом можно отметить, лучшие производственные показатели Шарады улучшенной, над имеющимися в настоящее время районированными сортами шарозёрной пшеницы.

Таблица 2 – Структура продуктивности Шарады улучшенной в сравнение с районированными сортами шарозёрной пшеницы

Table 2 – Sharada Productivity Structure Improved compared to zoned varieties of spherical wheat

Сорта / Varieties	Длина колоса, см / Ear length, cm	Количество в колосе, шт. / Quantity per ear, pcs.		Масса зерна с колоса, г / Weight of grain per ear, g
		Колосков / Spikelets	Зёрен / Grain	
Прасковья / Praskovya	7,4	19,7	50,2	1,83
Еремеевна / Eremeevna	6,6	19,1	45,6	1,70
Ордынка / Ordynka	5,8	19,3	43,5	1,32
Шарада / Sharada	6,4	19,7	49,4	1,66
В среднем по шарозёрной пшенице / Average for spherical wheat	6,6	19,5	47,2	1,63
Шарада улучшенная / Improved Sharada	7,2	22,9	54,3	2,15
$HCP_{05} =$	0,4	0,6	4,7	0,31

Учитывая вышеуказанные результаты, особое внимание, привлекают качественные показатели зерна наших макромутантных форм, выделенных из Шарады. Тем более что не очень высокая продуктивность шарозёрных пшениц, компенсировалась хорошим качеством зерна. Поэтому, они в большей степени предлагались использоваться Краснодарскими селекционерами, создателями шарозёрных сортов, как улучшители качества выращиваемого зерна мягкой пшеницы (А. Н. Боровик, 2001). Результаты сравнительного анализа Шарады улучшенной представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Качественные показатели зерна у районированных сортов шарозёрной пшеницы и Шарады улучшенной

Table 3 – Quality indicators of grain in zoned varieties ball wheat and Sharada improved

Генотип / Genotype	Белок, % ГОСТ 10846-91 / Protein, %	Клейковина, % ГОСТ Р 54478-2011 / Gluten, %	ИДК, ед ГОСТ Р 54478-2011 / IDC, units
Прасковья / Praskovya	15,1	39,5	76
Еремеевна / Eremeevna	16,6	47,0	95
Ордынка / Ordynka	17,5	49,6	105
Шарада / Sharada	16,7	45,9	74
В среднем по шарозёрной пшенице / Average for spherical wheat	16,5	45,5	87
Шарада улучшенная / Improved Sharada	16,4	46,6	88
$HCP_{05} =$	3,1	7,1	

Обращают на себя внимание высокие качественные показатели зерна шарозёрных пшениц, за исключением ИДК. Так содержание белка и клейковины в среднем у сортов шарозёрных пшениц 16,4% и 45,5%, а у Шарады улучшенной вполне на уровне этих показателей: 16,5% и 46,6%, соответственно. Тоже относится и к ИДК. У сортов в среднем 87 ед., а у Шарады улучшенной 88 ед. Очень высокими показателями ИДК выделяется Ордынка – 105 ед. Следовательно, несмотря на несколько более высокие производственные показатели, Шарада улучшенная сохранила все хорошие качественные показатели зерна присущие шарозёрным пшеницам.

Об относительно низкой, по сравнению с мягкими пшеницами, продуктивности шарозёрных пшениц, включая и Шараду, указывалось и ранее [13]. Соответственно, при сравнительном анализе макромутантной мягкой пшеницы из Шарады с сортообразцами мягкой пшеницы. Наши трёхгодичные результаты исследований очередной раз подтверждают данный факт (таблица 4). Так, по результатам настоящих исследований, масса зерна с колоса у мягких пшениц составляла среднем 2,70 г, что значительно превосходит таковую у шарозёрных (1,63 г), включая и Шараду улучшенную, у которой данный показатель в среднем равнялся 2,15 г. Вместе с тем, следует отметить, что макромутантная мягкая пшеница, в отличие от Шарады улучшенной, имела весьма посредственные производственные показатели среди использовавшихся сортов мягкой пшеницы (2,73 г), что на уровне среднего показателя по мягкой пшенице, отмеченной выше (2,70 г). Можно подчеркнуть, что как минимальный показатель по массе зерна с колоса (сорт Донская лира 2,53 г), так и максимальный (Дон 107 2,81 г), недостоверно отличаются от нашей макромутантной мягкой пшеницы из Шарады (2,73 г). Относительно длины колоса, она у нашей макромутантной пшеницы совпадает со средним показателем, выбранных нами районированных сортообразцов мягкой пшеницы (9,4 см).

Таблица 4 – Структура продуктивности макромутанной мягкой пшеницы из Шарады в сравнение с районированными сортами мягкой пшеницы

Table 4 – Macromouted soft wheat productivity structure from Sharada compared to zoned varieties of soft wheat

Сорта / Varieties	Длина колоса, см / Ear length, cm	Количество в колосе, шт. / Quantity per ear, pcs.		Масса зерна с колоса, г / Weight of grain per ear, g
		Колосков / Spikelets	Зёрен / Grain	
Дон 107 / Don 107	9,6	19,7	61,6	2,81
Донская лира / Donska Lyre	9,3	20,8	64,5	2,53
Безостая 100 / Bezostaya 100	9,7	21,2	59,5	2,74
Ермак / Yermak	9,0	19,2	60,8	2,70
В среднем по мягкой пшенице / Average for soft wheat	9,4	20,2	61,6	2,70
Мягкая пшеница из Шарады / Soft wheat from Sharada	9,4	20,5	57,8	2,73
НСР ₀₅ =	0,4	0,9	10,1	0,43

По количеству колосков в колосе 20,5 шт. макромутантная, за исключением небольшого преимущества над Ермаком (19,2 шт.), вполне на уровне остальных сортов мягкой пшеницы, у которых оно варьирует от 20,8 у Донской лиры до 21,2 шт. у Безостой 100. По числу зёрен, имея наименьшие абсолютные цифры, тем не менее, макромутантная мягкая, им существенно не уступает, в силу того, что разница между ними не недостоверна. В целом у неё вполне средние производственные показатели на фоне районированных, в том числе и стандартных для нашего региона сортов мягкой пшеницы.

Учитывая весьма средние производственные показатели макромутантной мягкой пшеницы из Шарады, естественно, особое внимание привлекают качественные показатели её зерна. Результаты такого анализа представлены в таблице 5. По содержанию белка макромутантная мягкая из Шарады на передовых позициях (14,5%) в сравнении с районированными сортами. Более того, применявшиеся в исследованиях сортообразцы в абсолютном выражении проигрывали нашей макромутантной пшенице. При этом она достоверно превышала по данному показателю только Донскую лиру (12,4%). В основном, превосходство макромутантной мягкой над применяемыми на производстве сортами *T.aestivum* недостоверно. В то же время, следует подчеркнуть, что содержание белка в зерне 14,5% и более, характерно для первой классной сильной пшеницы.

Ещё одно из важнейших достоинств, выделенной мягкой пшеницы из Шарады – это высокое содержание клейковины 38%, что существенно выше, чем у сравниваемых с ней сортов. По крайней мере, содержание клейковины у использовавшихся в этих исследованиях сортов мягкой пшеницы колебалось от 27,3% у Донской лиры до 31,4% у Ермака. В этой связи, опять же можно напомнить, что у первой классной мягкой пшеницы клейковина

должна быть 32%. Следует отметить, что если очень высоким ИДК у шарозёрных пшениц выделилась Ордынка (105 ед.), то у мягких пшениц аналогичный показатель у Ермака (100 ед.). В целом ИДК у сортов мягкой пшеницы достаточно хорошее, потому что наилучшие показатели для ИДК у мягкой пшеницы варьируют в пределах от 45 до 75 ед., то есть, за исключением Ермака, данный показатель на уровне верхнего предела.

Таблица 5 – Качественные показатели зерна у районированных сортов и макромутантной мягкой пшеницы из Шарады

Table 5 – Quality indicators of grain in zoned varieties and macromutant soft wheat from Sharada

Генотип / Genotype	Белок, % ГОСТ 10846-91 / Protein, %	Клейковина, % ГОСТ Р 54478-2011 / Gluten, %	ИДК, ед ГОСТ Р 54478-2011 / IDC, units
Дон 107 / Don 107	13,9	30,9	75
Донская лира / Donska Lyre	12,4	27,3	76
Безостая 100 / Bezostaya 100	13,2	29,7	77
Ермак / Yermak	14,1	31,4	100
В среднем по мягкой пшенице / Average for soft wheat	13,6	29,8	82
Мягкая пшеница из Шарады / Soft wheat from Sharada	14,5	38,0	87
НСР ₀₅ =	1,7	5,3	

На завершающем этапе мы подключили, полученные из наших мутантных форм соответствующие линии. Продукционные характеристики этих линий на фоне средних показателей и исходных форм представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Структура продуктивности макромутантов и созданных на их базе линий, на фоне средних показателей соответствующих видов пшеницы

Table 6 – The structure of productivity of macromutants and lines created on their basis against the background of average indicators of the corresponding wheat species

Сорта / Varieties	Длина колоса, см / Ear length, cm	Количество в колосе, шт. / Quantity per ear, pcs.		Масса зерна с колоса, г / Weight of grain per ear, g
		Колосков / ко- лосков	Зёрен / Grains	
В среднем по шарозерной / On average, on a spherical	6,6	19,5	47,2	1,63
Шарада улучшенная / Improved Sharada	7,2	22,9	54,3	2,15
Линия 1/10-17 / Line 1/10-17	7,2	22,0	62,1	2,33
В среднем по мягкой / On average, on a soft	9,4	20,2	61,6	2,70
Мягкая пшеница из Шарады / Soft wheat from Sharada	9,4	20,5	57,8	2,73
Линия 1/20-21 / Line 1/20-21	11,5	23,4	66,7	3,01
Линия 2/13-19 / Line 2/13-19	10,2	22,5	74,0	3,34
НСР ₀₅ =	1,2	1,3	7,3	0,31

Как уже отмечалось выше, сорта шарозёрных пшениц существенно уступали мягким пшеницам, за исключением числа колосков в колосе, где разница между шарозёрными 19,5 шт. и мягкими 20,2 шт. при НСР₀₅=1,3 недостоверна. По всем другим параметрам превосходство за мягкими пшеницами. Линия шарозёрной пшеницы 1/10-17 достаточно близка по своим продукционным признакам исходной Шараде улучшенной и существенно превышает её лишь по числу зерновок в колосе. Однако по массе зерна с колоса, несмотря на некоторое преимущество, в абсолютном выражении, линии 1/10-17 2,33 г., против 2,15 г у Шарады улучшенной недостоверно. Что касается линий мягкой пшеницы 1/20-21 и 2/13-19, то последняя проявляет некоторое превосходство по числу зерновок в колосе 74 шт. и, соответственно, по массе зерна с колоса 3,34 г по сравнению с исходной макромутантной формой. Наверняка это связано с тем, что данные линии получены с использованием разных родительских генотипов. По край-

ней мере, линия 1/20-21 выделена из относительно близкородственного скрещивание Шарада улучшенная х мягкая из Шарады, сделанное нами, в основном, для закрепления качественных показателей зерна, в то время как линия 2/13-19 отобрана из комбинации Шарада улучшенная х Рассвет 1 и вероятно, поэтому проявила больший гетерозис в продукционных признаках. Следует отметить, что Рассвет 1, это так называемый полный гомолог мягкой пшеницы, полученный нами в своё время из спельтоидного представителя второй филогенетической ветви пшеницы *Triticum kiharae* A^bGD (Б. В. Романов, 1994).

Качественные показатели зерна, как шарозёрной линии 1/10-17, так и линий мягкой пшеницы вполне были на уровне требований для соответствующих видов. Так, линия 1/10-17 по содержанию белка 17% практически равнялась таковому для шарозёрных пшениц и исходной Шарада улучшенной, равно как и линии мягкой пшеницы 1/20-21 15,3% и 2/13-19 14,6% соответствовали показателю исходной мягкой пшеницы из Шарады 14,5% и даже несколько превышали в абсолютном выражении среднее содержание белка 13,6% у использованных в наших опытах мягких пшениц (таблица 7).

Таблица 7 – Качественные показатели зерна
Table 7 – Grain quality indicators

Генотип / Genotype	Белок, % ГОСТ 10846-91 / Protein, %	Клейковина, % ГОСТ Р 54478-2011 / Клейковина, %	ИДК, ед ГОСТ Р 54478-2011 / IDC, units
В среднем по шарозёрной / On average, on a spherical	16,5	45,5	87
Шарада улучшенная / Improved Sharada	16,5	46,6	88
Линия 1/10-17 / Line 1/10-17	17,0	45,7	90
В среднем по мягкой / On average, on a soft	13,6	29,8	82
Мягкая пшеница из Шарады / Soft wheat from Sharada	14,5	38,0	87
Линия 1/20-21 / Line 1/20-21	15,3	37,6	81
Линия 2/13-19 / Line 2/13-19	14,6	35,9	83
НСР ₀₅ =	2,0	7,8	

По содержанию клейковины, линия шарозёрной пшеницы 1/10-17, также четко на уровне среднего показателя по шарозёрным пшеницам и исходной Шарада улучшенной. У линий мягкой пшеницы снижение содержания клейковины, в сравнении с исходной мягкой из Шарады, недостоверны. Однако, средние показатели клейковины районированных сортов мягкой пшеницы несколько ниже, чем у наших изучаемых линий. Следовательно, наша исходная мягкая пшеница из Шарады, равно как и Шарада улучшенная являются хорошим донором для качественных показателей зерна мягкой пшеницы.

В тоже время можно отметить градацию по содержанию белка и клейковины между шарозёрными и мягкими пшеницами. Особенно это заметно по средним показателям использовавшихся в опытах сортообразцов. Примиряющим для этих видов пшениц служит ИДК, которое независимо от того, что это представитель шарозёрной пшеницы или мягкой, изменяется от 81 ед. у линии мягкой пшеницы 1/20-21 до 90 ед. у линии 1/10-17 шарозёрной пшеницы.

Таким образом, изучаемые макромутантные формы, показали вполне хорошие результаты. У Шарада улучшенной, несмотря на ее, более крупные зерновки и несколько большую продуктивность, качественные показатели зерна четко соответствуют средним по шарозёрным пшеницам, то есть оно практически не снизилось. Макромутантная мягкая пшеница, имея средние продукционные показатели, тем не менее, по качественным показателям зерна на передовых позициях среди сравниваемых с нею сортообразцов. По-видимому, её высокие качественные показатели определяются происхождением из шарозёрной Шарады.

Выводы. Благодаря воздействию колхicina из исходного сорта шарозёрной пшеницы Шарада получены макромутантные Шарада улучшенная и мягкая пшеница. Шарада улучшенная существенно превышала исходную Шараду, и имеющиеся на данный момент, другие райо-

нированные сорта шарозёрных пшеницы. Несмотря на более высокие продукционные признаки, качественные характеристики зерна её соответствовали шарозёрным пшеницам, включая исходную Шараду. Выщипившаяся макромутантная мягкая пшеница, по своим продукционным показателям не превышала сорта мягких пшениц, но обладала лучшим качеством зерна, которое она, по-видимому, унаследовала от исходной шарозёрной формы. Следовательно, Шарада улучшенная может вполне использоваться как исходный селекционный материал для повышения продуктивности имеющихся сортов шарозёрной пшеницы. Макромутантная мягкая как улучшитель качества зерна у мягких пшениц.

Conclusions. Due to the effect of colchicine, macromutant Charades improved and soft wheat are obtained from the original Sharad spherical wheat. The improved charade significantly exceeded the original charade and, currently available, other zoned varieties of spherical wheat. Despite higher production characteristics, its qualitative characteristics corresponded to spherical wheat, including the original Sharad. The cleaved macromutant soft wheat, in terms of production indicators, did not exceed the soft wheat variety, but had the best quality of grain, which it apparently inherited from the original spherical form. Therefore, Sharada improved can be quite used as a source selection material to increase the productivity of existing varieties of spherical wheat. Macromutant soft as a grain quality improver in soft wheat.

Библиографический список

1. Адонина И. Г., Тимонова Е. М., Салина Е. А. Интрогрессивная гибридизация мягкой пшеницы: результаты и перспективы. Генетика. 2021. Т. 57. № 4. С. 384-402.
2. Leonova I. N., Skolotneva E. S., Orlova E. A., Salina E. A., Orlovskaya O. A. Detection of genomic regions associated with resistance to stem rust in Russian spring wheat varieties and breeding germplasm. International Journal of Molecular Sciences. 2020. V. 21. № 13. Pp. 1-13.
3. Давоян Р. О., Бебякина И. В., Давоян Э. Р., Миков Д. С., Зубанова Ю. С., Болдаков Д. М., Бадаева Е. Д., Адонина И. Г., Салина Е. А., Зинченко А. Н. Создание и изучение интрогрессивных линий мягкой пшеницы, полученных на основе синтетической формы RS7. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23 (7). С. 827-835.
4. Хакимова А. Г., Губарева Н. К., Кошкин В. А., Митрофанова О. П. Генетическое разнообразие и селекционная ценность синтетической гексаплоидной пшеницы, привлеченной в коллекцию ВИР. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 6. С. 108-115.
5. Ворончихин В. В., Пыльнев В. В., Рубец С. В. Урожайность и элементы структуры урожая коллекции озимой гексаплоидной тритикале в центральном районе Нечерноземной зоны. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 69-81.
6. Грабовец А. И., Фоменко М. А. Стабильность урожаев в широком диапазоне сред – основной параметр при селекции озимой пшеницы. Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 5. С. 3-7.
7. Стасюк А. И., Леонова И. Н., Пономарёва М. Л. и др. Фенотипическая изменчивость селекционных линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по элементам структуры урожая в экологических условиях Западной Сибири и Татарстана. Сельскохозяйственная биология. 2021. № 1. С. 78-91.
8. Грабовец А. И., Барулина Н. И. Принципы управления наследственностью при селекции озимого тритикале на Дону. Тритикале. Селекция, генетика, агротехника и технологии переработки сырья. Ростов-на-Дону, 2021. С. 5-18.
9. Сандухадзе Б. И., Маммедов Р. З., Крахмалева М. С., Бугрова В. В. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы, элементы структуры и адаптивные свойства в условиях Нечерноземной зоны. Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 3 (39). С. 17-22.
10. Романов Б. В., Козлов А. А., Парамонов А. В., Сорокина И. Ю. Сравнительный анализ продукционных признаков озимых сортов шарозёрной и мягкой пшениц. Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 1(45). С. 82-88.
11. Романов Б. В., Пимонов К. И. Феномогеномика продукционных признаков видов пшеницы: монография. Персиановский, 2018. 188 с.
12. Парамонов А. В., Федюшкин А. В., Пасько С. В., Медведева В. И. Влияние систематического применения удобрений в девятипольном зернопаропропашном севообороте на баланс гумуса (C) в черноземе обыкновенном. Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 9. С. 9-11.

References

1. Adonina I. G., Timonova E. M., Salina E. A. Introgressive hybridization of soft wheat: results and prospects. Genetics. 2021. T. 57. № 4. Pp. 384-402.
2. Leonova I. N., Skolotneva E. S., Orlova E. A., Salina E. A., Orlovskaya O. A. Detection of genomic regions associated with resistance to stem rust in Russian spring wheat varieties and breeding germplasm. International Journal of Molecular Sciences. 2020. V. 21. № 13. Pp. 1-13.
3. Davoyan R. O., Bebyakina I. V., Davoyan E. R., Mikov D. S., Zubanova Y. S., Boldakov D. M., Badaeva E. D., Andonina I. G., Salina E. A., Zinchenko A. N. Creation and Study of Introgressive Lines of Soft Wheat Derived from the Synthetic Form of RS7. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. № 23 (7). Pp. 827-835.
4. Khakimova A. G., Gubareva N. K., Koshkin V. A., Mitrofanova O. P. Genetic diversity and breeding value of synthetic hexaploid wheat, attracted to the VIR collection. Vavilovsky Journal of Genetics and Selection. 2019. № 23 (6). Pp. 108-115.

5. Voronchikhin V. V., Pylnev V. V., Rubets S. V. Yield and crop structure elements of a collection of winter hexaploid triticale in the central region of the Non-Chernozem zone. *News of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2018. № 1. Pp. 69-81.
6. Grabovets A. I., Fomenko M. A. The stability of yields in a wide range of media is the main parameter in the selection of winter wheat. *Russian agricultural science*. 2020. № 5. Pp. 3-7.
7. Stasyuk A. I., Leonova I. N., Ponomareva M. L., et al. Phenotypic variability of breeding lines of soft wheat (*Triticum aestivum* L.) by elements of crop structure in ecological conditions of Western Siberia and Tatarstan. *Agricultural biology*. 2021. № 1. Pp. 78-91.
8. Grabovets A. I., Barulina N. I. Principles of inheritance management in the selection of winter triticale on the Don. *Triticale. Selection, genetics, agricultural engineering and raw material processing technologies*. Rostov-on-Don, 2021. Pp. 5-18.
9. Sandukhadze B. I., Mammedov R. Z., Krakhmaleva M. S., Bugrova V. V. Yield of winter soft wheat varieties, structural elements and adaptive properties in the conditions of the Non-Chernozem zone. *Leguminous and cereal crops*. 2021. № 3 (39). Pp. 17-22.
10. Romanov B. V., Kozlov A. A., Paramonov A. V., Sorokina I. Yu. Comparative analysis of the production characteristics of winter varieties of ball and soft wheat. *Leguminous and cereal crops*. 2023. № 1(45). Pp. 82-88.
11. Romanov B. V., Pimonov K. I. Phenomogenomics of production signs of wheat species: monograph. *Persianovsky*, 2018. 188 p.
12. Paramonov A. V., Fedyushkin A. V., Pasko S. V., Medvedeva V. I. The influence of systematic application of fertilizers in nine-dimensional grain-row crop rotation on the balance of humus (C) in ordinary chernozem. *Achievements in science and technology of the agro-industrial complex*. 2018. V. 32. № 9. Pp. 9-11.

Информация об авторах

Романов Борис Васильевич, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сельскохозяйственных культур, ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, д. 1), e-mail: triticumrbw@mail.ru

Козлов Александр Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции и генетики сельскохозяйственных культур, ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, д. 1), e-mail: kozlov86@bk.ru

Парамонов Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сельскохозяйственных культур, ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, д. 1), e-mail: alexandr191914@mail.ru

Author's Information

Romanov Boris Vasilievich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Laboratory of Crop Selection and Genetics of Federal Rostov Agrarian Research Center (Russian Federation, 346735, Rostov Region, Aksai District, Rassvet Village, Institutskaya St., 1), e-mail: triticumrbw@mail.ru

Kozlov Aleksander Aleksandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Crop Selection and Genetics of Federal Rostov Agrarian Research Center (Russian Federation, 346735, Rostov Region, Aksai District, Rassvet Village, Institutskaya St., 1), e-mail: kozlov86@bk.ru

Paramonov Aleksander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Laboratory of Crop Selection and Genetics of Federal Rostov Agrarian Research Center (Russian Federation, 346735, Rostov Region, Aksai District, Rassvet Village, Institutskaya St., 1), e-mail: alexandr191914@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-14

LONG-TERM DYNAMICS OF OPEN SAND AREAS IN THE ASTRAKHAN VOLGA REGION ACCORDING TO REMOTE SENSING DATA

Doroshenko V. V., Melihova A. V.

*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: doroshenko-vv@vfanc.ru

Received 23.11.2023

Submitted 25.12.2023

This work was carried out within the framework of the state task of research in the FSC of Agroecology RAS FNFE-2024-0009 "Desertification of territories of arid, subarid and dry subhumid regions, mapping of the current state and dynamics of land desertification, modeling and forecasting of desertification processes, for planning the restoration of degraded lands using geoinformation technologies and aerospacemethods in conditions of increasing droughts, sand and dust storms"

Summary

The article presents an analysis of the relationship of climatic data with the dynamics of the areas of open sand massifs identified using remote sensing data in the south of the Astrakhan Volga region over the last decade (2014-2023).

Abstract

Introduction. Throughout the entire territory of the Caspian lowland, including the Astrakhan Trans-Volga region, in recent years there has been an increase in the frequency and intensification of dust storms, while winds reaching deflation-dangerous speeds also lead to an increase in the areas occupied by open sands. The aim of the work was to study the dynamics of the areas of open sands for 2014-2023 and the influence of climatic factors (precipitation and wind conditions) on it. **Object.** The study was conducted on the territory of the Kharabalinsky and Krasnoyarsk districts of the Astrakhan region (south of the Astrakhan Volga region). The territory is characterized by a flat relief and belongs to the dry-steppe and semi-desert natural zones. **Materials and methods.** Mapping was carried out on the basis of visual interpretation of satellite images "Landsat-8, 9" (in "natural colors" and with the addition of IR) for the end of August and beginning of September. Data on wind conditions, dust storms and annual precipitation amounts from weather stations in Dosang and Kharabali were used. "QGIS" and "MS Excel" were used for processing raster, vector and statistical data. **Results and conclusions.** According to the results of decryption, a total of 524 thousand hectares of open sands were identified for the entire period of the study (more than 160 thousand objects). The largest areas of open sands were identified in 2020, the smallest – in 2023. A strong positive relationship between the area of sand massifs and climatic factors (critical wind speeds and dust storms) was revealed. The reduction of the visible deciphered area of sands is associated with the growth of psammophytes, mainly annual. The results of the study are applicable in further studies of desertification in the Astrakhan region and adjacent regions, as well as in the development of reclamation measures.

Keywords: open sands, dust storms, sand massifs, desertification, remote sensing of lands.

Citation. Doroshenko V. V., Melihova A. V. Long-term dynamics of open sand areas in the Astrakhan Volga region according to remote sensing data. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 135-143 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-14.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.47

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПЛОЩАДЕЙ ОТКРЫТЫХ ПЕСКОВ В АСТРАХАНСКОМ ЗАВОЛЖЬЕ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Дорошенко В. В., младший научный сотрудник
Мелихова А. В., лаборант-исследователь

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР FNFE-2024-0009 «Опустынивание территорий аридных, субаридных и сухих субгумидных регионов, картографирование современного состояния и динамики опустынивания земель, моделирование и прогнозирование процессов опустынивания, для планирования восстановления деградированных земель с применением геоинформационных технологий и аэрокосмических методов в условиях усиливающихся засух, песчаных и пыльных бурь»

Актуальность. На всей территории Прикаспийской низменности, включая Астраханское Заволжье, в последние годы отмечается учащение и интенсификация пыльных бурь, при этом к росту площадей, занятых открытыми песками, также приводят ветра, достигающие дефляционно-опасных скоростей. Целью работы являлось изучение динамики площадей открытых песков за 2014-2023 гг. и влияния на нее климатических факторов (осадков и ветрового режима). **Объект.** Исследование проводилось на территории Харабалинского и Красноярского районов Астраханской области (юг Астраханского Заволжья). Территория характеризуется равнинным рельефом и относится к сухостепной и полупустынной природным зонам. **Материалы и методы.** Картографирование проводилось на основе визуального дешифрирования спутниковых снимков «Landsat-8, 9» (в «естественных цветах» и с добавлением ИК) за конец августа и начало сентября. Использовались данные о ветровом режиме, пыльных бурях и годовых суммах осадков с метеостанций в п. Досанг и г. Харабали. Для обработки растровых, векторных и статистических данных использовались «QGIS» и «MS Excel». **Результаты и выводы.** По результатам дешифрирования выявлено суммарно 524 тыс. га открытых песков за весь период исследования (более 160 тыс. объектов). Наибольшие площади открытых песков выявлены в 2020 г., наименьшие – в 2023 г. Выявлена сильная положительная связь площади песчаных массивов с климатическими факторами (критическими скоростями ветров и пыльными бурями). Сокращение

видимой дешифрируемой площади песков связано с ростом псаммофитов, преимущественно, однолетних. Результаты исследования применимы при дальнейших исследованиях опустынивания в Астраханской области и смежных регионах, а также при разработке мелиоративных мероприятий.

Ключевые слова: открытые пески, пыльные бури, песчаные массивы, опустынивание, дистанционное зондирование земель.

Цитирование. Дорошенко В. В., Мелихова А. В. Многолетняя динамика площадей открытых песков в Астраханском Заволжье по данным дистанционного зондирования. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 135-143. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-14.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В сухостепной и полупустынной зонах, к которым относится Астраханское Заволжье, последствия пыльных бурь, проявляющиеся в формировании песчаных массивов и выдувании почв с легким гранулометрическим составом, являются труднообратимыми. Помимо возрастающей аридизации климата, на всей Прикаспийской низменности отмечается увеличение частоты и интенсивности пыльных бурь [3, 7, 13]. Выявление взаимосвязи климатических факторов и динамики площадей открытых песков в аридных регионах в условиях интенсивной антропогенной нагрузки является актуальной задачей, в связи с чем существует потребность в методике достоверного и оперативного выявления изменений площадей и конфигурации песчаных массивов в различных климатических условиях. В большей мере научные работы, касающиеся северо-западного Прикаспия, охватывают лишь правобережье Волги; нами рассматривается южная часть левобережья (Красноярский и Харабалинский районы Астраханской области).

Цель исследования заключалась в оценке динамики площадей открытых песков за последнее десятилетие и выявлении взаимосвязи с климатическими факторами (ветровым режимом и атмосферными осадками).

Материалы и методы. Южное Астраханское Заволжье, являющееся территорией исследования, относится к Прикаспийской низменности и имеет соответствующий данному региону рельеф – представляет собой пологую равнину с заметным уклоном к Каспийскому морю (от 3 до – 24 метров над уровнем моря); значительная часть изучаемой территории лежит ниже уровня моря [9]. Такой рельеф в совокупности с широким распространением низкорослой (травянистой и кустарниковой) растительности не способен задерживать ветровые потоки, что способствует формированию пыльных бурь [6, 8]. Помимо процессов опустынивания, на данной территории также широко распространено засоление в связи с трансгрессиями Каспийского моря в геологическом прошлом, что проявляется в распространении небольших соленых озер и соровых понижений [4]. Административно рассматриваемая территория охватывает Харабалинский и Красноярский муниципальные районы Астраханской области, которые граничат с Республикой Казахстан, где тоже наблюдаются негативные последствия пыльных бурь [11].

В качестве исходного материала для дешифрирования были выбраны космические снимки «Landsat-8, 9» с пространственным разрешением 30 м. При этом минимальный размер объекта ограничен разрешением космического снимка (размером пикселя на местности) и составляет 0,09 га, что достаточно для дешифрирования даже небольших очагов опустынивания или сформировавшихся в понижениях песчаных наносов [3]. Дешифрирование проводилось визуальным способом с последующей корректировкой по результатам полевой верификации. Использовались спутниковые снимки за конец августа и начало сентября каждого года (с учетом повторяемости съемки и облачного покрова) в комбинации «естественные цвета» и искусственной комбинации с добавлением ИК-канала для уточнения границ песчаных массивов (рисунок 1) [10].

При дешифрировании учитывались ранее полученные данные о пространственном распределении соровых понижений на территории исследования, чтобы исключить искажения в полученных данных о площадях и пространственном распределении песчаных массивов [4]. Дифференциация соровых понижений и открытых песков представляет сложную задачу при применении полуавтоматических методов дешифрирования, поскольку

спектральные характеристики засоленных участков и участков, занятых песками, схожи; при визуальном дешифрировании различить соры и пески проще, поскольку структура и оттенок изображения различны – пески обладают желтоватым оттенком и менее однородной структурой, а также менее четкими границами [1, 2].

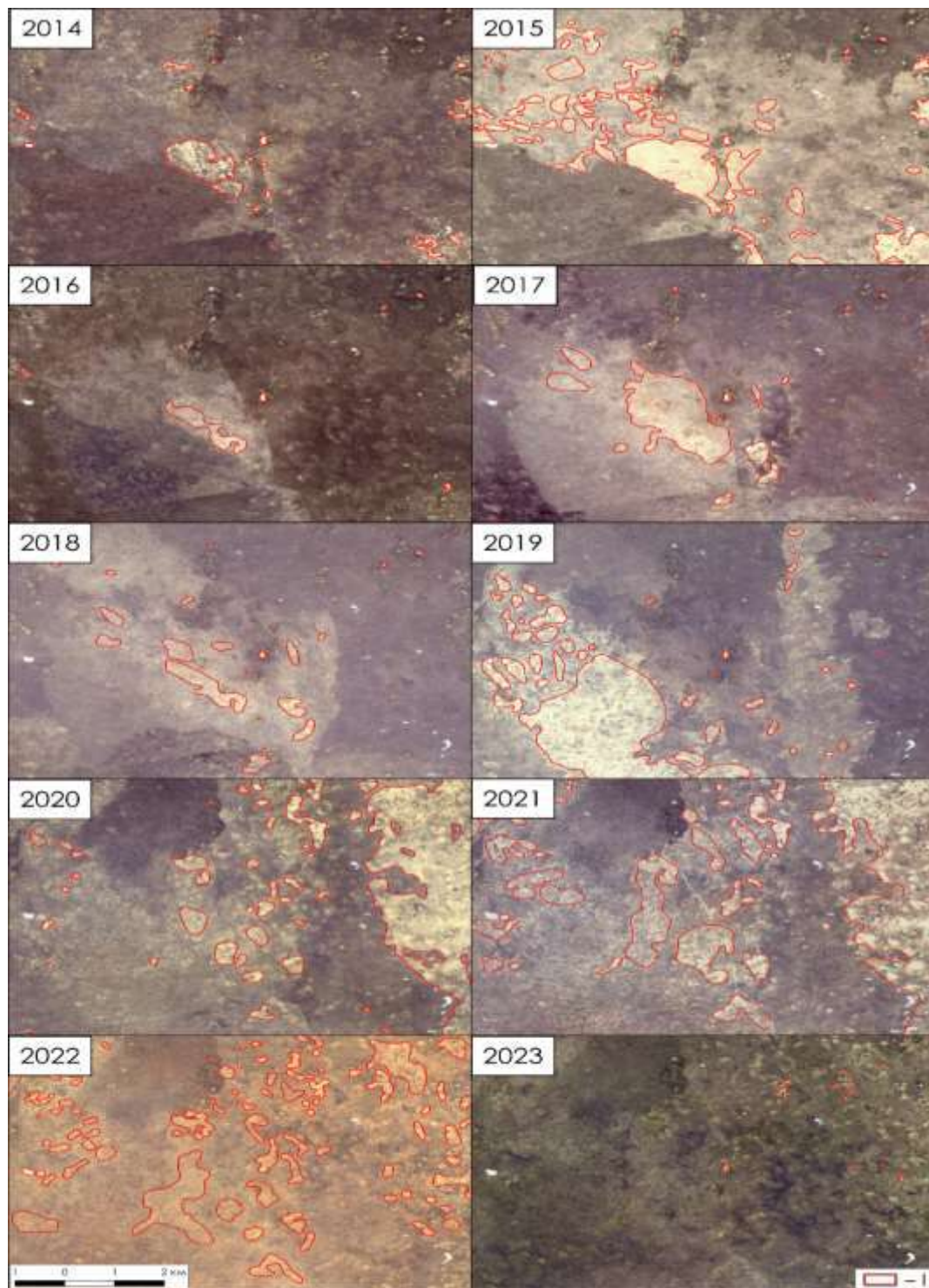


Рисунок 1 – Пример динамики площади песчаных массивов за изучаемый период (I – контур массивов открытых песков; фрагмент КС «Landsat-8», Красноярский район, 47.0012° с.ш., 48.6638° в.д.)
Figure 1 – An example of the dynamics of the area of sand massifs during the study period (I – contour of open sand massifs; fragment of the SI "Landsat-8", Krasnoyarsk region, 47.0012° n.l., 48.6638° e.l.)

Данные о годовых суммах осадков, скоростях ветра и пыльных бурях были получены с сайта «Погода и климат» (<http://www.pogodaiklimat.ru/>). Использованы данные для метеостанций в п. Досанг (Красноярский район) и г. Харабали (Харабалинский район), находящихся на территории исследования. Пыльные бури определяются по наличию отметки «пыльная буря» в разделе «Погодные явления»; по данным о средней скорости ветра в сутки отмечены дни, когда достигались критические скорости ветра (7 м/с), принятые за точку начала дефляции на легких почвах. Суммы осадков были рассчитаны как среднее для данных по обеим метеостанциям. На территории Астраханского Заволжья ярко выражена континентальность климата с небольшим количеством осадков, значительными сезонными колебаниями температур [5, 12].

Подготовка материалов космической съемки для визуального дешифрирования, а также подсчеты пространственных характеристик проводились в геоинформационном ПО «QGIS». Статистическая обработка результатов дешифрирования и климатических данных проводилась в MS «Excel».

Результаты и обсуждение. Проведенное дешифрирование материалов космической съемки за десятилетний период позволило выявить почти 167 тыс. песчаных массивов общей площадью 523,8 тыс. га. Количественные результаты дешифрирования приведены в таблице 1.

Всего за период исследования по данным сайта «Погода и климат» зарегистрировано 122 дня с критической скоростью ветра, из них 48 дней с отметкой «пыльная буря» (12 пыльных бурь длительностью от 1 до 4 дней). Необходимо отметить, что в августе 2022 г. при прохождении четырехдневной пыльной бури на метеостанции в г. Досанг было отмечено только 2 дня со скоростями ветра, превышающими 7 м/с. При этом корреляция между количеством дней с критической скоростью ветра и выявленной по результатам дешифрирования площадью открытых песков составляет 0,74 (высокая положительная корреляция), а корреляция между количеством дней с отметкой «пыльная буря» и площадью песков – 0,78 (высокая положительная корреляция).

Таблица 1 – Количественные результаты дешифрирования открытых песков и анализа климатических данных

Table 1 – Quantitative results of decryption of open sands and analysis of climate data

Год исследования / Year of Study	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Площадь открытых песков, тыс. га / Area of open sands, thousand hectares	71,1	83,8	32,8	23,9	20,3	17,1	89,8	85,7	84,5	14,8
Кол-во объектов / Number of objects	14945	10149	6851	20056	18862	17506	22220	20979	18247	17365
Средняя площадь объекта, га / Average area of the object, hectares	4,8	8,3	4,8	1,2	1,1	2,3	4,0	4,1	4,6	0,9
Кол-во дней с критической скоростью ветра / Number of Days with Critical Wind Speed	15	15	7	8	14	4	21	11	19	10
Кол-во дней с пыльными бурями / Number of days with dust storms	6	6	-	2	6	1	6	11	7	-

При сокращении площадей открытых песков (2017-2019 гг.) наблюдается рост количества объектов и уменьшение их средней площади, что свидетельствует о дифференциации крупных массивов на более мелкие при распространении растительности. В дальнейшем под действием ветров возрастает и количество объектов, и их средняя площадь, что может свидетельствовать о развевании существующих на тот момент очагов опустынивания [3]. В 2023 г. зарегистрирована наименьшая площадь открытых песков, что связано с отсутствием в этом году пыльных бурь (по состоянию на ноябрь 2023 г.), концентрацией дней с критическими скоростями ветра в поздневесенний период и снижением среднесуточных скоростей ветра в сухой летний период, а также достаточным увлажнением в 2022 и 2023 г. (рисунок 2). Снижение количества дней, когда скорости ветра достигали дефляционно-опасной отметки, и регулярное увлажнение способствует прорастанию семян травянистых растений, принесенных с ветром в предыдущем году. Как правило, это однолетники (например, солянка сорная (*Salsola tragus* L.), паслен рогатый (*Solanum cornutum* Lam.) и т.д.), которые не способствуют настоящему зарастанию песков и представляют малую ценность в хозяйственном отношении, но визуально сокращают дешифрируемую по космическим снимкам площадь открытых песков. При отмирании они сбрасывают семена, которые в следующем году повысят распространение растений и сократят дешифрируемую площадь песков. Несмотря на практически постоянное ветровое воздействие на открытые пески, под действием пыльных бурь площади массивов изменяются резко и сохраняются приблизительно на одном уровне в течение нескольких лет подряд. Так, в 2016 г. отмечено 7 дней с критическими скоростями ветров, не отмечались пыльные бури, а годовая сумма осадков была больше, чем в предыдущие годы, что привело к сокращению площадей песков в 2,5 раза, причем приблизительно пропорционально в обоих районах исследования, несмотря на то, что территория Красноярского района в большей степени подвержена влиянию пыльных бурь и образованию тонких слоев песчаных наносов на значительных территориях; в 2017 году было отмечено всего два дня с пыльной бурей и 8 дней с дефляционно-опасными ветрами. В 2020 резкому росту площадей песков способствовала двухдневная пыльная буря, зарегистрированная в марте, когда проективное покрытие травянистой растительности мало, причем предварял эту бурю 1 день с критической скоростью ветра, а также в этом году зарегистрировано наименьшее за весь период исследования количество осадков. В 2021 и 2022 г. такие высокие площади поддерживались ранневесенними сильными ветрами и бурями (март и начало апреля), а также в 2022 г. была зарегистрирована продолжительная песчаная буря в августе (4 дня подряд), т.е. непосредственно перед датой съемки.

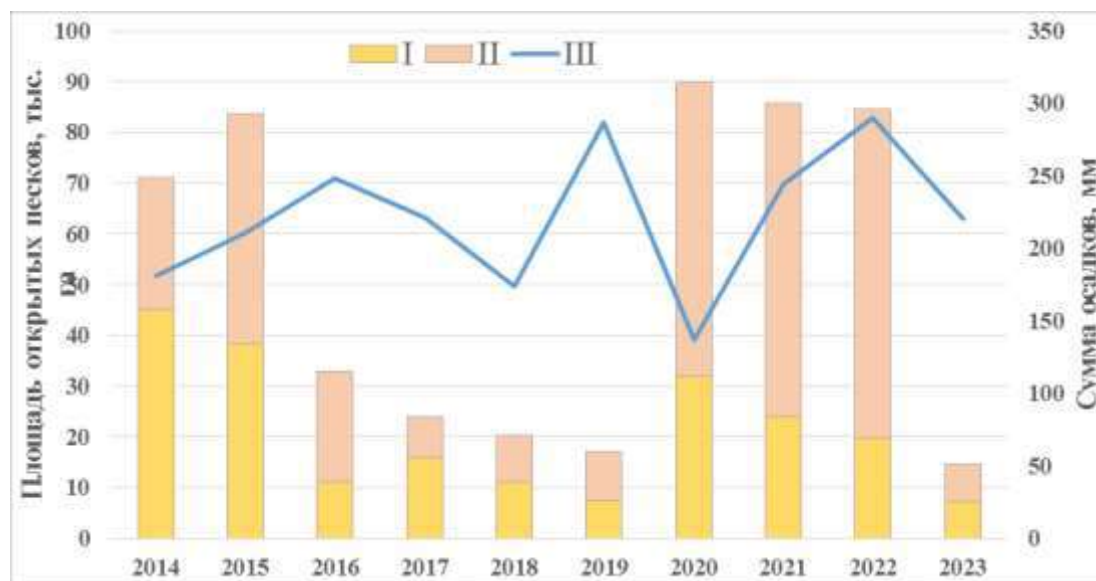


Рисунок 2 – Площади открытых песков за исследуемый период (I – на территории Харабалинского района, II – на территории Красноярского района) и годовые суммы осадков (III)

Figure 2 – Areas of open sands during the study period (I – on the territory of the Kharabalinsky district, II – on the territory of the Krasnoyarsk district) and annual precipitation amounts (III)

Анализ климатических данных показал, что площади открытых песков имеют большую зависимость от ветрового режима (сильная положительная корреляция), чем от атмосферных осадков. В 2016-2019 гг. отмечено значительное количество осадков при низкой площади открытых песков, но при этом наибольшее количество осадков за исследуемый период зарегистрировано в 2022 г. при одной из самых высоких площадей открытых песков. При этом необходимо отметить, что значительное сокращение годовых сумм осадков может привести к снижению фитомассы и увеличению площадей участков открытой почвы, подверженной дефляции.

Рост доли площадей песков на территории Красноярского района связан с формированием крупных песчаных массивов на юго-востоке территории исследования в результате ветрового воздействия (рисунок 3). В каждый год рассматриваемого периода количество дней с отмеченными дефляционно-опасными скоростями ветра на метеостанции в п. Досанг (Красноярский район) превышало количество таких отметок на метеостанции в г. Харабали в 2 и более раз, что отражается в больших площадях песков эолового происхождения и их большей динамике, т.к. песчаные массивы на территории Харабалинского района чаще сосредоточены вблизи скотоводческих точек и имеют меньшую зависимость от ветрового режима. Несмотря на то, что площадь крупнейших участков, занятых открытыми песками, варьирует от 21 тыс. га до 0,3 тыс. га в разные годы, о характере пространственного распределения песков сигнализирует доля объектов с площадью более 1 000 га: если в 2020 г. (год с наибольшей площадью открытых песков) их доля составляет 55% от общей площади, постепенно понижаясь (51% в 2021 и 32% в 2022 г.), то в 2023 г. объектов крупнее 300 га уже не зафиксировано. Это означает, что в результате временного покрытия песчаных массивов различными псаммофитами и иными неприхотливыми растениями, чаще всего, сорными в пастбищном отношении однолетниками, и дальнейшего зарастания значительные площади сплошных песков эолового происхождения разбиваются на отдельные массивы.

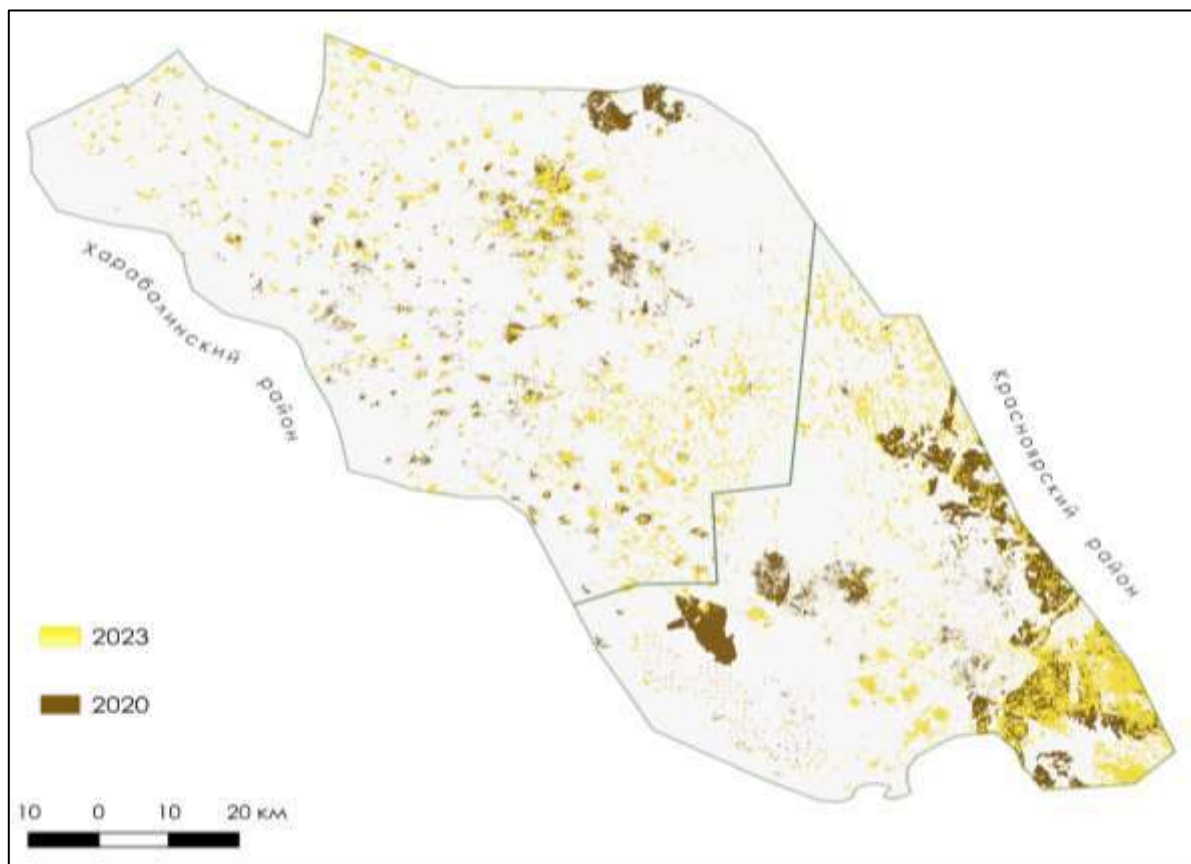


Рисунок 3 – Пространственное положение массивов открытых песков в 2023 г. (минимальная площадь) и в 2020 г. (максимальная площадь)

Figure 3 – Spatial position of open sand massifs in 2023 (minimum area) and in 2020 (maximum area)

В 2021-2023 гг. проводились полевые исследования для наземной верификации результатов дешифрирования материалов спутниковой съемки – спектрорадиометрирование открытых и заросших песков для создания эталонов спектральных характеристик, уточнение границ песчаных массивов и обследование засыпанных песками сорных понижений, фотофиксация последствий пыльных бурь, а также определение видового состава растительности на песках. Результаты экспедиций показали, что верная идентификация открытых песков при визуальном дешифрировании превышает 95%.

Заключение. Всего за период 2014-2023 г. по результатам дешифрирования выявлено более 520 тыс. га открытых песков; максимальная площадь зарегистрирована в 2020 г. (89,8 тыс. га), минимальная – в 2023 г. (14,8 тыс. га). В течение декады трижды наблюдалось значительное изменение площадей – спад в 2,5 раза в 2016 г., резкое увеличение более чем в 5 раз в 2020 г. и еще одно снижение в 6 раз в 2023 г. Проведенный анализ климатических данных позволил выявить сильную зависимость ($r = 0,7$) дешифрируемых площадей открытых песков от ветрового режима на территории исследования, тогда как значимой зависимости от годовых сумм осадков выявлено не было.

Полученные результаты могут быть использованы при более углубленном изучении взаимосвязей климатических факторов и процессов опустынивания, а также при планировании фитомелиоративных мероприятий в регионе.

Conclusions. In total, over the period 2014-2023, according to the results of decryption, more than 520 thousand hectares of open sands were identified; the maximum area was registered in 2020 (89.8 thousand hectares), the minimum – in 2023 (14.8 thousand hectares). During the decade, a significant change in the area was observed three times – a decline of 2.5 times in 2016, a sharp increase of more than 5 times in 2020 and another decrease of 6 times in 2023. The analysis of climatic data revealed a strong dependence ($r = 0.7$) of the deciphered areas of open sands on the wind regime in the study area, while no significant dependence on the annual precipitation amounts was revealed.

The results obtained can be used in a more in-depth study of the interrelationships of climatic factors and desertification processes, as well as in the planning of land reclamation activities in the region.

Библиографический список

1. Берденгалиева А. Н., Дорошенко В. В. Пространственное распределение сорных понижений на юге европейской России по данным дистанционного зондирования. Научно-агрономический журнал. 2022. № 4 (119). С. 6-11.
2. Дорошенко В. В. Геоинформационное картографирование сорных понижений и солончаков в Ставропольском крае. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 553-561.
3. Дорошенко В. В. Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае. Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 31-36.
4. Дорошенко В. В., Мелихова А. В. Оценка проявлений опустынивания в Астраханском Заволжье по данным дистанционного зондирования Земли. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 239-246.
5. Календжян Т. В. Региональные особенности климата Астраханской области. Современные проблемы географии: межвузовский сборник научных трудов. Астрахань: Астраханский государственный университет, 2019. Т. 4. С. 132-135.
6. Кравченко А. С., Юферев В. Г., Шинкаренко С. С. Геоинформационный анализ ландшафтов астраханского Заволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 154-163.
7. Кулик К. Н., Петров В. И., Юферев В. Г., Ткаченко Н. А., Шинкаренко С. С. Геоинформационный анализ опустынивания северо-западного Прикаспия. Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 16-24.
8. Лепеско В. В., Рыбашлыкова Л. П. Современное состояние и эколого-мелиоративное значение древесно-кустарниковых экосистем на закрепленных песках Астраханского Заволжья. Мелиорация. 2019. № 2 (88). С. 69-72.
9. Мелихова А. В. Геоинформационный анализ рельефа Астраханского Заволжья. Природные системы и ресурсы. 2023. Т. 13. № 1. С. 39-43.
10. Мелихова А. В. Картографирование процессов опустынивания в Астраханском Заволжье с применением ГИС-технологий. Научно-агрономический журнал. 2023. № 3 (122). С. 40-45.
11. Стамбеков М. Д., Полякова С. Е. Метеорологические условия возникновения штормового ветра и пыльной бури в Атырауской области в январе 2021 г. Географический вестник. 2021. № 3(58). С. 130-141.
12. Тютюма Н. В., Булахтина Г. К. Проблема опустынивания аридной зоны Астраханской области в условиях изменения климата и повышенного антропогенного воздействия. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 68-70.
13. Шинкаренко С. С., Барталев С. А. Оценка площади опустынивания на юге европейской части России в 2021 г. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 4. С. 291-297.

References

1. Berdengalieva A. N., Doroshenko V. V. Spatial distribution of sor depressions in the south of European Russia according to remote sensing data. Scientific and Agronomic Journal. 2022. № 4 (119). Pp. 6-11.
2. Doroshenko V. V. Geoinformation mapping of sor depressions and salt marshes in the Stavropol territory. Izvestiya NV Auk. 2022. № 4 (68). Pp. 553-561.

3. Doroshenko V. V. Geoinformation analysis of the development of desertification processes in the Stavropol Territory. Scientific and Agronomic Journal. 2022. № 3 (118). Pp. 31-36.
4. Doroshenko V. V., Melikhova A. V. Assessment of desertification manifestations in the Astrakhan Volga region according to remote sensing data. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and Higher professional education. 2023. № 2 (70). Pp. 239-246.
5. Kalendzhyan T. V. Regional climate features of the Astrakhan region. Modern problems of geography: Interuniversity collection of scientific papers. Astrakhan: Astrakhan State University, 2019. V. 4. Pp. 132-135.
6. Kravchenko A. S., Yuferev V. G., Shinkarenko S. S. Geoinformation analysis of landscapes of the Astrakhan Volga region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and Higher professional education. 2017. № 4 (48). Pp. 154-163.
7. Kulik K. N., Petrov V. I., Yuferev V. G., Tkachenko N. A., Shinkarenko S. S. Geoinformational analysis of desertification of the northwestern Caspian. Arid ecosystems. 2020. Vol. 26. No. 2 (83). Pp. 16-24.
8. Lepesco V. V., Rybashlykova L. P. The current condition and ecological ameliorative value of tree and shrub ecosystems on the fixed sands of the Astrakhan Volga region. Land reclamation. 2019. № 2 (88). Pp. 69-72.
9. Melikhova A. V. Geoinformation analysis of the relief of the Astrakhan Volga region. Natural systems and resources. 2023. Vol. 13. No. 1. Pp. 39-43.
10. Melikhova A. V. Mapping of desertification processes in the Astrakhan Volga region using GIS technologies. Scientific and Agronomic Journal. 2023. № 3 (122). Pp. 40-45.
11. Stambekov M. D., Polyakova S. E. Meteorological conditions of storm wind and dust storm in Atyrau region in January 2021. Geographical Bulletin. 2021. № 3 (58). Pp. 130-141.
12. Tyutyuma N. V., Bulakhtina G. K. The problem of desertification of the arid zone of the Astrakhan region in the conditions of climate change and increased anthropogenic impact. Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2016. No. 67. Pp. 68-70.
13. Shinkarenko S. S., Bartalev S. A. Assessment of the area of desertification in the south of the European part of Russia in 2021. Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2021. Vol. 18. No. 4. Pp. 291-297.

Информация об авторах

Дорошенко Валерия Витальевна, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), e-mail: doroshenko-vv@vfanc.ru

Мелихова Алина Владимировна, лаборант-исследователь лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), e-mail: melihova-a@vfanc.ru

Author's Information

Doroshenko Valeria Vitalievna, Junior Researcher, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes of the Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 97), e-mail: doroshenko-vv@vfanc.ru

Melikhova Alina Vladimirovna, Research assistant, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes of the Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 97), e-mail: melihova-a@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-15

THE INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON DESERTIFICATION PROCESSES ON THE EXAMPLE OF THE TEREK-KUMA LOWLAND

Romanov V. A.

*Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: romanovvladislav1996@yandex.ru

Received 01.09.2023

Submitted 20.11.2023

The work was carried out within the framework of the state task of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences No. 122020100405-9 "Cartographic modeling of the state, functioning and dynamics of processes of desolate territories using information technologies"

Summary

The article presents the results of calculating the correlation between climatic factors and the dynamics of desertification. The data indicates an inverse and moderately strong correlation of -0.61. This means that as the GTK coefficient decreases, desertification area tends to increase. Conversely, during 2016 and 2019 when the GTK coefficient increased, there was a decrease in desertification area.

Abstract

Introduction. Desertification is one of the main environmental problems in the south of Russia. To successfully combat desertification, it is required to identify all possible factors that affect the dynamics of land desertification. The article presents data on changes in the area of desertification, a study was conducted to identify the correlation between climate data and the area of desertification. **Object.** territory of the Terek-

Kuma lowland. **Materials and methods.** According to the research program, an analysis of the images of satellite images Landsat 8, 9 was carried out using the classification method "without training" according to the value of spectral-zonal channels. The work was carried out using ArcGIS PRO software. As a result, synthesized images of the study area were obtained, in which areas of desertification were identified and vectorized. On the basis of vector maps developed from multi-temporal images, a study of the dynamics of desertification was carried out. The area of desertification was calculated by years. The change during the study of climatic factors, in particular precipitation, was studied. The calculation of desertification areas from 2013 to 2021 was carried out. The calculation of the SCC index Selyaninova G. T. for the period 2013-2021. The correlation between the moistening of the territory by means of the GTK index and the area of desertification was calculated. **Results and conclusions.** As a result, an inversely weak correlation of -0.61 was revealed. With a decrease in the GTK coefficient, an increase in the area of desertification is observed. In 2016, 2019, when an increase in the value of the GTK coefficient was observed, a decrease in the area of desertification was also observed. There is an inverse correlation between the amount of precipitation and the dynamics of desertification, but there are other factors influencing this process.

Keywords: land desertification, satellite images, desertification dynamics.

Citation. Romanov V. A. The Influence of Climatic Factors on Desertification Processes on the Example of the Terek-Kuma Lowland. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 143-149 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-15.

Author's contribution. All the author of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. The author of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The author declare that there is no conflict of interest

УДК 630.181.351

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕССЫ ОПУСТЫНИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ТЕРСКО-КУМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Романов В. А., младший научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук»
г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР
№ 122020100405-9 «Картографическое моделирование состояния, функционирования и динамики
процессов опустыненных территорий с применением информационных технологий»

Актуальность. Опустынивание одна из основных экологических проблем юга России. Для успешной борьбы с опустыниванием требуется, выделить все возможные факторы, влияющие на динамику опустынивания земель. В статье представлены данные по изменению площади опустынивания, проведено исследование по выявлению корреляции между климатическими данными и площадью опустынивания. **Объект.** территория Терско-Кумской низменности. **Материалы и методы.** По программе исследований проведен анализ изображения спутниковых снимков Landsat 8, 9 с использованием метода классификации «без обучения» по значению спектрально-анализных каналов. Работа проведена с использованием программного обеспечения ArcGIS PRO. В результате получены синтезированные изображения территории исследований, на которых были выделены и векторизованы участки опустынивания. На основе разработанных по разновременным снимкам векторных карт проведено изучение динамики опустынивания. Был произведен подсчет площади опустынивания по годам. Изучено изменение за время исследований климатических факторов, в частности осадков. Проведен расчет площадей опустынивания с 2013 по 2021. Произведен расчет индекса ГТК Селянинова Г. Т. за период 2013-2021. Подсчитана корреляция между увлажнением территории по средствам индекса ГТК и площадью опустынивания. **Результаты и выводы.** В результате выявлена обратно слабая корреляция -0,59. При снижении коэффициента ГТК наблюдается повышение площади опустынивания. В 2016, 2019 году, когда наблюдалась увеличение значения коэффициента ГТК, так же наблюдалась уменьшение площади опустынивания. Обратная корреляция между количеством осадков и динамикой опустынивания имеется, но есть и другие факторы, влияющие на этот процесс.

Ключевые слова: опустынивание земель, спутниковые снимки, динамика опустынивания.

Цитирование. Романов В.А. Влияние климатических факторов на процессы опустынивания на примере Терско-Кумской низменности. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 143-149. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-15.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одной из важнейших экологических проблем северного Прикаспия является распространение процессов опустынивания территории. Помимо экологических издержек, распространение опустынивания вредит и хозяйственной деятельности человека.

«Опустынивание» означает деградацию земель в засушливых, полузасушливых и сухих субгумидных районах в результате действия различных факторов, включая изменение климата и деятельность человека. Опустынивание влечет изменение цветовой гаммы почвы, почва приобретает более светлые оттенки. [6]. Процессы опустынивания служат для аридных территорий одними из характерных откликов на нерациональное хозяйствование [11]. Процесс опустынивания многофакторный процесс одним из главных факторов после климатического является, сельскохозяйственная деятельность, в частности скотоводческую деятельность [4].

Целью исследования является: выявление закономерностей влияния осадков на процессы опустынивания на территории Терско-Кумской низменности.

Изучение факторов, влияющих на динамику опустынивания, позволит лучше прогнозировать этот процесс, вследствие чего найти более эффективные методики борьбы с опустыниванием.

Терско-Кумское низменность – территория, обусловленная реками Терек и Кумой. Административно территория затрагивает северную часть республики Дагестан, Шелковской и Наурский районы Чеченской республики и Нефтекумский район Ставропольского края.

На территории исследования расположена Терско-Кумская низменность, юго-западная часть Прикаспийской низменности. Преобладающими типами растительности в исследуемом районе является степные и полупустынные формации. В общем комплексном покрове полупустыни Терско-Кумской низменности в основном представлены травянистыми типами растительности. На территории представлены как степные, так и пустынно-степные сообщества [1].

Территория Терско-Кумской низменности разделена на два района. Первый район представляет собой суглинистые и глинисто-солончаковые полупустынные равнины, которые преимущественно расположены на севере. Второй район составляет массив Терско-Кумских песков с эоловыми формами рельефа. Он примыкает к долине Терека на юге, а также включает в себя дельту реки Терек и Сулак [9]. На территории распространены бурые степные и полупустынные почвы [2].

Климатические условия Терско-Кумской низменности отличаются от остальной части Прикаспийской низменности. По сравнению с Прикаспийской низменностью, воздушные массы данной территории имеет более высокую влажность, что обусловлено влиянием западных циклональных воздушных течений, приходящих с Атлантики. Несмотря на это, климат в Терско-Кумской низменности гораздо более сухой и континентальный по сравнению с Западным и Средним Предкавказьем [3].

Влажность воздуха является основной характеристикой, определяющей формирование почвы в полупустынной равнине. Однако, в некоторых областях с низкими участками рельефа, почвы могут испытывать избыточное увлажнение. Эти почвы образуются из геологически молодых и не выщелоченных засоленных отложений, которые являются типичными материнскими породами в древнекаспийском регионе. В юго-западной части равнины преобладают маломощные покровные лёссовидные суглинки и супеси [8].

Наиболее активно опустынивание стало проявляться на территории исследования после 2018 года, когда значительно увеличилось частота и интенсивность пыльных бурь [12].

Материалы и методы. Для подсчета площадей опустынивания используются растровые данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). При использовании данных ДЗЗ можно получить информацию о состоянии проективного покрытия [10]. Для выделения очагов опустынивания, применяются два метода. Первый метод визуальная классификация, исследователь выделяет очаги опустынивания на основе дешифровочных признаков опустынивания. Второй метод заключается, в использовании методов классификации программы ENVI, второй метод позволяет существенно сократить трудозатраты [5]. Мы в исследовании использовали комбинацию двух способов.

Для определения изменения площади, подверженной опустыниванию использовались спутниковые снимки Landsat за 2013-2022 годы. Анализ раstra космоснимка проводился с использованием метода классификации по спектру, с применением программного обеспечения ArcGIS PRO. На основании чего была создана мозаика цветосинтезированных снимков. На первом этапе мы произвели сегментацию полученной мозаики, при этом отдельные пиксели были объединены в сегменты для уменьшения шумов при дальнейшей векторизации. На втором этапе были заданы тестовые полигоны для обучения программного комплекса классифицирования. Полученные данные были включены в базу данных.

Для учета влияния климатических факторов был использован гидротермический коэффициент территории Селянинова (ГТК). Данный коэффициент используется для отображения уровня влагообеспеченности территории в вегетативный период.

Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) – характеристика уровня влагообеспеченности территории. Введён российским климатологом Г. Т. Селяниновым (1887-1966).

Коэффициент рассчитывается по формуле: $GTK = R * \frac{10}{\sum t}$; где R представляет собой сумму осадков в миллиметрах за период с температурами выше +10°C, $\sum t$ определяет сумму температур в градусах Цельсия (°C) за то же время [7].

Для подсчета коэффициента ГТК мы использовали разработанное и запатентованное ФНЦ Агроэкологии РАН программное обеспечение.

Результат и обсуждение. Для расчета коэффициента использовались данные метеостанции Южно-Сухокумская, которая расположена на территории исследуемого района. Так же были использованы данные близлежащих климатических станций: Лагань, Махачкала, Грозный, Астрахань, Будённовск, Гудермес.

На рисунке 1 представлены данные по динамике выпадения осадков за период с 2000 по 2022 год.

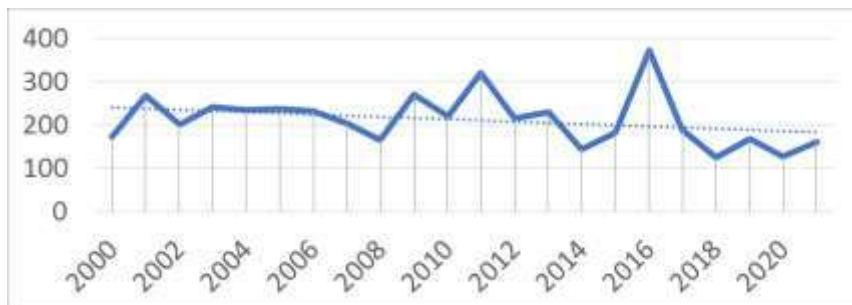


Рисунок 1 – График выпадения осадков в мм

Figure 1 – Precipitation graph in mm

При использовании коэффициента ГТК, важны данные по осадкам за определенные месяцы, распределение усредненных показателей осадков по месяцам представлены на рисунке 2.

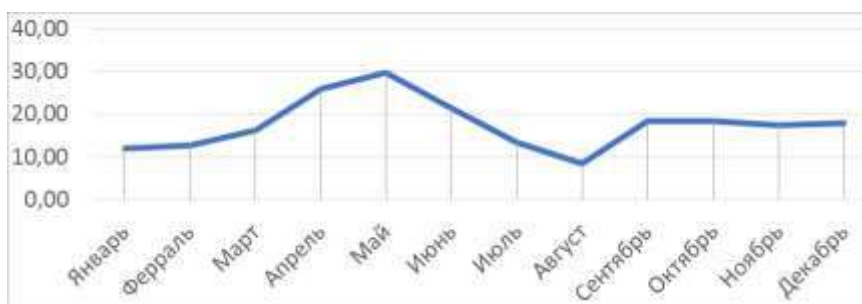


Рисунок 2 – График распределение осадков по месяцам в мм

Figure 2 – Graph of precipitation distribution by month in mm

Данные по осадкам и температурам были получены с сервиса aisori-m.meteo.ru. Производился расчет коэффициента ГТК. Полученные значение представлены на рисунке 3.

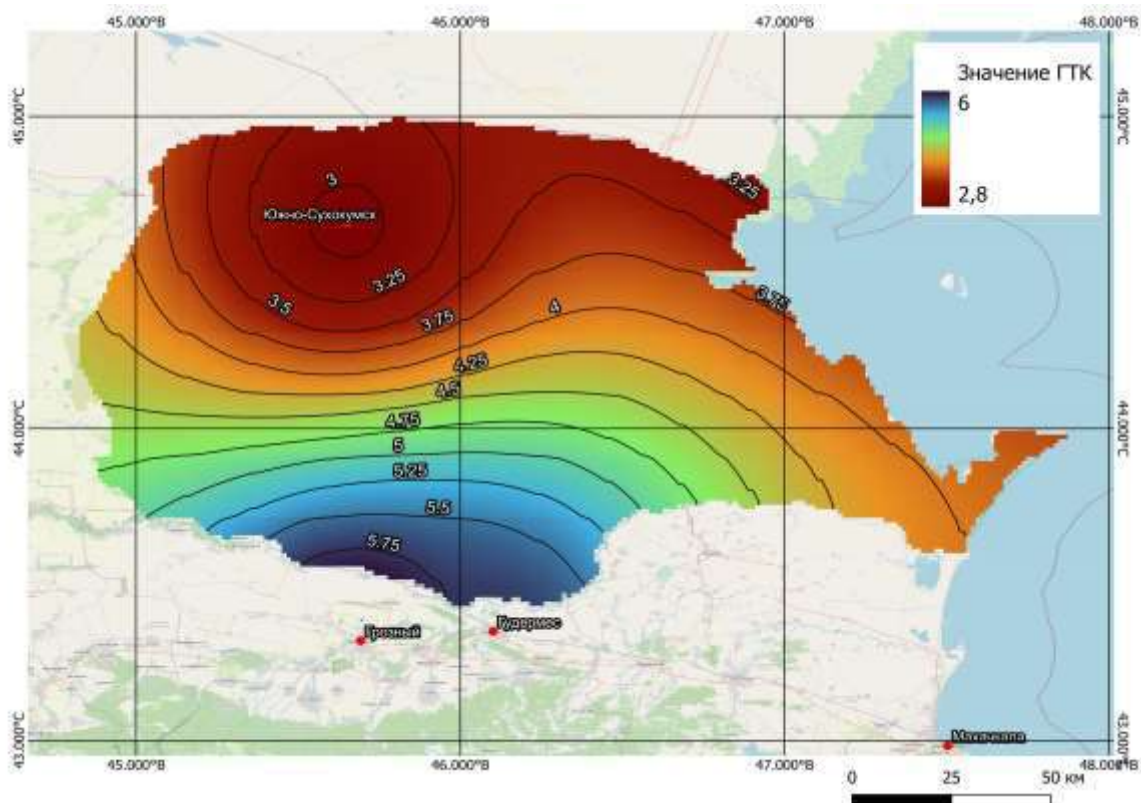


Рисунок 3 – Карта пространственного распределения коэффициента ГТК на территории Терско-Кумской низменности.

Figure 3 – Map of the spatial distribution of the SCC index on the territory of the Terek-Kuma Lowland

В результате исследования мы получили данные, приведенные в таблице 1, коэффициент корреляции высчитывался с использованием программного обеспечения Excel.

Таблица 1 – Данные по площади опустынивания и значению ГТК по годам

Table 1 – Data on the area of desertification and the value of the SCC by year

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Площадь опустынивания, км ² / Area of desertification, km ²	5957	6502	11899	9335	8215	8229	6127	9708	6203
ГТК / SCC	3,86	2,10	0,95	3,85	1,85	1,80	2,87	1,96	3,19
Площадь опустынивания, % / Desertification area, %	28,46%	31,06%	56,85%	44,60%	24,92%	39,32%	29,27%	46,38%	29,63%
Коэффициент корреляции / Correlation coefficient	-0,5858								

Коэффициент корреляции составил -0,59, что соответствует обратно-слабой связи.

Проанализировав данные, мы видим, что наибольшая площадь опустынивания наблюдалась в 2015 году (11899 км²), что соответствует наименьшему коэффициенту ГТК (0,95). Наименьшая площадь опустынивания наблюдалась в 2013 году (5957 км²) при наибольшем коэффициенте ГТК (3,86).

На рисунке 4 приведен график сопоставления площади опустынивания и ГТК.

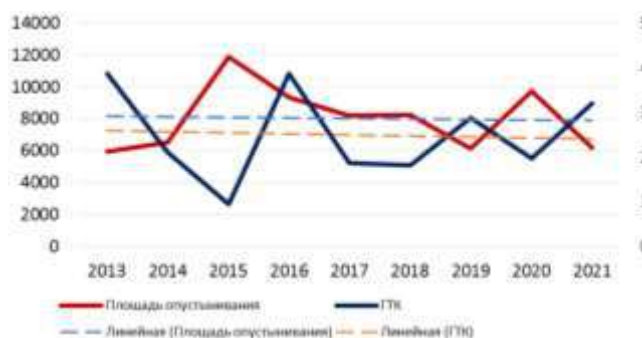


Рисунок 4 – График сопоставление площади опустынивания и ГТК
Figure 4 – Graph comparing the area of desertification and SCC

Выводы. В результате выявлена обратно слабая корреляция $-0,61$. При снижении коэффициента ГТК наблюдается повышение площади опустынивания. В 2015, 2020 году, когда наблюдалась уменьшение значения коэффициента ГТК, так же наблюдалась увеличение площади опустынивания. Обратная корреляция между количеством осадков и динамикой опустынивания имеется, но есть и другие факторы, влияющие на этот процесс.

Между выпадением осадков и динамикой опустынивания наблюдается корреляция, коэффициент корреляции $-0,5858$. Обратная корреляция между количеством осадков и динамикой опустынивания имеется, но есть и другие факторы, влияющие на этот процесс.

Conclusions. The result revealed an inversely weak correlation of -0.61 . With a decrease in the HTC coefficient, an increase in the area of desertification is observed. In 2015 and 2020, when there was a decrease in the value of the SCC coefficient, there was also an increase in the area of desertification. There is an inverse correlation between the amount of precipitation and the dynamics of desertification, but there are also other factors influencing this process.

There is a correlation between precipitation and the dynamics of desertification, the correlation coefficient is -0.5858 . There is an inverse correlation between the amount of precipitation and the dynamics of desertification, but there are also other factors influencing this process.

Библиографический список

1. Абдурзакова А. С., Тайсумов М. А., Магомадова Р. С., Астамирова М. А., Хасуева Б. А., Кушалиева Ж. А., Исраилова С. А. Анализ растительности полупустынь территории Терско-Кумской низменности в разных экологических условиях. Вестник КрасГАУ. 2013. № 6. <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-rastitelnosti-polupustyn-territorii-tersko-kumskoy-nizmennosti-v-raznyh-ekologicheskikh-usloviyah>.
2. Абдусаламова Р. Р., Гасанов А. Р. Почвенные ресурсы Республики Дагестан. Вестник СПИ. 2019. № 4 (32). <https://cyberleninka.ru/article/n/pochvennye-resursy-respubliki-dagestan>.
3. Гасанов Г. Н., Асварова Т. А., Гаджиев К. М., Абдулаева А. С., Салихов Ш. К., Баширов Р. Р. Динамика климатических условий Терско-Кумской низменности Прикаспия за последние 120 лет. Юг России: экология, развитие. 2013. № 4. <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-klimaticheskikh-usloviy-tersko-kumskoy-nizmennosti-prikaspiya-za-poslednie-120-let>.
4. Кулик К. Н., Рулев А. С., Юферев В. Г. Геоинформационный анализ динамики опустынивания на территории Астраханской области. Аридные экосистемы. 2015. №3 (64). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geoinformatsionnyy-analiz-dinamiki-opustynivaniya-na-territorii-astrahanskoy-oblasti>.
5. Романов В. А. Сравнение способов классификации данных при спутниковом мониторинге процесса опустынивания. Научно-агрономический журнал. 2022. № 2 (117). <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-sposobov-klassifikatsii-dannyh-pri-sputnikovom-monitoringe-protssessa-opustynivaniya>.
6. Савич В. И., Саидов А. К., Шнее Т. В., Рами К. Дигрессия, падение плодородия и техногенные нагрузки как факторы опустынивания почв. Известия ТСХА. 2011. № 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/digressiya-padenie-plodorodiya-i-tehnogennye-nagruzki-kak-factory-opustynivaniya-pochv>.
7. Селянинов Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата. Труды сельскохозяйственной метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1928. Вып. 20. С. 165-177.
8. Тайсумов М. А., Астамирова М. Л., Магомадова Р. С., Абдурзакова А. С., Хасуева Б. А., Омархаджиева Ф. С., Исраилова С. А., Кушалиева Дж. А. Фитоценотический анализ флоры Терско-Кумской низменности. Региональные геосистемы. 2012. № 21-1 (140). <https://cyberleninka.ru/article/n/fitotsenoticheskiy-analiz-flory-tersko-kumskoy-nizmennosti>.
9. Теймуров А. А., Сатуева Л. Л., Миразаев Д. М., Солтанмурадова З. И. Новые флористические находки для Дагестана. Юг России: экология, развитие. 2013. № 4. <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-floristicheskie-nahodki-dlya-dagestana>.
10. Тимижева О. З., Карашаева А. С. Дистанционное зондирование земли. Экономика и социум. 2018. № 3 (46). <https://cyberleninka.ru/article/n/distsantsionnoe-zondirovanie-zemli>.
11. Шабанов Д. И., Июлин М. М., Борзова А. С., Агошкова Е. В. Использование ГИС-технологий и методов ДЗЗ при анализе пространственного распределения опустынивания на территории Северного Прикаспия. Природные системы и ресурсы. 2014. № 4 (10). <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-gis-tehnologiy-i-metodov-dzz-pri-analize-prostranstvennogo-raspredeleniya-opustynivaniya-na-territorii-severnogo>.

12. Шинкаренко С. С., Барталев С. А. Последствия пыльных бурь на юге европейской части России в сентябре-октябре 2020 г. Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2021.

References

1. Abdurzakova A. S., Taisumov M. A., Magomadova R. S., Astamirova M. A., Khasueva B. A., Kushalieva Zh. A., Israilova S. A. Analysis of semi-desert vegetation of the territory of the Tersko-Kuma lowland in different environmental conditions. Bulletin of KrasGAU. 2013. No. 6. <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-rastitelnosti-polupustyn-territorii-tersko-kumskoy-nizmennosti-v-raznyh-ekologicheskikh-usloviyah>.
2. Abdusalamova R. R., Hasanov A. R. Soil resources of the Republic of Dagestan. Bulletin of SPI. 2019. No. 4 (32). <https://cyberleninka.ru/article/n/pochvennye-resursy-respubliki-dagestan>.
3. Hasanov G. N., Asvarova T. A., Gadzhiev K. M., Abdulayeva A. S., Salikhov Sh. K., Bashirov R. R. Dynamics of climatic conditions of the Tersko-Kuma lowland of the Caspian Sea over the last 120 years. South of Russia: ecology, development. 2013. No. 4. <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-klimaticheskikh-usloviy-tersko-kumskoy-nizmennosti-prikaspiya-za-poslednie-120-let>.
4. Kulik K. N., Rulev A. S., Yuferev V. G. Geoinformation analysis of desertification dynamics on the territory of the Astrakhan region. Arid ecosystems. 2015. No. 3 (64). <https://cyberleninka.ru/article/n/geoinformatsionnyy-analiz-dinamiki-opustynivaniya-na-territorii-astrahanskoy-oblasti>.
5. Romanov V. A. Comparison of data classification methods for satellite monitoring of the desertification process. Scientific and Agronomic journal. 2022. No. 2 (117). <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-sposobov-klassifikatsii-dannykh-pri-sputnikovom-monitoringe-protseessa-opustynivaniya>.
6. Savich V. I., Saidov A. K., Shnee T. V., Rami K. Digression, fertility decline and technogenic loads as factors of soil desertification. Izvestiya TSKHA. 2011. No. 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/digressiya-padenie-plodorodiya-i-tehnogennyye-nagruzki-kak-factory-opustynivaniya-pochv>.
7. Selyaninov G. T. On agricultural climate assessment. Proceedings of Agricultural Meteorology. L.: Hydro-meteoizdat, 1928. V. 20. Pp. 165-177.
8. Taisumov M. A., Astamirova M. L., Magomadova R. S., Abdurzakova A. S., Khasueva B. A., Omarkhadzhieva F. S., Israilova S. A., Kushalieva J. A. Phytocenotic analysis of the flora of the Tersko-Kuma lowland. Regional geosystems. 2012. № 21-1 (140). <https://cyberleninka.ru/article/n/fitotsenoticheskiy-analiz-flory-tersko-kumskoy-nizmennosti>.
9. Teymurov A. A., Satueva L. L., Mirzaev D. M., Soltanmuradova Z. I. New floral finds for Dagestan. South of Russia: ecology, development. 2013. No. 4. <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-floristicheskie-nahodki-dlya-dagestana>.
10. Timizheva O. Z., Karashaeva A. S. Remote sensing of the earth. Economics and society. 2018. No. 3 (46). <https://cyberleninka.ru/article/n/distantionnoe-zondirovanie-zemli>.
11. Shabanov D. I., Iolin M. M., Borzova A. S., Agoshkova E. V. The use of GIS technologies and remote sensing methods in the analysis of the spatial distribution of desertification in the Northern Caspian. Natural systems and resources. 2014. No. 4 (10). <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-gis-tehnologiy-i-metodov-dzz-pri-analize-prostranstvennogo-raspredeleniya-opustynivaniya-na-territorii-severnogo>.
12. Shinkarenko S. S., Bartalev S. A. Consequences of dust storms in the south of the European part of Russia in September-October 2020. Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2021.

Информация об авторе

Романов Владислав Александрович, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, ФНЦ агроэкологии РАН (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), E-mail: romanov-v@vfanc.ru

Author's Information

Romanov Vladislav Aleksandrovich, Junior Researcher, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 97), E-mail: romanov-v@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-16

STUDY OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS INFLUENCING THE PRODUCTION POTENTIAL OF DEGRADED, PREVIOUSLY RECLAIMED LANDS OF THE VOLGODONSK DISTRICT OF THE ROSTOV REGION

Kuznetsova A. V., Ustinova V. V.

*Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kuznetsova@vfanc.ru

Received 15.10.2023

Submitted 27.11.2023

The research is conducted within the framework of the state task No. FNFE 2022-0004 "Reclamation complexes: assessment, condition control and process management using digital technologies"

Summary

This article presents the results of research conducted on the territory of the Lower Don irrigation system. The influence of water quality used for irrigation of cultivated crops on the productive potential of agricultural land has been studied. It is revealed that the limiting factor in obtaining high yields from agricultural is the unsatisfactory technical condition of reclamation systems.

Abstract

Introduction. The close attention paid to the problem of changing the productivity of vegetation cover is associated with the global transformation of the climate. At the same time, anthropogenic transformation of ecosystems, mainly associated with changes in the structure of land use and human influence on soil fertility, develops largely independently of climatic processes and can dramatically affect the productivity of vegetation cover. Land reclamation for agricultural purposes is aimed at the optimal use of natural resources of the agricultural landscape, taking into account its environmental sustainability. It is necessary to study the quality of water used for soil irrigation in order to identify its impact on land productivity. **Object.** The object of the study was the Lower Don irrigation system located in the direction from east to west in the interfluvium of the Don and Sala. **Materials and methods.** To determine the state of water and soil resources on the territory of the Lower Don irrigation system, field studies were conducted with the aim of their visual examination, sampling of water, soils and bottom sediments for chemical laboratory analysis. The potential productivity of the soil in the soil and climatic conditions of the studied territory was calculated according to the model of assessing the productive potential of the agroecosystem (Volobueva V. R., the module calculation is carried out using the program Kireicheva L. V., Timoshkina A. D.). **Results and conclusions.** The influence of water quality used for irrigation of cultivated crops on the productive potential of agricultural land has been studied. It is revealed that the limiting factor of obtaining high yields from agricultural lands is the unsatisfactory technical condition of reclamation systems. In order to increase the efficiency of using the available reclaimed lands of the Volgodonsky district of the Rostov region, it is proposed to develop and implement methodological recommendations at the level of each municipal district aimed at preserving soil fertility and increasing the yield of cultivated crops.

Keywords: degraded lands, productive potential of lands, productivity of vegetation cover.

Citation. Kuznetsova A. V., Ustinova V. V. Study of natural and anthropogenic factors influencing the production potential of degraded, previously reclaimed lands of the Volgodonsk district of the Rostov region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 1(73). 149-156 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-16.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.4:631.6:504.6

**ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ
НА ПРОДУКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДЕГРАДИРОВАННЫХ РАНЕЕ
МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ ВОЛГОДОНСКОГО РАЙОНА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Кузнецова А. В., лаборант-исследователь

Устинова В. В., лаборант-исследователь

*Федеральный научный центр агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного лесоразведения
Российской академии наук
г. Волгоград, Российская Федерация*

**Настоящее исследование выполнено в рамках государственного задания № FNFE 2022-0004
«Мелиоративные комплексы: оценка, контроль состояния и управление процессами с помощью
цифровых технологий»**

Актуальность. Пристальное внимание, уделяемое проблеме изменения продуктивности растительного покрова, связано с глобальной трансформацией климата. В то же время антропогенная трансформация экосистем, связанная в основном с изменениями в структуре землепользования и влиянием человека на плодородие почв, развивается в значительной мере независимо от климатических процессов и способна кардинально повлиять на продуктивность растительного покрова. Мелиорация земель сельскохозяйственного назначения направлена на оптимальное использование природных ресурсов агроландшафта с учетом его экологической устойчивости. Необходимо изучить качество воды, используемой для орошения почв, чтобы выявить ее влияние на урожайность земель. **Объект исследования.** Объектом исследования была выбрана Нижне-Донская оросительная система, расположенная в направлении с востока на запад в междуречье Дона и Сала. **Материалы и методы.** Для определения состояния водных и почвенных ресурсов на территории Нижне-Донской оросительной системы были проведены полевые исследования с целью их визуального обследования, отбора проб воды, почв и донных отложений для проведения химического лабораторного анализа. Потенциальная продуктивность почвы в почвенно-климатических условиях исследуемой территории была вычислена согласно модели оценки продукционного потенциала агроэкосистемы (Волобуева В. Р., расчет по модулю осуществляется с помощью программы Кирейчевой Л. В., Тимошкина А. Д.). **Результаты и выводы.** Изучено влияние каче-

ства воды, используемой для орошения возделываемых культур, на продукционный потенциал земель сельскохозяйственного назначения. Выявлено, что ограничивающим фактором получения высоких урожаев с сельскохозяйственных земель является неудовлетворительное техническое состояние мелиоративных систем. С целью повышения эффективности использования имеющихся мелиорируемых земель Волгодонского района Ростовской области предлагается разработка и внедрение методических рекомендаций, на уровне каждого муниципального района, направленных на сохранение почвенного плодородия и повышения урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: деградированные земли, продукционный потенциал земель, продуктивность растительного покрова.

Цитирование. Кузнецова А. В., Устинова В. В. Изучение природных и антропогенных факторов, влияющих на продукционный потенциал деградированных, ранее мелиорированных земель Волгодонского района Ростовской области. *Известия НВ АУК*. 1(73). 149-156. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-16.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время продуктивность растительного покрова считается важнейшей характеристикой состояния и устойчивости ландшафта. Под продукционным потенциалом земель понимается прирост фитомассы за определенный промежуток времени. Значительная часть Ростовской области расположена в Предкавказской провинции степной зоны, полузасушливой и засушливой, неустойчивого увлажнения с вероятностью засушливых лет 45%, где преобладают черноземы обыкновенные (предкавказские и приазовские) и южные. Показатели продуктивности во многом зависят от состояния водных и почвенных ресурсов территории, поэтому очевидно, что продукционный потенциал почв также является важнейшим фактором, обеспечивающим устойчивость экосистем, от которого в конечном итоге зависит разнообразие и количество биологических ресурсов территории. Орошение повышает максимальную продуктивность (продукционный потенциал) почв региона на черноземных почвах до 12 т к.ед., каштановых до 10,7 т к.ед., которые выделяются в Ростовской области.

В настоящее время на территории Ростовской области насчитывается 32 оросительных и 2 осушительных системы. Общая площадь орошения – 214507 га, осушения – 26996 га. Нижне-Донская оросительная система является одним из крупных мелиоративных объектов исследуемого региона. На сегодняшний день ее проектная площадь орошения составляет 44 400 га, из которых фактически орошается 36 558 га. Фактический физический износ системы составляет 85 %. Водоснабжение осуществляется из Цимлянского водохранилища через Донской магистральный канал (ДМК), далее Нижне-Донской оросительный канал.

Мелиорация земель сельскохозяйственного назначения направлена на максимально возможное использование природно-ресурсного потенциала агроландшафта при соблюдении требований к его экологической устойчивости. Исходя из этого возникает необходимость в исследовании качества воды, используемой на орошение возделываемых культур с целью выявления ее влияния на продукционный потенциал земель сельскохозяйственного назначения. Показатели продуктивности в основном зависят от состояния почвенного ресурса территории, исходя из этого, продукционный потенциал почв – это важный фактор, от которого зависит разнообразие и количество биоресурсов территории [3, 4].

Таким образом, задачами исследования являются: анализ научных литературных источников по изучаемой тематике, проведение полевых выездов с целью визуального осмотра водных объектов, отбора проб оросительной и сбросной воды, а также почвы с сельскохозяйственных полей на территории Нижне-Донской ОС с целью дальнейшего проведения химического лабораторного анализа.

Методы и материалы исследования. На продукционный потенциал возделываемых земель влияет множество факторов, как природных, так и антропогенных. Важно провести комплексную оценку влияния природно-экологических условий и антропогенной нагрузки на показатели продуктивности земель сельскохозяйственного назначения. Для определения состояния водных и почвенных ресурсов Волгодонского района были прове-

дены полевые исследования с целью их визуального обследования, отбора проб воды, почв и донных отложений для проведения химического лабораторного анализа. Потенциальная продуктивность почвы в почвенно-климатических условиях исследуемой территории была вычислена согласно модели оценки продукционного потенциала агроэкосистемы.

Продукционный потенциал или максимально возможная продуктивность сельскохозяйственных угодий в данных природно-климатических условиях определяется по формуле:

$$P = S \times CL \quad (1)$$

где P – продукционный потенциал (потенциальная продуктивность почвы в данных почвенно-климатических условиях), т/га воздушно-сухого вещества;

S – индекс окультуренности почвы;

CL – коэффициент благоприятности гидротермических показателей.

Индекс агрохимической окультуренности почвы (S) определяется по зависимости:

$$S = \frac{6,4(G_{ГК} + 0,2G_{ФК})}{600} + 8,5 \sqrt[3]{NPK} + 5,1 e^{\frac{|H_f - 1|}{4}} \quad (2)$$

где 6,4; 8,5; 5,1 – весовые коэффициенты;

G_{ГК} и G_{ФК} – содержание гуматного и фульватного гумуса соответственно, т/га;

N, P, K – содержание в почве азота, фосфора и калия соответственно (в пересчете на N, P₂O₅, K₂O), находящихся в доступной растениям формах в долях от максимально возможного для данного вида культуры;

H_г – гидrolитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы.

Волгодонской район отличается многоотраслевым хозяйством, объединяющим стратегии интенсивного земледелия и инновационного развития продуктивного животноводства, вместе они создают гармоничное взаимодействие, способствующее оптимальной продуктивности и улучшению результативности. Сельскохозяйственные культуры, возделываемые в исследуемом районе, представлены зерновой, масличной, кормовой продукцией (рисунок 1).

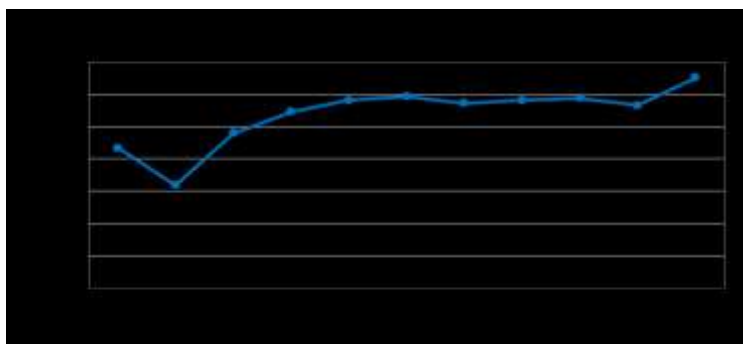


Рисунок 1 – Динамика изменения количества посевных площадей в период с 2012 по 2022 гг. [11]

Figure 1 – Dynamics of changes in the number of acreage in the period from 2012 to 2022 [11]

На графике видно, что за последнее десятилетие наблюдается увеличение посевных площадей, что ведет к увеличению объемов сельскохозяйственных культур, это доказывают показатели статистики.

Таблица 1 – Посевная площадь и урожайность с\х культур в 2022 г.

Table 1 – Acreage and yield of agricultural crops in 2022

Возделываемая культура / Cultivated crop	Посевная площадь, га / Cultivated area, ha	Урожайность сельскохозяйственных культур (в расчете на убранную площадь, ц/41га) / Crop yield (per harvested area, hwt/41 ha)
Озимая пшеница / Winter wheat	32744	34,9
Озимый ячмень /	1100	28,9
Ячмень яровой / Spring barley	5730	23,1
Кукуруза / Maize	990	28,8
Рис / Rice	3497	45,2
Соя / Soy	418	18,4
Лен масличный / Oil flax	1481	5,7

Урожайность сельскохозяйственных культур в Волгодонском районе по состоянию на 2022 год сравнительно ниже, чем в среднем по Ростовской области (таблица 1).

Климат на исследуемой территории континентальный. Средняя многолетняя температура воздуха за год равна +8,5°C. Самым холодным месяцем является январь, наиболее жаркий месяц – июль. Годовая сумма осадков в среднем равна 486 мм. Среднегодовая норма солнечных дней – 183. Территория района в значительной степени подвержена влиянию различных неблагоприятных метеорологических явлений. Основными из них являются засухи, сильные ветры, пыльные бури, град, снежные метели, заморозки, гололёд [10].

Ведение растениеводства на значительной части Ростовской области, которая расположена в степной и сухостепной зонах, ограничивается недостатком атмосферных осадков. Огромное значение для дальнейшего развития агропромышленного комплекса Ростовской области имеет повышение эффективности использования орошаемых земель, которые в условиях региона обеспечивают получение стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур [1, 6, 7]. Уровень урожая не всегда характеризуется плодородием почвы, но при прочих условиях урожай возделываемой культуры будет определяться плодородием почвы. В связи с этим увеличивается экологическое значение плодородия в повышении устойчивости почвенного покрова как элемента биосферы к деградации [12].

Результаты и обсуждения. В период с 24.04.2023 г. по 27.04.2023 г. были произведены полевые исследования с целью забора проб воды, почвы и донных отложений в заранее выбранных объектах, а именно: Нижне-Донской оросительный канал; Октябрьский коллектор; почва была отобрана в рисовом чеке и на поле, на котором возделывается пшеница; донные отложения были отобраны в местах формирования сбросного стока, как с рисовых, так и с пшеничных полей. Выбор данных объектов был обусловлен наличием крупных сельскохозяйственных угодий на близлежащих территориях.

Результаты химического анализа воды (таблица 2) в Нижне-Донском оросительном канале показали превышение показателя гидрокарбонатов (179 мг/л) и ионов кальция (56 мг/л), что, скорее всего, связано с внесом удобрений. Показатель общей минерализации в сбросных водах с пшеницы и рисовых чеков варьируется от 1,1 г/л до 1,6 г/л.

Выявлено превышение показателей гидрокарбонатов в сбросной воде с пшеницы (219 мг/л) и с рисовых чеков (265 мг/л), также кальция 79 мг/л и 69 мг/л соответственно.

Таблица 2 – Результаты химического анализа проб воды с Нижне-Донской ОС
 Table 2 – Results of chemical analysis of water samples from the Lower Don irrigation system

Объект / Object	Минерализация (г/л) / Mineralization (g/l)	Ca ²⁺ (мг/л) / (mg/l)	Cl ⁻ (мг/л) / (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (мг/л) / (mg/l)	Na ⁺ (мг/л) / (mg/l)	K ⁺ (мг/л) / (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (мг/л) / (mg/l)	Mg ²⁺ (мг/л) / (mg/l)
Оросительный канал Нижне-Донской ОС / Irrigation canal of the Nizhne-Donskoy OS	0,4	56	68	136	87	4.2	179	2
Сбросной сток с пшеницы / Wheat runoff	1,1	79	114	185	135	16.0	219	32
Сбросной сток рисовых чеков / Discharge of rice checks	1,6	69	41	101	63	5.2	265	32

Исходя из результатов химического анализа проб донных отложений на сбросном канале с рисовых чеков (табл. 3) видно, что значительно превышены показатели хлора (111 мг/кг при ПДК 10 мг/кг), сульфатов (4120 мг/кг при ПДК 160 мг/кг), кальция (1120 мг/кг при ПДК 300 мг/кг), а также магния (276 мг/кг при ПДК 48 мг/кг). Результаты химического анализ проб донных отложений на сбросном канале с пшеничных полей также показали превышение показателей хлора (221 мг/кг при ПДК 10 мг/кг), сульфатов (2900 мг/кг при ПДК 160 мг/кг), кальция (720 мг/кг при ПДК 300 мг/кг), а также магния (408 мг/кг при ПДК 48 мг/кг).

Таблица 3 – Результаты химического анализа проб донных отложений на территории Нижне-Донской ОС
Table 3 – Results of chemical analysis of sediment samples on the territory of the Lower Don irrigation system

Объект / Object	NH_4^+ (мг/кг) / (mg/kg)	Ca^{2+} (мг/кг) / (mg/kg)	Cl^- (мг/кг) / (mg/kg)	SO_4^{2-} (мг/кг) / (mg/kg)	Na^+ (мг/кг) / (mg/kg)	K^+ (мг/кг) / (mg/kg)	Mg^{2+} (мг/кг) / (mg/kg)
Сбросной канал, рисовые чеки / Discharge channel, rice checks	11,7	1120	111	4120	382	64	276
Сбросной канал, пшеничные поля / Discharge channel, wheat fields	3,80	720	221	2900	450	81	408

Таким образом, превышение показателей хлора и сульфатов в донных отложениях, скорее всего связано с высоким залеганием грунтовых вод, т.к. момент отбора проб приходится на весенний послепаводковый период. Показатели кальция и магния могут быть превышены из-за вноса удобрений на сельскохозяйственные территории [8].

Потенциальная продуктивность почвы в почвенно-климатических условиях исследуемой территории была вычислена согласно модели оценки продукционного потенциала агроэкосистемы (Волобуев В. Р.), расчет по модулю (Кирейчева Л. В.; Тимошкин А. Д.) [5].



Рисунок 2 – Расчет продукционного потенциала почвы
Figure 2 – Calculation of soil production potential

На рисунке 2 представлен расчет показателя продукционного потенциала почвы после одного года выращивания риса (он равен 15,08т/га). Данный показатель будет рассчитываться в течение всего цикла перекрестного посева для выявления динамики. В дальнейшем это даст возможность прогнозировать качество дренажно-сбросных вод.

Для черноземов обыкновенных норма отношения углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот (Сгк/Сфк) составляет 2,0-2,5 (Кононова М. М.). Анализируя полученные данные, делаем вывод, что их соотношение отклоняется от общепринятой нормы и составляет 0,75.

Показатель кислотности (рН) фактический выше оптимальных значений и составляет 8,2. Нейтральными считаются почвы с показателем рН между 5,5 и 7,5. Также отклоняются от нормы показатели соединений фосфора и калия.

Таким образом, деградация черноземных почв является большой экологической проблемой. На почвенный ресурс и растения оказывают влияние не только те вещества, против которых применяют удобрения, но и элементы, входящие в состав удобрений и мелиорантов, значительная часть которых является загрязнителями. Также одной из главных проблем является загрязнение водных ресурсов. Растворенные вещества, попадающие в водоемы, приводят к снижению качества воды и нарушению естественного баланса. Увеличение концентрации загрязняющих веществ может привести к эвтрофикации водных

ресурсов, которое приводит к снижению количества кислорода в воде и формированию токсичных веществ. Нерациональное использование удобрений может привести к их проникновению в грунтовые воды и перемещаться в источники питьевой воды, что представляет угрозу для здоровья человека [8, 9].

Ограничивающим фактором в получении высоких урожаев с сельскохозяйственных земель является неудовлетворительное техническое состояние мелиоративных систем [2]. В настоящее время большая часть Нижне-Донской оросительной системы не эксплуатируется. Связано это с тем, что по способу забора воды система разделяется на самотечную и с механическим подъемом. Пользователи отказываются от использования оросительной системы там, где есть механический подъем, одной из причин этому является высокая цена на подачу воды. Также неудовлетворительное состояние мелиорируемых земель объясняется большими потерями на фильтрацию воды, в основном в земляном русле, что приводит к неэффективному использованию электроэнергии для работы оборудования.

Изучение природных и антропогенных факторов, влияющих на продукционный потенциал деградированных, ранее мелиорированных земель, является необходимым для разработки устойчивых и эффективных подходов к использованию этих земель. Внедрение агротехнических мероприятий, таких как органическое земледелие и меры по сохранению почвенного плодородия, а также управление водными ресурсами и биологическим разнообразием позволит обеспечить продовольственную безопасность, устойчивое развитие и адаптацию к изменению климата.

Выводы. По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Химический анализ проб оросительной воды Нижне-Донской оросительной системы показал ее соответствие оросительной норме. Почва пригодна для выращивания сельскохозяйственных культур, типичных для данной территории. Для Волгодонского района характерны благоприятные природно-климатические условия, пригодные для успешного ведения сельского хозяйства.

Лимитирующими факторами являются неудовлетворительное состояние Нижне-Донской оросительной системы, износ её гидротехнических сооружений и русел, а также отсутствие целенаправленной земельной политики. Сельскохозяйственные земли сдаются в аренду чаще на короткий срок. В последнее время всё больше землепользователей сталкиваются с проблемой истощения и заражения почв в результате нерационального подхода к использованию земельных ресурсов, что в дальнейшей перспективе приводит к снижению урожаев, следовательно и прибыли. Длительный срок эксплуатации земель, со своевременной их рекультивацией позволит обеспечить более рациональное использование земельных ресурсов.

Исходя из приведенных данных, урожайность сельскохозяйственных культур Волгодонского района Ростовской области по состоянию на 2022 год оказалась сравнительно ниже, чем в среднем по Ростовской области. С целью повышения эффективности использования имеющихся мелиорируемых земель Волгодонского района Ростовской области предлагается разработка и внедрение методических рекомендаций, на уровне каждого муниципального района, направленных на сохранение почвенного плодородия и повышения урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур. Внедрение указанных методических рекомендаций позволит стабилизировать экологическую обстановку и повысит эффективность ведения сельского хозяйства в Волгодонском районе Ростовской области.

Conclusions. Based on the results of the research, the following conclusions can be drawn. Chemical analysis of irrigation water samples from the Nizhne-Don irrigation system showed its compliance with the irrigation norm. The soil is suitable for the cultivation of crops typical of the area. The Volgodonsk region is characterized by favorable natural and climatic conditions suitable for successful agriculture.

The limiting factors are the unsatisfactory condition of the Nizhne-Don irrigation system, the deterioration of its hydraulic structures and channels, as well as the lack of a purposeful land policy. Agricultural land is rented out more often for a short period. Recently, more and more land users have faced the problem of depletion and contamination of soils as a result of an unsustainable approach to the use of land resources, which in the long term leads to a decrease in yields and, consequently, profits. A long period of land exploitation, with their timely reclamation, will ensure a more rational use of land resources.

Based on the above data, the yield of agricultural crops in the Volgodonsk district of the Rostov region as of 2022 was relatively lower than the average in the Rostov region. In order to increase the efficiency of the use of existing reclaimed lands in the Volgodonsk district of the Rostov region, it is proposed to develop and implement methodological recommendations at the level of each municipal district, aimed at preserving soil fertility and increasing the yield of cultivated crops. The implementation of these methodological recommendations will stabilize the environmental situation and increase the efficiency of agriculture in the Volgodonsk district of the Rostov region.

Библиографический список

1. Бабичев А. Н., Ольгаренко В. И., Монастырский В. А., Сидаренко Д. П. Опыт применения технологии прецизионного орошения в Ростовской области. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 4 (101). С. 75–86.
2. Балакай Г. Т., Куприянов С. В. Техническое состояние мелиоративных систем России и предложения по их восстановлению. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 1 (77). С. 5-9.
3. Кирейчева Л. В., Шевченко В. А. Состояние пахотных земель Нечерноземной зоны Российской Федерации и основные направления повышения плодородия почв. Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 2. С. 12-16.
4. Кирейчева Л. В., Шевченко В. А., Юрченко И. Ф. Эколого-экономическое обоснование введения в сельскохозяйственный оборот длительно неиспользуемых земель. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 3.
5. Кирейчева Л. В., Тимошкин А. Д., Аветисян А. Л. Информационно-коммуникационная система регулирования параметров мелиоративного состояния агроэкосистемы. Природообустройство. 2022. № 3. С. 13-18.
6. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 304 с.
7. Щедрин В. Н., Балакай Г. Т. Состояние и перспективы развития мелиорации земель на юге России. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2014. № 3 (15). С. 1-15.
8. Мустафаев Ж. С., Адильбектеги Г. А., Абдешев К. Б. Методологический подход к оценке экологического потенциала ландшафтных систем. Экологический Вестник Северного Кавказа. 2020. Т. 16. № 4. С. 25-30.
9. Хабиров И. К., Сайфуллин Р. Р. Факторы деградации при оценке состояния почв. Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 4 (106). Ч. 2. С. 68-71.
10. Пышкин Н. А. О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2013 году. Экологический вестник Дона. 2014. С. 26-28.
11. О состоянии и использовании земель в Ростовской области: доклад. Рн/д.: Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. 2021. С. 56.
12. Paul C., Techen A., Robinson J. S., Helming K. Rebound effects in agricultural land and soil management: Review and analytical framework. Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 227. Pp. 1054-1067.

References

1. Babichev A. N., Olgarenko V. I., Monastyrskii V. A., Sidarenko D. P. Experience in the Application of Precision Irrigation Technology in the Rostov Region. Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products. 2019. № 4 (101). Pp. 75–86.
2. Balakai G. T., Kupriyanov S. V. Technical State of Reclamation Systems of Russia and Proposals for Their Restoration. Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2020. № 1 (77). Pp. 5-9.
3. Kireycheva L. V., Shevchenko V. A. State of arable lands of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation and the main directions of increasing soil fertility. International Journal of Agriculture. 2020. № 2. Pp. 12-16.
4. Kireycheva L. V., Shevchenko V. A., Yurchenko I. F. Ecological and Economic Justification of the Introduction of Long-Term Unused Lands into Agricultural Circulation. Bulletin of Russian Agricultural Science. 2021. № 3.
5. Kireycheva L. V., Timoshkin A. D., Avetisyan A. L. Information and Communication System for Regulating the Parameters of the Reclamation State of the Agroecosystem. Environmental Management. 2022. № 3. Pp. 13-18.
6. Reclamation complex of the Russian Federation: inform. edition. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 2020. 304 p.
7. Shchedrin V. N., Balakai G. T. State and Prospects for the Development of Land Reclamation in the South of Russia. Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2014. № 3 (15). Pp. 1-15.
8. Mustafayev Zh. S., Adilbetegi G. A., Abdeshev K. B. Methodological Approach to Assessing the Ecological Potential of Landscape Systems. Ecological Bulletin of the North Caucasus. 2020. T. 16. № 4. Pp. 25-30.
9. Khabirov I. K., Sayfullin R. R. Degradation Factors in Soil State Assessment. International Research Journal. 2021. № 4 (106). Part 2. Pp. 68-71.
10. Pyshkin N. A. On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2013. Ecological Bulletin of the Don. 2014. Pp. 26-28.
11. On the state and use of lands in the Rostov region: report. Rn/d: Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography. 2021. P. 56.
12. Paul C., Techen A., Robinson J. S., Helming K. Rebound effects in agricultural land and soil management: Review and analytical framework. Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 227. Pp. 1054-1067.

Информация об авторах

Кузнецова Анна Витальевна, лаборант-исследователь, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), e-mail: kuznecova@vfanc.ru

Устинова Виктория Владимировна, лаборант-исследователь, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), e-mail: ustanova-v@vfanc.ru

Author's Information

Kuznetsova Anna Vitalievna, Research Laboratory Assistant, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), e-mail: kuznecova@vfanc.ru

Ustinova Viktoriya Vladimirovna, Research Laboratory Assistant, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), e-mail: ustanova-v@vfanc.ru

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ / ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-17

TOPCROSSING RESULTS IN A FLOCK OF SHEEP OF THE SALSUK BREED

¹Kolosov Yu. A., ²Chamurliov N. G., ²Shperov A. S.

¹Don State Agrarian University

v. Persianovsky, Otkyabsky district, Rostov region, Russian Federation

²Volgograd State Agrarian University

Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: shperov2011@mail.ru

Received 12.12.2023

Submitted 22.01.2024

Summary

The article emphasizes that the need to comply with federal legislation creates a difficult situation using the method of purebred breeding as the only method in livestock breeding. This determines the relevance of the ongoing research. The article assesses the possibility of purebred breeding in the herd of the Salsuk breed by using topcrossing.

Abstract

Introduction. The fine-fleeced and semi-fine-fleeced sheep farms of the Russian Federation are going through difficult times. The trend of reducing the number of sheep has not been overcome. A balance has not been found between the meat and wool productivity of this animal species. The problem is so acute that the Chairman of the Government of the Russian Federation, M. M. Mishustin, having visited Karachay-Cherkessia and visited sheep-breeding and infrastructure facilities in this region, instructed to take measures to improve the situation in the industry. Against this background, the number of small breeds of merino sheep is increasing, which makes it difficult to conduct breeding work. **Object.** The object of research is the livestock of sheep of the Salsuk breed, located on the territory of LLC Belozernoye farm in the Salsky district of the Rostov region. **Materials and methods.** A scientific and economic experiment was conducted in the breeding plant of Belozernoye LLC on animals of the Salsuk breed herd in 2021-2023. Inbred breeding sheep obtained in the father-granddaughter selection system were used in the experiment. The sheep of the experimental groups, formed according to the principle of pairs of analogues, were of the elite class at the age of 2-3 lambs. Control over changes in body weight was carried out by weighing young animals at birth, at 4, 9.5 and 13.5 months of age with an accuracy of 0.5 kg. Meat productivity was assessed by conducting a control slaughter of sheep at the age of 9.5 months according to the method of VISH (1978). The wool productivity of yarns was assessed by the results of shearing at 13.5 months of age, the yield of pure wool was determined in laboratory conditions. **Results and conclusions.** At birth, the live weight of the sheep of group 1 turned out to be 9.5% higher than that of their peers from the control group, and 7.3% higher in the bright ones. At 4 months of age, by 8.9 and 7.3%, respectively. At the age of 9.5 months and during this period, the differences between the 1st and 2nd experimental groups amounted to 7.8% in favor of the descendants of inbred sheep producers. The established differences in body weight between the groups at all age periods – both in sheep and in young sheep – were significant ($P > 0.95-0.99$). In terms of meat and wool productivity, according to the data of the scientific experiment, the superiority also belonged to a group of young animals obtained with the participation of inbred sheep producers.

Keywords: sheep breeding, Salsuk breed of sheep, topcrossing, wool productivity of sheep, meat productivity of sheep.

Citation. Kolosov Yu. A., Chamurliov N. G., Shperov A. S. Topcrossing results in a flock of sheep of the salsuk breed. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 157-163. (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-01-17.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 636.32/38.082

РЕЗУЛЬТАТЫ ТОПКРОССИНГА В СТАДЕ ОВЕЦ САЛЬСКОЙ ПОРОДЫ

¹Колосов Ю. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
²Чамурлиев Н. Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
²Шперов А. С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Донской государственный аграрный университет
п. Персиановский, Октябрьский район, Ростовская область, Российская Федерация
²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Тонкорунное и полутонкорунное овцеводство Российской Федерации переживает сложные времена. Не преодолен тренд на сокращение поголовья овец. Не найден баланс между мясной и шерстной продуктивностью данного вида животных. Проблема стоит настолько остро, что Председатель Правительства Российской Федерации М. М. Мишустин, побывав в Карачаево-Черкессии и посетив овцеводческие и инфраструктурные объекты этого региона, дал поручение принять меры для улучшения положения дел в отрасли. На этом фоне возрастает количество малочисленных пород мериносовых овец, что затрудняет ведение селекционно-племенной работы. **Объект.** Объектом исследований является поголовье овец сальской породы, находящееся на территории ООО ПЗ «Белозёрное» Сальского района Ростовской области. **Материалы и методы.** Научно-хозяйственный эксперимент был проведен в племенном заводе ООО «Белозёрное» на животных стада сальской породы в 2021-2023 годах. В опыте были использованы инбредные бараны-производители, полученные в системе подбора отец-внучка. Овцематки подопытных групп, сформированные по принципу пар-аналогов, были класса элита в возрасте по 2-3 окоту. Контроль за изменениями живой массы проводили путём взвешивания молодняка при рождении, в 4-, 9,5- и 13,5-месячном возрасте с точностью до 0,5 кг. Мясную продуктивность оценивали посредством проведения контрольного убоя баранчиков в возрасте 9,5 месяцев по методике ВИЖ (1978). Шерстную продуктивность ярков оценивали по результатам стрижки в 13,5-месячном возрасте, выход чистой шерсти определяли в лабораторных условиях. **Результаты и выводы.** При рождении живая масса баранчиков 1 группы оказалась больше, чем у сверстников из контрольной группы, на 9,5, а у ярков – на 7,3 %. В 4-месячном возрасте – на 8,9 и 7,3 % соответственно. В 9,5 – месячном возрасте и в этот период различия между 1 и 2 подопытными группами составили 7,8 % в пользу потомков инбредных баранов-производителей. Установленные различия по живой массе между группами во все возрастные периоды – и у баранчиков и у ярков – носили достоверный характер ($P > 0,95-0,99$). По уровню мясной и шерстной продуктивности, согласно данным научного эксперимента, превосходство также было за группой молодняка, полученного с участием инбредных баранов-производителей.

Ключевые слова: овцеводство, сальская порода овец, топкроссинг, шерстная продуктивность овец, мясная продуктивность овец.

Цитирование. Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Шперов А. С. Результаты топкроссинга в стаде овец сальской породы. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 157-163. DOI:10.32786/2071-9485-2024-01-17.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Метод чистопородного разведения овец имеет широкий набор возможностей для его реализации. Этот метод разведения животных является основным методом разведения в племенных стадах сельскохозяйственных животных. Данное положение регламентируется Федеральным законом 123-ФЗ «О племенном животноводстве», где статьей 28. «Основные принципы организации деятельности в области племенного животноводства» определяется, что деятельность в области племенного животноводства основывается на принципах, одним из которых является обеспечение сохранения породы при чистопородном разведении племенных животных. В статье 2. «Основные понятия» племенное животное трактуется как – сельскохозяйственное животное, имеющее документально подтвержденное происхождение, используемое для воспроизводства определенной породы и зарегистрированное в установленном порядке, а чистопородное разведение племенных животных – разведение племенных животных одной породы в целях консолидации и типизации присущих этой породе признаков. В статье 31. «Племенной завод», указывается, что племенной завод – это племенное хозяйство, располагающее стадом высокопродуктивных

племенных животных определенной породы и использующее чистопородное разведение племенных животных (скрещивание племенных животных допускается только по согласованию с федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим управление в области племенного животноводства). Племенной завод производит племенных животных, как правило, для племенных репродукторов. Статья 32. «Племенной репродуктор» предусматривает, что это племенное хозяйство, которое осуществляет разведение племенных животных в целях обеспечения потребностей сельскохозяйственных товаропроизводителей [1-3, 9]. На основании вышеизложенного можно сделать вывод об использовании в племенных хозяйствах только метода чистопородного разведения.

Классификация методов чистопородного разведения разделяет их на три группы: неродственное разведение (аутбридинг); спаривание маток аутбредного происхождения с инбредными производителями (топкроссинг); родственное разведение (инбридинг). К средствам массового улучшения породного поголовья относится также разведение животных по линиям и семействам, их кроссы и иные методы подбора, которые основаны на спаривании особей одной породы.

Целью нашего исследования стало изучение эффективности топкроссинга при котором на нелинейных матках стада для их осеменения были использованы инбредные бараны-производители, а также оценена динамика роста баранчиков до 9,5-месячного роста; оценена динамика роста ярок до 12-месячного возраста; оценена мясная продуктивность баранчиков в 9,5-месячном возрасте; оценена шерстная продуктивность ярок при первой стрижке.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный эксперимент был проведен в племенном заводе ООО «Белозёрное» на животных стадах сальской породы в 2021-2023 годах. В опыте были использованы инбредные бараны-производители, полученные в системе подбора отец-внучка. Овцематки подопытных групп, сформированные по принципу пар-аналогов, были класса элита в возрасте по 2-3 окоту. Их осеменение было проведено в июле 2021 года. В каждой подопытной группе было по 50 голов овцематок. Контролем служили баранчики и ярки, полученные в результате осеменения неродственных баранов и овцематок. Схема проведения эксперимента приводится на рисунке 1.

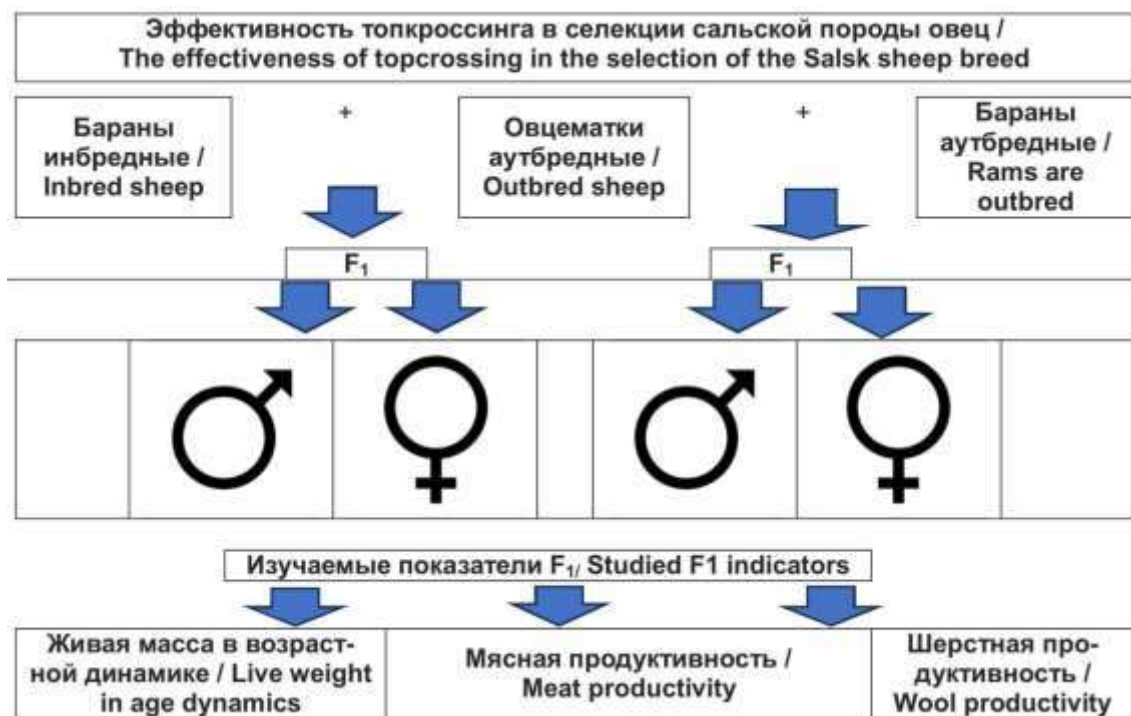


Рисунок 1 – Схема научно-хозяйственного опыта
Figure 1 – Scheme of scientific and economic experience

Овцематок в стойловый период содержали в одной отаре в одинаковых условиях кормления и содержания. Рационы кормления по питательности соответствовали нормам потребности с учетом физиологического состояния. Окот овцематок проводили в декабре-январе 2021-2022 гг., а отъем ягнят от овцематок – в марте 2022 г. Выращивание молодняка осуществляли кошарно-базовым методом. Контроль за изменениями живой массы проводили путём взвешивания молодняка при рождении, в 4-, 9,5- и 13,5 месячном возрасте с точностью до 0,5 кг. Мясную продуктивность оценивали посредством проведения контрольного убоя баранчиков в возрасте 9,5 месяцев по методике ВИЖ (1978). Шерстную продуктивность ярок оценивали по результатам стрижки в 13,5-месячном возрасте, выход чистой шерсти определяли в лабораторных условиях. Цифровые материалы эксперимента обрабатывали методом вариационной статистики с оценкой уровня достоверности разницы между опытной и контрольной группами.

Результаты и обсуждение. Метод родственного разведения, как важный прием чистопородного разведения, давно используется для сохранения и закрепления ценных продуктивных и биологических качеств животных [4, 6-7]. Из истории зоотехнической науки можно узнать, что целый ряд культурных пород сельскохозяйственных животных был создан с применением различных степеней инбридинга [4]. В овцеводстве можно назвать широко распространенные лейстерскую, асканийскую и т.д. породы овец. В тоже время в практике зоотехнии имеются примеры и негативных последствий применения данного метода. Вредные последствия инбридинга называют инбредной депрессией. С точки зрения современной генетики её причина кроется в нарастании гомозиготности у инбредных животных [3]. Такой характер оценок вызывает настороженное отношение к данному методу, особенно у овцеводов-практиков [5,9-12]. Поэтому в нашем подходе к получению инбредных баранов-производителей мы учитывали все точки зрения и исходили из того, что стадо племенного завода по сальской породе относится к числу лучших мериносовых стад в Российской Федерации. Нами были использованы при подборе животные крепкой конституции, которые обладали желательными качествами в наивысшей степени и которые были выращены в оптимальных условиях кормления. В результате были получены инбредные бараны-производители с желательными качествами, которые были использованы в эксперименте. Топкросс, или спаривание инбредного производителя с неродственными матками, был оценен нами путем изучения динамики роста мясной и шерстной продуктивности (таблицы 1-3). Контролем служил молодняк, полученный при спаривании баранов-производителей, воспроизведенных от неродственного подбора. По возрасту бараны-производители были аналогами.

Одним из трех оцениваемых параметров в нашем эксперименте была живая масса подопытного молодняка (таблица 1).

Таблица 1 – Изменения живой массы молодняка овец подопытных групп
Table 1 – Changes in the live weight of young sheep of experimental groups

Группы / Groups	Пол / Gender Groups	Возраст, мес / Age, months			
		при рождении / at birth	4	9,5	13,5
1	♂	4,73±0,40	26,81±0,51	54,76±2,90	
	♀	4,38±0,17	24,76±0,25		47,01±3,53
2	♂	4,32±0,16	24,63±0,33	50,79±2,25	
	♀	4,08±0,26	23,08±0,41		44,14±3,73

При рождении живая масса баранчиков, отцы которых были инбредными, оказалась больше, чем у сверстников из контрольной группы, на 9,5, а у ярок – на 7,3%. В 4-месячном возрасте у баранчиков разница составила 8,9, а у ярок она осталась на прежнем уровне. Баранчиков выращивали до 9,5-месячного возраста и в этот период различия между 1 и 2 подопытными группами составили 7,8% в пользу потомков инбредных баранов-производителей. Третье взвешивание подопытных ярок проводили в период бонитировки в

13,5 месяцев. Разница в средней живой массе между группами составила свыше 6,5 %. Установленные различия по живой массе между группами во все возрастные периоды носили достоверный характер ($P > 0,95-0,99$).

Мясную продуктивность оценивали путём убоя баранчиков подопытных групп в период массовой реализации хозяйством молодняка текущего года рождения на мясокомбинат. Средний их возраст составил 9,5-месяцев.

Таблица 2 – Мясная продуктивность баранчиков подопытных групп, $n=4$
Table 2 – Meat productivity of sheep of experimental groups, $n=4$

Показатели / Indicators	Группы / Group	
	1	2
Масса, кг: / Weight, kg		
при поступлении / upon admission	51,02±2,12	49,04±2,74
предубойная / pre-slaughter	47,18±2,30	45,13±2,92
тушки / carcasses	20,45±1,32	18,70±2,23
жира-сырца / of raw fat	0,61±0,08	0,42±0,28
убойная / slaughter	21,06±1,34	19,12±2,49
Убойный выход, % / Slaughter yield, %	44,63	42,36
Химический состав мяса, %: / Chemical composition of meat, %		
влага / moisture	62,64±2,19	61,42±0,44
протеин /protein	18,34±0,19	18,21±0,38
жир / fat	18,62±1,08	19,74±0,48
зола / ash	0,40±0,02	0,63±0,06

Разница между средними значениями массы туши составила 1,75 кг или 9,35% в пользу баранчиков 1 группы. Еще более ощутимой в относительном выражении оказалась разница по содержанию внутреннего жира. Она составила свыше 45%. Это привело к превосходству 1 группы по убойной массе на 10,0%, по убойному выходу на 5,3% в относительном или на 2,26% в абсолютном выражении. Если оценивать превосходство в стоимостном выражении, то при сложившейся на тот период закупочной цене в 210 рублей за 1 кг живой массы превосходство первой группы составило 421 руб. или 4,54%. Формой оценки качества мясной продуктивности мы использовали химический состав фарша, полученного из полутуш. В результате оценки было выявлено некоторое превосходство баранчиков 2 группы в содержании сухого вещества – на 1,22%. Это превосходство было получено за счет большего содержания жира в составе туши.

Следующим этапом нашего эксперимента стала оценка шерстной продуктивности ярок в 13,5-месячном возрасте, которая проводилась по результатам стрижки и лабораторного определения выхода чистой шерсти (таблица 3).

Таблица 3 – Шерстная продуктивность ярок подопытных групп, $M \pm m$
Table 3 – Wool productivity of the bright experimental groups, $M \pm m$

Показатели / Indicators	Группы / Groups	
	1	2
Настриг шерсти, кг: / Shearing of wool, kg		
физический / physical	5,45±0,31	5,27±0,20
мытой /washed	3,11±0,07	2,94±0,05
Выход мытой шерсти, % / Output of washed wool, %	57,07	55,78
Коэффициент шерстности, г/кг / Wool ratio, g/kg	66,15	65,13

Основным количественным показателем шерстной продуктивности овец с однородной шерстью по праву считается настриг мытой шерсти. В наших исследованиях средний настриг мытой шерсти у ярок 1 группы был выше, чем у сверстниц из второй группы на 160 г или на 5,44% ($P > 0,95$). У потомков инбредных баранов был также выше на 1,29% выход чистой шерсти. По средним значениям коэффициентов шерстности ярки подопытных групп практически не отличались друг от друга.

Заключение. По предварительным итогам оценки баранчиков и ярок сальской породы, полученным в результате топкроссинга и аутбредной формы подбора, по показателям динамики живой массы, мясной и шерстной продуктивности установлено превосходство молодняка потомков инбредных баранов. Для окончательной оценки эффективности метода и принятия решения о возможности его широкого использования целесообразно провести более детальные исследования и получить подтверждение установленных особенностей роста и продуктивности.

Conclusions. According to the preliminary results of the evaluation of rams and bright sals of the Sal breed, obtained as a result of topcrossing and outbred form of selection, according to the indicators of the dynamics of live weight, meat and wool productivity, the superiority of young animals of the descendants of inbred rams was established. For the final assessment of the effectiveness of the method and making a decision on the possibility of its widespread use, it is advisable to conduct more detailed studies and obtain confirmation of the established features of growth and productivity.

Библиографический список

1. Балакирев Н. А., Фейзуллаев Ф. Р., Гончаров В. Д., Селина М. В. Состояние и перспектива развития овцеводства России. Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 1 (26). С. 58-63.
2. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Кошаев А. Г., Абонеев В. В., Колосов Ю. А. Характеристика состояния овцеводства России и Ростовской области и перспективы развития отрасли. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 157. С. 392-410.
3. Григорян Л. Н., Хататаев С. А., Хмелевская Г. Н., Степанова Н. Г. Тенденции развития тонкорунного и полутонкорунного овцеводства России. Зоотехния. 2021. № 2. С. 33-36.
4. Давлетова А. М., Юлдашбаев Ю. А., Траисов Б. Б., Смагулов Д. Б., Скорых Л. Н. Селекционно-генетические параметры продуктивности молодняка эдильбаевских овец разных генотипов. Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 3 (14). С. 56-63.
5. Жиряков А. М., Двалишвили В. Г., Мильчевский В. Д. О некоторых принципах селекции овец. Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 1. С. 4-6.
6. Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Дегтярь А. С., Смородин Ф. А. Мясная продуктивность овец различных генотипов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 196-202.
7. Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Колосова Н. Н., Шперов А. С., Смородин Ф. А. Использование скрещивания для улучшения воспроизводительных качеств овец в условиях фермерского хозяйства. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 213-219.
8. Лакота Е. А., Забелина М. В. Создание эффективного типа меринсов Поволжья методом внутривидовой селекции. Аграрная наука. 2021. № 7-8. С. 24-27.
9. Лушников В. П., Левина Т. Ю., Затеев Д. В. Мясная продуктивность баранчиков кавказской породы в зависимости от природно-климатической зоны Поволжья. Овцы, козы, шерстяное дело. 2022. № 3. С. 18-20.
10. Лушников В. П., Сергеев А. К., Молчанов С. А. Современные тенденции в совершенствовании пород овец Поволжья в условиях импортозамещения. Развитие животноводства - основа продовольственной безопасности: материалы Национальной конференции. Волгоград, 2023. С. 223-225.
11. Новопашина С. И., Санников М. Ю., Хататаев С. А., Кузьмина Т. Н., Хмелевская Г. Н., Степанова Н. Г., Тихомиров А. И., Маринченко Т. Е. Состояние и перспективные направления улучшения генетического потенциала мелкого рогатого скота: науч. анализ. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 80 с.
12. Kolosov Y. A., Fedorov V. H., Illarionova N. F., Kaidalov A. F., Fedorova V. V., Chamurliiev N. G., Vorontsova E. S. Regional problems of livestock production and import substitution. International Conference on World Technological Trends in Agribusiness: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012143.

References

1. Balakirev N.A., Feyzullaev F.R., Goncharov V.D., Selina M.V. The state and prospects of development of sheep breeding in Russia. Agrarian Bulletin of the Upper Volga region. 2019. No. 1 (26). Pp. 58-63.
2. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Koshchayev A. G., Aboneev V. V., Kolosov Yu. A. Characteristics of the state of sheep breeding in Russia and the Rostov region and prospects for the development of the industry. Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2020. No. 157. Pp. 392-410.
3. Grigoryan L. N., Khatataev S. A., Khmelevskaya G. N., Stepanova N. G. Trends in the development of fine-wool and semi-fine-wool sheep breeding in Russia. Zootechny. 2021. No 2. Pp. 33-36.
4. Davletova A. M., Yuldashbayev Yu. A., Traisov B. B., Smaagulov D. B., Skorykh L. N. Breeding and genetic parameters of productivity of young Edilbaevsky sheep of different genotypes. Agricultural Journal. 2021. No 3 (14). Pp. 56-63.
5. Zhiryakov A. M., Dvalishvili V. G., Milchevsky V. D. On some principles of sheep breeding. Sheep, goats, wool business. 2020. No 1. Pp. 4-6.
6. Kolosov Yu. A., Chamurliiev N. G., Degtyar A. S., Smorodin F. A. Meat productivity of sheep of various genotypes. Izvestiya Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2022. No 2 (66). Pp. 196-202.
7. Kolosov Yu. A., Chamurliiev N. G., Kolosova N. N., Shperov A. S., Smorodin F. A. The use of crossing to improve the reproductive qualities of sheep in farming conditions. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2022. No 4 (68). Pp. 213-219.
8. Lakota E. A., Zabelina M. V. Creation of an effective type of merino in the Volga region by the method of inbreeding breeding. Agricultural science. 2021. No 7-8. Pp. 24-27.

9. Lushnikov V. P., Levina T. Yu., Zateev D. V. Meat productivity of Caucasian sheep depending on the natural and climatic zone of the Volga region. Sheep, goats, woolen business. 2022. No 3. Pp. 18-20.

10. Lushnikov V. P., Sergeev A. K., Molchanov S. A. Modern trends in improving sheep breeds of the Volga region in conditions of import substitution. Development of animal husbandry - the basis of food security: materials of the National Conference. Volgograd, 2023. Pp. 223-225.

11. Novopashina S. I., Sannikov M. Yu., Khatataev S. A., Kuzmina T. N., Khmelevskaya G. N., Stepanova N. G., Tikhomirov A. I., Marinchenko T. E. The state and promising directions for improving the genetic potential of small cattle: scientific. the analyte. review. M.: "Rosinformagrotech", 2019. 80 p.

12. Kolosov Y. A., Fedorov V. H., Illarionova N. F., Kaidalov A. F., Fedorova V. V., Chamurliov N. G., Vorontsova E. S. Regional problems of livestock production and import substitution. International Conference on World Technological Trends in Agribusiness: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012143.

Информация об авторах

Колосов Юрий Анатольевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Разведение сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены им. П. Е. Ладана», Донской государственной аграрной университеты (Российская Федерация, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, д. 24), e-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Чамурлиев Нодари Георгиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Частная зоотехния», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: zootechnia@mail.ru

Шперов Александр Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Частная зоотехния», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: shperov2011@mail.ru

Author's Information

Kolosov Yuri Anatolyevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Breeding of Farm animals, Private Zootechnics and Zoo Hygiene named after P. E. Ladan, Don State Agrarian University (Russian Federation, 346493, Rostov region, Oktyabrsky district, village Persianovsky, Krivoshlykova str., 24), e-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Chamurliov Nodari Georgievich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Private Animal Science of the Volgograd State Agrarian University, (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy ave., 26), e-mail: zootechnia@mail.ru

Shperov Aleksander Sergeevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Private Zootechny, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: shperov2011@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-18

THE EFFECT OF THE ALTERNATIVE PROTEIN RAW MATERIAL "GAPRIN" – A PRODUCT OF MICROBIOLOGICAL SYNTHESIS ON THE PRODUCTIVE QUALITIES OF RAINBOW TROUT

Randelin D. A., Novokshchenova A. I., Agapova V. N., Kravchenko Yu. V., Agapov S. Yu., Bryukhno O. Yu., Vorontsova E. S., Lipova E. A., Davudova T. M.

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: triticumrbw@mail.ru

Research was carried out within the framework of the consortium "Agropriority 2030" on the topic: "Development of optimized schemes for the use of alternative protein raw materials of microbial synthesis (gaprin) for rainbow trout, sterlet and tilapia, comprehensive physiological-biochemical, or technical and economic justification of its application in aquaculture"

Received 20.09.2023

Submitted 08.02.2024

Summary

The protein component in the composition of combined feeds for salmon is of great importance. The shortage of protein raw materials in the domestic feed market leads to the need to search for alternative sources. The possibility of using the product of microbiological synthesis "Gaprin" as part of production salmon feeds has been experimentally proven. Experimentally revealed the advantage of compound feeds containing 50 and 75% of the substance "Gaprin", instead of fishmeal, which is the optimal rate of its input.

Abstract

Introduction. The quality and quantity of protein in the composition of combined feeds for salmon is of great importance. However, today there is a shortage of protein raw materials for the production of feed on the domestic market, and in this regard, alternative sources are being searched for. It is known that this quality can be: products of microbiological synthesis, meat flour, hydrolysis yeast, plant components, etc. The substance "Gaprin" is 70-79% crude protein. It is a protein product with a high content of B vitamins (in particular B12), amino acids and trace elements that fully meet the needs of animals in them. Therefore, the experimental determination of the norms for the input of biomass of the product of microbiological synthesis

"Gaprin" into compound feed for rainbow trout is an urgent direction. **Object.** Rainbow trout grown on domestic production feeds with the addition of the product of microbial synthesis "Gaprin". **Materials and methods.** The experiment was carried out in the installation of the Ultrasonic Research Center "Breeding of valuable sturgeon breeds" of the Volgograd State Agrarian University. The study was conducted using standard zootechnical experience – a method of comparing control and experimental groups and further evaluating their productive qualities. The effectiveness of the introduction of "Gaprin" into the diet was determined by weight gains, linear indicators, fatness and safety of individuals in each group. After the measurements, the absolute, average daily and relative increments were calculated. **Results and conclusions.** By evaluating the results of the experiment, by testing the productive qualities of the studied individuals of rainbow trout, the advantage of the effectiveness of compound feeds containing 50 and 75% of the substance "Gaprin", instead of fish meal, which is the optimal norm, has been proved.

Keywords: rainbow trout, closed-loop water supply system, trout feed, microbial synthesis products, Gaprin.

Citation. Randelin D. A., Novokshchenova A. I., Agapova V. N., Kravchenko Yu. V., Agapov S. Yu., Bryukhno O. Yu., Vorontsova E. S., Lipova E. A., Davudova T. M. The effect of the alternative protein raw material "Gaprin" – a product of microbiological synthesis – on the productive qualities of rainbow trout. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 163-172 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-18.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 639.3.07

ВЛИЯНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО БЕЛКОВОГО СЫРЬЯ «ГАПРИН» – ПРОДУКТА МИКРОБНОГО СИНТЕЗА НА ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Ранделин Д. А., доктор биологических наук, профессор
Новокшченнова А. И., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Агапова В. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Кравченко Ю. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Агапов С. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Брюхно О. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Воронцова Е. С., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Липова Е. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Давудова Т. М., преподаватель

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках консорциума «Агроприоритет 2030» по теме: «Разработка оптимизированных схем использования альтернативного белкового сырья микробного синтеза «Гаприн» для радужной форели, стерляди и тилапии, комплексное физиолого-биохимическое, зоотехническое и экономическое обоснование его применения в аквакультуре»

Актуальность. Белковый компонент в составе комбинированных кормов для лососевых имеет большое значение. Однако, сегодня на отечественном рынке недостаток белкового сырья для производства кормов, в связи с этим ведется поиск его альтернативных источников. Известно, что в этом качестве могут выступать: продукты микробиологического синтеза, мясная мука, гидролизные дрожжи, растительные компоненты и т.д. Вещество «Гаприн» представляет собой 70-79 % сырого протеина. Это белковый продукт с высоким содержанием витаминов группы В (в частности В12), аминокислот и микроэлементов, полностью обеспечивающих в них потребности животных. Следовательно, экспериментальное определение норм ввода биомассы продукта микробиологического синтеза «Гаприн» в комбикорма для радужной форели является актуальным направлением. **Объект.** Радужная форель, выращенная на отечественных производственных кормах с добавлением продукта микробиального синтеза «Гаприн». **Материалы и методы.** Эксперимент проводился в установке УЗВ Научного центра «Разведение ценных пород осетровых» Волгоградского ГАУ. Исследование проводилось стандартным зоотехническим опытом – методом сравнения контрольной и опытных групп и дальнейшей оценке их продуктивных качеств. Результативность введения в рацион «Гаприна» определяли по приростам массы, линейных показателей, упитанности и сохранности особей в каждой группе. После промеров рассчитывался абсолютный, среднесуточный и относительный приросты. **Результаты и выводы.** Оценкой результатов опыта, по испытанию продуктивных качеств исследуемых особей радужной форели, доказано преимущество эффективности комбикормов, содержащих в составе 50 и 75% вещества «Гаприн», взамен рыбной муки, что и является оптимальной нормой.

Ключевые слова: радужная форель, система замкнутого водообеспечения, форелевый комбикорм, продукты микробного синтеза, «Гаприн».

Цитирование. Ранделин Д. А., Новокщёнова А. И., Агапова В. Н., Кравченко Ю. В., Агапов С. Ю., Брюхно О. Ю., Воронцова Е. С., Липова Е. А., Давудова Т. М. Влияние альтернативного белкового сырья «Гаприн» – продукта микробного синтеза на продуктивные качества радужной форели. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 163-172. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-18.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Результативность выращивания полноценной товарной рыбы в рыбоводстве имеет прямую зависимость от использования высококачественных сбалансированных кормов, так как основная цель товарного рыбоводства – получение наибольшего количества рыбы с единицы площади в кратчайшие сроки, что требует наличия кормов, обеспечивающих оптимальный энергетический и пластический обмен у рыб [1, 4, 5, 6, 7].

Белковый компонент в составе комбинированных кормов для лососевых рыб имеет большое значение, им обеспечивается деление и регенерация клеток, ускорение и регуляция физиологических процессов. Протеин участвует в транспорте кислорода, питательных веществ, работе иммунитета.

Усвоение рыбой протеина зависит от ее вида, возраста, температуры воды, происхождения белков и их концентрации в пище. Эффективность утилизации белков находится в связи с энергетической обеспеченностью пищи [7, 11, 14]. Однако, сегодня в индустриальном рыбоводстве РФ недостаток сырьевой базы протеина при производстве кормов, в связи с этим ведется подбор его альтернативных источников. Известно, что в этом качестве могут выступать: продукты микробиологического синтеза, мясная мука, гидролизные дрожжи, растительные компоненты и т.д. [11, 12, 13]. Соединение «Гаприн» – это 70-79 % сырого протеина с содержанием витамина В12, аминокислот и микроэлементов. Таким образом, цель исследований актуальна и заключается в экспериментальном определении норм ввода биомассы продукта микробиологического синтеза «Гаприн» в комбикорма для радужной форели.

Задачи исследований: 1. Изучить продуктивные показатели молоди радужной форели, при кормлении отечественным инновационным лососевым белковым кормом с использованием продукта микробиального синтеза «Гаприн» взамен рыбной муки;

2. Определение оптимальных норм ввода гаприна в комбикорма для молоди радужной форели;

3. Определение влияния гаприна на усвояемость питательных веществ корма.

Материалы и методы. Эксперимент проводился в установке УЗВ научного центра «Разведение ценных пород осетровых» Волгоградского ГАУ [8, 9, 10].

Объект исследований – особи радужной форели массой 50-55 г (таблица 1). Исследование проводилось стандартным зоотехническим опытом – методом сравнения контрольной и опытных групп и дальнейшей оценке их продуктивных качеств.

Таблица 1 – Схема опыта по применению белка микробиального синтеза «Гаприн» в кормлении радужной форели
Table 1 – Scheme of experience on the use of the protein of microbial synthesis "Gaprin" in feeding rainbow trout

Группа / Group	1 контроль / 1 control	2 опытная / 2 Experienced	3 опытная / 3 Experienced	4 опытная / 4 Experienced
Число особей в группе, n / Number of individuals in the group, n	100	100	100	100
Продолжительность опыта, дней / Duration of experience, days	60	60	60	60
Особенности кормления / Feeding features	Рыбная мука / Fishmeal	Замена 25% рыбной муки «Гаприном» / Replacing 25% of fishmeal with Gaprin	Замена 50% рыб- ной муки «Гапри- ном» / Replacing 50% of fishmeal with Gaprin.	Замена 75% рыб- ной муки «Гапри- ном» / Replacing 75% of Fishmeal with Gaprin

Кормление рыбы проводилось вручную 3 раза в сутки. Нормы кормления и размеры гранул подбирали с учетом $t^{\circ}\text{C}$, количества O_2 и живой массы рыбы. Дозировки кормов регулярно пересматривались и зависели от итогов контрольного взвешивания. Гидрохимия воды в процессе эксперимента поддерживалась на уровне оптимальной для радужной форели.

Комбикорма были изготовлены из Российского сырья, партия которого специально для опыта была произведена Волгоградской компанией ООО «Инновация» методом экструдирования и вакуумного напыления жира. При формировании рецепта комбикормов комбинировали сырой протеин, углеводы жира и клетчатки, состав и концентрацию аминокислот. По методике в комбикормах опытных групп рыбную муку замещали «Гаприном» в долях 25, 50 и 75 %. Введение в комбикорм гаприна повлияло на повышение уровня сырого протеина во 2, 3 и 4 опытных группах на 0,85, 1,7 и 2,55% соответственно.

Пищевую активность рыб наблюдали визуально. Оценивали полное потребление корма. В случае отказа от корма, остаток взвешивался и учитывался в журнале лабораторных наблюдений.

Результативность введения в рацион «Гаприна» определяли по приростам массы, линейных показателей, упитанности и сохранности особей в каждой группе. После промеров рассчитывался абсолютный, среднесуточный и относительный приросты (рис. 1). Абсолютный прирост вычислялся по стандартной формуле [2, 3], путем вычитания от конечной массы начального веса. Относительный прирост определяли путем отношения абсолютного прироста живой массы к первоначальной, в процентах.



Рисунок 1 – Контрольные взвешивания в условиях научного центра ПНИЛ
Figure 1 – Control weighings in the conditions of the PNIL scientific Center

Все результаты взвешиваний и измерений линейных показателей проходили статистическую обработку в программе Microsoft Excel, определялись статистические показатели: среднее значение, среднее отклонение, ошибка среднего арифметического, коэффициент вариации. Коэффициент вариации по изучаемым показателям для 1, 2, 3 и 4 экспериментальных групп (для каждого этапа измерений) находился в пределах 0,7-1,2.

Результаты и обсуждение. Перед началом эксперимента, молодь, была отсортирована, далее в бассейнах проводили опытное кормление.

На рисунке 2 можно увидеть, что по результатам первого месяца эксперимента, 2-опытная группа превосходила по массе контрольную на 4,8%, а 3 и 4 группы на 12,5 и 6,3% соответственно. В конце эксперимента превосходство 1-группы над опытными увеличилось на 7,0, 14,4 и 7,6% соответственно.



Рисунок 2 – Изменения живой массы испытуемой форели по периодам взвешивания, г
Figure 2 – Changes in the live weight of the tested trout by weighing periods, g

Молодь форели в конце исследований отличалась высокой выравненностью и низкими отклонениями по размерно-весовым показателям.

В процессе опыта замечено, что молодь форели отличается повышенной нежностью при взвешивании и любых манипуляциях при извлечении рыбы из воды, поэтому, главным стресс-фактором в период исследований являлся процесс контрольных измерений (рисунок 3). Гибель рыбы была зафиксирована во всех группах на 2-3 сутки после первого взвешивания. Вскрытие погибшей рыбы показало механическое повреждение внутренних органов, и отсутствие связи отхода с используемыми кормами. Таким образом, к концу опыта в контрольной и опытных группах сохранность поголовья составила 98%.

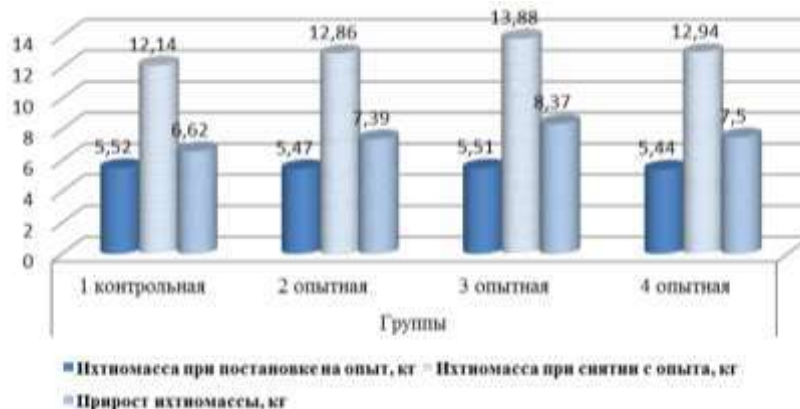


Рисунок 3 – Результаты приростов ихтиомассы опытной форели
Figure 3 – Results of ichthyomass increments of experimental trout

Некоторый отход рыбы повлиял на суммарную ихтиомассу в каждой группе. На рисунке 3 видно, что контрольная группа уступала аналогам из 2, 3 и 4 групп по ихтиомассе на 5,5, 12,7 и 6,1% соответственно. При этом 4 опытная группа уступала 3 опытной группе на 6,77%.

По показателю «абсолютный прирост» на протяжении всего эксперимента особи контрольной группы уступали особям опытных (рисунок 4). Так, превосходство 2, 3 и 4 групп по абсолютному приросту с начала исследования и до его завершения, составило 11,9, 20,8 и 13,5% соответственно. Стоит отметить, что различия между 2 и 4 опытными группами за второй месяц выращивания были незначительными при недостоверной разнице.

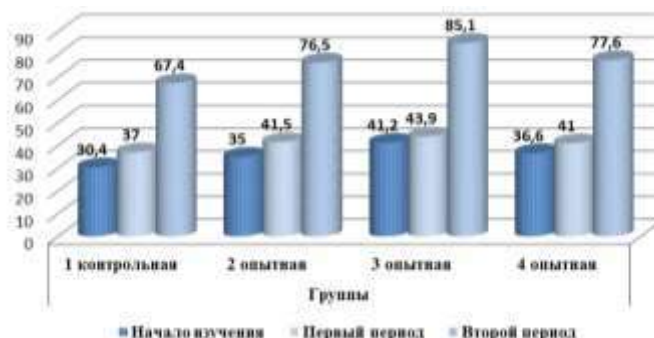


Рисунок 4 – Динамика показателя «абсолютный прирост» массы опытных групп, г
Figure 4 – Dynamics of the indicator "absolute increase" in the mass of experimental groups, g

Для оценки конкуренции в росте, и выяснения ее причин, между группами исследуемых рыб был рассчитан относительный прирост живой массы (рисунок 4).

По данным рисунка 5 заметно, что во всех группах самый активный относительный прирост был в первые недели опыта.



Рисунок 5 – Динамика показателя «относительный прирост живой массы», %
Figure 5 – Dynamics of the indicator "relative weight gain", %

Наименьший относительный прирост живой массы за весь период опыта имели особи 1 группы, значения этого показателя у них были ниже, чем у аналогов 2, 3 и 4 опытных групп на 12,9, 21,3 и 14,7 соответственно.

При анализе приростов длины тела после двух месяцев выращивания значительных различий между 1 контрольной и опытными группами зафиксировано не было. Так, 1 группа уступала сверстникам из 2, 3 и 4 опытных групп по данному показателю в первый месяц исследований на 3,6, 10,6, 4,3% соответственно (рисунок 6), а во второй месяц на 6,7, 9,5 и 7,8% соответственно.

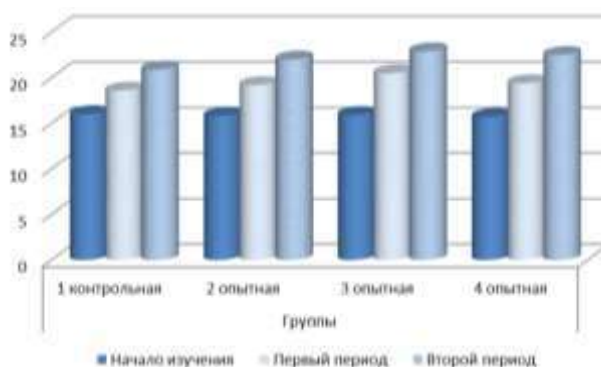


Рисунок 6 – Изменение показателя «длина тела» форели по периодам опыта, см
Figure 6 – Change in the indicator "body length" of trout by periods of experience, cm

Таким образом, можно отметить, что наиболее значительные различия по показателю длина тела в сравнении с аналогами имела 3 опытная группа.

Доказано, что показатель «ширина тела» зависит от массы мышечной и жировой ткани, прирастающих за счет протеина и жира в рационе. Так вот, по данному параметру за первый месяц кормления было зафиксировано превосходство опытных 2, 3 и 4 групп перед контролем на 4,3, 12,0, 8,3%. Преобладание опытных групп во второй период составляло 10,7, 15,5, 7,4% соответственно.

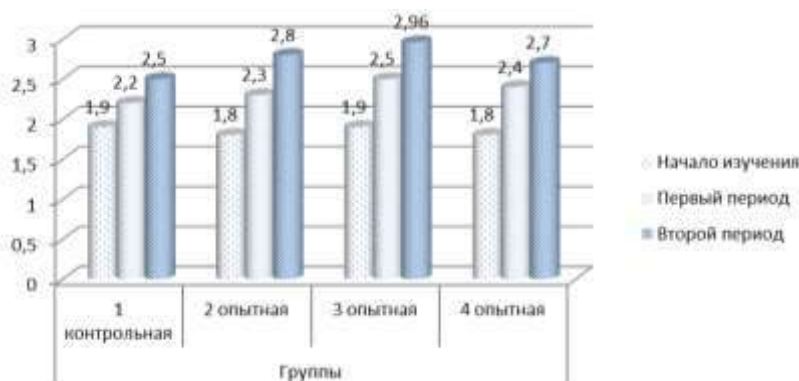


Рисунок 7 – Динамика признака «ширина тела» радужной форели за период опыта, см
Figure 7 – Dynamics of the "body width" attribute of rainbow trout over the period of the experiment, cm

Из рисунка 7 заметна значительная разница исследуемого показателя между особями экспериментальных групп, что связано с повышенной массой тела рыбы. По нашему мнению при повышении концентрации гаприна в кормах не было зафиксировано значительного увеличения длины тела и в то же время, различия по ширине и высоте тела в опытных группах свидетельствуют о большем влиянии изучаемой кормовой добавки на отложение питательных веществ в мышечной ткани и внутренних органах.

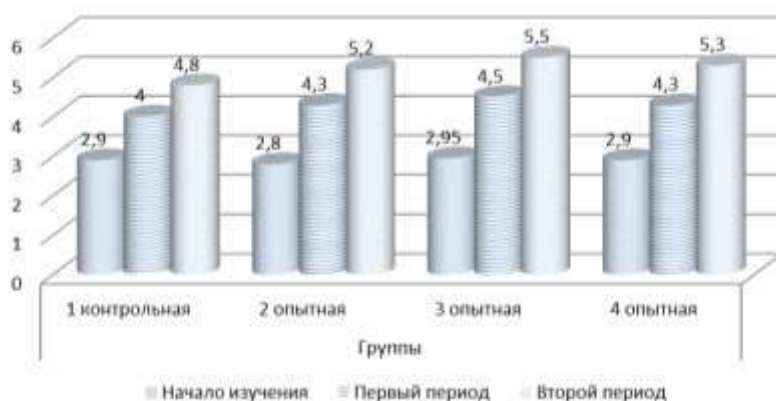


Рисунок 8 – Динамика признака «высота тела» за период опыта
Figure 8 – Dynamics of the "body height" attribute over the period of experience

Анализ показателя «высота тела» также позволяет делать вывод о незначительных отличиях данного параметра между группами. Так, контрольная группа отставала по данному признаку на первом месяце исследований от второй, третьей и четвертой опытных групп на 7,0, 11,1 и 7,0% соответственно и на 7,7, 12,7 и 9,4% соответственно в конце исследований (рисунок 8).

Известно, что лососевым рыбам свойственна хорошая усвояемость питательных веществ корма, именно поэтому по методике исследования нормы кормления рассчитывались нами исходя из средней массы рыб в каждой группе. Суточная выдача корма пересматривалась после каждого контрольного взвешивания, а в итоге составляла 3,0 % от живой массы рыбы.

Величина потребления кормов за период исследований изменялась в такой последовательности: по итогу первого месяца опыта затраты корма составили в контрольной группе 3,5 кг. У опытных 3,7, 4,2 и 3,8 кг для 2, 3 и 4 групп соответственно. За второй месяц опыта расход кормов составил 4,0 кг, у контрольной и 4,2, 4,3 и 4,0 кг, для 2, 3 и 4 групп соответственно.

Результатами исследования выявлено, что кормовой коэффициент по группам имел заметные различия. Так, наименьшее количество кормов было затрачено на 1 кг прироста в контрольной группе, а наибольшее – в 3 опытной (рис. 9). Преобладание 3 группы по этому параметру над сверстниками из 1 контрольной, 2 и 4 опытными группами составило 11,8, 4,9 и 2,9%.

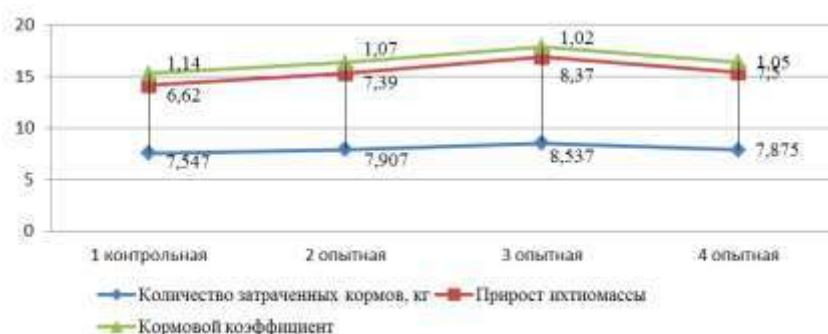


Рисунок 9 – Кормовой коэффициент и потребление кормов за период исследований, кг
Figure 9 – Feed ratio and feed consumption during the research period, kg

Опытный лососевый корм для экспериментальных групп по аминокислотному составу имел некоторые различия в содержании незаменимых и заменимых аминокислот. Общее количество незаменимых аминокислот в кормах для (2, 3, 4 групп), в сравнении с 1 контрольной составило 0,26, 0,28 и 0,35%. А содержание заменимых аминокислот в контрольной группе было ниже, чем во 3 и 4 опытных группах на 0,09 и 0,14%. Содержание аминокислот по группам имело такую картину – корма 2, 3 и 4 групп превосходили контроль по содержанию гистидина, аргинина, треонина, валина, фенилаланина и метионина, но в то же время уступали ему по концентрации лейцина, изолейцина и триптофана. Контрольная группа же преобладала над 2, 3 и 4 опытными по содержанию лейцина, на 0,28, 0,51 и 0,73% соответственно. По сырому протеину 2, 3 и 4 опытные группы превосходили аналоги из 1 контрольной группы на 0,50, 1,54 и 2,48%, а по содержанию сырого жира на 0,59, 0,80 и 1,41%. Данные характеристики кормов позволили получить хороший результат по продуктивным приростам форели у групп, получавших в составе комбикормов 50 и 75% вещества «Гаприн», взамен рыбной муки.

Заключение. Таким образом, в результате эксперимента разработана рецептура и произведены комбикорма для рыб, включающие в свой состав биомассу «Гаприн» – соединения на основе белка микробиологического синтеза. Эффективность произведенных кормов определяется их высокой усвояемостью, влиянием на продуктивные качества особой радужной форели. Оценка данных параметров выявила высокую эффективность составов комбикормов, содержащих в составе 50 и 75% вещества «Гаприн», взамен рыбной муки, что и является оптимальной нормой.

Conclusions. As a result of the research, recipes were developed and mixed feeds for fish were produced, including "Gaprin" biomass – compounds based on microbiological synthesis protein. The effectiveness of the produced feeds is determined by their high digestibility, the effect on the productive qualities of aquaculture of rainbow trout.

The analysis of the productive qualities of experienced individuals of rainbow trout proved the advantage of the effectiveness of compound feeds containing 50 and 75% of the substance "Gaprin", instead of fishmeal, which is the optimal norm.

Библиографический список

1. Абросимова Н. А., Абросимова Е. Б., Абросимова К. С., Морозова М. А. Кормовое сырье и биологически активные добавки для рыбных объектов аквакультуры. Санкт-Петербург: Лань, 2019. 156 с.
2. Власов В. А. Рыбоводство. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 352 с.

3. Комлацкий В. И., Комлацкий Г. В., Величко В. А. Рыбоводство. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 200 с. <http://e.lanbook.com>
4. Нечаева Т. А., Рыбалова Н. Б., Темирова С. У. Современные технологии в аквакультуре: учебное пособие. Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2018. 94 с. <http://biblioklub.ru/index.php?page=book&id=486923>
5. Пономарев С. В., Грозеску Ю. Н., Бахарева А. А. Индустриальное рыбоводство. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 416 с. <http://e.lanbook.com>
6. Пономарев С. В., Баканева Ю. М., Федоровых Ю. В. Аквакультура. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 440 с. <http://e.lanbook.com>
7. Скляр В. Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО, 2008. 150 с.
8. Ранделин Д. А., Новокшенова А. И., Кравченко Ю. В. Изучение биотехники кормления и эффективности отечественных продукционных кормов в рационе молоди радужной (oncorhynchus mykiss) и янтарной форели (oncorhynchus mykiss walbaum) в условиях ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых». Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2021. С. 356-361.
9. Ранделин Д. А., Новокшенова А. И., Кравченко Ю. В., Воронцова Е. С., Кузнецова Т. В., Рамазан А. К. Влияние кормовой добавки "Бета-Флора" в составе продукционных лососевых кормов на хозяйственно-биологические показатели радужной форели. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 225-232.
10. Ранделин Д. А., Новокшенова А. И., Кравченко Ю. В., Воронцова Е. С., Рамазан А. К. Влияние белкового концентрата "Агро-Матик" на продуктивные качества молоди радужной (oncorhynchus mykiss) и янтарной (oncorhynchus mykiss walbaum) форели. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 334-344.
11. Фаритов Т. А. Кормление рыб. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 348 с.
12. Хрусталева Е. И., Хайновский К. Б., Гончаренко О. Е., Молчанова К. А. Основы индустриальной аквакультуры. Санкт-Петербург: Лань, 2019. 280 с. <http://e.lanbook.com>
13. Хрусталева Е. И., Курапова Т. М., Гончаренко О. Е., Молчанова К. А. Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры. Санкт-Петербург: Лань, 2017. 416 с. <http://e.lanbook.com>
14. Хрусталева Е. И., Курапова Т. М., Гончаренко О. Е., Молчанова К. А. Корма и кормление рыб в аквакультуре. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 388 с.

References

1. Abrosimova N. A., Abrosimova E. B., Abrosimova K. S., Morozova M. A. Feed raw materials and biologically active additives for fish aquaculture facilities. St. Petersburg: Lan, 2019. 156 p.
2. Vlasov V. A. Fish farming. St. Petersburg: Lan, 2020. 352 p.
3. Komlatsky V. I., Komlatsky G. V., Velichko V. A. Fish farming. Saint Petersburg: Lan, 2021. 200 p. <http://e.lanbook.com>
4. Nechaeva T. A., Rybalova N. B., Temirova S. U. Modern technologies in aquaculture: a textbook. St. Petersburg: SPbGAU, 2018. 94 p. <http://biblioklub.ru/index.php?page=book&id=486923>
5. Ponomarev S. V., Grozescu Yu. N., Bakhareva A. A. Industrial fish farming. Saint Petersburg: Lan, 2021. 416 p. <http://e.lanbook.com>
6. Ponomarev S. V., Bakaneva Yu. M., Fedorov Yu. V. Aquaculture. Saint Petersburg: Lan, 2021. 440 p. <http://e.lanbook.com>
7. Sklyarov V. Ya. Feed and feeding of fish in aquaculture. M.: VNIRO Publishing House, 2008. 150 p.
8. Randelin D. A., Novokshchenova A. I., Kravchenko Yu. V. Study of feeding biotechnics and the effectiveness of domestic production feeds in the diet of rainbow trout (oncorhynchus mykiss) and amber trout (oncorhynchus mykiss walbaum) in the conditions of the PNIIL "Breeding of valuable sturgeon breeds". Innovative technologies in the agro-industrial complex in modern economic conditions: materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd, 2021. Pp. 356-361.
9. Randelin D. A., Novokshchenova A. I., Kravchenko Yu. V., Vorontsova E. S., Kuznetsova T. V., Ramazan A. K. The effect of the feed additive "beta-flora" in the composition of production salmon feeds on the economic and biological indicators of rainbow trout. Izvestiya Nizhnevolzhsky agrouniversitetskogo kompleksa: Science and higher professional education. 2022. No 4 (68). Pp. 225-232.
10. Randelin D. A., Novokshchenova A. I., Kravchenko Yu. V., Vorontsova E. S., Ramazan A. K. The effect of protein concentrate "agro-matic" on the productive qualities of rainbow trout (oncorhynchus mykiss) and amber trout (oncorhynchus mykiss walbaum). News of the Nizhnevolzhsky Agro-University complex: Science and higher professional education. 2022. No 3 (67). Pp. 334-344.
11. Faritov T. A. Fish feeding. St. Petersburg: Lan, 2020. 348 p.
12. Khrustalev E. I., Khainovsky K. B., Goncharenok O. E., Molchanova K. A. Fundamentals of industrial aquaculture. St. Petersburg: Lan, 2019. 280 p. <http://e.lanbook.com>
13. Khrustalev E. I., Kurapova T. M., Goncharenok O. E., Molchanova K. A. Modern problems and prospects of aquaculture development. St. Petersburg: Lan, 2017. 416 p. <http://e.lanbook.com>
14. Khrustalev E. I., Kurapova T. M., Goncharenok O. E., Molchanova K. A. Feed and feeding of fish in aquaculture. St. Petersburg: Lan, 2021. 388 p.

Информация об авторах

Ранделин Дмитрий Александрович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: randelin_dm@mail.ru

Новокшенова Анна Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: anna.gustowa2012@yandex.ru

Агапова Василина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: v.agapova@volgau.com

Кравченко Юрий Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: uriy34rus@mail.ru

Агапов Сергей Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: agapov_s_y@mail.ru

Брюхно Ольга Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: o.brukhno@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Липова Елена Андреевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: lipova.elenka@mail.ru

Давудова Туркан Мушфиговна, преподаватель, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: t.davudova@volgau.com

Author's Information

Randelin Dmitriy Aleksandrovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: randelin_dm@mail.ru

Novokshchenova Anna Ivanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: anna.gustova2012@yandex.ru

Agapova Vasilina Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: v.agapova@volgau.com

Kravchenko Yuriy Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: uriy34rus@mail.ru

Agapov Sergey Yuryevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: agapov_s_y@mail.ru

Bryukhno Olga Yuryevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: o.brukhno@yandex.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Lipova Elena Andreevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: lipova.elenka@mail.ru

Davudova Turkan Mushfigovna, Lecturer at Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: t.davudova@volgau.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-19

FEATURES OF THE INTERMEDIATE METABOLISM OF BROILER CHICKENS WITH THE INTRODUCTION OF FULVOHUMATES IN THE DIET

Nechitailo K. S., Sizova E. A.

*Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Orenburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: k.nechit@mail.ru

Received 28.08.2023

Submitted 12.11.2023

***The studies were performed in accordance to the plan of research works FSBRI FRC BST RAS
carried out as part of the implementation of project No. 0761-2019-0005***

Summary

The article presents the results of evaluation of the effect of fulvohumate on the energy metabolism of broiler chickens. The results of studies showed that fulvohumates influenced the productive effect of digestible nutrients of the diet, in particular, led to an increase in the coefficients of digestibility of crude fat, crude protein and nitrogen-free extractive substances. At the same time, the productive effect of fulvohumates is mediated by the effect on energy metabolism, in particular, by an increase in metabolizable energy, coefficient of useful utilization of metabolizable energy and reduction of energy losses with manure.

Abstract

Introduction. Growing broiler chickens is an important area of poultry production that requires certain conditions to be met in order to achieve high performance. The intensive growth rate of broiler chickens requires a large amount of energy, so the regulation of energy metabolism is an important aspect of their growth. Energy balance is a complex multifactorial process that depends primarily on the diet of the animals. Under the condition of a balanced diet, the additional introduction of growth biostimulants has an effect on metabolic states in particular and on the efficiency of cultivation in general. Humic substances, taking into account their unique physical and chemical properties, influence production parameters, immune system and general condition of animals. Considering the fact that energy is the key to productivity, an important aspect of this issue is to find out the role of humic substances on the energy balance and metabolic state of broiler chickens. **Object.** The object of research is broiler chickens of the cross Arbor Acres. **Materials and methods.** The studies were carried out on the basis of FGBNU "Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy". Zootechnical analysis of feeds and biosubstrates was performed in accordance with the unified methods. **Results and conclusions.** Introduction of humic substances into the diet of broiler chickens was accompanied by growth intensification, the difference in live weight of chickens of control and experimental groups amounted to 21,55 % ($P \leq 0,05$). At the same time, feed costs per 1 kg of gain in the experimental group were lower by 5.7 %. Humic substances influenced the coefficients of digestibility of nutrients of the diet, so the digestibility of crude fat was higher by 4,52 % ($P \leq 0,05$), crude protein by 3,58 % ($P \leq 0,05$) and non-nitrogenous extractive substances by 2,77 % ($P \leq 0,05$). At the same time, the productive effect of humic additives was mediated by the effect on energy metabolism, in particular, an increase in metabolizable energy and a decrease in energy losses with litter. At the same time, the increase in the metabolic energy of the supernatant and the coefficient of useful utilization of metabolic energy in the humic group indicated the overall efficiency of intercalary metabolism. Thus, humic supplementation can be an effective tool to optimize energy metabolism in broiler chickens. Their use is accompanied by an increase in live weight dynamics with a simultaneous decrease in feed conversion ratio, which also makes it cost-effective to feed this additive.

Keywords: diets of broiler chickens, intermediate exchange, humic additives, productivity of broiler chickens.

Citation. Nechitailo K. S., Sizova E. A. Features of the intermediate metabolism of broiler chickens with the introduction of fulvohumates in the diet. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 172-180 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-19.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.5:547.992:591.11

ОСОБЕННОСТИ МЕЖУТОЧНОГО ОБМЕНА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ВВЕДЕНИИ В РАЦИОН ФУЛЬВГУМАТОВ

Нечитайло К. С., кандидат биологических наук, научный сотрудник
Сизова Е. А., доктор биологических наук, доцент

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук»
г. Оренбург, Российская Федерация

Исследования проведены в соответствии с планом НИР
ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН в рамках выполнения проекта № 0761-2019-0005

Актуальность. Выращивание цыплят-бройлеров является важным направлением птицеводства, требующим соблюдения определённых условий для достижения высоких показателей производительности. Интенсивная скорость роста цыплят-бройлеров требует большого количества энергии, поэтому регуляция обмена энергии выступает важным аспектом их выращивания. Баланс энергии представляет собой сложный многофакторный процесс, зависящий в первую очередь от рациона питания животных. При условии сбалансированного рациона, дополнительное введение биостимуляторов роста оказывает влияние на состояния метаболизма в частности и на эффективность выращивания в целом. Гуминовые вещества, с учётом уникальных физико-химических свойств, оказывают влияние на производственные параметры, иммунную систему и общее состояние животных. Учитывая тот факт, что энергия – это ключ к продуктивности, важным аспектом в этом вопросе, является выяснения роли гуминовых веществ на баланс энергии и состоянии межучного обмена цыплят-бройлеров. **Объект.** Объектом исследований являются цыплята-бройлеры кросса Арбор

Айкрес. **Материалы и методы.** Исследования выполнены на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук». Зоотехнический анализ кормов и биосубстратов выполняли в соответствии с унифицированными методами. **Результаты и выводы.** Введение в рацион цыплят-бройлеров гуминовых веществ сопровождалось интенсификацией роста, разница по живой массе между цыплятами контрольной и опытной групп составила 21,55% ($P \leq 0,05$). При этом, затраты корма на 1 кг прироста в опытной группе были ниже на 5,17%. Гуминовые вещества оказывали влияние на степень переваримости питательных веществ рациона, так коэффициент переваримости сырого жира была выше на 4,52 % ($P \leq 0,05$), сырого протеина на 3,58 % ($P \leq 0,05$) и безазотистых экстрактивных веществ на 2,77 % ($P \leq 0,05$). При этом продуктивное действие гуминовых добавок опосредованно влиянием на обмен энергии, в частности увеличением обменной энергией и уменьшением потерь энергии с пометом. При этом увеличение обменной энергии сверхподдержания и коэффициента полезного использования обменной энергии в группе гуминовой свидетельствовали об общей эффективности межклеточного обмена веществ. Таким образом, гуминовая добавка может быть эффективным инструментом для оптимизации обмена энергии у цыплят-бройлеров. Их использование сопровождается увеличением динамики живой массы с одновременным снижением коэффициента конверсии корма, что делает также экономически эффективным скормливание данной добавки.

Ключевые слова: рационы цыплят-бройлеров, межклеточный обмен, гуминовые добавки, продуктивность цыплят-бройлеров.

Цитирование. Нечитайло К. С., Сизова Е. А. Особенности межклеточного обмена цыплят-бройлеров при введении в рацион фульвогуматов. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 172-180. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-19.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Производство мяса птицы играет важную роль в глобальном рационе питания, обеспечивая население планеты доступным источником белка. Демографический рост вызывает соответствующий спрос на экономически доступный вид мяса. Однако глобальное состояние птицеводства стало предметом обсуждения из-за проблем, связанных с антибиотикорезистентностью [1]. С учётом нынешних реалий, обуславливающих высокую стоимостью кормовых ингредиентов, короткий производственный цикл, а также высокую плотность посадки, птицеводы вынуждены использовать биостимуляторы роста свободные от антибиотиков. При этом, оптимизация стоимости является одним из ключевых вопросов обеспечения продовольственной безопасности [2].

Известно, что энергия является лимитирующим фактором, определяющим конечную стоимость продукции птицеводства при интенсивных системах производства [3]. Высокая скорость роста цыплят-бройлеров требует большого количества энергии, поэтому регуляция её обмена выступает важным аспектом их выращивания [4].

В настоящее время гуминовые вещества считаются безопасными биостимуляторами, как эффективная альтернатива кормовым антибиотикам. Им вменяют множество положительных эффектов, в частности влияние на производственные параметры, иммунную систему и общее состояние животных. Их уникальная молекулярная структура с обилием функциональных групп опосредует специфические характеристики [5, 6]. Обладая антибактериальными, противовирусными и противомикробными свойствами гуминовые вещества могут способствовать повышению экономической эффективности в целом животноводческой отрасли [7].

В 2013 году гуминовые вещества с высокой долей гуминовых кислот (более 40%) были классифицированы Европейской комиссией как кормовые материалы, которые можно использовать в питании животных. Леонардит, как источник гуминовых веществ включен в каталог кормовых материалов и определяется как встречающийся в природе минеральный комплекс фенольных углеводов, также известный как гумат [5].

В состав гуминовых веществ входят гуминовые кислоты и фульвокислоты. Гуминовые кислоты растворимы в щелочах и кислотах, имеют меньшую молекулярную массу и обладают высокой биологической активностью [8]. Фульвокислоты представляют собой органические соединения, распространенные в почве и природной водной среде, обладают

совместимостью со всеми водными формами жизни [9]. Таким образом, вышеперечисленные свойства позволяют использовать гуминовые вещества, как потенциальные стимуляторы роста, однако остается открытым вопрос об их воздействии на обмен энергии цыплят-бройлеров.

Целью исследований является оценка влияния гуминовой добавки на обмен энергии и особенность межклеточного обмена цыплят-бройлеров.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования выполнены на цыплятах-бройлерах (кросс Арбор-Айкрес (Авиаген)) на базе вивария ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук». В соответствии с принципом аналогичных групп, были сформированы контрольная и опытная группы (n=70). На протяжении всего опыта условия содержания и кормления были идентичными во всех группах с соблюдением основной технологии выращивания цыплят кросса Арбор-Айкрес. При этом за основной рацион была взята унифицированная стандартная кормосмесь, сформированная в соответствии с нормами ВНИТИП (2015). Состав премикса исследуемых групп не включал кормовые антибиотики.

В ходе эксперимента, животные были выращены в рамках инструкций и рекомендаций российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08 1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). Исследование сопровождалось с соблюдением ряда мер, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследованных опытных образцов.

Цыплята контрольной группы получали основной рацион, в опытной группе, помимо стандартной кормосмеси, вводили фульвогумат – гуминовую кормовую добавку («Иван Овсинский» КОРМ»). Дозировка фульвогумата была взята с учётом рекомендаций производителя: 0,01 мл на 1 кг живой массы. Кормовая добавка представляет собой раствор гуминовых кислот, полученных методом щелочной экстракции из бурого угля – леонардита. Добавка содержит соли гуминовых кислот 40-60 г/л, фульвовую кислоту (выделенная фракция гуминовых веществ) в препаративной форме ВСР (водно-спиртовой раствор), растворимые соли кремниевой кислоты. pH 9-10 ед (по данным производителя). Эксперимент длился 42 суток и включал в себя два периода: подготовительный – 7 суток и учётный – 35.

Методологический подход основывался на стандартных рекомендациях ВНИТИП, в том числе определение переваримости, изучение роста и продуктивности, а также характеристики энергетического и межклеточного обменов.

Лабораторные исследования, в частности анализ физико-химического состава биологических субстратов (определение массовой доли сухого вещества (ГОСТ 31640-2012), жира (ГОСТ 13496.15-2016), сырого протеина (ГОСТ 13496.4-2019), сырой клетчатки (ГОСТ 31675-2012), сырой золы (ГОСТ 26226-97), были проведены на базе Центра коллективного пользования биологических систем и агротехнологий РАН (ЦКП ФНЦ БСТ РАН) (<https://ckprf.ru/ckpr/77384/>).

Статистическая обработка экспериментальных данных была произведена с использованием программного пакета «Statistica 12» («StatSoft Inc.», USA) и «Microsoft Excel». Анализ нормальности распределения данных проводили в рамках критерия согласия Колмогорова-Смирнова. Статистическую значимость оценивали с помощью параметрического t-критерия Стьюдента независимых групп.

Результаты и обсуждение. Начиная со второй недели эксперимента, введение в рацион цыплят-бройлеров гуминовых веществ сопровождалось интенсификацией роста. Так, статистически значимые изменения живой массы были отмечены у цыплят-бройлеров в 35-суточном возрасте, при этом, опыт превосходил контроль на 28,7 % ($P \leq 0,05$). К окончанию эксперимента разница живой массы цыплят контрольной и опытной групп достигла 21,55 % ($P \leq 0,05$) (рисунок 1). Постановочная масса цыплят-бройлеров для контроля составила – 200 г., для опыта – 199 г. По окончании эксперимента живая масса цыплят-бройлеров опытной группы составила 2322 г., для контрольной 1911 г.

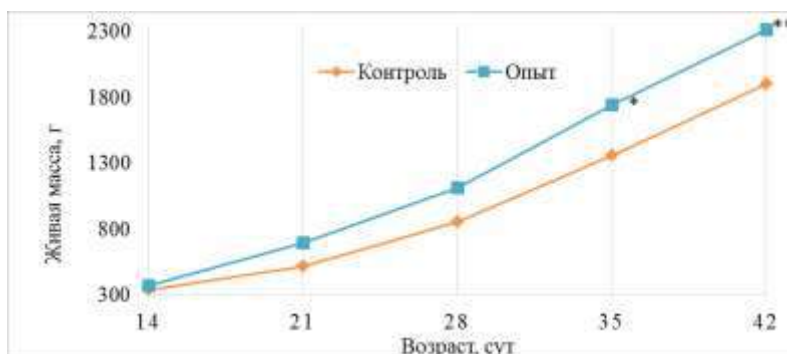


Рисунок 1 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров на протяжении всего эксперимента
Figure 1 – Dynamics of live weight of broiler chickens throughout the experiment

В ходе оценки одного из важнейших показателей рентабельности – коэффициента конверсии корма, установлено, что потребление корма цыплятами-бройлерами опытной группы составило – 3165 г на голову, контрольной – 2690 г. Но с учетом поедаемости на единицу продукции выявлено, в опытной группе затраты корма на 1 кг прироста были ниже на 5,17 % в сравнении с контролем. Таким образом, на основании данных оценки живой массы и коэффициента конверсии, можно заключить об эффективности применения гуминовой добавки.

С целью изучения влияния гуминовых веществ на продуктивное действие переваримых питательных веществ рациона, с учётом инертных компонентов, были вычислены коэффициенты переваримости (таблица 1). Так данный показатель в отношении сырого жира был выше у цыплят-бройлеров опытной группы на 4,52 % ($P \leq 0,05$), в отношении сырого протеина на 3,58 % ($P \leq 0,05$). При этом, переваримость углеводных компонентов, таких как безазотистые экстрактивные вещества, была также выше в опытной группе на 2,77 % ($P \leq 0,05$). Вероятно, данный факт связан с тем, что гуминовые вещества способны стимулировать не только выработку эндогенных ферментов, таких как протеаза, амилаза и липаза, но также оказывать непосредственное влияние на уровень их экспрессии. Соответственно, усиленная выработка энзимов позволяет эффективно гидролизовать субстраты до мономеров [9].

Помимо этого, гуминовые вещества считаются естественными лигандами с высокой способностью к комплексообразованию. Это свойство позволяет образовывать хелаты с различными ионами, что обуславливает улучшенное использование минералов в метаболическом процессе у животных [10].

Таблица 1 – Коэффициенты переваримости питательных веществ рациона, %
Table 1 – Digestibility coefficients of dietary nutrients, %

Показатель / Index	Группа / Group	
	Контроль / Control	Опыт / Experience
Сухое вещество / Dry matter	68,89 ± 0,58	72,04 ± 0,89
Органическое вещество / Organic matter	71,68 ± 0,61	74,56 ± 0,94
Сырой жир / Crude fat	83,37 ± 0,51	87,89 ± 0,38*
Сырой протеин / Crude Protein	69,71 ± 0,59	73,29 ± 0,84*
Сырая клетчатка / Crude fibre	19,21 ± 0,93	21,17 ± 2,51
Безазотистые экстрактивные вещества / Nitrogen-free extractives	75,19 ± 1,48	77,96 ± 0,74*

Примечание: * – $P \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой
Note: * – $P \leq 0.05$ when compared with the control group

Закономерно, изменение переваримости и усвоения питательных веществ рациона влияют на энергетическую ценность. Поэтому в исследовании были изучены особенности баланса энергии и изменения межучотного обмена.

Так установлено, эффективность использования энергии корма у цыплят-бройлеров, получавших гуминовую добавку, была значительно выше контрольной группы. В частности, доля метаболизируемой энергии от общей валовой энергии корма у цыплят-бройлеров опытной группы была выше, так как снижались потери энергии с пометом на 2,67%.

Снижение потерь энергии с пометом свидетельствует об уменьшении неперевариваемой фракции корма, что согласуется с вышеизложенными данными коэффициентов переваримости. Изменение потерь энергии с теплопродукцией оказались минимальными, что говорит о сбалансированности рациона в питательном отношении [11].

Как снижение потерь энергии с пометом, так и с теплопродукцией являются непродуктивными энергопотерями, поэтому сокращение данных потерь является одним из этапов оптимизации энергетического обмена.

В целом обменная энергия у представителей опытной группы составила 39,56 МДж/гол, против 32,35 МДж/гол в контрольной. При условии сохранения энергии теплопродукции на одном уровне с контролем, можно заключить, что увеличение обменной энергии произошло на фоне прироста чистой энергии.

Доля чистой энергии прироста в контрольной группе составила 23,28%, в опытной 25,9%. Чистая энергия продукции опытной группы была выше на 30,76%, что согласуется с выраженным продуктивным эффектом.

Чистая энергия поддержания в опытной группе была соответственно выше на 16,06%. Данное увеличение вероятно связано с увеличением затрат энергии на течение основного обмена. Продуктивные животные характеризуются высокой интенсивностью анаболических процессов. Анаболические процессы обеспечиваются в основном за счёт чистой энергии продукции. Но, при этом в общем метаболизме требуется непосредственное участие ряда метаболитов, таких как гормоны, для деятельности которых необходима часть энергии. Чистая энергия на поддержании жизни обеспечивает энергетическое равновесие животного.

Таблица 2 – Баланс энергии в организме подопытных бройлеров за эксперимент

Table 2 – Energy balance in the body of broiler chickens for the experiment

Показатель / Index	Группа / Group	
	Контроль / Control	Опыт / Experience
Валовая энергия корма (ВЭ), МДж/гол / Gross feed energy (VE), MJ/head	48,44	56,95
Потери энергии с пометом, % от ВЭ / Energy loss with manure, % of RE	33,21	30,54
Обменная энергия, МДж/гол / Metabolic energy, MJ/head	32,35	39,56
Потери энергии с теплопродукцией, % от ВЭ / Energy losses with heat production, % of RE	43,57	43,51
Чистая энергия поддержания, МДж/гол / Clean energy maintenance, MJ/head	10,15	11,78
Чистая энергия продукции, МДж/гол / Clean energy products, MJ/head	11,28	14,75
Чистая энергия продукции, % от ВЭ / Clean energy of production, % of RE	23,28	25,90

Ранее было установлено, что коэффициент конверсии корма животных в опытной группе ниже контроля. Уровень потребления корма частично регулируется непосредственно питательными свойствами нутриентов, но более детальный анализ позволяет заключить прямую зависимость от состояния межуточного обмена (таблица 3). В межуточном обмене происходит распад усвоенных нутриентов с освобождением 30 % валовой энергии корма [11]. Так, коэффициент соответствия, являющийся одним из критериев полноценности кормления, был практически на одном уровне в обеих группах, что говорит о балансе энергетического и пластического обменов.

Обменная энергия сверхподдержания в опытной группе была выше и составила 25,19 МДж/гол, против 19,97 МДж/гол у особой контрольной группы. Данное увеличение свидетельствует об общей эффективности межуточного обмена веществ.

Коэффициент полезного использования обменной энергии в опытной группе был выше на 5,4%.

Таким образом, введение гуминовой добавки в первую очередь приводит к адаптационным изменениям организма цыплят-бройлеров. Результаты свидетельствуют о сбалансированном рационе кормления. Однако, прослеживается четкая тенденция влияния

гуминовых веществ на эффективность межклеточного обмена. Возможно, данные вещества влияют на степень приближения состава абсорбированных нутриентов корма к составу необходимых метаболитов.

Таблица 3 – Особенности межклеточного обмена в организме цыплят-бройлеров за эксперимент
 Table 3 – Peculiarities of intermediary metabolism in the organism of broiler chickens during the experiment

Показатель / Index	Группа / Group	
	Контроль / Control	Опыт / Experience
Обменная энергия сверхподдержания, МДж/гол / Overmaintenance exchange energy, MJ/head	19,97	25,19
Коэффициент полезного использования обменной энергии / Exchange Energy Efficiency	0,56	0,59
Уровень питания / Nutrition Level	1,11	1,25
Коэффициент соответствия / Match Rate	0,0434	0,0436
Энергопротеиновое отношение / Energy-Protein Ratio	0,207	0,210

Вероятно, действие гуминовой добавки заключается в прямом влиянии на морфологию желудочно-кишечного тракта и косвенном через регуляцию микрофлоры. Установлено, что гуминовые вещества приводят к увеличению высоты, толщины и площади поверхности кишечных ворсинок в виду активного митоза клеток. Данный факт, указывает на более высокую способность клеток абсорбировать питательные нутриенты корма [12].

Кроме этого, гуминовые вещества, обладая буферными свойствами, снижают pH. Это объясняет их противомикробные свойства, позволяющие модулировать микробный баланс в кишечнике. В частности, данные вещества поддерживают комменсальную микробную популяцию, за счёт конкурентного исключения патогенных микроорганизмов. Гумины, благодаря коллоидным свойствам и высокой способностью образовывать агрегаты, формируют защитные слои, на эпителиальной слизистой оболочке пищеварительного тракта предотвращая колонизацию патогенов или абсорбцию бактериальных токсинов [13].

Таким образом, учитывая тот факт, что организм цыплят-бройлеров непрерывно расходует энергию, требуется ее постоянное поступление извне, для компенсации израсходованной энергии. Так как, единственный источник энергии – это энергия экзергонических катаболических реакций. Поэтому при введении в рацион цыплят-бройлеров гуминовой добавки, мы оказываем влияние на ход данных реакций, что впоследствии сказывается на оптимизации энергетического обмена с сопутствующим продуктивным эффектом.

Заключение. Результаты проведенных исследований, свидетельствуют о том, что введение в рацион цыплят-бройлеров гуминовых веществ сопровождается интенсификацией роста. К окончанию эксперимента разница живой массы цыплят контрольной и опытной групп достигла 21,55 %. Фульвогуматы оказывали влияние на продуктивное действие переваримых питательных веществ рациона, в частности приводили к увеличению коэффициентов переваримости сырого жира на 4,52 % ($P \leq 0,05$), сырого протеина на 3,58 % ($P \leq 0,05$) и безазотистых экстрактивных веществ на 2,77 % ($P \leq 0,05$). При этом продуктивное действие фульвогуматов опосредованно обеспечивается влиянием на обмен энергии, в частности увеличением обменной энергией, коэффициента полезного использования обменной энергии и уменьшением потерь энергии с пометом.

Conclusions. The results of the studies indicate that the introduction of humic substances into the diet of broiler chickens is accompanied by growth intensification. By the end of the experiment the difference in live weight of chickens of control and experimental groups reached 21.55 %.

Fulvohumates influenced the productive effect of digestible nutrients of the diet, in particular, led to an increase in the coefficients of digestibility of crude fat by 4.52 % ($P \leq 0.05$), crude protein by 3.58 % ($P \leq 0.05$) and nitrogen-free extractive substances by 2.77 % ($P \leq 0.05$).

At the same time, the productive effect of fulvohumates is mediated by the effect on energy metabolism, in particular, by an increase in metabolizable energy, coefficient of useful utilization of metabolizable energy and reduction of energy losses with manure.

Библиографический список

1. Gržinić G., Piotrowicz-Cieślak A., Klimkowicz-Pawlas A., Górny R. L., Ławniczek-Wałczyk A., Piechowicz L., Olkowska E., Potrykus M., Tankiewicz M., Krupka M., Siebielec G., Wolska L. Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health. *Sci Total Environ.* 2023. V. 858. No 3. P. 160014.

2. Haque M. H., Sarker S., Islam M. S., Islam M. A., Karim M. R., Kayesh M. E. H., Shiddiky M. J. A., Anwer M. S. Sustainable Antibiotic-Free Broiler Meat Production: Current Trends, Challenges, and Possibilities in a Developing Country Perspective. *Biology (Basel)*. 2020. V. 9. No 11. P. 411.
3. Osunbami O. T., Adeola O. Energy value of hydrolyzed feather meal and flash-dried poultry protein for broiler chickens and pigs. *Anim Sci*. 2022. Vol. 100. No. 3. skac073.
4. Wu S. B., Swick R. A., Noblet J., Rodgers N., Cadogan D., Choct M. Net energy prediction and energy efficiency of feed for broiler chickens. *Poult Sci*. 2019. Vol. 98. No 3. P. 1222-1234.
5. Marcinčák S., Semjon B., Marcinčáková D., Reitznerová A., Mudroňová D., Vašková J., Nagy J. Humic Substances as a Feed Supplement and the Benefits of Produced Chicken Meat. *Life (Basel)*. 2023. V. 13. No 4. P.927.
6. Нечитайло К. С., Сизова Е. А. Биохимические показатели крови и антиоксидантный статус цыплят-бройлеров при использовании фульвогумата в рационе. *Животноводство и кормопроизводство*. 2021. Т. 104. № 4. С. 182-192.
7. Hriciková S., Kožárová I., Hudáková N., Reitznerová A., Nagy J., Marcinčák S. Humic Substances as a Versatile Intermediary. *Life (Basel)*. 2023. V. 13. No 4. P. 858.
8. Nardi S., Schiavon M., Francioso O. Chemical Structure and Biological Activity of Humic Substances Define Their Role as Plant Growth Promoters. *Molecules*. 2021. V. 26. No. 8. P. 2256.
9. Mao Y. Modulation of the growth performance, meat composition, oxidative status, and immunity of broilers by dietary fulvic acids. *Poult Sci*. 2019. V. 98. No. 10. P. 4509-4513.
10. Domínguez-Negrete A., Gómez-Rosales S., Angeles M. L., López-Hernández L. H., Reis de Souza T. C., Latorre-Cárdenas J. D., Téllez-Isaias G. Addition of Different Levels of Humic Substances Extracted from Worm Compost in Broiler Feeds. *Animals (Basel)*. 2021 V. 11. No. 11. P. 3199.
11. Околелова Т. М., Енгаршев С. В. Научные основы кормления и содержания сельскохозяйственной птицы: монография. Москва: РИОР. 2021. 439 с.
12. López-García Y. R., Gómez-Rosales S., Angeles M. L., Jiménez-Severiano H., Merino-Guzman R., Téllez-Isaias G. Effect of the Addition of Humic Substances on Morphometric Analysis and Number of Goblet Cells in the Intestinal Mucosa of Broiler Chickens. *Animals (Basel)*. 2023. V. 13. No. 2. P. 212.
13. Arpášová H., Kačániová M., Pistová V., Gálik B., Fik M., Hleba, L. Effect of Probiotics and Humic Acid on Egg Production and Quality Parameters of Laying Hens Eggs. *Scientific Papers: Animal Science & Biotechnologies/Lucrari Stiintifice: Zootehnie si Biotehnologii*. 2016. V. 49. No. 2.

References

1. Gržinić G., Piotrowicz-Cieślak A., Klimkowicz-Pawlas A., Górny R. L., Ławniczek-Wałczyk A., Piechowicz L., Olkowska E., Potrykus M., Tankiewicz M., Krupka M., Siebielec G., Wolska L. Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health. *Sci Total Environ*. 2023. V. 858. No 3. P. 160014.
2. Haque M. H., Sarker S., Islam M. S., Islam M. A., Karim M. R., Kayesh M. E. H., Shiddiky M. J. A., Anwer M. S. Sustainable Antibiotic-Free Broiler Meat Production: Current Trends, Challenges, and Possibilities in a Developing Country Perspective. *Biology (Basel)*. 2020. V. 9. No 11. P. 411.
3. Osunbami O. T., Adeola O. Energy value of hydrolyzed feather meal and flash-dried poultry protein for broiler chickens and pigs. *Anim Sci*. 2022. Vol. 100. No. 3. skac073.
4. Wu S. B., Swick R. A., Noblet J., Rodgers N., Cadogan D., Choct M. Net energy prediction and energy efficiency of feed for broiler chickens. *Poult Sci*. 2019. Vol. 98. No 3. P. 1222-1234.
5. Marcinčák S., Semjon B., Marcinčáková D., Reitznerová A., Mudroňová D., Vašková J., Nagy J. Humic Substances as a Feed Supplement and the Benefits of Produced Chicken Meat. *Life (Basel)*. 2023. V. 13. No 4. P.927.
6. Nechitailo K. S., Sizova E. A. Biochemical parameters of blood and antioxidant status of broiler chickens when using fulvohumate in the diet. *Animal husbandry and fodder production*. 2021. V.104. No. 4. Pp. 182-192.
7. Hriciková S., Kožárová I., Hudáková N., Reitznerová A., Nagy J., Marcinčák S. Humic Substances as a Versatile Intermediary. *Life (Basel)*. 2023. V. 13. No 4. P. 858.
8. Nardi S., Schiavon M., Francioso O. Chemical Structure and Biological Activity of Humic Substances Define Their Role as Plant Growth Promoters. *Molecules*. 2021. V. 26. No 8. P. 2256.
9. Mao Y. Modulation of the growth performance, meat composition, oxidative status, and immunity of broilers by dietary fulvic acids. *Poult Sci*. 2019. V. 98. No 10. P. 4509-4513.
10. Domínguez-Negrete A., Gómez-Rosales S., Angeles M. L., López-Hernández L. H., Reis de Souza T. C., Latorre-Cárdenas J. D., Téllez-Isaias G. Addition of Different Levels of Humic Substances Extracted from Worm Compost in Broiler Feeds. *Animals (Basel)*. 2021 V. 11. No 11. P. 3199.
11. Okolelova T. M., Engashev S. V. Scientific foundations of feeding and keeping poultry: monograph. Moscow: RIOR. 2021. 439 p.
12. López-García Y. R., Gómez-Rosales S., Angeles M. L., Jiménez-Severiano H., Merino-Guzman R., Téllez-Isaias G. Effect of the Addition of Humic Substances on Morphometric Analysis and Number of Goblet Cells in the Intestinal Mucosa of Broiler Chickens. *Animals (Basel)*. 2023. V. 13. No 2. P. 212.
13. Arpášová H., Kačániová M., Pistová V., Gálik B., Fik M., Hleba, L. Effect of Probiotics and Humic Acid on Egg Production and Quality Parameters of Laying Hens Eggs. *Scientific Papers: Animal Science & Biotechnologies/Lucrari Stiintifice: Zootehnie si Biotehnologii*. 2016. V. 49. No 2.

Информация об авторах

Нечитайло Ксения Сергеевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 января, д. 29), e-mail: k.nechit@mail.ru

Сизова Елена Анатольевна, доктор биологических наук, доцент, руководитель центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 января, д. 29), e-mail: sizova.l78@yandex.ru

Author's Information

Nechitaylo Ksenia Sergeevna, PhD in Biological Sciences, researcher of the Center "Nanotechnologies in Agriculture" – "Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy", (460000, Orenburg, 29, 9 January str.), e-mail: k.nechit@mail.ru

Sizova Elena Anatolievna, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Center "Nanotechnology in Agriculture" Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy", (460000, Orenburg, January 9, 29, Orenburg str.), e-mail: sizova.l78@yandex.ru

DOI:10.32786/2071-9485-2024-01-20

STUDY OF NON-SPECIFIC INFECTIONS OF THE UTERUS OF COWS

Firsov G. M., Ryadnov A. A., Ryadnova T. A., Morozova Z. Ch., Budtuev O. V.

Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: firsovgm@yandex.ru

Received 17.12.2023

Submitted 05.02.2024

This article is devoted to bacteriological studies to detect pathogens of nonspecific infections isolated from the uterus of cows belonging to LLC "SP "Donskoye" in 2023. The bacteriological properties of the isolated pathogens of nonspecific infections and the incidence of nonspecific uterine infections in cattle were studied

Summary

The article shows the study of non-specific infections of cows' uterus in LLC "SP "Donskoe" in 2023. Aim is to study the effect of nonspecific uterine infections on the incidence and post-fertility of cows. Four weeks after calving, the number of non-pathogenic (opportunistic) isolates decreased 1.49-fold. The study of non-specific uterine infections in cows may provide information that can be correlated with animal performance.

Abstract

Introduction. Diagnosis of metritis in most cases is carried out using various methods, including vaginoscopy, manual examination, cytology and ultrasound. Various diagnostic modalities, including transrectal palpation of the uterus, vaginoscopy, uterine biopsy, and uterine cytology, as well as varying sampling times in the postpartum period, contribute to differences in case definition and treatment options. The purpose of the study is to study the effect of nonspecific uterine infections on the incidence and subsequent fertility of cows. **Object.** A total of 756 samples from 96 cows were studied on the day of calving and four weeks after calving. **Material and methods.** Before each sampling, rectal temperature was measured and a brief general clinical examination was performed. Cows with a rectal temperature above 39.5°C, foul-smelling reddish-brown watery vaginal discharge and signs of systemic damage were assessed as having metritis. Before sampling the uterus, the vulva of each cow was washed with disposable paper towels and disinfected with 70% ethanol. To prevent contamination during sampling, the sampler was protected with a disposable plastic catheter and a plastic sleeve. In the uterine cavity, the plastic sleeve was retracted, and the cytobrush advanced and rolled along the wall of the uterus. The brush was then inserted into the catheter, and the instrument was removed from the genitals. Immediately after sampling, the cytobrush head was cut off and transferred into sterile phosphate buffer in a tube in a room outside the animal facility. Microbiological samples were taken in the following sequence: from the vagina, cervix and uterus of each cow. Within an hour, the material from the cell brushes was placed in Petri dishes with Columbia agar and MacConkey agar medium, and then incubated at 37 °C for 48 hours. **Results and conclusions.** There is a decrease in the score in the study four weeks after calving from 3, 2, and 1 point to 0 points. Four weeks after calving, the number of non-pathogenic (opportunistic) isolates decreased by 1.49 times from 196 (68.06%) to 132 (45.83%). At the same time, the number of isolated pathogenic isolates decreased significantly, from 82 (28.47%) to 18 (6.25%) by 4.56 times. ANOVA data: P-value 0.33, F critical 5.19, Omega squared 0.16. Tests for homogeneity of variances: Hartley Fmax 4.00, P-value 0.98, Cochran C 0.50, P-value 0.58. Other microorganisms took the leading place among the isolated isolates 658 (28.96%). They are followed by enterobacteria 354 isolates (15.58), non-hemolytic streptococci 325 isolates (14.30), coagulase-positive staphylococci – 247 isolates (10.87%) and coagulase-negative staphylococci – 244 isolates (10.74%), bacilli 215 cases (9.46%), Proteus was identified in 115 cases (5.06%) and diphtheroides in 114 (5.02%).

Keywords: diseases of cows, microflora of the uterus of cows, non-specific infections of the uterus of cows.

Citation. Firsov G. M., Ryadnov A. A., Ryadnova T. A., Morozova Z. Ch., Budtuev O. V. Study of non-specific infections of the uterus of cows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 180-188 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-01-20.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 619:618+619:616.9

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИХ ИНФЕКЦИЙ МАТКИ КОРОВ

Фирсов Г. М., кандидат ветеринарных наук, доцент
Ряднов А. А., доктор биологических наук, профессор
Ряднова Т. А., кандидат биологических наук, доцент
Морозова З. Ч., кандидат биологических наук, доцент
Будтуев О. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Данная статья посвящена бактериологическим исследованиям по обнаружению возбудителей неспецифических инфекций, выделенных из матки коров, принадлежащих ООО «СП «Донское» в 2023 году. Были изучены бактериологические свойства выделенных возбудителей неспецифических инфекций и частота возникновения неспецифических инфекций матки у КРС

Актуальность. Диагностика метрита в большинстве случаев проводится с использованием различных методов, включая вагиноскопию, мануальное исследование, цитологию и ультразвуковое исследование. Различные методы диагностики, в том числе трансректальная пальпация матки, вагиноскопическое исследование, биопсия матки и цитология матки, а также различное время отбора проб в послеродовом периоде способствуют различиям в определении случая и вариантах лечения. **Цель исследования** – изучение влияния неспецифической инфекции матки на заболеваемость и последующую плодовитость коров. **Объект.** Всего исследовано 756 проб от 96 коров в день отёла и через четыре недели после отёла. **Материал и методы.** Перед каждым отбором проб измеряли ректальную температуру и проводили краткий общий клинический осмотр. Коров с ректальной температурой выше 39,5 °С, зловонными красновато-коричневыми водянистыми выделениями из влагалища и признаками системного поражения оценивали как больных метритами. Перед отбором проб матки вульву каждой коровы обмывали одноразовыми бумажными полотенцами и дезинфицировали 70%-ным этанолом. Чтобы предотвратить загрязнение во время отбора проб, пробоотборник защищали одноразовым пластиковым катетером и пластиковым рукавом. В полости матки пластиковый рукав втягивался, а цитощетка продвигалась и прокатывалась вдоль стенки матки. Затем щетка вставлялась в катетер, и инструмент извлекался из половых органов. Сразу после забора проб головка цитощетки отрезалась и переносилась в стерильный фосфатный буфер в пробирке в комнате за пределами помещения для животных. Микробиологические образцы брали в следующей последовательности: из влагалища, шейки матки и матки каждой коровы. В течение часа материал из клеточных щеток помещали в чашки Петри с Колумбийским агаром и агаровой средой МакКонки, после чего инкубировали при 37 °С в течение 48 часов. **Результаты и выводы.** Отмечается снижение оценки при исследовании через четыре недели после отёла с 3, 2, и 1 балла до 0 баллов. Через четыре недели после отёла количество непатогенных (условно-патогенных) изолятов уменьшилось в 1,49 раз со 196 (68,06%) до 132 (45,83%). При этом значительно снизилось количество выделенных патогенных изолятов, с 82 (28,47%) до 18 (6,25%) в 4,56 раз. Данные дисперсионного анализа: Р-значение 0,33, F критическое 5,19, Омега квадрат 0,16. Критерии однородности дисперсий: Hartley Fmax 4,00, Р-значение 0,98, Cochran C 0,50, Р-значение 0,58. Другие микроорганизмы заняли ведущее место среди выделенных изолятов 658 (28,96%). За ними следуют энтеробактерии – 354 изолятов (15,58, негемолитические стрептококки – 325 изолятов (14,30, коагулазоположительные стафилококки – 247 изолятов (10,87%) и коагулазоотрицательные стафилококки – 244 изолята (10,74%), бациллы – 215 случаев (9,46%). Протей был выявлен в 115 случаях (5,06%) и дифтероиды в 114, (5,02%).

Ключевые слова: болезни коров, микрофлора матки коров, неспецифические инфекции матки коров.

Цитирование. Фирсов Г. М., Ряднов А. А., Ряднова Т. А., Морозова З. Ч., Будтуев О. В. Исследование неспецифических инфекций матки коров. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 180-188. DOI:10.32786/2071-9485-2024-01-20.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Бактериологические исследования, проведённые во многих отечественных и зарубежных исследованиях, показали, что бактерии проникают в матку до 90% коров в течение первых 10 дней после отёла [1, 2]. У коров эту флору уничтожают либо проводи-

мыми терапевтическими мероприятиями, и она элиминирует из организмов коров под воздействием собственной иммунной системы, либо эту флору уничтожают проводимыми терапевтическими мероприятиями и послеродовой метрит завершается [1-6].

Заболевания матки у коров после отела снижают репродуктивные показатели молочных коров, увеличивают затраты на поддержание здоровья дойного стада, снижают потребление кормов и приводят к уменьшению производства молока [1-6].

Кроме того, следует учитывать, что некоторые методы лечения могут загрязнять молоко показывать негативное влияние на потребительские качества. При возникновении заболеваний после отела производители молока вынуждены выбраковывать коров, которые были бы продуктивны в отсутствие болезни, что значительно увеличивает общие производственные затраты [1-6].

Диагностика метрита в большинстве случаев проводится с использованием различных методов, включая вагиноскопию, мануальное исследование, цитологию и ультразвуковое исследование. Различные методы диагностики, в том числе трансректальная пальпация матки, вагиноскопическое исследование, биопсия матки и цитология матки, а также различное время отбора проб в послеродовом периоде способствуют различиям в определении случая и вариантах лечения [6].

Вагиноскопическое исследование для выявления аномальных выделений из матки является более чувствительным и специфичным методом выявления метрита, чем трансректальная пальпация. Однако вагиноскопия часто не позволяет выявить всех коров, которые действительно подвержены риску снижения воспроизводимости. Отсутствие выделений из матки при вагиноскопическом исследовании не является верным показателем отсутствия воспаления матки. На вагиноскопическую идентификацию выделений могут влиять тяжесть инфекции, сокращение миометрия, механизмы клиренса матки, строение промежности, оценка состояния тела, изменения позы и физические нагрузки. Увеличение выработки цервикальной слизи и сокращений миометрия во время течки может увеличить вероятность наблюдения выделений снаружи или в передней части влагалища [7].

Альтернативно, выделения из матки могут не обнаруживаться внешне или при вагиноскопии у коров, у которых шейка матки закрыта. Коровы могут иметь аномальную маточную жидкость, но не иметь клинических признаков, что приводит к ложноотрицательным результатам.

Требования ко времени и оборудованию для вагиноскопических, ультразвуковых или цитологических исследований могут ограничивать использование этих подходов по логистическим и экономическим причинам в крупных молочных стадах.

Коровы с более длительной инфекцией или воспалением матки могут иметь более высокий риск нарушения репродуктивной функции.

Цель – с которой было проведено это исследование, изучение влияния неспецифических инфекции матки на заболеваемость и последующую плодовитость коров.

Хотя предполагается, что матка перед отелом стерильна, в процессе или сразу после отела шейка матки открыта и может быть быстро инфицирована различными бактериями. В течение первых нескольких недель после отела почти все отелившиеся коровы дают положительный результат на внутриутробное бактериальное заражение, но не у всех коров проявляются клинические признаки послеродового заболевания. Поэтому необходимо различать неспецифическую инфекцию и внутриутробную инфекцию.

Материал и методы. В 2023 году внутриматочное содержимое было взято у 96 коров голштино-фризской породы возраста 2-3 отела, принадлежащих ООО «СП Донское» Калачёвского района. Коровы находились на свободном выгуле в стойлах с соломенной подстилкой. Средний удой 8213 кг за лактацию. Рацион состоял из травы, кукурузного силоса и сена с добавлением минеральных веществ.

Коровы были идентифицированы по охоте, искусственно осеменены и подготовлены к самостоятельному отелу в групповых помещениях с соломенной подстилкой. Коров выявляли в охоте, осеменяли искусственно, и они готовились к самостоятельному отёлу в групповом родильном загоне с соломенной подстилкой.

Перед каждым отбором проб измеряли ректальную температуру и проводили краткий общий клинический осмотр. Коров с ректальной температурой выше 39,5°C, зловонными красновато-коричневыми водянистыми выделениями из влагалища и признаками системного поражения оценивали как больных метритами.

Данные, включая диагнозы родовых заболеваний (т.е. любые зарегистрированные в анамнезе аборты, дистоции, задержание плодных оболочек, выделения из влагалища, рождение мертвого теленка, двойни или гипокальциемию), другие диагнозы и методы лечения, все даты искусственных осеменений, данные тестов на беременность и данные о производстве молока собирались по каждой корове.

Пробы отбирались в 12 ч послеродового периода и через четыре недели после отёла. Образцы матки собирали в соответствии с методами, ранее описанными Kasimanickam R. et al. (2005) [8]. Цитощетка была установлена на металлическом стержне из нержавеющей стали длиной 65 см.

Перед отбором проб матки вульву каждой коровы обмывали одноразовыми бумажными полотенцами и дезинфицировали 70%-ным этанолом. Чтобы предотвратить загрязнение во время отбора проб, пробоотборник защищали одноразовым пластиковым катетером и пластиковым рукавом. В полости матки пластиковый рукав втягивался, а цитощетка продвигалась и прокатывалась вдоль стенки матки. Затем щетка вставлялась в катетер, и инструмент извлекался из половых органов. Сразу после забора проб головка цитощетки отрезалась и переносилась в стерильный фосфатный буфер в пробирке в комнате за пределами помещения для животных. Микробиологические образцы брали в следующей последовательности: из влагалища, шейки матки и матки каждой коровы.

В течение часа материал из клеточных щеток помещали в чашки Петри с Колумбийским агаром и агаровой средой МакКонки (BioMedia), после чего инкубировали при 37 °C в течение 48 часов. Культуры бактерий для последующего анализа готовили с помощью стерильных шпателей Дригальского из нержавеющей стали. Всего исследовано 756 проб.

Идентификацию изолятов проводили в соответствии с общепринятыми лабораторными методами [9, 10]. Задачей исследования не ставилось культивировать специфические организмы, такие как *Trichomonas fetus*, *Vibrio fetus*, *Brucella abortus* или *Mycoplasma bovis genitalium*.

Характер вагинальных выделений классифицировали по внешней оценке, используя четырехступенчатую шкалу оценки, предложенную Уильямсом [3, 11]. Ноль баллов ставилось, если выделялось небольшое количество прозрачной или полупрозрачной слизи, один балл – если выделялась слизь с белыми или почти белыми пятнами гноя, два балла – если выделялось до 50 мл экссудата, содержащего до половины белого или почти белого слизисто-гнойного материала, и три балла – если выделения содержали более половины белого или желтого гнойного материала, но иногда три балла начислялись, если было выделено более 50 мл экссудата, который обычно содержал более половины белого или желтого гнойного материала, но иногда содержал и гематогенный материал.

Для поведения статистической обработки материала была задействована коммерческая компьютерная программа StatPlus LE (AnalystSoft, Россия) и SPSS Statistics 17.0 (SPSS Inc.).

Результаты и обсуждение. При оценке выделений из влагалища были получены результаты, отображенные на рисунке 1.



Рисунок 1 – Оценка коров по четырехбалльной шкале (по Williams E. J. et al.)
Figure 1 – Rating of cows on a four-point scale (according to Williams E. J. et al.)

В начале исследования (на 1 сутки после отёла) с оценкой 0 баллов было 12 коров, что составило 12,50% от 96 исследованных коров. Это число выросло в 3,67 раза и составило через четыре недели после отёла 44 коровы (45,83%). В начале исследования (на 1 сутки после отёла) с оценкой 1 балл нами установлено максимальное количество исследуемых коров – 41 корова (42,71%). Это число через четыре недели после отёла снизилось в 1,03 раза до 40 исследуемых коров (41,67%).

При этом отмечается снижение оценки при исследовании через четыре недели после отёла с 3, 2, и 1 балла до 0 баллов. То есть заметно снижение визуальных признаков воспалительного процесса (снижение количества и улучшение качества выделяемого экссудата).



Рисунок 2 – Соотношение проб в начале проводимых исследований
Figure 2 – Sample ratio at the beginning of the studies

Проведена оценка проб в начале проводимых исследований. Результаты наших исследований, представленные на рис. 2 демонстрируют, что в начале проводимых исследований патогенные микроорганизмы были выделены в 82 изолятах, что составило 28,47% от 288 исследованных проб. Проведённые исследования показали, что непатогенные (условно-патогенные) микроорганизмы, выделенные из содержимого матки коров, были представлены 196 изолятами, что составило 68,06% от общего числа.

Наименьшая часть исследованных проб, 10 оказалась стерильной, что составило 3,47% от 288 исследованных проб. При этом 82 (28,47%) пробы выявлены как патогенные проб в начале проводимых исследований.

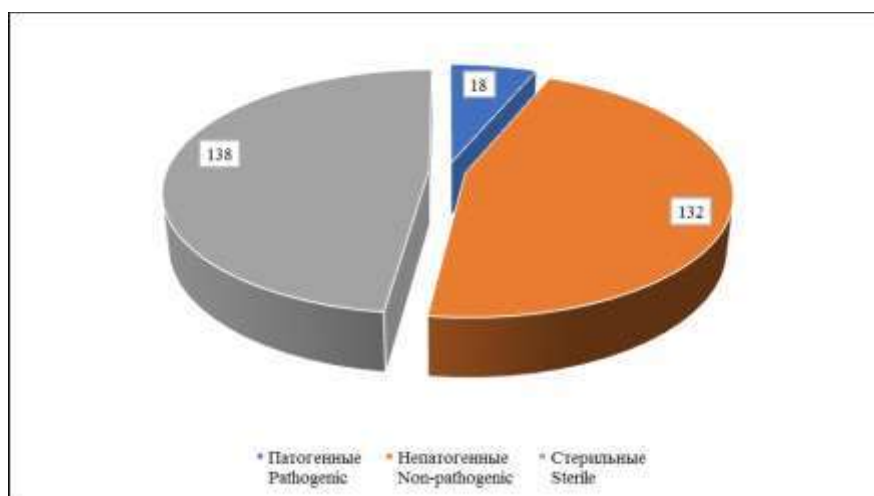


Рисунок 3 – Соотношение проб на четвёртой неделе проводимых исследований
Figure 3 – The ratio of samples in the fourth week of research

Однако, через четыре недели после отёла нами была выявлена иная ситуация и с количеством выделенных микроорганизмов и с их процентным соотношением (рисунок 3). Так количество стерильных проб увеличилось с 10 (3,47%) до 138 (47,92%), то есть в 13,8 раз. Количество непатогенных (условно-патогенных) изолятов уменьшилось в 1,49 раз со 196 (68,06%) до 132 (45,83%). При этом значительно снизилось количество выделенных патогенных изолятов, с 82 (28,47%) до 18 (6,25%) в 4,56 раз.

Silva J. C. C. et al. получили аналогичные результаты [7].

Нами был проведён расчёт критерия Тьюки для статистического анализа данных, данные для которого приведены в таблице.

Таблица – Данные для расчёта критерия Тьюки (n=96)

Table – Data for calculating Tukey's criterion (n=96)

Тьюки (включительно) / Tukey (Inclusive)	В начале проводимых исследова- ний / At the beginning of the research	На четвёртой неделе прово- димых исследований / In the fourth week of research
Подсчётов / Count	3	3
Минимум / Min	10	18
1-й квартиль / 1 Q	46	75
Медиана / Median	82	132
3-й квартиль / 3 Q	139	135
Максимум / Max	196	138
Стандартное отклонение / StdDev	93,78	67,62

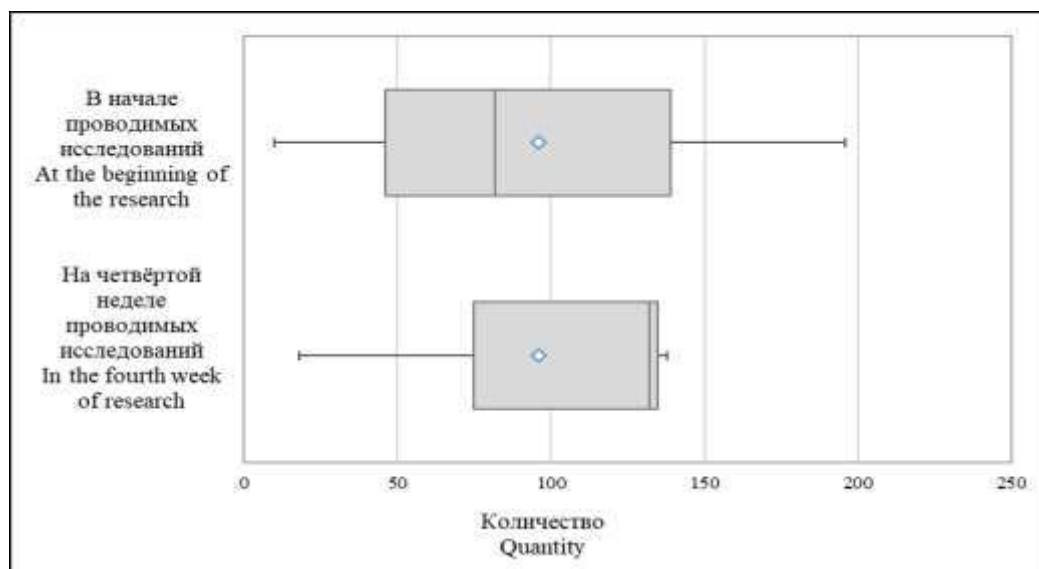


Рисунок 4 – Диаграмма ящик с усами критерия Тьюки

Figure 4 – Tukey's Boxplot

Расчёт критерия Тьюки отображён графически для начала проводимых исследований и на четвёртой неделе проводимых исследований на рис. 4.

Далее нами был проведён дисперсионный анализ, результаты которого приведены ниже.

При этом были получены следующие данные дисперсионного анализа: Р-значение 0,33, F критическое 5,19, Омега квадрат 0,16.

Критерии однородности дисперсий: Hartley Fmax 4,00, Р-значение 0,98, Cochran C 0,50, Р-значение 0,58.

На рис. 5 отображены данные, отражающие основные виды и количество выделенных изолятов от 96 коров в данном исследовании. Как видно из данных рис. 5, другие микроорганизмы заняли ведущее место среди выделенных изолятов 658 (28,96%). За ними следуют энтеробактерии, выделенные в количестве 354 изолятов (15,58%). Далее следуют негемолитические стрептококки 325 изолятов (14,30%). Далее расположились коагулазоположительные

стафилококки – 247 изолятов (10,87%) и коагулазоотрицательные стафилококки – 244 изолята (10,74%). Бациллы были выявлены в 215 случаях (9,46%). И наконец протей был выявлен в 115 случаях (5,06%) и дифтероиды в 114, что составило 5,02%.

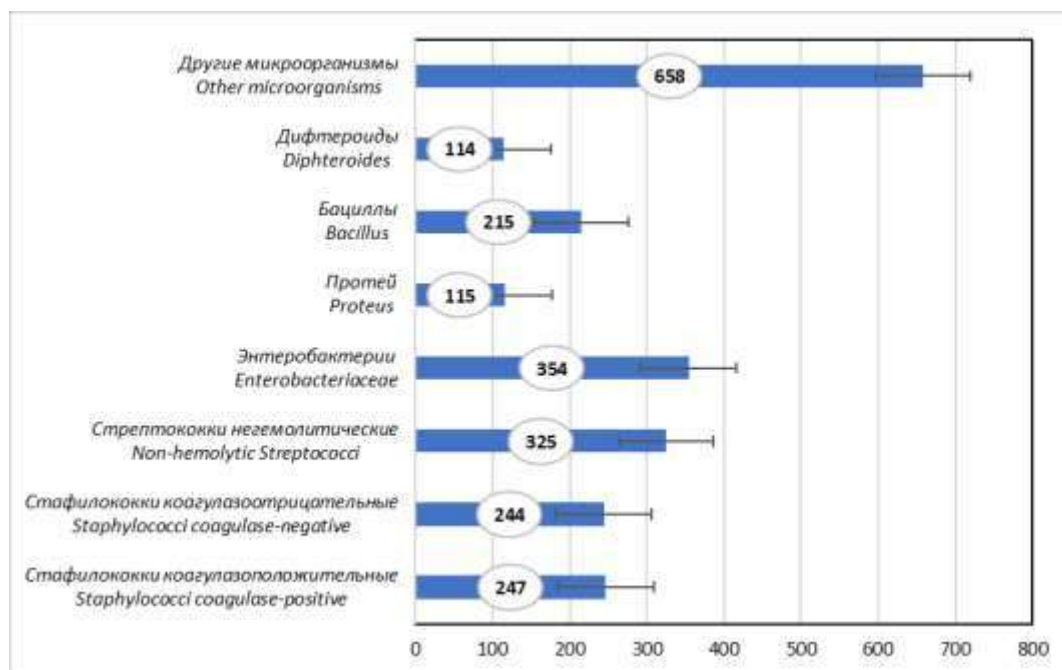


Рисунок 5 – Основные виды и количество изолятов (n=96)

Figure 5 – Main types and number of isolates (n=96)

Сопоставимые данные были получены Sheldon, I. M. et al. (2020) [2], Molinari, P. C. S., et al., (2022) [5], Amin, Y. A., Abdelaziz, S. G., Said, A. H., (2023) [6]. Однако, Zekarias, T. et al. (2019) [12] отмечает, что: «Матка, по-видимому, неоднократно заражается, очищаясь от микроорганизмов, и снова заражается до тех пор, пока инволюция матки не завершится». Это противоречит полученным результатам, указывающим на заметное снижение микробного фона в период с момента отёла до четырёх недель.

Закключение. Через четыре недели после отёла количество непатогенных (условно-патогенных) изолятов уменьшилось в 1,49 раз со 196 (68,06%) до 132 (45,83%). При этом значительно снизилось количество выделенных патогенных изолятов, с 82 (28,47%) до 18 (6,25%) в 4,56 раз. Данные дисперсионного анализа: Р-значение 0,33, F критическое 5,19, Омега квадрат 0,16, критерии однородности дисперсий: Hartley Fmax 4,00, Р-значение 0,98, Cochran C 0,50, Р-значение 0,58.

Маточные инфекции оказывают негативное влияние на различные показатели продуктивности дойных коров, но степень экономического воздействия маточных инфекций часто трудно измерить. У коров в послеродовом периоде обычно развивается метрит, но большинство коров способны избавиться от патогенных организмов, вызывающих метрит, прежде чем это повлияет на продуктивность. Таким образом, нами был сделан вывод, что изучение неспецифических инфекций матки коров, может дать информацию, которая может быть коррелирована с продуктивностью животных.

Conclusions. Uterine infections have a negative impact on various performance indicators of dairy cows, but the economic impact of uterine infections is often difficult to measure. Postpartum cows commonly develop metritis, but most cows are able to clear the pathogens that cause metritis before performance is affected. Thus, we concluded that the study of nonspecific infections of the uterus of cows can provide information that can be correlated with animal productivity.

Библиографический список

1. Фирсов Г. М., Ряднов А. А., Акимова С. А. и др. Внутриутробные инфекции у крупного рогатого скота Волгоградской области. Аграрная Россия. 2023. № 1. С. 40-43.
2. Sheldon I. M., et al. Preventing postpartum uterine disease in dairy cattle depends on avoiding, tolerating and resisting pathogenic bacteria. Theriogenology. 2020. N. 150. Pp. 158–165.

3. Лощинин С. О., Фирсов Г. М., Филатова А. В., Ахмадов В. Т. Роль патологии родов в механизме развития метрита инфекционной этиологии у коров и снижения санитарного качества молока. Научная жизнь. 2022. Т. 17. № 1 (121). С. 114-125.
4. Племяшов К. В. и др. Клиника, морфология и эхография острого послеродового метрита у коров на высокотехнологичном молочном предприятии. Генетика и разведение животных. 2022. № 4. С. 124-131.
5. Molinari P. C. C., et al. Effect of calving season on metritis incidence and bacterial content of the vagina in dairy cows. Theriogenology. 2022. V. 191. Pp. 67-76.
6. Amin Y. A., Abdelaziz S. G., Said A. H. Treatment of postpartum endometritis induced by multidrug-resistant bacterial infection in dairy cattle by green synthesized zinc oxide nanoparticles and in vivo evaluation of its broad-spectrum antimicrobial activity in cow uteri. Research in Veterinary Science. 2023. V. 165. Pp. 105074.
7. Silva J. C. C., et al. Testing the Induction of Metritis in Healthy Postpartum Primiparous Cows Challenged with a Cocktail of Bacteria. Animals. 2023. V. 13. N. 18. Pp. 28-52.
8. Kasimanickam R. K., et al. Cyclicity, estrus expression and pregnancy rates in beef heifers with different reproductive tract scores following progesterone supplementation. Theriogenology. 2020. V. 145. Pp. 39-47.
9. Haider A., Ikram M., Rafiq A. Introduction to Veterinary Bacteriology //Green Nanomaterials as Potential Antimicrobials. Cham: Springer International Publishing, 2022. Pp. 87-108.
10. Procop G. W., et al. Koneman's color atlas and textbook of diagnostic microbiology. Jones & Bartlett Learning, 2020. P. 1578.
11. Wagener K., et al. Endometrial inflammation at the time of insemination and its effect on subsequent fertility of dairy cows. Animals. 2021. V. 11. N. 7. P. 1858.
12. Zekarias T., et al. Non-Infectious Causes of Infertility in Dairy Cows. Reprod. & Infertility. 2019. V. 10. Pp. 51-57.

References

1. Firsov G. M., Ryadnov A. A., Akimova S. A., et al. Intrauterine infections in cattle of the Volgograd region. Agrarian Russia. 2023. N. 1. Pp. 40-43.
2. Sheldon I. M., et al. Preventing postpartum uterine disease in dairy cattle depends on avoiding, tolerating and resisting pathogenic bacteria. Theriogenology. 2020. N. 150. Pp. 158-165.
3. Loshchinin S. O., Firsov G. M., Filatova A. V., Akhmadov V. T. The role of the pathology of childbirth in the mechanism of development of metritis of infectious etiology in cows and a decrease in the sanitary quality of milk. Nauchnaya zhizn. 2022. V. 17. N. 1 (121). Pp. 114-125.
4. Plemyashov K., et al. Clinic, morphology and echography of acute postpartum metritis in cows at a high-tech dairy enterprise. Genetics and breeding of animals. 2022. N. 4. Pp. 124-131.
5. Molinari P. C. C., et al. Effect of calving season on metritis incidence and bacterial content of the vagina in dairy cows. Theriogenology. 2022. V. 191. Pp. 67-76.
6. Amin Y. A., Abdelaziz S. G., Said A. H. Treatment of postpartum endometritis induced by multidrug-resistant bacterial infection in dairy cattle by green synthesized zinc oxide nanoparticles and in vivo evaluation of its broad-spectrum antimicrobial activity in cow uteri. Research in Veterinary Science. 2023. V. 165. Pp. 105074.
7. Silva J. C. C., et al. Testing the Induction of Metritis in Healthy Postpartum Primiparous Cows Challenged with a Cocktail of Bacteria. Animals. 2023. V. 13. N. 18. Pp. 28-52.
8. Kasimanickam R. K., et al. Cyclicity, estrus expression and pregnancy rates in beef heifers with different reproductive tract scores following progesterone supplementation. Theriogenology. 2020. V. 145. Pp. 39-47.
9. Haider A., Ikram M., Rafiq A. Introduction to Veterinary Bacteriology //Green Nanomaterials as Potential Antimicrobials. Cham: Springer International Publishing, 2022. Pp. 87-108.
10. Procop G. W., et al. Koneman's color atlas and textbook of diagnostic microbiology. Jones & Bartlett Learning, 2020. P. 1578.
11. Wagener K., et al. Endometrial inflammation at the time of insemination and its effect on subsequent fertility of dairy cows. Animals. 2021. V. 11. N. 7. P. 1858.
12. Zekarias T., et al. Non-Infectious Causes of Infertility in Dairy Cows. Reprod. & Infertility. 2019. V. 10. Pp. 51-57.

Информация об авторах

Фирсов Григорий Михайлович, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID 0000-0002-1262-6532, e-mail: firsovgm@yandex.ru

Ряднов Алексей Анатольевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID 0000-0003-2364-4944, e-mail: radnov@mail.ru

Ряднова Тамара Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID 0000-0001-9623-5311, e-mail: radnova@yandex.ru

Морозова Зоя Черменовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID 0000-0002-3344-6071, e-mail: zoyachermen@mail.ru

Будтуев Олег Валерьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID 0000-0002-2191-7921, olegbudtuev@yandex.ru

Author's Information

Firsov Grigory Mikhailovich, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of "Veterinary and Sanitary Expertise, Contagious Diseases and Morphology", Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID 0000-0002-1262-6532, e-mail: firsovgm@yandex.ru

Ryadnov Aleksey Anatolyevich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of "Veterinary and Sanitary Examination, Contagious Diseases and Morphology", Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID 0000-0003-2364-4944, e-mail: radnov@mail.ru

Ryadnova Tamara Aleksandrovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of "Veterinary and Sanitary Examination, Contagious Diseases and Morphology", Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID 0000-0001-9623-5311, e-mail: radnova@yandex.ru

Morozova Zoya Chermenovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of "Veterinary and Sanitary Examination, Contagious Diseases and Morphology", Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID 0000-0002-3344-6071, e-mail: zoyachermen@mail.ru

Budtuev Oleg Valeryevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of "Veterinary and Sanitary Examination, Contagious Diseases and Morphology", Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID 0000-0002-2191-7921, olegbudtuev@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-21

COMPARATIVE EFFICACY OF WATER-SOLUBLE FEED ADDITIVES "REASIL HUMIC VET" AND "SILYMARIN NSEPS" ON CHANGES IN BLOOD PARAMETERS OF ROOSTERS

Chizhova G. S., Kocharyan V. D., Ushakov M. A., Dmitriev S. S.

Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: kvd707@mail.ru

Received 23.11.2023

Submitted 10.01.2023

Abstract

Introduction. Often the reason for the premature culling of roosters is a decrease in the fertilizing ability of their sperm as a result of increased exploitation. The available data obtained during the study allow us to state the need for the use of water-soluble liquid feed additives to maintain high rates of sexual activity in roosters. The purpose of the study is to study the comparative effectiveness of using water-soluble feed additives "Reasil Humic Vet" and "Silymarin nSePs" on changes in blood parameters in roosters. **Object.** The experiment used roosters of the HISEX brown cross. **Materials and methods.** The selected roosters were divided into three groups: group 1 (n=5) – control; The 2nd group (n=5) experimental group received "Reasil Humic Vet" with water, the 3rd group (n=5) experimental group received "Silymarin nSePs" with water. It has been established that drinking the liquid feed additive "Reasil Humic Vet" and the product "Silymarin nSePs" with water neutralizes the negative "technological" stress effect on the body of breeding roosters. **Results and conclusions.** It was established that the variability and level of biochemical parameters of blood plasma in roosters of the 1st control group were significantly higher in the content of triglycerides, cholesterol, cortisol and corticosterone, in comparison with experimental breeding roosters, which indicates the stress of this group. The use of biologically active additives "Reasil Humic Vet" and Silymarin nSePs for breeding roosters helps to reduce the level of concentration of the hormone corticosterone in the blood serum of experimental animals by 33.47% and 34.9% relative to control ones. At the same time, the use of these dietary supplements stimulates hematopoiesis, which is reliably stated. At the same time, the use of these biologically active additives stimulates hematopoiesis, as evidenced by significantly higher numbers of red blood cells and hemoglobin concentration in the blood of experimental animals relative to control roosters. In the experimental groups, there was a significant increase in lacto- and bifidobacteria with a simultaneous decrease in the number of coliform bacteria, enterococci and staphylococci. The materials presented in the article describe a solution to the problem of maintaining reproductive health through the use of liquid water-soluble feed additives "Reasil Humic Vet", consisting of a solution of high molecular weight sodium salts of humic acids from leonardite and the product "Silymarin nSePs", containing colloidal selenium and silymarin as nanoparticles and stabilizer.

Keywords: roosters, composition of rooster blood plasma, feed additives, Reasil Humic Vet, Silymarin nSePs.

Citation. Chizhova G. S., Kocharyan, V. D., Ushakov M. A., Dmitriev S. S. Comparative efficacy of water-soluble feed additives "Reasil Humic Vet" and "Silymarin nSePs" on changes in blood parameters of roosters. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 188-195 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-21.

Author's contribution. The authors were directly involved in the study and analysis of the results obtained. The authors of this study have reviewed and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors report no conflicts of interest.

УДК 636.5.03:612.1

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДОРАСТВОРИМЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК
«REASIL HUMIC VET» И «СИЛИМАРИН nSEPS» НА ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ
У ПЕТУХОВ****Чижова Г. С., кандидат ветеринарных наук, доцент****Кочарян В. Д., кандидат биологических наук, доцент****Ушаков М. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент****Дмитриев С. С., аспирант***ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация*

Актуальность. Нередко причиной преждевременной выбраковки петухов становится снижение оплодотворяющей способности их спермы в результате усиленной эксплуатации. Имеющиеся данные, полученные, в ходе исследования позволяют констатировать необходимость применения водорастворимых жидких кормовых добавок для сохранения высоких показателей половой активности петухов. Цель исследования – изучить сравнительную эффективность применения водорастворимых кормовых добавок «Reasil Humic Vet» и «Силимарин nSePs» на изменение показателей крови у петухов. **Объект.** В эксперименте использованы петухи кросса ХАЙСЕКС коричневый. **Материалы и методы.** Отобранные петухи были разделены на три группы: 1-я группа (n=5) – контрольная; 2-я группа (n=5) – подопытная получала с водой «Reasil Humic Vet», 3-я группа (n=5) – подопытная получала с водой средство, «Силимарин nSePs». Установлено, что выпаивание с водой жидкой кормовой добавки «Reasil Humic Vet» и средства «Силимарин nSePs» нивелируют отрицательное «технологическое» стресс-действие на организм петухов-производителей. **Результаты и выводы.** Установлено, что изменчивость и уровень биохимических показателей плазмы крови у петухов 1-ой контрольной группы были значительно выше по содержанию триглицеридов, холестерина, кортизола и кортикостерона, в сравнении с подопытными петухами-производителями, что свидетельствует о стрессированности этой группы. Применение биологически активных добавок «Reasil Humic Vet» и Силимарин nSePs петухам-производителям способствует снижению уровня концентрации гормона кортикостерона в сыворотке крови подопытных животных на 33,47% и 34,9% относительно контрольных. Вместе с этим, применение данных биологически активных добавок стимулирует гемопоэз, о чем говорят достоверно более высокие показатели количества эритроцитов и концентрация гемоглобина в крови подопытных животных относительно контрольных петухов. В опытных группах наблюдалось достоверное увеличение лакто- и бифидобактерий при одновременном снижении количества БГКП, энтерококков и стафилококков. Материалы, представленные в статье, описывают решение проблемы сохранения репродуктивного здоровья за счет применения жидких водорастворимых кормовых добавок «Reasil Humic Vet», состоящих из раствора высокомолекулярных натриевых солей гуминовых кислот из леонардита и средства «Силимарин nSePs», содержащего в качестве наночастиц коллоидный селен, силимарин и стабилизатор.

Ключевые слова: петухи, состав плазмы крови петухов, кормовые добавки, Reasil Humic Vet, Силимарин nSePs.

Цитирование. Чижова Г. С., Кочарян, В. Д., Ушаков М. А., Дмитриев С. С. Сравнительная эффективность водорастворимых кормовых добавок «Reasil Humic Vet » и «Силимарин nSePs» на изменение показателей крови у петухов. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 188-195. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-21.

Авторский вклад. Авторы принимали непосредственное участие в исследовании и анализе полученных результатов. Авторы данного исследования ознакомлены с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Получение инкубационного яйца высокого качества, одна из важнейших задач бройлерного птицеводства. Неотъемлемой частью в решении данного вопроса является воспроизводство маточного поголовья, особенно петухов, поэтому для повышения их производительных качеств, а именно яйценоскости оплодотворяющей способности спермы, рационы начали обогащать биологически активными добавками биологического происхождения и полученных синтетическим путем, содержащих различные химические соединения и в том числе нитридные соединения [1, 3].

Такое насыщение рационов приводит к нарушению функций пищеварительного тракта, которое проявляется в снижении ферментативной активности микрофлоры тонкого отдела кишечника, нарушении переваривающей способности и ослаблении возможности усваивать питательные вещества корма, и в конечном итоге приводящая к снижению репродуктивного потенциала маточного стада [13, 15]. В связи с этим на птицефермах и осо-

бенно племенных репродукторах возникает проблема с преждевременной заменой определенного поголовья высокопродуктивных петухов на молодых не проверенных в племенном отношении, и это отразится как на селекционной работе, так и на экономичности содержания родительского стада [2, 5].

В таких условиях у кур с хорошими продуктивными показателями отмечается снижение выхода инкубационных яиц, так как часть из них остается неоплодотворенной [4, 12]. Однако малоизученными и крайне противоречивыми остаются вопросы, касающиеся повышения качества спермы петухов и их репродуктивного здоровья.

По исследованиям отечественных и зарубежных ученых выявлено, чем меньше возраст петушков, реагирующих на массаж, тем высококачественнее их спермопродукция в дальнейшем. Отбор петухов по реакции на массаж нужно проводить в возрасте 5-6 месяцев. Это дает возможность выработать у них условный рефлекс отдачи спермы и исключить из стада петухов, не пригодных для использования при искусственном осеменении кур. Причем число таких петухов в разных яичных кроссах доходит до 20% [7,8,10,11,14].

В доступной литературе имеются лишь незначительные сообщения об использовании в современном бройлерном птицеводстве жидких водорастворимых кормовых добавок «Reasil», производимых ООО «Лайф Форс Групп» из гуминовых кислот на основе леонардита.

Цель исследования заключалась в изучении биохимических изменений в составе плазмы крови петухов репродуктивного возраста при применении жидких кормовых добавок «Reasil Humic Vet» и «Силимарин nSePs».

Материалы и методы. Исследования проводились на кафедре «Акушерство и терапия» факультета биотехнологий и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ, в АО «Агрофирма Восток» в структурном подразделении СП «Светлый» Светлоярского района, также ООО «Волжская птицефабрика» Волгоградской области в период 2020-2023 гг. Для проведения исследования использовали клинически здоровых петухов кросса ХАЙСЕКС коричневый, возраст 23-26 недель. Петухам до начала эксперимента никакие лекарственные препараты не вводили. Для предотвращения возможной контаминации вирусами проводилась вакцинация против инфекционного бронхита кур, Ньюкаслской болезни, болезни Марек в суточном возрасте. Чтобы исключить влияние негативных факторов на результаты исследований, иммунизацию проводили инактивированными вакцинами не вызывающими иммунодепрессии (в отличие от живых вакцин).

Содержание подопытной птицы осуществлялось в клетках (в секциях по 5 голов). В помещении, где содержалась экспериментальная птица, параметры микроклимата соответствовали зоотехническим требованиям и нормам. Температура воздуха в опытных группах составляла 20-24⁰С, при влажности воздуха в помещении, где содержалась птица от 62% до 74%. Кормили петухов полнорационным комбикормом (ГОСТ 18221-99) – крупка из гранулы, мешок 25 кг. Состав: пшеница, кукуруза, соевый шрот, подсолнечный жмых, мука мясокостная, дрожжи кормовые, монокальций фосфат, аминокислоты, масло подсолнечное, премикс витаминно-минеральный. Витамины: А, D₃, Е, К₃, В₁, В₂, В₃, В₄, В₅, В₆, В₁₂, ВС, С, Н. Микроэлементы: Fe (железо), Cu (медь), Zn (цинк), Mn (марганец), Co (кобальт), I (йод), Se (селен). Производитель: Торгово-производственная компания Росток, Саратовская область, Татищевский район, село Курдюм, ул. Новая, 21). В соответствии с видовой и физиологической потребностью, доступ к которому был постоянный. Поение птиц осуществлялось с помощью системы ниппельного поения, доступ к воде не ограничивали. Продолжительность светового дня в помещении, где содержались подопытные цыплята, на всем протяжении эксперимента составляла 12 часов.

Комбикорм, применяемый к птице, не содержал антибиотиков. Птица до начала исследования не получала антибактериальных препаратов и других лекарственных средств.

Для проведения эксперимента было сформировано 3 группы петухов две опытные и одна контрольная (по 5 голов в каждой).

Петухи опытной группы № 1 с водой получали препарат «Reasil Humic Vet» из расчета 0,5 мл на 1 л/сут.; петухи опытной группы № 2 с водой получали водорастворимый препарат Силимарина конъюгированного с наночастицами селена из расчета 0,1 г на 1 л/сут.; животные контрольной группы были интактными, им выпаивали чистую воду.

В ночь перед отбором проб крови петухов не кормили для предотвращения искажения результатов клинических и биохимических показателей. Доступ к воде при этом не ограничивали.

Для проведения биохимических и морфологических исследований, включающих подсчет количества эритроцитов и лейкоцитов, проводили в камере Горяева, определение концентрации гемоглобина проводили гемоглобинцианидным методом, лейкограмму определяли в мазках периферической крови. Окраску мазков крови проводили по Романовскому-Гимза. Осуществляли забор крови из подкрыльцовой вены с предварительным удалением пера и дезинфекцией кожи 70% раствором этилового спирта. Для биохимических в вакуумные пробирки с тромбином в качестве активатора сгустка по 0,5-1 мл.; для морфологических исследований по 0,1-0,2 мл – в микропробирки с антикоагулянтом K_2 ЭДТА; для капиллярной крови 200 мкл. in vitro диагностики «Improvacuter» (Guangzhou Improve Medical Instruments Co. Ltd, China) с использованием тромбина л. Для гематологических исследований «ЮНИВЕТ» в модификации «ЮНИВЕТ-Илм» по ТУ 9398-033-59879815-2012

Чтобы получить сыворотку, кровь центрифугировали при 3000 об/мин 10 мин.

Биохимические исследования (билирубин общий, мочевины, общий белок, альбумин, глюкоза, триглицериды, холестерин) проводили на полуавтоматическом биохимическом анализаторе «StatFax 3300» с использованием диагностических систем фирмы «Диакон ДС». Для проверки правильности и точности определения биохимических показателей в сыворотке крови птиц использовали контрольную сыворотку для биохимических исследований по ТУ 9398-022-09807247-2009, ООО «HOSPITEX DIAGNOSTICS».

В пробах определяли концентрацию кортикостерона с помощью коммерческого набора Corticosterone ELISA (DRG Diagnostics). Исследования проводили в соответствии с инструкцией, на ИФА анализаторе Multiskan FC (Thermo Scientific).

Статистическую обработку полученных результатов проводили по стандартным процедурам, с помощью приложения Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corp. USA) и пакета статистического анализа данных StatPlus 2009 professional 5.8.4 for Windows (StatSoft Inc., USA), с использованием t-критерия Стьюдента для оценки достоверности различий между выборками для опытных и контрольных экспериментов. Различия определяли при $p \leq 0,05$ уровне значимости. Цифровой материал представляется в единицах СИ, рекомендованных Всемирной организацией здравоохранения и стандартом СЭВ 1062-78.

Результаты и обсуждение. На всем протяжении исследований у отобранных петухов определялся клинический статус с оценкой общего состояния и аппетита. По результатам наблюдений отклонений в поведении, их активности и реакции на внешние раздражители не установлено. Аппетит сохранен, жажда присутствует в умеренной степени. Температурные показатели тела в течение всего периода исследований за пределы физиологической нормы не выходили.

При анализе гематологических показателей крови петухов (рисунок 1) достоверно установлено повышение количества эритроцитов и гемоглобина в подопытных группах птиц, которым с питьевой водой выпаивали изучаемые биологически активные антистрессорные добавки «Reasil Humic Vet» и Силимарин nSePs по сравнению с контрольными петухами. Изменения данных показателей было в пределах физиологических значений для данного кросса петухов репродуктивного возраста.

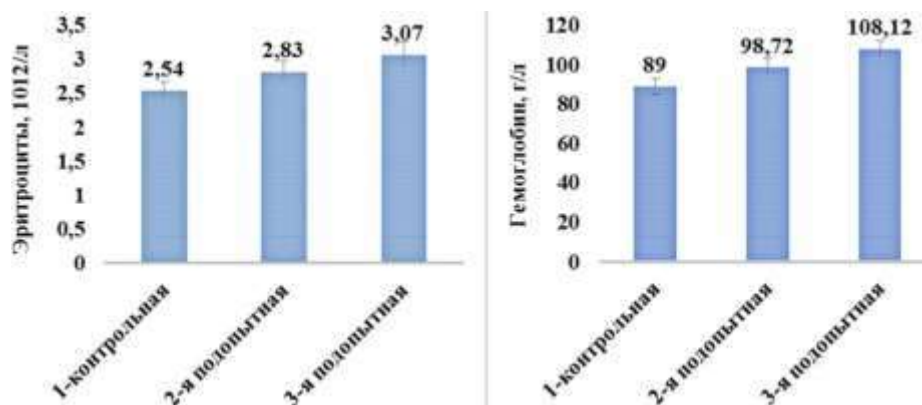


Рисунок 1 – Количество эритроцитов и гемоглобина в крови петухов ($p \leq 0,05$)
Figure 1 – The number of red blood cells and hemoglobin in the blood of roosters ($p \leq 0,05$)

Наряду с этим отмечается достоверное увеличение, в пределах нормы, общего количества лейкоцитов периферической крови подопытных петухов относительно контрольных птиц (рисунок 2).

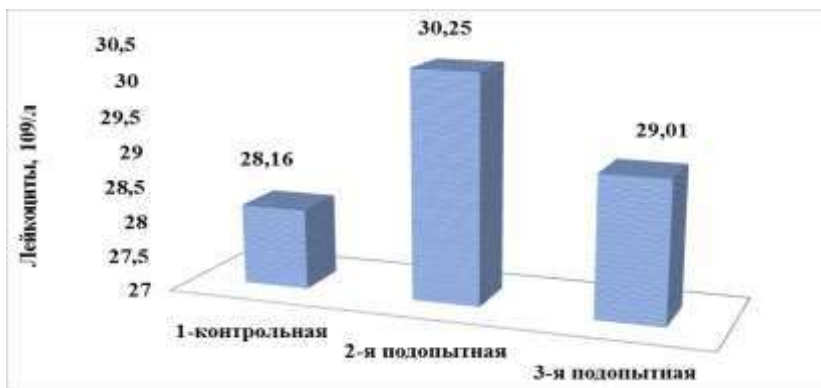


Рисунок 2 – Количество лейкоцитов периферической крови петухов ($p \leq 0,05$)

Figure 2 – Number of leukocytes in the peripheral blood of roosters ($p \leq 0.05$)

В ходе изучения биохимических показателей сыворотки крови подопытных петухов (рисунок 3) установлено, что показатели белкового обмена, концентрация общего белка и его фракций, а также концентрация сывороточной глюкозы, билирубина, мочевины находились в пределах референсных значений для данного кросса птицы, достоверных отличий между подопытными и контрольной группами не отмечалось.

Вместе с этим достоверно установлено снижение концентрации холестерина в сыворотке крови петухов, которым в питьевую воду добавляли биологически активные добавки «Reasil Humic Vet» и Силимарин nSePs, относительно контрольных птиц. Данные изменения, наряду с динамикой гематологических показателей красной крови могут указывать на активизацию метаболических процессов в организме подопытных петухов.

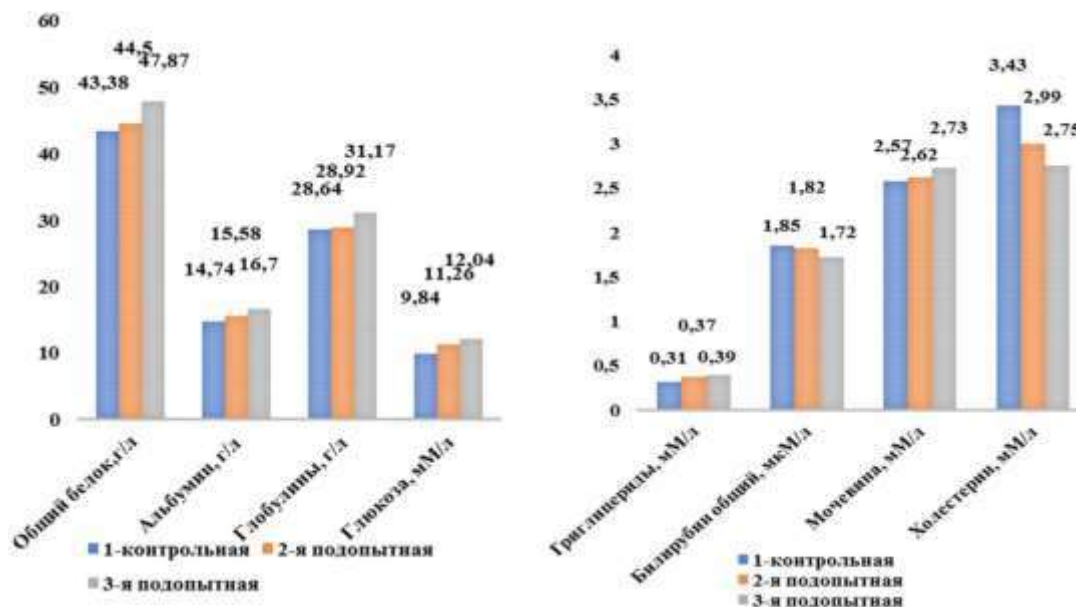


Рисунок 3 – Биохимические показатели сыворотки крови петухов репродуктивного возраста. ($p \leq 0,05$)

Figure 3 – Biochemical parameters of blood serum of roosters of reproductive age. ($p \leq 0.05$)

При анализе концентрации кортикостерона в сыворотке крови петухов установлено, что у птиц 2-ой подопытной группы уровень гормона был достоверно ниже на 33,47%, а 3-ей на 34,9% относительно петухов 1-ой контрольной группы. Различий между подопытными группами по уровню данного гормона в сыворотке крови не наблюдалось.

Учитывая тот факт, что кортикостерон является достоверным индикатором стресса у птиц, можно констатировать, что применение биологически активных добавок «Reasil Humic Vet» и Силимарин nSePs способствует достоверному снижению стрессированности петухов-производителей.

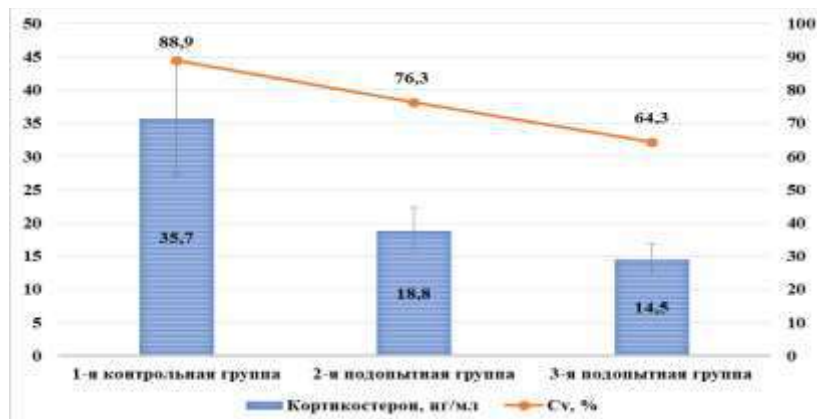


Рисунок 4 – Концентрация кортикостерона сыворотки крови петухов репродуктивного возраста ($p \leq 0,05$)
Figure 4 – Serum corticosterone concentration in roosters of reproductive age ($p \leq 0,05$)

В процессе эксперимента изучалось влияние при введении в питьевую воду изучаемых биологически активных антистрессорных водорастворимых добавок, обладающих антистрессорными свойствами на функциональное состояние пищеварительной системы, в частности толстый отдел кишечника, при этом изучался как видовой, так и количественный состав микрофлоры. По данным полученным при подсчете высеванных на питательные среды микроорганизмов, установлено достоверное увеличение количества как лакто- так и бифидобактерий. В тоже время выявлено уменьшение в составе микрофлоры стафилококков и энтерококков, а также снижено количество бактерий из группы кишечных палочек (таблица 1).

Таблица 1 – Количество микроорганизмов в кишечнике петухов-производителей, lg КОЕ/г ($X \pm Sx$; $n=9$)
Table 1 – Number of microorganisms in the intestines breeding roosters, lg CFU/g ($X \pm Sx$; $n=9$)

Микроорганизмы / Microorganisms	Группа / Group		
	1-я контрольная / First test	2-я опытная / Second Experimental	3-я опытная / Third Experimental
Бифидобактерии / Bifidobacteria	6,77±0,23	8,04±0,25*	8,36±0,22*
Лактобактерии / Lactobacilli	4,86±0,13	5,62±0,14**	6,99±0,15*
Стафилококки / Staphylococci	2,54±0,12	1,72±0,12**	1,54±0,11*
Энтерококки / Enterococci	7,31±0,25	6,24±0,25*	4,72±0,16**
Бактерии группы кишечной палочки / Escherichia coli bacteria	7,56±0,17	7,08±0,20	6,51±0,14*

$p < 0,01$ – *, $p < 0,05$ – **

Так количество лактобактерий у петухов-производителей в подопытных группах в сравнении с контрольной достоверно выросло во 2-й группе на 16,74% ($p < 0,01$) и на 23,93% ($p < 0,01$) – в 3-й группе, также увеличилось и содержание бифидобактерий во 2-й группе на 18,05% ($p < 0,01$) и соответственно в 3-й группе на 29,31% ($p < 0,01$). На фоне применения препаратов в подопытных группах произошло снижение количества энтерококков на 12,95% ($p < 0,05$) – во 2-й группе, и на 29,49% ($p < 0,01$) – в 3-й группе. Аналогично установлено снижение количества стафилококков во 2-ой группе на 25,54%, в 3-й на 32,77% по сравнению с контрольной группой.

Также произошло значительное уменьшение количества стафилококков с 2,54 lg КОЕ/г – в контрольной группе до 1,31 lg КОЕ/г – в 3-й подопытной группе.

Анализируя полученные данные по количеству бактерий группы кишечной палочки, определили достоверное снижение концентрации бактерий группы кишечных палочек во второй опытной группе на 6,35%, в 3-й – на 13,89% ($p < 0,01$) по сравнению с контрольной группой.

Заключение. Применение биологически активных добавок «Reasil Humic Vet» и Силимарин nSePs петухам-производителям способствует снижению уровня стрессированности птицы, о чем свидетельствует более низкие концентрации гормона кортикостерона в сыворотке

крови подопытных петухов на 33,47% и 34,9% относительно контрольных. Вместе с этим, применение данных биологически активных добавок стимулирует гемопоэз, о чем говорят достоверно более высокие показатели количества эритроцитов и концентрация гемоглобина в крови подопытной птицы относительно контрольных петухов. Однако данные изменения не выходят за пределы физиологических значений для данного кросса птицы.

Conclusions. The use of biologically active additives "Reasil Humic Vet" and Silymarin nSePs for breeder roosters helps to reduce the level of stress in birds, as evidenced by lower concentrations of the hormone corticosterone in the blood serum of experimental roosters by 33.47% and 34.9% relative to the control ones. At the same time, the use of these biologically active additives stimulates hematopoiesis, as evidenced by significantly higher numbers of red blood cells and hemoglobin concentration in the blood of the experimental bird compared to control roosters. However, these changes do not go beyond the physiological values for this bird cross.

Библиографический список

1. Васильев А. А. Значение, теория и практика использования препаратов на основе гуминовых кислот. Основы и перспективы органических биотехнологий. 2018. № 2. С. 3-5.
2. Шкаленко В. В., Карапетян А. К., Букаева Ю. Г., Баксарова А. А. Влияние биологически активной добавки в составе рациона на гематологические показатели сельскохозяйственной птицы. Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 1 (37). С. 51-55.
3. Корсаков К. В., Васильев А. А., Москаленко С. П., Сивохина Л. А., Кузнецов М. Ю. Использование добавки на основе гуминовых кислот. Птицеводство. 2018. № 05. С. 22-25.
4. Лебедько Е. Я., Хохлов А. М., Барановский Д. И., Гетманец О. М. Биометрия в MS Excel. СПб.: Издательство «Лань». 2018. 172 с.
5. Мотовилов К. Я. Нанобиотехнологии в производстве продуктов птицеводства повышенной экологической безопасности: монография. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой компас», 2016. 315 с.
6. Плешанов Н. В., Силукова Ю. Л. Перспектива использования петухов при групповом разведении для искусственного осеменения кур. Генетика и разведение животных. 2018. № 3. С. 83-86.
7. Попов И. И., Булаченко И. О. Оценка и отбор петухов по реакции на массаж и качеству спермопродукции при искусственном осеменении кур. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 1. С. 118-124.
8. Шкаленко В. В., Карапетян А. К., Баксарова А. А., Букаева Ю. Г. Эффективность использования кормовой добавки в рецептуре комбикормов для сельскохозяйственной птицы. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 298-305.
9. Hedlund L., Whittle R., Jensen P. Effects of commercial hatchery processing on short- and long-term stress responses in laying hens. Scientific Reports. 2019. Vol. 9. Pp. 1-10.
10. Laurence A., Houdelier C., Calandreau L., Arnould C., Favreau-Peign A., Leterrier C., Boissy A., Lumineau S. Environmental enrichment reduces behavioural alterations induced by chronic stress in Japanese quail. Animal. 2015. Vol. 9. № 2. Pp. 331-338.
11. Semenenko M. P., Kuzminova E. V., Koshchayev A. G. Mechanisms of biological activity of bentonites and possibilities of their use in veterinary medicine. Advances in Agricultural and Biological Sciences. 2015. Vol. 1. № 2. Pp. 3-10.
12. Soroush Safaa, Gholamali Moghaddama, Raziallah Jafari Jozanib, Hossein Daghigh Kiaa, Hossein Janmohammadia Effect of vitamin E and selenium nanoparticles on post-thaw variables and oxidative status of rooster semen. Animal Reproduction Science. 2016. V. 174. Pp. 100-106.
13. Khalil-Khalili A. A., Mahdi Zhandi, Mojtaba Zaghari, Hassan Mehrabani-Yeganeh, Ali Reza Yousefi, Meysam Tavakoli-Alamooti The effect of dietary organic selenium on reproductive performance of broiler breeder roosters under dexamethasone induced stress Theriogenology. 2021. No 161. Pp. 16-25.
14. Zhandi M., Talebnia-Chalanbar A., Towhidi A., Sharafi M., Yousefi A. R., Hussaini S. M. H. The effect of zinc oxide on rooster semen cryopreservation. Br Poultry Sci. 2020. No 61. Pp. 188-194.
15. Zhandi M., Seifi-Ghajalo E., Shakeri M., Yousefi A. R., Sarafi M., Seifi-Jamadi A. Effect of glutathione supplementation to semen extender on post-thawed rooster sperm quality indices frozen after different equilibration times. Cryo-Letters. 2020. V. 41. Pp. 92-109.

References

1. Vasiliev A. A. Significance, theory and practice of using preparations based on humic acids. Fundamentals and prospects of organic biotechnologies. 2018. No 2. Pp. 3-5.
2. Shkalenko V. V., Karapetyan A. K., Bukaeva Y. G., Baksarova A. A. Effect of Biologically Active Supplement in the Diet on Hematological Parameters of Poultry. Vestnik Kurgansk GSHA. 2021. № 1 (37). Pp. 51-55.
3. Korsakov K. V., Vasilyev A. A., Moskalenko S. P., Sivokhina L. A., Kuznetsov M. Yu. Use of a humic acid-based additive. Poultry. 2018. № 05. Pp. 22-25.
4. Lebedko E. Ya., Khokhlov A. M., Baranovskiy D. I., Getmanets O. M. Biometrics in MS Excel. St. Petersburg: Lan Publishing House. 2018. 172 p.
5. Motovilov K. Y. Nanobiotechnologies in the Production of Poultry Products of Increased Environmental Safety: Monograph. Novosibirsk: IC NGAU "Zolotoy Kompas", 2016. 315 p.
6. Pleshanov N. V., Silyukova Y. L. Prospects for the Use of Roosters in Group Breeding for Artificial Insemination of Chickens. Genetics and animal breeding. 2018. № 3. Pp. 83-86.
7. Popov I. I., Bulavenko I. O. Evaluation and Selection of Roosters by Response to Massage and Quality of Sperm Production in Artificial Insemination of Chickens. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. 2018. № 1. Pp. 118-124.

8. Shkalenko V. V., Karapetyan A. K., Baksarova A. A., Bukaeva Y. G. Efficacy of the Use of Feed Additive in the Formulation of Compound Feeds for Poultry. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 2 (62). Pp. 298-305.
9. Hedlund L., Whittle R., Jensen P. Effects of commercial hatchery processing on short- and long-term stress responses in laying hens. Scientific Reports. 2019. Vol. 9. Pp. 1-10.
10. Laurence A., Houdelier C., Calandreau L., Arnould C., Favreau-Peign A., Leterrier C., Boissy A., Lumineau S. Environmental enrichment reduces behavioural alterations induced by chronic stress in Japanese quail. Animal. 2015. Vol. 9. № 2. Pp. 331-338.
11. Semenenko M. P., Kuzminova E. V., Koshchaev A. G. Mechanisms of biological activity of bentonites and possibilities of their use in veterinary medicine. Advances in Agricultural and Biological Sciences. 2015. Vol. 1. № 2. Pp. 3-10.
12. Soroush Safaa, Gholamali Moghaddama, Raziallah Jafari Jozanib, Hossein Daghigh Kiaa, Hossein Janmohammadia Effect of vitamin E and selenium nanoparticles on post-thaw variables and oxidative status of rooster semen. Animal Reproduction Science. 2016. V. 174. Pp. 100-106.
13. Khalil-Khalili A. A., Mahdi Zhandi, Mojtaba Zaghari, Hassan Mehrabani-Yeganeh, Ali Reza Yousefi, Meysam Tavakoli-Alamooti The effect of dietary organic selenium on reproductive performance of broiler breeder roosters under dexamethasone induced stress Theriogenology. 2021. No 161. Pp. 16-25.
14. Zhandi M., Talebnia-Chalanbar A., Towhidi A., Sharafi M., Yousefi A. R., Hussaini S. M. H. The effect of zinc oxide on rooster semen cryopreservation. Br Poultry Sci. 2020. No 61. Pp. 188-194.
15. Zhandi M., Seifi-Ghajalo E., Shakeri M., Yousefi A. R., Sarafi M., Seifi-Jamadi A. Effect of glutathione supplementation to semen extender on post-thawed rooster sperm quality indices frozen after different equilibration times. Cryo-Letters. 2020. V. 41. Pp. 92-109.

Информация об авторах

Чижова Галина Сергеевна, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Акушерство и терапия», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: galina.chizhova.52@mail.ru

Кочарян Валентина Даниловна, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой «Акушерство и терапия», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7519-5883>, e-mail: kvd707@mail.ru

Ушаков Максим Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Акушерства и терапия», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26) e-mail: volgau-ushakov@yandex.ru

Дмитриев Сергей Сергеевич, аспирант кафедры «Акушерство и терапия», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: dmitriev_vostok@mail.ru

Author's Information

Chizhova Galina Sergeevna, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Obstetrics and Therapy, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: galina.chizhova.52@mail.ru

Kocharyan Valentina Danilovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Obstetrics and Therapy, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7519-5883>, e-mail: kvd707@mail.ru

Ushakov Maksim Aleksandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Obstetrics and Therapy, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: volgau-ushakov@yandex.ru

Dmitriev Sergey Sergeevich, graduate student of the Department of Obstetrics and Therapy, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: dmitriev_vostok@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-22

THE COW-MOTHERS' CULLING AGE AND ITS RELATION TO PRODUCTIVE LONGEVITY AND REPRODUCTIVE QUALITIES OF DAUGHTERS

Zaznobina T. V., Efimova L. V.

*Krasnoyarsk Agricultural Research Institute – the Separate division of the Federal Research Center
"Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences"
Krasnoyarsk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: tv-kulakova@mail.ru

Received 17.10.2023

Submitted 11.12.2023

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of Russia, state registration number of R&D: 122031400484-7

Summary

The article shows the influence analysis results of cow-mothers' culling age on the cow-daughters' productive longevity and reproductive ability. The influence of cows' culling age on the cow-daughters' age at first calving and the mothers' insignificant influence on economic use period and lifetime milk yield of daughters has been established. The research results can be recommended for use in breeding work with Red-Mottley breed cows.

Abstract

Introduction. Increasing the cows' productive longevity and improving their reproductive ability is one of the important tasks in dairy cattle breeding in our country. Long-term operation of cows allows for more efficient breeding work with cattle and contributes to improving the industry's efficiency as a whole. In the Krasnoyarsk Territory, the cows' average culling age is 3.3 calving, but their highest productivity is usually manifested only in 4-6 lactation. **Object.** The research object was Red-Mottley breed cows. **Materials and methods.** To conduct research in CJSC "Nazarovskoye" of the Krasnoyarsk Territory, a database with using the Selex program was formed. The statistical processing included data from 2,199 cows that dropped out of the herd from 2017 to 2022 at age of the first completed lactation and older. The cows were divided into groups depending on the culling age of their cow-mothers. **Results and conclusions.** It was discovered that the cows received from mothers who had the culling age of 5.3-7.2 years were characterized by the highest milk yield and the longest of economic use period. Cows received from mothers who had the culling age of 7.3 years and older had the lowest age at first calving. Reliable positive associations of weak strength were found in groups I and III between the cow-mothers' culling age and such indicators as duration of economic use of daughters ($r = 0.08 \dots 0.11$; $P > 0.95 \dots 0.99$), lifetime milk yield ($r = 0.09 \dots 0.11$; $P > 0.99$), life expectancy ($r = 0.08 \dots 0.10$; $P > 0.95$) and number of lactation ($r = 0.07 \dots 0.11$; $P > 0.95 \dots 0.99$).

Keywords: mother cows, daughter cows, productive longevity of cows, lifetime milk yield, age of first calving, service period of cows, red-and-white breed of cows.

Citation. Zaznobina T. V., Efimova L. V. The cow-mothers' culling age and its relation to productive longevity and reproductive qualities of daughters. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73).195-201 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-22.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.2.082.231

ВОЗРАСТ ВЫБИТИЯ КОРОВ-МАТЕРЕЙ И ЕГО СВЯЗЬ С ПРОДУКТИВНЫМ ДОЛГОЛЕТИЕМ И ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫМИ КАЧЕСТВАМИ ДОЧЕРЕЙ

Зазнобина Т. В., научный сотрудник

Ефимова Л. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
ведущий научный сотрудник

Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
г. Красноярск, Российская Федерация

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования
России, номер государственного учёта НИОКТР: 122031400484-7

Аннотация. В статье приведены результаты анализа влияния возраста выбраковки коров-матерей на продуктивное долголетие и репродуктивную способность коров-дочерей. Установлено влияние возраста выбраковки коров на возраст дочерей при первом отеле и незначительное влияние матерей на период хозяйственного использования и пожизненный удой дочерей. Результаты исследований могут быть рекомендованы для использования в селекционной работе с коровами красно-пестрой породы.

Актуальность. Увеличение продуктивного долголетия коров и улучшение их репродуктивной способности является одной из важных задач в молочном скотоводстве в нашей стране. Длительная эксплуатация коров позволяет более результативно проводить племенную работу с крупным рогатым скотом и способствует повышению эффективности отрасли в целом. В Красноярском крае средний возраст выбраковки коров составляет 3,3 отела, но их наивысшая продуктивность обычно проявляется только через 4-6 лактаций. **Объект.** Объектом исследований являлись коровы красно-пестрой породы. **Материалы и методы.** Для проведения исследований в ЗАО «Назаровское» Красноярского края была сформирована база данных с использованием программы «Селэкс». В статистическую обработку вошли данные 2199 коров, выбывших в период с 2017 по 2022 гг. в возрасте первой законченной лактации и старше. Коров распределили на группы в зависимости от возраста выбытия их матерей. **Результаты и выводы.** Выявлено, что наивысший удой и самый продолжительный срок хозяйственного использования имели коровы II группы (матери выбыли в возрасте 5,3-7,2 года). Наименьший возраст первого отела отмечен у коров III группы (матери выбыли в возрасте 7,3 лет и старше). Достоверные положительные связи слабой силы были выявлены в I и III группах между возрастом выбытия матерей и продолжительностью хозяйственного использования дочерей ($r = 0,08 \dots 0,11$; $P > 0,95 \dots 0,99$), пожизненным удоём ($r = 0,09 \dots 0,11$; $P > 0,99$), продолжительностью жизни ($r = 0,08 \dots 0,10$; $P > 0,95$) и количеством лактаций ($r = 0,07 \dots 0,11$; $P > 0,95 \dots 0,99$).

Ключевые слова: коровы-матери, коровы-дочери, продуктивное долголетие коров, пожизненный удой, возраст первого отела, сервис-период коров, красно-пестрая порода коров.

Цитирование. Зазнобина Т. В., Ефимова Л. В. Возраст выбытия коров-матерей и его связь с продуктивным долголетием и воспроизводительными качествами дочерей. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 195-201. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-22.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На экономическую эффективность молочного скотоводства существенное влияние оказывают многие показатели, в том числе и продолжительность хозяйственного использования коров. В связи с этим важнейшей задачей при усовершенствовании стад молочного направления является увеличение продуктивного долголетия коров [4, 6].

Известно, что в оптимальных условиях корова может сохранять продуктивное долголетие на протяжении 12-17 лактаций [11]. Однако на многих сельскохозяйственных предприятиях длительность хозяйственного использования коров составляет всего 3-3,5 лактации [3, 10].

В Красноярском крае средний возраст выбывших коров в 2021 г. составлял 3,3 отела [8]. Вместе с тем известно, что наивысшая продуктивность у коров проявляется обычно только в 4-6-ю лактации [12]. Другими словами, большая часть животных выбывает из стада до реализации максимальной продуктивности. В связи с этим выявление факторов, оказывающих влияние на продолжительность хозяйственного использования коров, является актуальным.

По данным зарубежных и российских исследователей установлено, что возраст матери оказывает существенное влияние на продуктивность и долголетие дочерей, причём с увеличением возраста матерей продуктивность дочерей, по мнению одних авторов, повышается [7], по мнению других – снижается [13].

Возраст матерей оказывает также влияние и на воспроизводительную способность дочерей. Однако мнение авторов разделилось, одни утверждают, что самый высокий удой и самый короткий сервис-период имеют коровы, полученные от матерей в возрасте первого отела [1], другие [2] сообщают, высокоудойных дочерей получают от матерей 2-го отёла. В Красноярском крае подобных исследований не проводилось.

Целью исследований было изучение влияния возраста выбытия коров на показатели, характеризующие продуктивное долголетие и воспроизводительные качества дочерей.

Материалы и методы. Исследования проведены в ЗАО «Назаровское» Красноярского края. Объектом исследования были коровы красно-пестрой породы, выбывшие из стада в период с 2017 года по 2022 год. Объем выборки составил 2199 коров. Сведения о продолжительности хозяйственного использования, удое и воспроизводительной способности коров взяты из программы «Селэкс». В статистическую обработку вошли коровы, выбывшие в возрасте первой законченной лактации и старше.

Коров распределили на группы в зависимости от возраста выбытия их матерей: I группа – коровы-матери выбыли в возрасте 5,2 лет и менее, II группа – 5,3-7,2 лет, III группа – 7,3 лет и более.

Биометрическая обработка данных проведена с использованием методов вариационной статистики в компьютерной программе Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение. По данным С. А. Ламонова [5], у коров, полученных от половозрелых матерей, продолжительность хозяйственного использования была выше, чем у животных, рожденных от коров-первотелок.

Другие авторы [7] установили, что максимальный удой за первую лактацию получен в группе дочерей, матери которых выбыли из стада в возрасте четвертого отела.

Результаты наших исследований, проведенных на значительном по численности поголовье выбывших коров (n=609...863 коров в группе), подтверждают такую тенденцию, а именно: во II группе (возраст выбытия матерей 5,3-7,2 лет) показатели, характеризующие продуктивное долголетие и пожизненный удой, были больше, но разница между группами оказалась недостоверной (таблица 1).

Таблица 1 – Продуктивные показатели и долголетие дочерей в зависимости от возраста выбытия матерей

Table 1 – Productive parameters and daughters' longevity depending on the mothers' culling age

Показатель / Index	Группа / Group		
	I	II	III
Количество коров, голов / Number of cows, heads	609	727	863
Продолжительность хозяйственного использования, мес. / Duration of economic use, months	43,5±1,03	44,2±0,99	43,6±0,92
Пожизненный удой, кг / Lifetime milk yield, kg	24811,3±595,43	25163,3±574,44	24777,9±530,93
Продолжительность жизни, лет / Life expectancy, years	5,6±0,09	5,6±0,08	5,5±0,08
Количество лактаций / Number of lactations	3,4±0,08	3,4±0,08	3,4±0,07

По данным Ю. М. Смирновой [9], возраст выбытия матерей оказывает влияние на воспроизводительные качества дочерей. Автор установила, что с увеличением возраста матерей в лактациях возраст первого отела дочерей снижается, а оптимальная продолжительность сервис-периода была отмечена у дочерей коров, выбывших в возрасте 4 лактации.

В наших исследованиях было выявлено, что наименьший возраст первого отела (28,3 мес.) имели дочери матерей, выбывших в возрасте 7,3 лет и старше (при этом разница с коровами I группы была достоверной – 0,3 мес. ($P>0,95$)), а самый короткий сервис-период (70,0 дн.) был у коров от матерей, выбывших из стада в возрасте 5,2 лет и младше (рисунок 1).

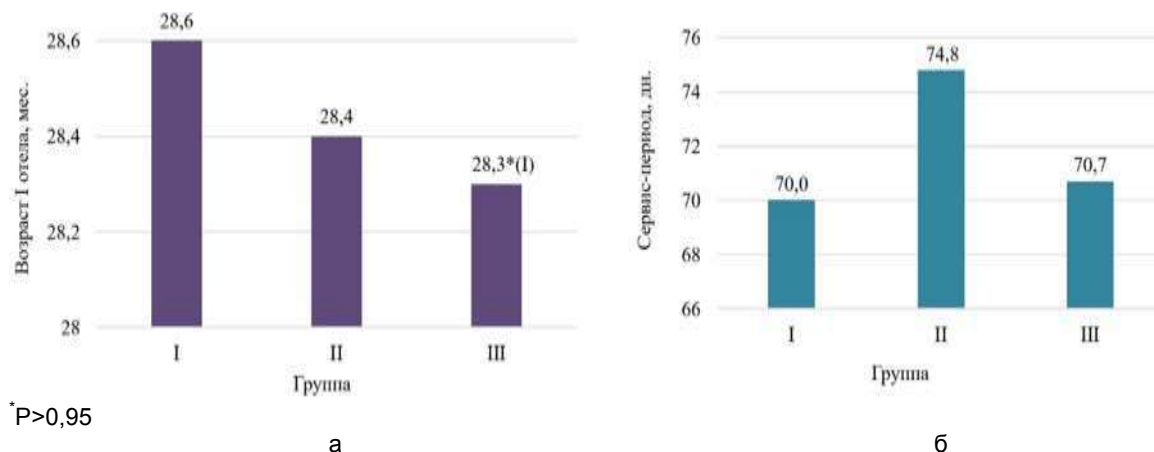


Рисунок 1 – Отдельные показатели воспроизводительной способности коров-дочерей в зависимости от возраста выбытия матерей: а – возраст I отела коров;

б – продолжительность сервис-периода

Figure 1 – Individual indicators of the cow-daughters' reproductive ability of depending on the mothers' culling age: а – cows age at first calving; б – service period duration

Расчет коэффициентов корреляции позволил обнаружить связи между возрастом выбытия коров-матерей и продолжительностью хозяйственного использования их дочерей (таблица 2).

Достоверные положительные связи слабой силы были выявлены в I и III группах между возрастом выбытия матерей и продолжительностью хозяйственного использования дочерей ($r = 0,08 \dots 0,11$; $P>0,95 \dots 0,99$), пожизненным удоём ($r = 0,09 \dots 0,11$; $P>0,99$), продолжительностью жизни ($r = 0,08 \dots 0,10$; $P>0,95$) и количеством лактаций ($r = 0,07 \dots 0,11$; $P>0,95 \dots 0,99$).

Следует отметить, что между возрастом выбытия матерей и возрастом первого отела дочерей обнаружены отрицательные связи во всех группах, то есть у коров, полученных от матерей с ранним (или поздним) выбытием, возраст первого отела будет увеличиваться (или уменьшаться).

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции (r) между возрастом выбытия коров-матерей и продуктивным долголетием, воспроизводительной способностью дочерей
Table 2 – Correlation coefficients (r) between the cow-mothers' culling age and productive longevity, reproductive ability of daughters

Показатель / Index	Группа / Group		
	I	II	III
Продолжительность хозяйственного использования, мес. / Duration of economic use, months	0,11±0,040**	0,02±0,037	0,08±0,034*
Пожизненный удой, кг / Lifetime milk yield, kg	0,11±0,040**	0,02±0,037	0,09±0,034**
Продолжительность жизни, лет / Life expectancy, years	0,10±0,040*	0,02±0,037	0,08±0,034*
Количество лактаций / Number of lactations	0,11±0,040**	0,01±0,037	0,07±0,034*
Возраст I отела, мес. / Age of first calving, months	-0,04±0,041	-0,02±0,037	-0,02±0,034
Продолжительность сервис-периода, дн. / Duration of the service period, days	-0,03±0,041	-0,01±0,037	0,03±0,034

P>0,95; **P>0,99

В результате проведенного однофакторного дисперсионного анализа было установлено влияние возраста выбытия матерей на возраст I отела ($\eta^2=0,2$) и продолжительность сервис-периода ($\eta^2=0,1$), однако сила влияния оказалась незначимой (рисунок 2).

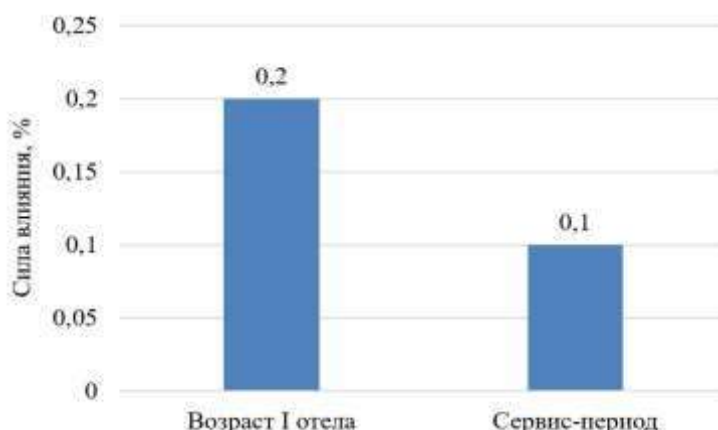


Рисунок 2 – Результаты дисперсионного анализа по влиянию возраста выбытия матерей на воспроизводительную способность дочерей

Figure 2 – The analysis results of the of variance on the effect of mothers' culling age on reproductive ability of daughters

Заключение. Таким образом, в результате проведенных исследований установлено влияние возраста выбытия коров-матерей на возраст I отела дочерей и незначительное влияние матерей на длительность хозяйственного использования и пожизненный удой дочерей. В ЗАО «Назаровское» для получения наибольшего удоя и увеличения продолжительности срока хозяйственного использования коров красно-пестрой породы зоотехникам-селекционерам рекомендуется проводить отбор в племенную группу с учетом возраста выбытия коров-матерей, отдавая предпочтение коровам, матери которых были выбракованы из стада в возрасте 5,3-7,2 лет, а для оптимального возраста первого отела – коровам, полученным от матерей, выбракованных в возрасте 7,3 лет и старше.

Conclusions. Thus, the conducted studies result the influence of cow-mothers' culling age on the age at first calving of daughters and the insignificant influence of mothers on the period of economic use and lifetime milk yield of daughters was established. At CJSC "Nazarovskoye", in order to obtain the highest milk yield and increase the duration of the economic use of Red-Mottley breed cows, animal breeders are recommended inclusion in breeding group of cows taking into account their

cow-mothers' culling age, giving preference to cows whose mothers were culled from the herd at the age of 5.3-7.2 years, and for optimal age at first calving – cows received from mothers culled at the age of 7.3 years and older.

Библиографический список

1. Вильвер Д. С., Литовченко В. Г., Юдин М. Ф. Взаимосвязь хозяйственно-полезных признаков у коров с учетом возраста их матерей. Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 11. С. 50-51.
2. Горелик О. В., Харлап С. Ю., Горелик А. С., Федосеева Н. А. Влияние возраста матерей на продуктивные показатели телок и коров. Вестник Мичуринского ГАУ. 2022. № 3. С. 60-67.
3. Журавлев Н. В., Коханов М. А., Арнопольская А. Ю. Роль материнского организма на продуктивное долголетие дочерей. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2 (42). С. 165-170.
4. Зернина С. Г., Санганаева А. В. Продуктивное долголетие коров как фактор увеличения производства молока. Селекционные и технологические аспекты интенсификации производства продуктов животноводства: сб. материалов Всероссийской науч.-практ. конф. Москва, 2022. С. 81-85.
5. Ламонов С. А. Целесообразность использования в селекционном процессе коров, рожденных от коров-первотелок. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2016. № 4. С. 58-62.
6. Максимова Л. Р., Шульга Л. П. Влияние генотипических факторов на продуктивное долголетие коров. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 48. С. 48-52.
7. Абылкасымов Д. А., Ионова Л. В., Сударев Н. П., Камынин П. С. Молочная продуктивность и показатели воспроизводительной способности коров в зависимости от отдельных факторов. Молочное и мясное скотоводство. 2014. № 1. С. 9-11.
8. Племенная работа с красно-пестрой породой крупного рогатого скота / Селекционный центр по красно-пестрой породе крупного рогатого скота ФГБНУ ВНИИплем. Лесные Поляны, Московская область: ФГБНУ ВНИИплем, 2022. Вып. 22. С. 21.
9. Смирнова Ю. М. Молочная продуктивность, долголетие и воспроизводительные качества у коров черно-пестрой породы: диссертация канд. с.-х. наук. Вологда, 2021. С. 82-83.
10. Чукавин А. С., Воробьева С. Л. Влияние генотипических факторов на продолжительность хозяйственного использования коров черно-пестрой породы Удмуртской Республики. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2017. № 4. Т. 232. С. 154-159.
11. Vredenberg I., Han R., Mourits M., Hogeveen H., Steeneveld W. An Empirical Analysis on the Longevity of Dairy Cows in Relation to Economic Herd Performance. Front. Vet. Sci. 2021. Vol. 8.
12. De Vries A. Symposium review: why revisit dairy cattle productive lifespan? Dairy Sci. 2020. Vol. 103. Pp. 3838-3845.
13. Fuerst-Waltl B., Reichl A., Fuerst C., Baumung R., Solkner J. Effect of maternal age on milk production traits, fertility, and longevity in cattle. Journal of Dairy Science. 2004. Vol. 87. I. 7. Pp. 2293-2298.

References

1. Vilver D. S., Litovchenko V. G., Yudin M. F. Interconnection of Economically Useful Traits in Cows with Regard to the Age of Their Mothers. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2017. V. 31. № 11. Pp. 50-51.
2. Gorelik O. V., Kharlap S. Yu., Gorelik A. S., Fedoseeva N. A. Influence of Mothers' Age on Productive Indicators of Heifers and Cows. Vestnik Michurinsk GAU. 2022. № 3. Pp. 60-67.
3. Zhuravlev N. V., Kokhanov M. A., Arnopolskaya A. Y. Role of the Maternal Organism on the Productive Longevity of Daughters. Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshego professional'noe obrazovaniya. 2016. № 2 (42). Pp. 165-170.
4. Zernina S. G., Sanganaeva A. V. Productive Longevity of Cows as a Factor of Increasing Milk Production. Selection and Technological Aspects of Intensification of Production of Animal Husbandry Products: Collection of Materials of the All-Russian Scientific Practice. Conf. Moscow, 2022. Pp. 81-85.
5. Lamonov S. A. Expediency of Using Cows Born from First-Heifer Cows in the Breeding Process. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2016. № 4. Pp. 58-62.
6. Maksimova L. R., Shulga L. P. Influence of Genotypic Factors on Productive Longevity of Cows. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. 2017. № 48. Pp. 48-52.
7. Abylkassymov D. A., Ionova L. V., Sudarev N. P., Kamynin P. S. Milk Productivity and Indicators of Reproductive Ability of Cows Depending on Individual Factors. Dairy and beef cattle breeding. 2014. № 1. Pp. 9-11.
8. Breeding work with the red-and-white breed of cattle / Breeding center for the red-and-white breed of cattle of the Federal State Budgetary Scientific Institution VNIplem. Lesnye Polyany, Moscow Region: VNIplem, 2022. Vol. 22. P. 21.
9. Smirnova Y. M. Milk Productivity, Longevity and Reproductive Qualities in Cows of the Black-and-White Breed: Dissertation. Vologda, 2021. Pp. 82-83.
10. Chukavin A. S., Vorobyova S. L. Influence of Genotypic Factors on the Duration of Economic Use of Black-and-White Cows of the Udmurt Republic. Scientific Notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman. 2017. № 4. V. 232. Pp. 154-159.
11. Vredenberg I., Han R., Mourits M., Hogeveen H., Steeneveld W. An Empirical Analysis on the Longevity of Dairy Cows in Relation to Economic Herd Performance. Front. Vet. Sci. 2021. Vol. 8.
12. De Vries A. Symposium review: why revisit dairy cattle productive lifespan? Dairy Sci. 2020. Vol. 103. Pp. 3838-3845.
13. Fuerst-Waltl B., Reichl A., Fuerst C., Baumung R., Solkner J. Effect of maternal age on milk production traits, fertility, and longevity in cattle. Journal of Dairy Science. 2004. Vol. 87. I. 7. Pp. 2293-2298.

Информация об авторах

Зазнобина Татьяна Вячеславовна, научный сотрудник отдела животноводства, Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН (Российская Федерация, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 66), ORCID: 0000-0001-6951-2475, e-mail: tv-kulakova@mail.ru

Ефимова Любовь Валентиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела животноводства, Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН (Российская Федерация, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 66), ORCID: 0000-0002-3234-9747, e-mail: ljubow_wal@mail.ru

Author's Information

Zaznobina Tatyana Vyacheslavovna, Researcher the department of animal husbandry, Krasnoyarsk Agricultural Research Institute – the Separate division of the Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 660041, Krasnoyarsk, Svobodny Ave., 66), ORCID: 0000-0001-6951-2475, phone: 8 (391) 202-19-73, e-mail: tv-kulakova@mail.ru

Efimova Lyubov Valentinovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher the department of animal husbandry, Krasnoyarsk Agricultural Research Institute – the Separate division of the Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 660041, Krasnoyarsk, Svobodny Ave., 66), ORCID: 0000-0002-3234-9747, phone: 8 (391) 202-19-73, e-mail: ljubow_wal@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-23

ALTERNATIVE TO ANTIBIOTICS – BLACK SOLDIER FLY (HERMETIA ILLUCENS)
ANTIMICROBIAL PEPTIDES (REVIEW)

¹Shevchenko N. I., ²Guseva Yu. A., ²Vasiliev A. A., ²Pigina S. Yu., ³Nikolaev S. I.

¹Vavilovsky University

Saratov, Russian Federation

²Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Scriabin

Moscow, Russian Federation

³Volgograd State Agrarian University

Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: yuliyguseva@yandex.ru

Received 11.12.2023

Submitted 13.02.2024

Summary

The article provides data on the antimicrobial properties of *Hermetia Illucens*. According to the studied literature, antimicrobial peptides are classified into groups. In addition, the fatty acid composition of a 15-day-old larva and the biological activity of fat were analyzed and presented. Antimicrobial and antifungal activity of black lion larvae fat in the plant food matrix.

Abstract

Introduction. In the modern world, multi-drug antibiotic resistance is an increasingly serious problem which poses a serious threat to plants, animals and humans. The unreasonable use of antibiotics has led to the spread and increase in the number of infectious diseases that existing antibiotics may not be able to cope with. Thus, there is a need for the development of new classes of antibiotics that do not induce resistance. It is necessary to find agents with new mechanisms of action for the development of such antimicrobial compounds. Antimicrobial peptides are excellent candidates for this role. Penetrating through the membranes, they affect the target protein without high specificity, which in turn reduces the probability of induced resistance to a minimum. Scientists have identified about 57 active peptides belonging to various groups of antimicrobial peptides, including defensins, cecropins, attacins and lysozyme. Defensins form the largest group of antimicrobial peptides in insects. As a rule, a defensin-like peptide contains from 34 to 43 amino acids. Antimicrobial peptides obtained from *Hermetia illucens* can become a good alternative to antibiotics for the prevention and treatment of infectious diseases, as they differ in their antimicrobial properties and are less likely to induce resistance. The lipid composition as well as the amino acid composition can be changed by different larvae diets. Larvae fat contains oleic, palmitic, lauric, myristic, stearic and palmitolic acids, which are saturated and unsaturated fatty acids, and have an intense effect against bacteria.

Keywords: *Hermetia illucens*, Black soldier fly, antimicrobial peptides, alternative antibiotics.

Citation. Shevchenko N. I., Guseva Yu. A., Vasiliev A. A., Pigina S. Yu., Nikolaev S. I. Alternative to antibiotics – Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) antimicrobial peptides (Review). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 201-210 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-23.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 571.27:638.4:612.017.1:547.964.4:577.18:595.72

**АЛЬТЕРНАТИВА АНТИБИОТИКОВ – АНТИМИКРОБНЫЕ ПЕПТИДЫ ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ
(HERMETIA ILLUCENS) (ОБЗОР)**¹Шевченко Н. И., младший научный сотрудник, аспирант²Гусева Ю. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор²Васильев А. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор²Пигина С. Ю., кандидат ветеринарных наук, доцент³Николаев С. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор¹ФГБОУ ВО Вавиловский университет

г. Саратов, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии –

МВА им. К. И. Скрябина

г. Москва, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В современном мире проблема лекарственной устойчивости к антибиотикам набирает обороты и представляет собой серьезную угрозу, как для растений, животных, так и для людей. Безосновательное применение антибиотиков привело к распространению и увеличению количества инфекционных заболеваний, с которыми уже имеющиеся антибиотики могут не справляться. В связи с этим, возникает потребность в создании новых классов антибиотиков, не вызывающих резистентности. Необходимо найти средства с новыми механизмами действия для разработки подобных антимикробных соединений. Прекрасными претендентами на эту роль являются антимикробные пептиды. Проникая сквозь мембраны, они воздействуют на белок-мишень без высокой специфичности, что в свою очередь сводит вероятность индуцированной резистентности на минимум. Ученые идентифицировали около 57 активных пептидов, которые принадлежат к различным группам антимикробных пептидов, включая дефензины, цекропины, аттацины и лизоцим. Самая большая группа антимикробных пептидов у насекомых является дефензин. Как правило, дефензин-подобный пептид содержит в себе от 34 до 43 аминокислот. Антимикробные пептиды, полученные из *Hermetia illucens*, могут стать хорошей альтернативой антибиотикам для профилактики и лечения инфекционных заболеваний, так как отличаются своими антимикробными свойствами и в меньшей степени склонны вызывать резистентность. Липидный состав, как и аминокислотный может быть изменен различными рационами личинок. Жир личинок содержит олеиновую, пальмитиновую, лауриновую, миристиновую, стеариновую и пальмитолевую кислоты, которые являются насыщенными и ненасыщенными жирными кислотами, и оказывают подавляющее воздействие против бактерий.

Ключевые слова: *Hermetia illucens*, черная львинка, антимикробные пептиды, альтернативные антибиотики.

Цитирование. Шевченко Н. И., Гусева Ю. А., Васильев А. А., Пигина С. Ю., Николаев С. И. Альтернатива антибиотиков – антимикробные пептиды черной львинки (*Hermetia illucens*) (обзор). *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 201-210. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-23.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Антимикробные пептиды (АМП) представляют собой молекулы врожденной иммунной защиты организма, состоящие из 15-20 аминокислотных остатков, предотвращающих попадание патогена внутрь. Антимикробные пептиды способны выборочно действовать на бактерии, так как их катионные молекулы обладают высоким сродством к мембранам бактерий, обогащенных отрицательно заряженными компонентами – липополисахаридами и другими. За счет своей универсальной природы взаимодействий с мембранами, большинство АМП имеют широкий спектр действия и повышенной устойчивостью к адаптации со стороны микроорганизмов [2, 3, 4, 36]. Выработка резистентности у бактерий к антимикробным пептидам затруднена с учетом особенностей механизма бактерицидного действия: стремительного увеличения проницаемости мембран микроорганизмов, а также утратой их защитной функции, вызывающей осмотическое разрушение клеток [5, 8, 9]. Антимикробные пептиды не накапливаются в организме, их связывают и блокируют белки плазмы, уничто-

жают протеазы. АМП способны оказывать различные иммуномодулирующие эффекты (например, стимулируют активность естественных киллерных клеток), при этом, не угнетая функции иммунной системы организма [1, 7, 15, 19, 21]. Именно поэтому они могут выступать в качестве альтернативы антибиотикам и применяться для разработки новых классов противомикробных препаратов.

Огромное разнообразие насекомых, обладающих богатыми запасами аминокислот [6, 13, 16], позволяет нам использовать их с целью получения источников для антимикробных пептидов. Муха черная львинка (*Hermetia illucens*) как нельзя кстати подходит для использования в качестве источника АМП, так как обладает потрясающей способностью приспосабливаться и выживать в условиях с большим разнообразием микроорганизмов [26, 27, 29].

Изначально, разводить *Hermetia illucens* начали с целью развития и применения экономики замкнутого цикла в сферах биологической очистки, управления отходами, переработки промышленных побочных продуктов и биоконверсии сельскохозяйственных отходов. Разведение личинок черного солдата представляет собой экономичный способ преобразования органических остатков в источник биомолекул [14, 17, 38].

Ученые идентифицировали около 57 активных пептидов, которые принадлежат к различным группам антимикробных пептидов, включая дефензины, цекропины, аттацины и лизоцим (рисунок 1). 13 из выявленных АМП обладают антимикробной активностью; 22 противомикробной и противоопухолевой; 8 антимикробной и противовирусной; 2 антимикробной и противогрибковой; 7 противомикробной; 7 противомикробной, противоопухолевой и противовирусной активностью. Несмотря на то, что аттацины и лизоцим являются белками из-за их высокой молекулярной массы, они относятся к классам АМП, так как проявляют антибактериальную активность [18, 23, 31].

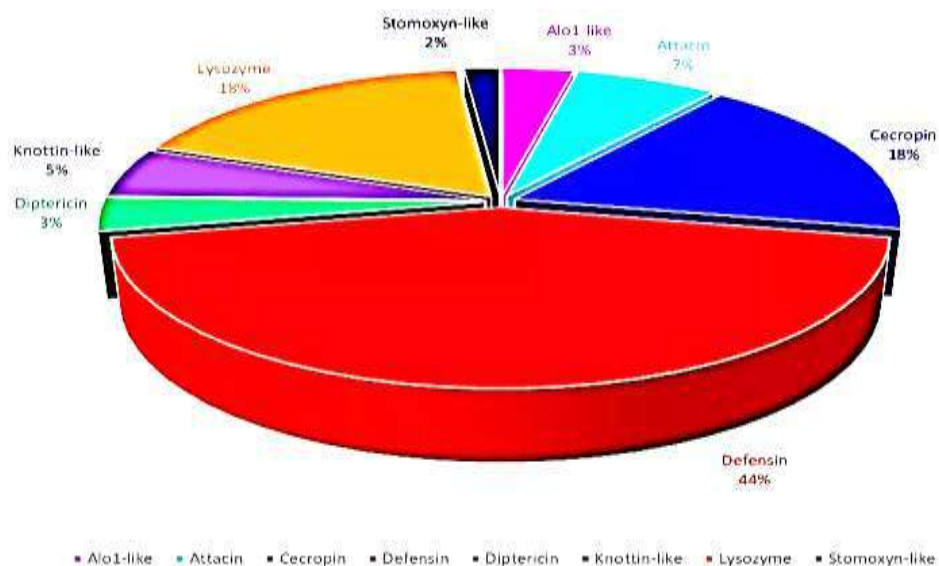


Рисунок 1 – Идентифицированные группы АМП из личинок и взрослых транскриптомов *Hermetia illucens* [38]

Figure 1 – Identified groups of antimicrobial peptides from larvae and adult transcriptomes of *Hermetia illucens*

Выделяемые из жира личинок природные биоактивные соединения, способны уничтожать устойчивые к лекарственным средствам бактерии, распространенные в сельском хозяйстве, медицине и ветеринарии, наносящие вред растениям, животным и людям [10, 20, 24, 25, 31].

Помимо АМП личинки черной львинки имеют в своем составе ценный источник биологически активных соединений, обогащенных липидами, такими как: олеиновая, лауриновая, миристиновая, линолевая, каприновая, пальмитиновая жирными кислотами и другими, где миристиновая кислота имеет широкий диапазон антибактериального действия, ларвицидной и репеллентной активностью (таблица 1).

Таблица 1 – Жирнокислотный состав 15-дневной личинки *H. Illucens* [30]

Table 1 – Fatty acid composition of the 15-day-old *H. Illucens* larva [30]

Параметры / Options	Результат (% масс./масс.) / Result (% w/w)	
	Сырой / Raw	Паровой / Steam
Содержание жира / Fat content	38,09	27,49
Насыщенные жирные кислоты: / Saturated fatty acids:		
Каприновая кислота (C10:0) / Capric acid (C10:0)	0,84	0,81
Лауриновая кислота (C12:0) / Lauric acid (C12:0)	40,29	49,18
Тридекановая кислота (C13:0) / Tridecanoic acid (C13:0)	0,02	0,03
Миристиновая кислота (C14:0) / Myristic acid (C14:0)	6,76	8,09
Пентадекановая кислота (C15:0) / Pentadecanoic acid (C15:0)	0,12	2,70
Пальмитиновая кислота (C16:0) / Palmitic acid (C16:0)	9,99	8,53
Гептадекановая кислота (C17:0) / Heptadecanoic acid (C17:0)	0,11	0,19
Стеариновая кислота (C18:0) / Stearic acid (C18:0)	1,27	1,42
Арахидиновая кислота (C20:0) / Arachidic acid (C20:0)	0,04	0,05
Бегеновая кислота (C22:0) / Behenic acid (C22:0)	0,02	0,04
Ненасыщенные жирные кислоты: / Unsaturated fatty acids:		
Миристолеиновая кислота (C14:1) / Myristoleic acid (C14:1)	0,16	0,23
Пальмитолеиновая кислота (C16:1) / Palmitoleic acid (C16:1)	2,07	2,70
Цис-10-гептадекановая кислота (C17:1) / Cis-10-heptadecanoic acid (C17:1)	0,00	0,24
Элаидиновая кислота (C18:2n9t) / Elaidic acid (C18:2n9t)	0,30	0,29
Олеиновая кислота (C18:1n9c) / Oleic acid (C18:1n9c)	7,99	5,94
Линолановая кислота (C18:2n9t) / Linolanic acid (C18:2n9t)	0,00	1,41
Линолевая кислота (C18:2n6c) / Linoleic acid (C18:2n6c)	4,02	0,03
ν-линоленовая кислота (C18:3n6) / ν-linolenic acid (C18:3n6)	0,00	0,00
Цис-11,14-эйкозедиеновая кислота (C20:2) / Cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	0,02	0,03
Цис-8,11,14-эйкозетриеновая кислота (C20:3n6) / Cis-8,11,14-eicosatrienoic acid (C20:3n6)	0,03	0,02
Всего жирных кислот / Total Fatty Acids	74,04	79,41

Ученые обнаружили, что гептадекановая кислота, выделенная из личинок черного солдата, успешно борется против грамположительных и грамотрицательных бактерий. Состав липидов различается в зависимости от методов обработки личинок, что в свою очередь приводит к различным профилям жирных кислот [32, 35, 37]. Липиды из личинок черной львинки являются высококачественным продуктом и не уступают своим конкурентам, полученным из других растительных и животных источников. Липидный состав, как и аминокислотный, может быть изменен различными рационами личинок. Липиды и их производные обладают антимикробными свойствами [18, 23, 28, 31].

Проведенные учеными эксперименты показали, что экстракт жира личинок черного солдата показывает антибактериальную активность по отношению к различным бактериям (табл. 2). Во время исследований был разработан специальный раствор (КВМЭ – кислотный водный метанольный экстракт) для экстракции личинок *Hermetia illucens*, способный извлекать биологически активные молекулы [10, 11, 20, 24, 31].

Таблица 2 – Содержание и опубликованная биологическая активность основных компонентов КВМЭ жира личинок *H. illucens* [31]

Table 2 – Content and published biological activity of the main components acidic aqueous methanol extract of *H. illucens* larval fat [31]

НАЗВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ / Connection Name	СОДЕРЖАНИЕ (%) / Content (%)	БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ / Biological activity
Октадек-9-еновая кислота (олеиновая кислота) / Octadek-9-enic acid (oleic acid)	22,22	Антибактериальный / Antibacterial
n-гексадекановая кислота (пальмитиновая кислота) / n-hexadecanoic acid (palmitic acid)	20,34	Антибактериальный / Antibacterial
Додекановая кислота (лауриновая кислота) / Dodecanoic acid (lauric acid)	18,48	Антибактериальный / Antibacterial
Тетрадекановая кислота (миристиновая кислота) / Tetradecanic acid (myristic acid)	5,59	Антибактериальный / Antibacterial
Октадекановая кислота (стеариновая кислота) / Octadecanoic acid (stearic acid)	5,34	Антибактериальный / Antibacterial
цис-9-Гексадеценная кислота (пальмитолеиновая кислота) / cis-9-Hexadecenoic acid (palmitoleic acid)	3,02	Антибактериальный / Antibacterial
1,2,3-Пропанетриол / 1,2,3-Propanetriol	6,88	Противомикробное и антисептическое средство / Antimicrobial and antiseptic agent
Гексадекановая кислота, 2-гидрокси-1- (гидроксиметил) этиловый эфир / Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	0, 51	Противомикробный / Antimicrobial
цис-9-Гексадецен / cis-9-hexadecene	0,15	Противомикробный / Antimicrobial
9-Октадеценная кислота (Z)-, метиловый эфир (метиловый эфир олеиновой кислоты) / 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (oleic acid methyl ester)	1,62	Противомикробный / Antimicrobial
Додекановая кислота, 2,3- дигидроксипропиловый эфир (монолаурин) / Dodecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ether (monolaurin)	1,32	Противомикробный / Antimicrobial
Эйкозановая кислота (арахидиновая кислота) / Eicosanic acid (arachidic acid)	0,36	Антибактериальный, противогрибковый, антиоксидантный / Antibacterial, antifungal, antioxidant
Метиловый эфир гексадекановой кислоты (метиловый эфир пальмитиновой кислоты) / Hexadecanoic Acid Methyl Ester (Palmitic Acid Methyl Ester)	0,35	Антибактериальные и противогрибковые / Antibacterial and antifungal
Октадеценная кислота, метиловый эфир (метиловый эфир стеариновой кислоты) / Octadecenoic Acid, Methyl Ester (Stearic Acid Methyl Ester)	0,34	Противомикробный / Antimicrobial
9,12-Октадекадиеновая кислота (Z, Z) -(линолевая кислота) / 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-(linoleic acid)	0,23	Антибактериальный / Antimicrobial

Данные таблицы 2 подтверждают антибактериальную активность смеси КВМЭ и жира личинок черного солдата (полученного путем прессования живых 15-ти дневных личинок) относительно фитопатогенных бактерий. Как сообщалось ранее, жир личинок [33, 42] содержит олеиновую, пальмитиновую, лауриновую, миристиновую, стеариновую и пальмитолеиновую кислоты, которые являются насыщенными и ненасыщенными жирными кислотами, и оказывают подавляющее воздействие против бактерий, что согласуется с активностью жирных кислот, указанных в таблице.

Белки, жиры и мука личинок черной львинки уже выступают в качестве добавок в корма для животных и косметические средства. А, благодаря своим антимикробным свойствам, возможно, будет использоваться для производства лекарств и продуктов питания [12, 22, 25, 40].

В соответствии с данными представленными в таблице 3 становится очевидным, что биологически активные вещества жира личинок обладают антимикробной активностью. Методом диффузии в агар установлено, что жир ингибирует рост *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans* [34, 41]. Уровень их содержания в образцах не превышает допустимой нормы, а в некоторых случаях они вообще не были выявлены.

Таблица 3 – Антимикробная активность жира личинок *Hermetia illucens* [40]

Table 3 – Antimicrobial activity of the fat of *Hermetia illucens* larvae [40]

Образец / Sample	Диаметр зоны подавления, мм / Diameter of the suppression zone, mm			
	<i>Bacillus subtilis</i> *	<i>Staphylococcus aureus</i> *	<i>Escherichia coli</i> *	<i>Candida albicans</i> *
Светлая фракция жира (BFF) / Light Fat Fraction (BFF)	12,5±1,5	0	0	10,5±0,7
Жир прямого отжима (DPF) / Direct Pressed Fat (DPF)	0	0	0	12,5±0,9
Фракция темного жира (DFF) / Dark Fat Fraction (DFF)	16,5±0,5	12,5±1,5	10,0±0,0	12,5±0,9
Белковая фракция (PF) / Protein fraction (PF)	10,0±0,3	0	0	0
Примечание / Note: <i>Bacillus subtilis</i> – сенная палочка; <i>Staphylococcus aureus</i> – золотистый стафилококк; <i>Escherichia coli</i> – кишечная палочка; <i>Candida albicans</i> – диплоидный грибок				

В ходе разработки системы моделирования с жиром личинок черного солдата для оптимизации состава и соотношения жирных кислот было обнаружено, что общее количество микроорганизмов возрастает при хранении при температуре 5°C, но наряду с этим уменьшается количество микроскопических грибов (таблица 4).

Таблица 4 – Антимикробная и противогрибковая активность жира личинок *Hermetia illucens* в растительной пищевой матрице [40]

Table 4 – Antimicrobial and antifungal activity of *Hermetia illucens* larvae fat in the plant food matrix

Показатели / Indicators	Образцы / Samples			
	№ 30, 1-й день / Day 1	№ 30, 30-й день / Day 30	№ 50, 1-й день / Day 1	№ 50, 30-й день / Day 30
Количество микроорганизмов, КОЕ/г / Number of microorganisms, CFU/g	8,8×10 ²	1,9×10 ⁷	1,6×10 ²	1,6×10 ⁶
Колиформные бактерии, КОЕ/г / Coliform bacteria, CFU/g	7,0×10 ¹	< 4,0×10 ¹	< 1,0×10 ¹	5,0×10 ¹
Общая численность мезофильных молочнокислых бактерий, КОЕ/г / Total abundance of mesophilic lactic acid bacteria, CFU/g	1,1×10 ²	< 1,0×10 ¹	8,0×10 ¹	< 1,0×10 ¹
Количество подозреваемых бифидобактерий, КОЕ/г / Number of suspected bifidobacteria, CFU/g	< 1,0×10 ¹	< 1,0×10 ¹	< 1,0×10 ¹	< 1,0×10 ¹
Общая численность сульфитредуцирующих бактерий (кловстридий), КОЕ/г / Total abundance of sulfite-reducing bacteria (Clostridium), CFU/g	< 1,0×10 ¹	< 1,0×10 ¹	< 1,0×10 ¹	< 1,0×10 ¹
Количество дрожжей, КОЕ/г / Amount of yeast, CFU/g	9,0×10 ¹	2,2×10 ⁴	< 1,0×10 ¹	3,4×10 ⁴
Количество плесневых грибов, КОЕ/г / Number of molds, CFU/g	1,1×10 ²	1,7×10 ²	4,7×10 ²	< 4,0×10 ¹
Количество микроорганизмов, КОЕ/г / Number of microorganisms, CFU/g	8,8×10 ²	1,9×10 ⁷	1,6×10 ²	1,6×10 ⁶
Образец 30. 30% всего содержания жира в растительной пищевой матрице было заменено личиночным жиром; Образец 50. 50% всего содержания жира в растительной пищевой матрице было заменено личиночным жиром. Образцы хранились при температуре +5°C / Sample 30. 30% of the total fat content of the plant-based food matrix was replaced by larval fat; Sample 50. 50% of the total fat content in the vegetable food matrix was replaced with larval fat. Samples were stored at a temperature of +5°C				

Данные, приведенные в таблице 4, говорят нам о том, что антимикробные свойства жира личинок черного солдата в пищевых системах повышают микробиологическую безопасность и стабильность микробиологических показателей.

Таким образом, можно сделать вывод, что личинки *Hermetia illucens* выступают в качестве естественного биоразрушителя, так как они находятся в среде, тесно связанной с патогенными микроорганизмами (бактериями и грибами). Условия, в которых выращиваются насекомые, оказывают существенное влияние на системы их врожденного иммунитета. Иммунная система организма черных львинок играет важную роль в их выживании: она дает им возможность адаптироваться к различным условиям окружающей среды, а также способность вырабатывать различного рода антимикробные пептиды [30, 34, 39]. Которые впоследствии могут использоваться в различных сферах нашей жизни: в сельском хозяйстве, животноводстве, ветеринарии, медицине и пищевой промышленности.

Библиографический список

1. Артамонов А. Ю., Рыбакина Е. Г., Орлов Д. С., Корнева Е. А. Биологическая активность и молекулярно-клеточные механизмы действия антимикробных пептидов человека и животных. Вестник Санкт-Петербургского университета. 2014. № 1 (11). С. 6.
2. Баландин С. В., Овчинникова Т. В. Антимикробные пептиды беспозвоночных. Биологические функции и механизмы действия. Биоорганическая химия. 2016. № 4 (42). Ч. 2. С. 381.
3. Бачинская В. М., Дельцов А. А., Антипов А. А. Применение препарата Абиопептид в птицеводстве и влияние его на показатели качества мяса бройлеров кросса Кобб-500. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2019. № 3 (43). С. 5-9.
4. Бутова С. Н., Сальникова В. А. Использование сапонинсодержащих растительных экстрактов в качестве альтернативы синтетическим консервантам в косметических эмульсиях. Аграрная Россия. 2017. № 9. С. 14-18.
5. Веселова А. Ю. Изучение влияния природных источников биологически активных веществ на свойства дрожжей, молочнокислых бактерий и болезни хлеба. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2018. № 2 (38). С. 73-76.
6. Гусева Ю. А., Ермаков М. Д. Химический и аминокислотный состав личинок *Zophobas morio*. Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения: сборник трудов научно-практической конференции. Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2022. С. 446-447.
7. Зайцева В. В., Дремач Г. Э., Зайцева А. В. Эффективность применения Флоравит ВБФ в условиях производства. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2011. № 3 (11). С. 27-31.
8. Кондакова И. А., Злобин П. А., Вологжанина Е. А., Льгова И. П. Изучение действия препарата прополиса на микробную обсемененность воздуха. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2013. № 2 (18). С. 24-26.
9. Киселева Е. В., Туников Г. М. Эффективность использования современных антимикробных препаратов для лечения мастита у коров. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2017. № 4 (36). С. 40-44.
10. Крылова Л. С., Ларионова О. С., Древко Я. Б. Выделение антимикробных пептидов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии из личинок *Galleria mellonella* и изучение некоторых их свойств. Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы IX международ. конгресса. 2017. С. 478-480.
11. Крылова Л. С., Ремизов Е. К., Смирнова К. Ю., Ларионова О. С. Индикация пептидов из биомассы личинок насекомых и изучение их антимикробной активности. Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2019. № 4 (44). С. 3-6.
12. Леонова В. А. Потенциальные пробиотические свойства и профили органических кислот метаболитного комплекса *L. helveticus*. Пищевая промышленность. 2024. № 1. С. 78-82.
13. Мартинсон Е. А., Алапыкин А. А., Литвинец С. Г. Изучение биохимического состава личинок *Hermetia illucens*. Наука и общество в современном мире: сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции. Москва: Издательство "Знание-М", 2023. С. 443-445.
14. Мечтаева Е. В., Громоздова К., Дзюбенко В. В. и др. Культивирование личинок черной львинки в субстратах, содержащих антибиотики. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 10. С. 76-84.
15. Мешев Э. М. Перспективы изыскания новых средств для антимикробной терапии при стрептококковых инфекциях животных. Аграрная Россия. 2009. № 6. С. 26-28.
16. Михайлова М. В., Золотарев К. В., Наход В. И., Михайлов А. Н. Питательная ценность личинок черной львинки (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758), выращенных с использованием отходов кисломолочного производства, в качестве компонента кормов для рыб. Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2023. Т. 17. № 6(209). С. 402-411.
17. Муха черная львинка. <https://krasivosty.pro/nasekomye/59012-muha-chernaja-lvinka.html>
18. Некрасов Р. В., Чабаяев М. Г., Зеленченкова А. А., Бастратов А. И., Ушакова Н. А. Питательные свойства личинок *Hermetia illucens* L. – нового кормового продукта для молодняка свиней (*Sus scrofa domestica* Erxleben). Сельскохозяйственная биология. 2019. № 2 (54). С. 316-323.
19. Дудников А. И., Михалишин В. В., Дудников С. А. и др. Новые средства и методы противоящурной защиты. Аграрная Россия. 2001. № 3. С. 24-29.
20. Прокудина О. В., Песцов Г. В., Третьякова А. В. и др. Использование липидов *Hermetia illucens* для получения косметических средств. Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2023. № 4. С. 178-188.

21. Рубан А. А., Кулишова К. Е., Дзюбенко В. В. Разработка методики определения цефтриаксона в личинках мухи черной львинки (*Hermetia illucens*) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диод-номатричным детектором. Международная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук. 2022. № 1. С. 273-276.
22. Альтернативные источники белка для производства экокормов для рыб : № 2022623374: свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022623652 РФ. Заявл. 01.12.2022: опубл. 23.12.2022 / Ю. А. Гусева, И. В. Поддубная, М. Д. Ермаков, Я. Е. Ярош; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова».
23. Смирнова К. Ю., Крылова Л. С., Ремизов Е. К., Горшунова С. В. Выделение антимикробных пептидов из личинок *hermetia illucens* и перспектива их использования. Международный вестник ветеринарии. 2020. № 2. С. 58-62.
24. Ткачев А. Д. Антимикробные пептиды насекомых, как перспективная альтернатива антибиотикам. Проблемы биологии, зоотехнии и биотехнологии: сборник трудов научно-практической конференции научного общества студентов и аспирантов биолого-технологического факультета. Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2022. С. 227-230.
25. Туйчиев К. С., Гинатуллина Е. Н. Выращивание личинок *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* в качестве источника кормового белка для животных. Технологии переработки отходов с получением новой продукции: материалы V Всероссийской научно-практической конференции. Киров: Вятский государственный университет, 2023. С. 100-103.
26. Ушакова Н. А., Свергузова С. В., Шайхиев И. Г. и др. Кутикула куколок черной львинки *Hermetia illucens* как биосорбент для пробиотиков. Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2023. № 3. С. 332-336.
27. Щукина С. Насекомые – нетрадиционный источник протеина. Животноводство России. 2018. № 6. С. 26.
28. Agnolucci M., Daghighi M., Mannelli F., Secci G., Buccioni A. Use of chitosan and tannins as alternatives to antibiotics to control mold growth on PDO Pecorino Toscano cheese rind. Food Microbiol. 2020. No 92. 103598.
29. Wang G., Mishra B., Lau K., Lushnikova T., Golla R., Wang X. Antimicrobial peptides in 2014. Pharmaceuticals. 2015. Vol. 8. Pp. 123-150.
30. Harlystiarini R. M., I Wayan Teguh Wibawan, Dewi Apri A. In Vitro Antibacterial Activity of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larva Extracts Against Gram-Negative Bacteria. Bulletin of Animal Science. 2019. No 43 (2). Pp. 125-129.
31. Heakal A. A. M. Study of the antimicrobial properties of dispersive systems based on the black soldier fly (*hermetia illucens*) larvae fat and the prospects of their use in medicine, veterinary and crop protection. Manuscript. 2022. Pp. 1-162.
32. Jing Xia, Chaorong Ge, Huaiying Y. Antimicrobial Peptides from Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Potential Antimicrobial Factors Representing an Alternative to Antibiotics in Livestock Farming. Animals. 2021. № 11 (7). Pp. 2-16.
33. Kim S. W., Less J. F., Wang L., Yan T., Kiron V., Kaushik S. J., Lei X. G. Meeting Global Feed Protein Demand: Challenge, Opportunity, and Strategy. Annu. Rev. Anim. Biosci. 2019. V. 7. Pp. 17.01-17.23.
34. Lee K.-S., Yun E.-Y., Goo T.-W. Antimicrobial Activity of an Extract of *Hermetia illucens* Larvae Immunized with *Lactobacillus casei* against *Salmonella* Species. Insects. 2020. V. 11. 704 p.
35. Liland N. S., Biancarosa I., Araujo P., Biemans D., Bruckner C. G., Waagbø R., Torstensen B. E., Lock E. Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media. PLoS One. 2017. № 12. Pp. 1–23.
36. Liu C., Wang, C., Yao H. Comprehensive Resource Utilization of Waste Using the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* (L.))(Diptera: Stratiomyidae). Animals 2019. V. 9. 349 p.
37. Marusich E., Mohamed H., Afanasev Y., Leonov S. Fatty acids from *Hermetia illucens* larvae fat inhibit the proliferation and growth of actual phytopathogens. Microorganisms. 2020. № 8. Pp. 1–21.
38. Moretta A., Salvia R., Scieuzo C. A bioinformatic study of antimicrobial peptides identified in the Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). Scientific reports. 2020. Pp. 1-14.
39. Osama E., Dingzhong Z., Qi S., Aziz S. A., Minmin C., Longyu Z., Ziniu Y., Jibin Z., Humberto L. M. Screening, Expression, Purification and Functional Characterization of Novel Antimicrobial Peptide Genes from *Hermetia illucens* (L.). PLoS ONE. 2017. V. 12. e0169582.
40. Sarkinas A., Trakselė L., Zabulionė A., Tracevicius S., Salaseviciene A. Influence of fat additives of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) larvae on the dynamics of microorganisms in model food systems. <http://www.insectum.eu/wp-content/uploads/2022/09/Foodmicro-poster-A.-%C5%A0arkinas.pdf>
41. Shirzadi H., Shariatmadari F., Torshizi M. A. K., Rahimi S., Masoudi A. A., Zaboli G., Hedayat-Evrigh N. Plant extract supplementation as a strategy for substituting dietary antibiotics in broiler chickens exposed to low ambient temperature. Arch. Anim. Nutr. 2020. V. 74. Pp. 206–221.
42. Sogari G., Amato M., Biasato I., Chiesa S., Gasco L. The Potential Role of Insects as Feed: A Multi-Perspective Review. Animals. 2019. No 9. P. 119.
43. Wimley W. C., Hristova K. Antimicrobial Peptides: Successes, Challenges and Unanswered Questions. The Journal of Membrane Biology. 2011. № 239 (1-2). Pp. 27-33.

References

1. Artamonov A. N., Rybakina E. G., Orlov D. S., Korneva E. A. Biological activity and molecular cellular mechanisms of action of antimicrobial drugs. x peptides of human and living. Bulletin of the St. Petersburg University. 2014. № 1 (11). P. 6.
2. Balandin S. V., Ovchinnikova T. V. Antimicrobial peptides of invertebrates. Part 2. Biological functions and mechanisms of action. Bioorganic chemistry. 2016. № 4 (42). P. 381.

3. Bachinskaya V. M., Deltsov A. A., Antipov A. A. The use of the drug Abiopeptide in poultry farming and its influence on the quality indicators of meat of Cobb-500 cross broilers. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2019. No. 3 (43). Pp. 5-9.
4. Butova S. N., Salnikova V. A. The use of saponin-containing plant extracts as an alternative to synthetic preservatives in cosmetic emulsions. Agrarian Russia. 2017. No. 9. Pp. 14-18.
5. Veselova A. Yu. Study of the influence of natural sources of biologically active substances on the properties of yeast, lactic acid bacteria and bread diseases. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2018. No. 2 (38). Pp. 73-76.
6. Guseva Yu. A., Ermakov M. D. Chemical and amino acid composition of Zophobas Morio larvae. Actual problems of veterinary medicine, animal science, biotechnology and expertise of raw materials and products of animal origin: Proceedings of the scientific and practical conference. Moscow: Agricultural Technologies, 2022. Pp. 446-447.
7. Zaitseva V. V., Dremach G. E., Zaitseva A. V. Efficiency of using Floravit VBF in production conditions. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University. 2011. No. 3 (11). Pp. 27-31.
8. Kondakova I. A., Zlobin P. A., Vologzhanina E. A., Lgova I. P. Study of the effect of a propolis preparation on microbial contamination of the air. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University. P.A. Kostycheva. 2013. No. 2 (18). Pp. 24-26.
9. Kiseleva E. V., Tunikov G. M. Efficiency of using modern antimicrobial drugs for the treatment of mastitis in cows. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University. 2017. No. 4 (36). Pp. 40-44.
10. Krylova L. S., Larionova O. S., Drevko Ya. B. Isolation of antimicrobial peptides by high-performance liquid chromatography from larvae in Galleria mellonella and the study of some of their properties. Biotechnology: state and prospects of development: materials of the IX International. congress. 2017. Pp. 478-480.
11. Krylova L. S., Remizov E. K., Smirnova K. Y., Larionova O. S. Indication of peptides from insect larval biomass and study of their antimicrobial activity. Current issues of veterinary biology. 2019. № 4 (44). Pp. 3-6.
12. Leonova V. A. Potential probiotic compounds and penetrated the organic filter of the L. helveticus metabolic complex. Writing forgiveness. 2024. No. 1. Pp. 78-82.
13. Martinson E. A., Alalykin A. A., Litvinenko S. G. The study of the biochemical composition of Hermetia illucens larvae. Science and society as a whole world: Collection of materials and All-Russian Scientific and Practical Conference. Moscow: Publishing house "Znanie-M", 2023. Pp. 443-445.
14. Mechtaeva E. V., Gromozdova K., Dzyubenko V. V., et al. Cultivation of black lion larvae in substrates containing antibiotics. Siberian Bulletin of Agricultural Science. 2023. Vol. 53. No. 10. Pp. 76-84.
15. Meshev E. M. Prospects for finding new agents for antimicrobial therapy for streptococcal infections of animals. Agrarian Russia. 2009. No. 6. Pp. 26-28.
16. Mikhailova M. V., Zolotarev K. V., Nakhod V. I., Mikhailov A. N. Nutritional value of larvae of the black lion (Hermetia illucens Linnaeus, 1758), grown using waste from fermented milk production, as a component of fish feed. Fish farming and fisheries. 2023. Vol. 17. No. 6 (209). Pp. 402-411.
17. The Black Soldier Fly. <https://krasivosti.pro/nasekomye/59012-muha-chernaja-lvinka.html>
18. Nekrasov R. V., Chabaev M. G., Zelenchenkova A. A., Bastrakov A. I., Uakova N. A. Nutrients of Hermetia Illucens L. larvae – a new software product for a young pig (Sus scrofa domesticus Erxleben). Agricultural biology. 2019. № 2 (54). Pp. 316-323.
19. Dudnikov A. I., Mikhailishin V. V., Dudnikov S. A., et al. New means and methods of anti-foot and mouth disease protection. Agrarian Russia. 2001. No. 3. Pp. 24-29.
20. Prokudina O. V., Pestsov G. V., Tretyakova A. V., et al. The use of Hermetia illucens lipids for the study of cosmetics. Bulletin of the Tajik National University. Series of Natural Sciences. 2023. No. 4. Pp. 178-188.
21. Ruban A. A., Kulishova K. E., Dzyubenko V. V. Development of a methodology for the determination of ceftriaxone in the larvae of the black lion fly (Hermetia illucens) by high-performance liquid chromatography with a diode-matrix detector. Scientific and practical International Conference of young scientists and specialists of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences. 2022. № 1. Pp. 273-276.
22. Alternative protein sources for the production of eco-feeds for fish : No. 2022623374: Certificate of state registration of the database No. 2022623652 RF; application 01.12.2022; publ. 23.12.2022 / Yu. A. Guseva, I. V. Poddubnaya, M. D. Ermakov, Ya. E. Yarosh; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov".
23. Smirnova K. H., Krylova L. S., Remizov E. K., Gorgunova S. V. Isolation of antibodies from hermetia illucens larvae and their application. International Bulletin of Veterinary Medicine. 2020. No 2. Pp. 58-62.
24. Tkachev A. D. Antimicrobial peptides of insects as a promising alternative to antibiotics. Problems of biology, animal science and biotechnology: Proceedings of the scientific and practical conference of the Scientific Society of Students and postgraduates of the Faculty of Biology and Technology. Novosibirsk: Publishing Center of Novosibirsk State Agrarian University "Zolotoy Kolos", 2022. Pp. 227-230.
25. Tuichiev K., Ginatullina E. N. Growing larvae of Zophobas Morio and Hermetia illucens as a source of feed protein for animals. Waste processing technologies to obtain new products: materials in the V All-Russian Scientific and practical conference. Kirov: Vyatka State University, 2023. Pp. 100-103.
26. Uakova N. A., Sverguzova S. V., Khayiev I. G., et al. Cuticle of pupae of the black lioness Hermetia illucens as a biosorbent for probiotics. Because of the Russian Academy of Sciences. The series is biological. 2023. No. 3. Pp. 332-336.
27. Shchukina S. Insects – an unconventional source of protein. Animal Husbandry of Russia. 2018. No. 6. P. 26.
28. Agnolucci M., Daghighi M., Mannelli F., Secci G., Buccioni A. Use of chitosan and tannins as alternatives to antibiotics to control mold growth on PDO Pecorino Toscano cheese rind. Food Microbiol. 2020. No 92. 103598.
29. Wang G., Mishra B., Lau K., Lushnikova T., Golla R., Wang X. Antimicrobial peptides in 2014. Pharmaceuticals. 2015. Vol. 8. Pp. 123-150.

30. Harlystiarini R. M., I Wayan Teguh Wibawan, Dewi Apri A. In Vitro Antibacterial Activity of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larva Extracts Against Gram-Negative Bacteria. *Bulletin of Animal Science*. 2019. No 43 (2). Pp. 125-129.
31. Heakal A. A. M. Study of the antimicrobial properties of dispersive systems based on the black soldier fly (*hermetia illucens*) larvae fat and the prospects of their use in medicine, veterinary and crop protection. *Manuscript*. 2022. Pp. 1-162.
32. Jing Xia, Chaorong Ge, Huaiying Y. Antimicrobial Peptides from Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Potential Antimicrobial Factors Representing an Alternative to Antibiotics in Livestock Farming. *Animals*. 2021. № 11 (7). Pp. 2-16.
33. Kim S. W., Less J. F., Wang L., Yan T., Kiron V., Kaushik S. J., Lei X. G. Meeting Global Feed Protein Demand: Challenge, Opportunity, and Strategy. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 2019. V. 7. Pp. 17.01–17.23.
34. Lee K.-S., Yun E.-Y., Goo T.-W. Antimicrobial Activity of an Extract of *Hermetia illucens* Larvae Immunized with *Lactobacillus casei* against *Salmonella* Species. *Insects*. 2020. V. 11. 704 p.
35. Liland N. S., Biancarosa I., Araujo P., Biemans D., Bruckner C. G., Waagbø R., Torstensen B. E., Lock E. Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media. *PLoS One*. 2017. № 12. Pp. 1–23.
36. Liu C., Wang, C., Yao H. Comprehensive Resource Utilization of Waste Using the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* (L.))(Diptera: Stratiomyidae). *Animals* 2019. V. 9. 349 p.
37. Marusich E., Mohamed H., Afanasev Y., Leonov S. Fatty acids from *Hermetia illucens* larvae fat inhibit the proliferation and growth of actual phytopathogens. *Microorganisms*. 2020. № 8. Pp. 1–21.
38. Moretta A., Salvia R., Scieuzo C. A bioinformatic study of antimicrobial peptides identified in the Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Scientific reports*. 2020. Pp. 1-14.
39. Osama E., Dingzhong Z., Qi S., Aziz S. A., Minmin C., Longyu Z., Ziniu Y., Jibin Z., Humberto L. M. Screening, Expression, Purification and Functional Characterization of Novel Antimicrobial Peptide Genes from *Hermetia illucens* (L.). *PLoS ONE*. 2017. V. 12. e0169582.
40. Sarkinas A., Trakselė L., Zabulionė A., Tracevicius S., Salaseviciene A. Influence of fat additives of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) larvae on the dynamics of microorganisms in model food systems. <http://www.insectum.eu/wp-content/uploads/2022/09/Foodmicro-poster-A.-%C5%A0arkinas.pdf>
41. Shirzadi H., Shariatmadari F., Torshizi M. A. K., Rahimi S., Masoudi A. A., Zaboli G., Hedayat-Evrigh N. Plant extract supplementation as a strategy for substituting dietary antibiotics in broiler chickens exposed to low ambient temperature. *Arch. Anim. Nutr.* 2020. V. 74. Pp. 206–221.
42. Sogari G., Amato M., Biasato I., Chiesa S., Gasco L. The Potential Role of Insects as Feed: A Multi-Perspective Review. *Animals*. 2019. No 9. P. 119.
43. Wimley W. C., Hristova K. Antimicrobial Peptides: Successes, Challenges and Unanswered Questions. *The Journal of Membrane Biology*. 2011. № 239 (1-2). Pp. 27-33.

Информация об авторах

Шевченко Наталия Ивановна, младший научный сотрудник, аспирант, ФГБОУ ВО Вавиловский университет (Российская Федерация, 410012, г. Саратов, пр. им. Петра Столыпина, д. 4, корпус. 3), e-mail: natali9371@yandex.ru

Гусева Юлия Анатольевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и кормопроизводство», ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К. И. Скрябина» (Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23), e-mail: yuliyguseva@yandex.ru

Васильев Алексей Алексеевич, доктор сельскохозяйственных наук, эксперт экспертного совета ВАК при Минобрнауки России по зоотехническим и ветеринарным наукам, профессор, заведующий кафедрой «Кормление и кормопроизводство», ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К. И. Скрябина» (Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23), e-mail: alekseyvasiliev@yandex.ru

Пигина Светлана Юрьевна, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Эпизоотологии и организация ветеринарного дела», проректор по учебной, воспитательной работе и молодежной политике, ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К. И. Скрябина» (Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23).

Николаев Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Author's Information

Shevchenko Natalia Ivanovna, junior researcher, graduate student of the Vavilovsky University (Russian Federation, 410012, Saratov, Petra Stolypin Ave., 4, building. 3), e-mail: natali9371@yandex.ru

Guseva Yulia Anatolyevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Feeding and Feed Production, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Scriabin (Russian Federation, 109472, Moscow, Akademika Skryabina str., 23), e-mail: yuliyguseva@yandex.ru

Vasiliev Aleksey Alekseevich, Doctor of Agricultural Sciences, Expert of the Expert Council of the Higher Attestation Commission under the Ministry of Education and Science of Russia on zootechnical and veterinary sciences, Professor, Head of the Department of Feeding and Feed Production of the Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Scriabin (Russian Federation, 109472, Moscow, Akademika Skryabina str., 23), e-mail: alekseyvasiliev@yandex.ru

Pigina Svetlana Yurievna, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Epizootology and Organization of Veterinary Affairs, Vice-Rector for Educational, Educational Work and Youth Policy of the Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Scriabin (Russian Federation, 109472, Moscow, Akademika Skryabina str., 23).

Nikolaev Sergey Ivanovich, professor of the department "Feeding and breeding of farm animals" of the "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, pr-t. Universitetsky, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

DETERMINATION OF THE PRODUCTION EFFICIENCY INDEX WHEN INTRODUCING PLANT EXTRACT WITH ANTIOXIDANT EFFECT INTO THE DIET OF BROILER CHICKENS

Koshchaeva O. S., Lavrinenko K. V., Koshchaev I. A., Ryadinskaya A. A.

*Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin
Maysky, Belgorod region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: koshchaev@yandex.ru

Received 19.09.2023

Submitted 21.12.2023

The work is supported by the grant of the President of the Russian Federation for young scientists-candidates of sciences MK-2474.2022.5

Summary

The article reflects the results of a study conducted in the conditions of the Belgorod State Agrarian University for the inclusion in the diets of broiler chickens of the Ross - 308 cross of a plant extract with an antioxidant effect obtained by percolation with organic solvents from cocoa shell. The research results showed that the use of plant extract had a positive effect on the productivity of broiler chickens.

Abstract

Introduction. Today, a large role in the preparation of feed rations is assigned to the use of organic waste – as one of the ways of their secondary use and the main nutritional component. The shell of the cocoa bean husk is one of the examples of by-products with many valuable biologically active components. The husk is about 52-76% of the total weight of cocoa fruits. In the production of dry beans, ten tons of husk account for every ton received, which is an important problem in waste disposal. The purpose of the experiment is to study and evaluate the effectiveness of various doses of plant extract when introduced into the diets of broiler chickens of the Ross-308 cross. **Object.** The object of research is broiler chickens of the Ross-308 cross. **Materials and methods.** The research was carried out in the conditions of the scientific and production laboratory of poultry farming of the UNIC "Agrotechnopark" of the Belgorod State Agrarian University. The experiment was carried out according to the methodology of FGBNU "VNIITIP". **Results and conclusions.** It was found that when the broiler chickens were included in the diet of the obtained feed additive throughout the entire experimental period in the amount of 50 g / t, 100 g / t, 150 g / t, 200 g / t, 250 g/t, the live weight increased, in comparison with the control group by 1.38-2.83%, the safety livestock by 2.0- 4.0%, the production efficiency index by 16.3 – 32.4 units. We consider it expedient to use the dosage of the 4th experimental group for industrial feeding of broiler chickens – 200 g / t of compound feed, which increases the live weight in comparison with the control by 76.44 g (2.65%), safety by 4.0%, the production efficiency index by 32.4 units.

Keywords: broiler chickens, Ross-308, plant extracts, cocoa shell, chick safety, live weight of chickens, production efficiency index.

Citation. Koschaeva O. S., Lavrinenko K. V., Koschaev I. A., Ryadinskaya A. A. Determination of the production efficiency index when introducing plant extract with antioxidant effect into the diet of broiler chickens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 211-218 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-24.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.5.087.7:338.314

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ВВЕДЕНИИ
В РАЦИОН ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ЭКСТРАКТА
С АНТИОКСИДАНТНЫМ ДЕЙСТВИЕМ**

Кощаева О. С., аспирант

Лавриненко К. В., преподаватель

Кощаев И. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Рядинская А. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

*ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина»
п. Майский, Белгородская область, Российская Федерация*

**Работа выполняется при поддержке гранта Президента РФ для молодых
ученых-кандидатов наук MK-2474.2022.5**

Актуальность. Сегодня большая роль при составлении кормовых рационов отводится использованию органических отходов – как одному из способов их вторичного использования и основной питательной составляющей. Оболочка шелухи какао бобов – это один из примеров побочных

продуктов, обладающий множеством ценных биологически активных компонентов. Шелуха составляет около 52-76 % от общей массы плодов какао. При производстве сухих бобов на каждую полученную тонну приходится десять тонн шелухи, что представляет немаловажную проблему при утилизации отходов. Цель проведения эксперимента заключается в исследовании и оценке эффективности различных доз растительного экстракта при введении в рационы цыплят-бройлеров кросса «Росс-308». **Объект.** Объектом исследований являются цыплята-бройлеры кросса «Росс-308». **Материалы и методы.** Исследования проводились в условиях научно-производственной лаборатории птицеводства УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. Опыт проводили согласно методике ФГБНУ «ВНИИТИП». **Результаты и выводы.** Установлено, что при включении в рацион цыплят-бройлеров полученной кормовой добавки на протяжении всего опытного периода в количестве 50 г/т, 100 г/т, 150 г/т, 200 г/т, 250 г/т увеличивается живая масса в сравнении с контрольной группой на 1,38-2,83 %, сохранность поголовья на 2,0- 4,0%, индекс эффективности производства на 16,3-32,4 ед. Считаем целесообразным использование при промышленном кормлении цыплят-бройлеров дозировку 4-й опытной группы – 200 г/т комбикорма, что повышает живую массу в сравнении с контролем на 76,44 г (2,65 %), сохранность на 4,0%, индекс эффективности производства на 32,4 ед.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, Росс-308, растительные экстракты, какаовелла, сохранность цыплят, живая масса цыплят, индекс эффективности производства.

Цитирование. Кощаева О. С., Лавриненко К. В., Кошаев И. А., Рядинская А. А. Определение индекса эффективности производства при введении в рацион цыплят-бройлеров растительного экстракта с антиоксидантным действием. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 211-218. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-24.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Введение в рационы кормления добавок, способствующих повышению продуктивных качеств и улучшающих качественные характеристики мяса – актуально, и представлено многочисленными исследованиями [9].

Одним из немаловажных показателей в технологическом цикле выращивания птицы на мясо считается содержание в естественной среде помещений комплексов микроорганизмов. Известен тот факт, что они могут быть устойчивы к применяемым (в соответствии с производственными регламентами) антимикробным препаратам, но и являться носителями патогенов [6]. Ввиду этого превентивной мерой служит увеличение доз лекарственных средств, что снижает иммунные свойства как самого животного/птицы, так и потребителя конечной продукции – человека. До недавнего времени для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы, профилактики некоторых заболеваний и увеличения количества некоторых полезных микроорганизмов в микрофлоре кишечника использовали антибиотики [15]. Актуальна проблема устойчивости сельскохозяйственной птицы к антибиотикам, поскольку потребитель стал требователен в отношении качества продуктов, отдает предпочтение яйцам и мясопродуктам, которые были получены в безопасных условиях [1, 5, 10].

Возможность производить чистую в экологическом отношении продукцию дает сельскохозяйственным производителям внедрять в технологии натуральные компоненты смесей и добавки к ним. Многие европейские страны как альтернативу антибиотикам используют натуральные стимуляторы роста, которые в сравнении с синтетическими препаратами эффективнее [11]. Применение природных биологически активных веществ актуально в том числе и в отрасли птицеводства. Доказано, что использование добавок различной природы может способствовать улучшению продуктивности и показателей качества мяса сельскохозяйственных животных и птицы [3]. Это пробиотики, пребиотики и др., которые используются как добавки, способные положительно влиять на скорость роста, продуктивность, сохранность, устойчивость к патогенам, качество мяса [14].

Сегодня все большая роль при составлении кормовых рационов отводится использованию органических отходов – как одному из способов их вторичного использования и основной питательной составляющей [2].

С древних времен травы и их эфирные масла хорошо известны своей разнообразной антимикробной активностью. Большинство эфирных масел содержат смесь химических компонентов, таких как фенолы и полифенолы, терпеноиды, сапонины, хиноны, сложные

эффиры, флавоны и флавоноидсодержащие соединения, дубильные вещества, алкалоиды и нелетучие остатки. Такие компоненты обладают множеством полезных свойств, основные из которых – антимикробные, антиоксидантные, противопаразитарные, антипротозойные, противогрибковыми и противовоспалительные [13].

Оболочка шелухи какао бобов – это один из примеров побочных продуктов, обладающий множеством ценных биологически активных компонентов. Как известно, она долгое время утилизировалась, в то время как могла бы повторно использоваться в различных отраслях пищевой и перерабатывающей промышленности. Шелуха составляет около 52-76 % от общей массы плодов какао. При производстве сухих бобов на каждую полученную тонну приходится десять тонн шелухи, что представляет немаловажную проблему при утилизации отходов.

Считается, что состав какаовеллы аналогичен примерному составу какао-бобов и включает в себя белки, жиры, сахара, золу, и влагу. Однако он может в какой-то степени изменяться под воздействием ряда изменчивых факторов, к которым можно отнести климатические условия при выращивании на сельскохозяйственных угодьях, сорт, условия обработки какао бобов (ферментация, сушка и прочие) [12].

Многие доступные к изучению источники рассматривают классическую экстракцию шелухи какао бобов, где применяются различные органические растворители. Однако, общепринятые методы экстрагирования весьма трудоемки и затратны в плане повышенного расхода растворителей и их высокого нагрева. Неудивительно, что повышается спрос на современные экологически чистые методы экстракции, которые способны улучшить качество получаемого экстракта и существенно сокращают временные затраты на проведение экстракции и снижают расход растворителя [4, 8].

В последнее время множество экстрактов были разработаны и предложены для использования в качестве натуральных кормовых добавок. Известно, что некоторые растения и их эфирные масла, по результатам исследований, улучшают продуктивность бройлеров: введение в корма или воду улучшает потребление корма, коэффициент конверсии корма, убойный выход. Кроме того, кормовые добавки, полученные из растений, также называемые фитогениками, фитобиотиками или растительными компонентами, могут быть включены в рацион животных для улучшения их продуктивности и свойств получаемых кормов и продуктов животного происхождения. Среди таких натуральных добавок были исследованы ароматические растения, их экстракты и эфирные масла из-за их преимуществ перед антибиотиками в качестве стимуляторов роста. Они не содержат остатков и общепризнаны как безопасные [7].

В настоящее время вопрос о применении растительных экстрактов в рационах сельскохозяйственной птицы часто обсуждаем, поскольку они являются натуральными, экологически чистыми и безопасными кормовыми добавками. Некоторые природные антиоксиданты защищают липиды от окисления более эффективно, чем их синтетические аналоги.

Salami S. A. с соавт. (2016) в своих исследованиях приводят классификацию антиоксидантов в зависимости от их предназначения. Так, к 1 группе авторы относят вещества, способные улучшить внешнюю характеристику продукта; ко 2 – те, что могут улучшить питательную ценность, и к 3 – антиоксиданты, продлевающие срок хранения [16].

Антиоксиданты растительного происхождения, в том числе, обладают терапевтическим эффектом, в связи с этим их популярность растет как среди ветеринаров, так и среди зоотехников.

Цель исследования – определить эффективность введения в полнорационный комбикорм для бройлеров экстракта из какаовеллы, изучить влияние на основные показатели продуктивности и индекс эффективности выращивания мясной птицы.

Задачи:

1. Изучить влияние различных дозировок растительного экстракта на сохранность цыплят-бройлеров;
2. Провести анализ динамики набора массы цыплятами-бройлерами при включении в рацион растительного экстракта;
3. Рассчитать экономический эффект от ввода добавок в рацион бройлеров используя формулу индекса эффективности производства;

4. Сделать выводы о целесообразности использования растительного экстракта в кормлении бройлеров.

Материалы и методы. Методом перколяции растительного сырья и дальнейшей отгонкой в вакуумно-ротационном испарителе нами был получен экстракт с повышенным содержанием микроэлементов. Далее данный комплекс был включен в рационы бройлеров.

Результаты экспериментов показывают, что в комплекс позволяет повысить сохранность и живую массу бройлеров.

Объектом данного исследования является растительный экстракт и экспериментальное поголовье бройлеров, а предмет исследования – влияние высушенного экстракта какаоеллы на продуктивные качества цыплят-бройлеров. В ходе изучения данного экстракта использовались несколько методов исследований – лабораторное (получение кормовой добавки), научно-хозяйственный эксперимент и статистический анализ данных.

Все исследования можно разделить на два этапа – способ получения сухого растительного препарата в лаборатории и научно-хозяйственный эксперимент на поголовье мясной птицы. В лабораторных условиях методом непрерывной перколяции раствором этилового спирта был получен жидкий экстракт шелухи какао. Затем экстракт был подвергнут сушке при низком давлении и температуре 30-35 °С.

Растительный экстракт был произведен методом перколяции растительного сырья (какаоеллы) органическими растворителями рециркулировали, пока из сухих веществ какао не прекратили экстрагироваться вещества. Далее была произведена отгонка растворителя при пониженном давлении и температуре. И последующая сушка на вакуумно-ротационном испарителе. Далее высушенный экстракт был включен в рационы бройлеров и проведен научно-хозяйственный эксперимент.

Во время научно-хозяйственного эксперимента были изучены основные зоотехнико-экономические показатели выращивания птицы. Такие как сохранность поголовья бройлеров, динамика набора живой массы и эффективность использования комбикорма, анализ которых служит подтверждением эффективности применения растительного экстракта в комбикормах для птицы мясного направления продуктивности.

Опыт проведен на пяти группах птицы. В рацион опытных групп птицы был включен растительный экстракт.

Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта
Table 1 – Scheme of experience

Периоды Выращивания / Cultivation periods	Группы / Group					
	Контроль- ная / Control	1 опытная / First Experimental	2 опытная / Second Experimental	3 опытная / Third Ex- perimental	4 опытная / Fourth Ex- perimental	5 опытная / Fifth Experimental
I (0-14)	ОР	ОР+50 г/т	ОР+100 г/т	ОР+150 г/т	ОР+200 г/т	ОР+250 г/т
II (15-28)	ОР	ОР+50 г/т	ОР+100 г/т	ОР+150 г/т	ОР+200 г/т	ОР+250 г/т
III (29-42)	ОР	ОР+50 г/т	ОР+100 г/т	ОР+150 г/т	ОР+200 г/т	ОР+250 г/т

В качестве основного рациона (ОР) птица будет получать полнорационный комбикорм по нормам ФНЦ ВНИТИП РАН, соответственно периодам выращивания птицы.

В ходе эксперимента экстракт был добавлен в комбикорм цыплятам-бройлерам.

Данные эксперимента были обработаны по методике Плохинского Н. А. на базе программного пакета Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Многие исследования доказывают, что условия содержания птицы часто являются факторами, которые снижают эффективность сельскохозяйственного производства.

Быстрый рост и интенсификация производства цыплят-бройлеров усложнили задачу поиска альтернатив, способных обеспечить улучшение продуктивных показателей, выход тушки, пользу для здоровья животных и улучшение качества мяса. Давление потребителей и опасения по поводу вредных последствий использования антибиотиков-стимуляторов роста и запрета антибиотиков побудили исследователей задуматься об альтернативах антибиотикам.

Целью этих альтернатив является поддержание низкого уровня смертности и хорошего уровня продуктивности животных при одновременном сохранении окружающей среды и здоровья потребителей. Было проведено много исследований в поисках натуральных продуктов, обладающих таким же благотворным действием, как и стимуляторы роста.

Растительные экстракты были изучены как интересная стратегия замены антимикробным препаратам, поскольку они не имеют рыночных ограничений, считаются натуральными продуктами без риска образования остатков в конечном продукте, приносят пользу здоровью, а также являются антимикробными, антиоксидантными и положительно влияют на пищеварение.

При проведении эксперимента ежедневно учитывалась смертность и причины смертности в каждой группе (таблица 2).

Таблица 2 – Сохранность цыплят-бройлеров, %
Table 2 – Safety of broiler chickens, %

Сутки / Day	Группы / Group					
	Контрольная / Control	1 опытная / First Experimental	2 опытная / Second Exper- imental	3 опытная / Third Exper- imental	4 опытная / Fourth Exper- imental	5 опытная / Fifth Experimental
0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
14	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
28	98,0	98,0	100,0	98,0	100,0	100,0
42	96,0	98,0	98,0	98,0	100,0	100,0

Сохранность цыплят свидетельствует о том, что по 14 сутки наблюдалась 100 % сохранность, как в копытных группах, так и в контрольной. На 28 сутки сохранность контрольной, 1 и 3 опытных групп снизилась на 2,0 %. На конец опытного периода самый низкий показатель зафиксирован в 1-й группе цыплят, не получавших в рационах кормовую добавку, и составил 96, %, что меньше в сравнении с 1-3 опытными соответственно на 2,0 % и 4, 5 опытными – 4 %.

Натуральные растительные добавки в рационах птицы могут быть использованы для усиления механизмов антиоксидантной защиты и снижения интенсивности окислительных процессов, которые негативно влияют на качество продуктов птицеводства. Окисление липидов напрямую влияет на качество мяса, особенно курицы: из-за высокой доли полиненасыщенных жирных кислот наблюдается большая восприимчивость к окислительным процессам, особенно окислению липидов. В результате этого процесса происходят изменения, связанные с цветом, вкусом, образованием токсичных соединений, сокращением срока хранения, потерей питательных веществ и воды. Продолжает расти предпочтение потребителей к высококачественным продуктам, которые обеспечивают длительный срок хранения и сохраняют сенсорные и вкусовые характеристики после обработки.

Пищевая промышленность использует синтетические антиоксиданты для предотвращения перекисного окисления липидов, однако, несмотря на преимущества, имеются данные о потенциальных канцерогенных эффектах, что вызвало вопросы о безопасности использования этих добавок.

Таблица 3 – Динамика набора массы цыплятами-бройлерами, г
Table 3 – Dynamics of weight gain by broiler chickens, g

Группа / Group	Сутки / Day			
	1	14	28	42
Контроль / Control	38,62±0,23	500,48±3,50	1604,39±18,04	2888,54±32,52
1 опытная / First Experimental	38,44±0,18	504,70±4,55	1611,35±19,48	2928,06±30,57
2 опытная / Second Experimental	38,60±0,23	508,76±4,60	1618,80±19,05	2950,37±40,78
3 опытная / Third Experimental	38,56±0,22	509,96±4,14*	1633,04±19,36	2970,33±35,36*
4 опытная / Fourth Experimental	38,44±0,23	506,34±3,52	1634,12±20,25	2964,98±32,37*
5 опытная / Fifth Experimental	38,62±0,25	510,12±5,07	1639,54±13,10	2966,12±38,77

*P>0.90

Анализ изменения массы цыплят-бройлеров выявил различия в живой массе цыплят в различные периоды. В первые сутки живая масса всех опытных групп была практически равной контрольной группе. Затем при перевеске в возрасте 14 суток видим положительные изменения в опытных группах (таблица 3). Так, на 14 сутки 1 опытная группа превысила показатели контроля на 4,22 г (0,84 %); 2 опытная – на 8,28 г (1,65 %); 3 опытная – на 9,48 г (1,89 %); 4 опытная – на 5,86 г (1,17%); 5 опытная – на 9,64 г (1,93 %). На 28 сутки подобная тенденция сохранилась: цыплята 1 опытной группы показали лучшие результаты в сравнении с контролем на 6,96 г (0,43 %); 2 опытной – на 14,41 г (0,90 %); 3 опытной – на 28,65 г (1,79 %); 4 опытной – на 29,73 г (1,85 %); 5 опытной – на 35,15 г (2,19 %). На конец опытного периода, в 42 сутки – масса цыплят-бройлеров опытных групп превысила показатель контрольной группы на 40,0 г (1,38 %); 61,83 г (2,14 %); 81,79 г (2,83 %); 76,44 г (2,65 %); 77,58 (2,69 %).

После статистической обработки данных эксперимента нами был проведен подсчет индекса эффективности производства (ИЭП) по ниже приведенной формуле.

Данные по расчету приведены в таблице 4.

$$\text{ИЭП} = \frac{\text{Сохранность (\%)} \times \text{Живая масса (кг)}}{\text{Возраст (дней)} \times \text{Конверсию корма } \left(\frac{\text{кг}}{\text{кг}}\right)} \times 100$$

Таблица 4 – Расчет индекса эффективности производства
Table 4 – Calculation of the production efficiency index

Показатели / Indicators	Группы / Group					
	Контроль- ная / Control	1 опытная / First Experimental	2 опытная / Second Ex- perimental	3 опытная / Third Experimental	4 опытная / Fourth Experimen- tal	5 опытная / Fifth Experimental
Сохранность, % / Safety, %	96,0	98,0	98,0	98,0	100,0	100,0
Живая масса, кг / Live weight, kg	2888,542	2928,061	2950,367	2970,327	2964,980	2966,12
Возраст, д / Age, d	42	42	42	42	42	42
Конверсия корма, кг/кг / Feed conver- sion, kg/kg	1,810	1,793	1,788	1,785	1,778	1,785
ИЭП, ед / IEP, units	364,7	381,0	385,0	388,3	397,1	395,7
Отклонение от контроля, ± ед / Deviation from control, ± units		+16,3	+20,3	+23,6	+32,4	+31,0

Как видно из таблицы 4, индекс эффективности производства был выше в опытных группах в сравнении с контролем соответственно на 16,3 ед.; 20,3 ед.; 23,6 ед.; 32,4 ед.; 31,0 ед. Большой индекс эффективности получен в группе цыплят-бройлеров 4, где в рацион дополнительно вводили 200 г/т какао-вещи.

Заключение. Растительный экстракт, использованный в настоящем исследовании, значительно повысил продуктивные показатели цыплят-бройлеров, и по результатам исследования установлено, что применение растительного экстракта, полученного методом перколяции органическими растворителями из какао-вещи и введением в рацион в количестве 200 грамм на тонну комбикорма повышает продуктивность, а именно живую массу на 76,44 г (2,65 %) и сохранность на 4,0%, индекс эффективности производства на 32,4 ед.

Conclusions. The plant extract used in this study significantly increased the productive performance of broiler chickens, and according to the results of the study, it was found that the use of plant extract obtained by percolation with organic solvents from cocoa shell and introduction into the diet in the amount of 200 grams per ton of compound feed increases productivity, namely live weight by 76.44 g (2.65%) and safety by 4.0%, production efficiency index by 32.4 units.

Библиографический список

1. Грязнов А. А., Романова О. В. Эффективность использования зерна ячменя голозерного сорта Нудум 95 в кормлении цыплят-бройлеров. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2019. № 11. С. 24-33.

2. Котарев В. И., Иванова Н. Н. Влияние витаминного питания на продуктивность цыплят-бройлеров при применении в рационе энтеросорбента. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2020. № 3. С. 126-129.
3. Кощаев И. А., Лавриненко К. В., Рядинская А. А. Влияние органических кислот и их солей на рост пестушков-бройлеров кросса "Ross-308". Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4(56). С. 173-180.
4. Кощаев И. А., Лавриненко К. В., Рядинская А. А. Основные зоотехнические показатели цыплят-бройлеров при введении в рационы ферментов. Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2022. № 4 (26). С. 68-73.
5. Кудинов С. А., Хохлов М. И., Кощаев И. А. Кальциевые соли жирных кислот в кормлении цыплят-бройлеров: влияние на продуктивность и сохранность. Аграрная наука. 2023. № 6. С. 65-70.
6. Пилыгин Д. Н. Здоровье кишечника – важный показатель состояния здоровья бройлеров. Птицеводство. 2019. № 5. С. 51-54.
7. Резниченко Л. В., Резниченко А. А., Денисова Ф. К. Результаты испытания сорбентов при экспериментальном микотоксикозе цыплят-бройлеров. Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2019. № 2(12). С. 123-128.
8. Рядинская А. А., Лавриненко К. В., Кощаев И. А., Токарь П. И. Пробиотический препарат на основе *Bacillus amyloliquefaciens* как альтернатива антимикробным препаратам в рационах цыплят-бройлеров. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2022. № 4 (65). С. 197-205.
9. Саломатин В. В., Волкова О. А. Мясная продуктивность и качество мяса бройлеров при выпаивании им кормовой добавки Smart Biotic. Птица и птицепродукты. 2023. № 3. С. 46-48.
10. Саломатин В. В., Ряднов А. А., Ряднова Т. А., Ряднова Ю. А. Формирование мясной продуктивности цыплят-бройлеров при использовании кормовых добавок. Птица и птицепродукты. 2021. № 4. С. 26-28.
11. Талдыкина А. А., Семенютин В. В. Живая масса и мясные качества цыплят-бройлеров при разных дозах потребления комплекса органических кислот. Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2023. № 2 (28). С. 122-126.
12. Тлецерук И. Р. Использование нетрадиционных кормовых средств в рационах цыплят-бройлеров в условиях юга России. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2023. № 7 (216). С. 15-25.
13. Ушаков А. С., Фисинин В. И., Ленкова Т. Н., Егорова Т. А. Препараты для замены кормовых антибиотиков. Ветеринария и кормление. 2018. № 2. С. 82-85.
14. Громов И. Ю., Макоев И. И., Филиппова Г. В. и др. Физико-химические показатели мяса цыплят-бройлеров нового кросса "Смена". Птица и птицепродукты. 2020. № 5. С. 25-27.
15. Lavrinenko K., Koshchaev I., Ryadinskaya A. Meat Productivity of the Ross 308 - Cross Roosters by the Adding in to a Diet of Organic Acids and their Salts. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ussurijsk, 2021. P. 032007.
16. Salami S., Guinguina A., Agboola J., Omede A., Agbonlahor E., Tayyab U. Review: In vivo and postmortem effects of feed antioxidants in livestock: A review of the implications on authorization of antioxidant feed additives. Animal. 2016. No 10 (8). Pp. 1375-1390.

References

1. Gryaznov A. A., Romanova O. V. Efficiency of the use of naked barley grain of the Nudum 95 variety in feeding broiler chickens. Feeding of farm animals and feed production. 2019. No 11. Pp. 24-33.
2. Kotarev V. I., Ivanova N. N. The effect of vitamin nutrition on the productivity of broiler chickens when using enterosorbent in the diet. Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. 2020. No 3. Pp. 126-129.
3. Kokhaev I. A., Lavrinenko K. V., Redinskaya A. A. The influence of organic matter on the growth of broiler cocks CROSS "Ross-308". Bulletin of the Ulyanovsk State Academy of Sciences. 2021. No 4 (56). Pp. 173-180.
4. Koshchaev I. A., Lavrinenko K. V., Ryadinskaya A. A. Basic zootechnical indicators of broiler chickens when introducing enzymes into diets. Topical issues of agricultural biology. 2022. No 4 (26). Pp. 68-73.
5. Kudinov S. A., Khokhlov M. I., Koshchaev I. A. Calcium salts of fatty acids in the feeding of broiler chickens: influence on productivity and safety. Agrarian Science. 2023. No 6. Pp. 65-70.
6. Pilyugin D. N. Intestinal health is an important indicator of the state of health of broilers. Poultry farming. 2019. No 5. Pp. 51-54.
7. Reznichenko L. V., Reznichenko A. A., Denisova F. K. Results of sorbent testing in experimental mycotoxicosis of broiler chickens. Actual issues of agricultural biology. 2019. No 2 (12). Pp. 123-128.
8. Radinskaya A. A., Lavrinenko K. V., Kokhaev I. A., Tokar P. I. Prophylactic drug based on *Bacillus amyloliquefaciens* as antibiotics. recommended in regionaplat-breilers. Bulletin of NGAU (New Siberian State University)). 2022. No 4 (65). Pp. 197-205.
9. Salomatin V. V., Volkova O. A. Cape productivity and quality of broiler capes during soldering and root additive Smart Biotic. Poultry and poultry products. 2023. No 3. Pp. 46-48.
10. Salomatin V. V., Ryadnov A. A., Ryadnova T. A., Ryadnova Yu. A. Formation of meat productivity of broiler chickens when using feed additives. Poultry and poultry products. 2021. No 4. Pp. 26-28.
11. Taldykina A. A., Semenyutin V. V. Live weight and meat qualities of broiler chickens at different doses of consumption of a complex of organic acids. Topical issues of agricultural biology. 2023. No 2 (28). Pp. 122-126.
12. Tletseruk I. R. The use of non-traditional feed products in the diets of broiler chickens in the conditions of the south of Russia. Feeding of farm animals and feed production. 2023. No 7 (216). Pp. 15-25.
13. Ushakov A. S., Fisinin V. I., Lenkova T. N., Egorova T. A. Preparations for the replacement of feed antibiotics // Veterinary medicine and feeding. 2018. No 2. Pp. 82-85.
14. Gromov I. Y., Makoveev I. I., Filippova G. V., et al. Physico-chemical indicators of meat of broiler chickens of the new cross "Smena". Poultry and poultry products. 2020. No 5. Pp. 25-27.

15. Lavrinenko K., Koshchaev I., Ryadinskaya A. Meat Productivity of the Ross 308 - Cross Roosters by the Adding in to a Diet of Organic Acids and their Salts. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ussurijsk, 2021. P. 032007.

16. Salami S., Guinguina A., Agboola J., Omede A., Agbonlahor E., Tayyab U. Review: In vivo and postmortem effects of feed antioxidants in livestock: A review of the implications on authorization of antioxidant feed additives. Animal. 2016. No 10 (8). Pp. 1375-1390.

Информация об авторах

Кощаева Ольга Сергеевна, аспирант кафедры «Общая и частная зоотехния», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина» (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1), e-mail: olgakoshchaeva@gmail.com

Лавриненко Кристина Витальевна, преподаватель кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина» (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1), e-mail: k.mezinova@yandex.ru

Кощаев Иван Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина» (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1), e-mail: koshchaev@yandex.ru

Рядинская Антонина Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина» (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1), e-mail: antonina.yurchenko.63@mail.ru

Author's Information

Koschaeva Olga Sergeevna, post-graduate student of the Department of General and Private Animal Science of the Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1), e-mail: olgakoshchaeva@gmail.com

Lavrinenko Kristina Vitalievna, lecturer of the Department of "Technologies of Production and Processing of Agricultural Products" of the Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1), e-mail: k.mezinova@yandex.ru

Koshchaev Ivan Aleksandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of "Technologies of Production and Processing of Agricultural Products" of the Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1), e-mail: koshchaev@yandex.ru

Ryadinskaya Antonina Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of "Technologies of Production and Processing of Agricultural Products" of the Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1), e-mail: antonina.yurchenko.63@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-25

THE EFFECT OF MODIFIED SUCCINIC ACID ON THE PRODUCTIVITY OF BROILER CHICKENS

Lavrinenko K. V., Koshchaev I. A., Ryadinskaya A. A., Sergeeva E. S.

*Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin
Maysky, Belgorod Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: koshchaev@yandex.ru

Received 20.09.2023

Submitted 22.12.2023

The work is supported by the grant of the President of the Russian Federation for young scientists-candidates of sciences MK-2474.2022.5

Summary

The paper presents data on the study of modified succinic acid in the diets of broiler chickens in the conditions of the Belgorod State Agrarian University. As a result of the conducted studies, it can be concluded that the introduction of modified succinic acid (Leoxum) at the age of 0-10 days – 1.25 mg of Leoxum per head per day and from 21 to 30 days – 2.5 mg of Leoxum per head per day contributes to: increase in live weight by 2.8 %; reduction of conversion by 0.07 units; preservation of safety indicators. A more in-depth study of the effect of Leoxum on the body of broiler chickens and clarification of dosages is required.

Abstract

Introduction. Broiler meat production is intensive fattening of chickens. The main goals that are set during production are the protection of animal health from various diseases and obtaining high-quality and environmentally friendly products from them. There is an urgent question about the need to find acceptable ways of growing and preventing poultry diseases that would be fruitful in economic terms. It is necessary to choose a universal tool that would be effective, but, on the other hand, would not have a negative impact and would be safe for the final product. Organic acids have proven themselves in poultry farming. They can suppress both the development and spread of intestinal pathogens and the negative effects of the body's immune system, avoiding the expenditure of nutrients on the immune

response. Also, this group of feed additives can improve their absorption and significantly increase the productivity of poultry. There is information in the literature about the use of succinic acid in agriculture. Succinic acid is known to take part in energy metabolism. The aim of the research was to study the effect of modified succinic acid (feed additive Leoxum) on the main zootechnical indicators in the cultivation of broiler chickens of the Ross-308 cross. **Object.** The object of research is broiler chickens of the Ross-308 cross. **Materials and methods.** The research was carried out in the conditions of the scientific and production laboratory of poultry farming of the UNIC "Agrotechnopark" of the Belgorod State Agrarian University. The experiment was carried out according to the methodology of FGBNU "VNIITIP". **Results and conclusions.** As a result of the conducted studies, it can be concluded that the introduction of modified succinic acid (Leoxum) at the age of 0-10 days – 1.25 mg of Leoxum per head per day and from 21 to 30 days – 2.5 mg of Leoxum per head per day contributes to: increase in live weight by 2.8%; decrease in conversion by 0.07 units; preservation of safety indicators. A more in-depth study of the effect of Leoxum on the body of broiler chickens and clarification of dosages is required.

Keywords: broiler chickens, Ross-308, broiler chicken feeding, broiler chicken rations, succinic acid, broiler chicken productivity.

Citation. Lavrinenko K. V., Koshchaev I. A., Ryadinskaya A. A., Sergeeva E. S. The effect of modified succinic acid on the productivity of broiler chickens. *Proc. Of the Lower Volga Agro University Comp.* 2024. 1(73). 218-225 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-25.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.087.7:636.5.033

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Лавриненко К. В., преподаватель

Кощаев И. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Рядинская А. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Сергеева Е. С., магистрант

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина»
п. Майский, Белгородская область, Российская Федерация

**Работа выполняется при поддержке гранта Президента РФ для молодых
ученых-кандидатов наук МК-2474.2022.5**

Актуальность. Основные цели, которые ставятся при производстве птицеводческой продукции – охрана здоровья животных от различных болезней и получение от них высококачественной и экологически чистой продукции. Остро стоит вопрос о необходимости поиска приемлемых способов выращивания и предупреждения заболеваний птицы, которые были бы плодотворны в экономическом плане. Нужно подобрать такое универсальное средство, которое было бы эффективным, но, и, с другой стороны – не оказывало отрицательного влияния и было бы безопасным для конечной продукции. Органические кислоты зарекомендовали себя в птицеводстве. Они могут подавлять как развитие и распространение кишечных патогенных микроорганизмов, так и негативные воздействия иммунной системы организма, избегая расходования питательных веществ на иммунный ответ. Также эта группа добавок в комбикорма способна улучшить их всасывание и значительно повысить показатели продуктивности сельскохозяйственной птицы. В литературе имеются сведения о применении янтарной кислоты в сельском хозяйстве. Известно, что янтарная кислота принимает участие в энергетическом обмене. Целью исследований явилось изучение действия модифицированной янтарной кислоты (кормовая добавка Leoxum) на основные зоотехнические показатели при выращивании цыплят-бройлеров кросса «Росс-308». **Объект.** Объектом исследований являются цыплята-бройлеры кросса «Росс-308». **Материалы и методы.** Исследования проводились в условиях научно-производственной лаборатории птицеводства УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. Опыт проводили согласно методике ФГБНУ «ВНИИТИП». **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что введение модифицированной янтарной кислоты (Leoxum) в возрасте 0-10 суток – 1,25 мг Leoxum на голову в сутки и с 21 по 30 суток – 2,5 мг Leoxum на голову в сутки способствует: повышению живой массы на 2,8 %; снижению конверсии на 0,07 ед.; сохранению показателей сохранности. Требуется более глубокое изучение действия препарата Leoxum на организм цыплят-бройлеров и уточнение дозировок.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, Росс-308, кормление цыплят-бройлеров, рационы цыплят-бройлеров, янтарная кислота, продуктивность цыплят-бройлеров.

Цитирование. Лавриненко К. В., Коцаев И. А., Рядинская А.А., Сергеева Е. С. Влияние модифицированной янтарной кислоты на продуктивность цыплят-бройлеров. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 218-225. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-25.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На сегодняшний день производство продуктов питания стало одним из самых важных вопросов, с которыми сталкивается современный мир. В этом контексте птицеводство занимает передовые позиции в международном сельском хозяйстве. Интересно отметить, что за рубежом птицеводческая отрасль не только не замедляет темпы роста с годами, но и становится все более популярной. Мировой спрос на мясо птицы и яйца постоянно увеличивается. Улучшение эффективности птицеводства представляет собой актуальную проблему, которая включает в себя такие аспекты, как рациональное питание птицы, экономия кормов и использование нетрадиционных кормовых средств. Для достижения этой цели, необходимо использование биологически активных добавок, которые позволяют снизить затраты на производство птицеводческой продукции [1, 5, 6].

Непрерывно растущая потребность в мясе способствовала развитию самостоятельной отрасли – бройлерного птицеводства [7, 12, 13].

На сегодняшний день определены основные пути повышения эффективности производства мяса бройлеров, к которым можно отнести:

1. Использование наилучшего по продуктивным качествам поголовья различных пород, линий и кроссов.
2. Совершенствование организационных и технологических операций производства.
3. Применение в кормлении комбикормов высокого качества, учитывающих потребности определенных линий и кроссов птицы.
4. Поддержание на производственных площадках оптимальных для поголовья параметров микроклимата.

Производство мяса бройлеров – это в первую очередь интенсивный откорм цыплят [13, 16]. Важным аспектом является также обеспечение молодняка мясных кроссов сбалансированными рационами, содержащими достаточное количество обменной энергии, питательных веществ и биологически активных добавок. Применение последних способствует более эффективному использованию энергии, протеина, жира, клетчатки и минеральных веществ в организме птицы. При выборе рациона для птицы мясного направления необходимо учитывать как его энергетическую ценность, так и оптимальное соотношение питательных веществ. Это позволит обеспечить птицу всем необходимым для роста и развития, а также поддерживать ее активность и здоровье. Однако важно помнить, что каждая птица может иметь индивидуальные предпочтения и потребности, поэтому рацион следует подбирать с учетом их особенностей и потребностей. При организации рационального кормления и составлении рационов также необходимо учитывать различия веществ и другие факторы, важные для учета. Питательная ценность корма определяется его способностью удовлетворять потребность птицы в питательных веществах, таких как углеводы, жиры, белки, витамины и минералы. Здоровье и продуктивность птицы, а также качество продукции зависят от высокой питательности корма. Питательность корма определяется его химическим составом и способностью питательных веществ быть усвоенными в пищеварительном тракте [2, 8, 9].

Получение высококачественной и экологически чистой продукции и охрана здоровья животных от различных болезней являются основными целями, которые ставятся при производстве. Функционирование организма обеспечивается нейро-эндокринно-иммунной системой регуляции, которая служит для координации деятельности всех органов и систем в организме. Ее главная цель – поддержание гомеостаза и способность адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды. Эта система играет ключевую роль в обеспечении нормального функционирования организма и его способности сопротивляться

различным неблагоприятным воздействиям. Организм птиц может столкнуться с разнообразными факторами, которые могут привести к возникновению заболеваний. Но следует отметить, что механизмы иммунной защиты птиц не так совершенны, как у других видов животных. Анализ доступных литературных источников позволяет сделать важное наблюдение: термин "резистентность" имеет широкий спектр значений и отличается от понятия "иммунитет". Он отражает потенциальные способности организма сопротивляться различным заболеваниям. Болезни и травмы могут существенно влиять на аппетит и поедаемость кормосмесей. Кроме того, физическая активность птицы, ее масса и окружающая среда также оказывают влияние на потребление корма. Например, температура и влажность помещения, скорость воздушного потока – все это важные факторы, которые могут изменять восприятие и потребление кормовой массы. Если комбикорм имеет сниженную энергетическую ценность, птицы могут увеличить свое потребление корма, особенно если их кишечник свободен от других кормовых масс и преград. Учет этих факторов позволяет оптимизировать рацион птиц и повысить эффективность производства продукции птицеводства [14, 17].

Важной областью научных исследований является фармакологическая коррекция стресса, которая направлена на управление физиологическими и психологическими реакциями организма на стрессовые ситуации и помощь в его адаптации. Исследования показывают, что использование различных классов противострессовых средств способствует повышению стрессоустойчивости у животных и птицы. Ослабление иммунной системы в результате стресса может сделать организм более подверженным к инфекциям.

В литературе имеются сведения о применении янтарной кислоты и добавок (препаратов) на ее основе в сельском хозяйстве. Известно, что янтарная кислота принимает участие в энергетическом обмене. Исследования по изучению ее воздействия на живые организмы ученые проводили начиная со второй половины XX века. Янтарная кислота представляет собой кристаллический порошок белого цвета. Она обладает рядом уникальных свойств: 1) антиацидотическими (эффективно понижая тканевый метаболический ацидоз, что позволяет предотвратить поражение тканей при накоплении молочной кислоты и снижения внутриклеточного pH, что позволяет рекомендовать ее в производстве); 2) антигипоксическими (имеет пониженную чувствительность системы окисления к недостатку кислорода); 3) антистрессорными и адаптогенными (сильная поддержка энергии в активности систем адаптации); 4) детоксикационными (купирует действие токсичных веществ); 5) противовирусными; 6) актопротектными (способствует поддержанию продолжительное время высокой физической активности); 7) радиопротектными (предупреждает изнашивание и старение организма) [16].

Установлено, что янтарную кислоту рекомендуют курам-несушкам как антистрессовую добавку, что положительно отражается на продуктивных показателях [14].

Введение янтарной кислоты в рационы молодняка индеек положительно отражается на росте и сохранности поголовья [3].

Результаты применения янтарной кислоты с первого дня и до семинедельного возраста подтвердили ее положительное влияние на важные экономические показатели цыплят [4].

Таким образом, вопрос применения янтарной кислоты в птицеводстве актуален.

Целью исследований явилось изучение действия модифицированной янтарной кислоты (кормовая добавка Leoxum) на основные зоотехнические показатели при выращивании цыплят-бройлеров кросса «Росс-308».

Материалы и методы. Работа была проведена в условиях лаборатории птицеводства учебно-научного инновационного центра «Агротехнопарк» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина».

В соответствии с целью работы был проведен научно-хозяйственный опыт по введению модифицированной янтарной кислоты (кормовая добавка Leoxum) в рационы цыплят-бройлеров.

Согласно схеме опыта (таблица 1) контрольная группа получала основной рацион, сбалансированный по питательности.

Таблица 1 – Схема проведения научно-хозяйственного опыта

Table 1 – The scheme of scientific and economic experience

Группа / Group	Количество голов / Number of goals	Период скормливания Leoxum / Leoxum Feeding Period	Доза введения Leoxum в рационы / Dose of Leoxum in diets
Контрольная группа / Control group	20	-	-
1 опытная группа / First Experimental Group	20	0-10 сутки / 0-10 days	1,25 мг Leoxum на голову в сутки / 1.25 mg of Leoxum per head per day
		21-30 сутки / 21-30 days	2,5 мг Leoxum на голову в сутки / 2.5 mg Leoxum per head per day
2 опытная группа / Second Experimental Group	20	0-10 сутки / 0-10 days	0,625 мг Leoxum на голову в сутки / 0.625 mg Leoxum per head per day
		21-30 сутки / 21-30 days	1,25 мг Leoxum на голову в сутки / 1.25 mg of Leoxum per head per day
3 опытная группа / Third Experimental Group	20	0-10 сутки / 0-10 days	0,625 мг Leoxum на голову в сутки / 0.625 mg Leoxum per head per day
		21-42 сутки / 21-42 days	1,25 мг Leoxum на голову в сутки / 1.25 mg of Leoxum per head per day

Результаты и обсуждение. Для достижения оптимального роста и эффективного использования кормов были использованы сбалансированные рационы, которые содержали оптимальное сочетание питательных, биологически активных веществ и энергии. Кроме того, для достижения высокой продуктивности и оптимального использования кормов рационы составлены с учетом возраста птицы и цели ее выращивания. Функционирование органов и основной обмен в организме птицы поддерживается обеспеченностью рационов энергией, включая такие процессы, как дыхание, движение крови, сокращение мышц, пищеварение, выделение, обновление и перестройка тканей.

Установлено, что применение модифицированной янтарной кислоты (рисунок 1) снизило сохранность как в контрольной, так и опытных группах (92,5 – 95,0 %). Однако сохранность опытных групп была выше в сравнении с контролем на 2,5 %.

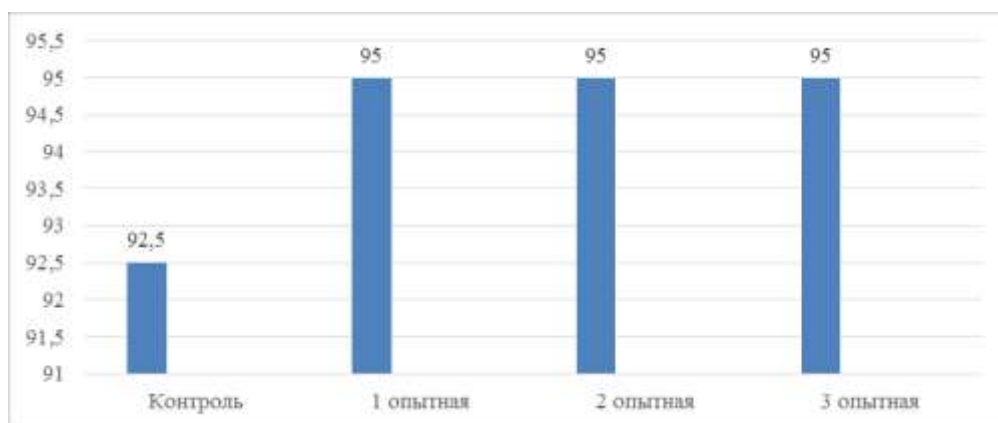


Рисунок 1 – Сохранность цыплят-бройлеров на конец опытного периода, %

Figure 1 – Safety of broiler chickens at the end of the trial period, %

Прирост живой массы – интегральный показатель нормального функционирования организма птицы. Изучение влияния различных факторов на рост животного организма является основным критерием оценки.

Показатели живой массы в различные возрастные периоды представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Динамика набора массы цыплятами-бройлерами, кг

Table 2 – Dynamics of weight gain by broiler chickens, kg

Группа / Group	Сутки / Day			
	1	14	28	42
Контроль / Control	0,049±0,001	0,512±0,010	1,478±0,053	2,762±0,065
1 опытная / First Experimental Group	0,049±0,001	0,531±0,012	1,478±0,049	2,839±0,069
2 опытная / Second Experimental Group	0,049±0,001	0,526±0,011	1,478±0,052	2,766±0,062
3 опытная / Third Experimental Group	0,049±0,001	0,534±0,011	1,478±0,050	2,838±0,064

Анализ динамики роста цыплят выявил изменения роста цыплят в разные возрастные периоды. При практически равной живой массе при постановке поголовья на опыт, уже на 14 сутки заметен прирост массы в опытных группах. Так, показатели 1 опытной группы превысили контроль на 0,019 кг (3,71 %); 2 опытной – на 0,014 кг (2,73 %); 3 опытной – на 0,022 кг (4,30 %). Улучшение показателей в сравнении с контрольной группой наблюдается и на 28 сутки: 1 опытная группа превышала показатели контроля на 0,031 кг (2,10 %); 2 опытная – на 0,008 кг (0,54 %); 3 опытная – на 0,063 кг (4,26 %). Подобная тенденция сохранилась на конец опытного периода (42 сутки). Показатели 1 опытной группы были выше в сравнении с контролем на 0,077 кг (2,79 %); 2 опытной – на 0,004 кг (0,14 %); 3 опытной – на 0,076 кг (2,75 %).

На рисунке 2 представлены данные по среднесуточному приросту цыплят-бройлеров в целом за период выращивания.

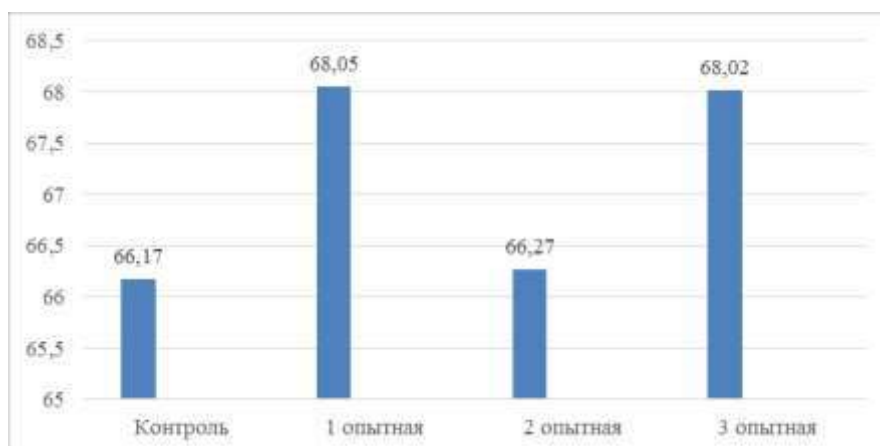


Рисунок 2 – Среднесуточный прирост живой массы в целом за опытный период, г
Figure 2 – Average daily increase in body weight in general for the experimental period, g

Представленные на рисунке 2 данные показывают, что в целом за опытный период 1 и 3 опытные группы по среднесуточному приросту были выше в сравнении с контролем – на 1,88 г (2,84 %) и 1,85 г (2,80 %). Показатель 2 опытной группы был незначительно выше контроля – на 0,1 г (0,15 %).

Таблица 3 – Затраты корма на единицу продукции

Table 3 – Feed costs per unit of production

Группа / Group	Потреблено корма, кг / Feed consumed, kg	Прирост, кг / Gain, kg	Конверсия корма, кг/кг / Feed conversion, kg/kg
Контроль / Control	87,900	50,120	1,75
1 опытная / First Experimental Group	88,717	52,953	1,68
2 опытная / Second Experimental Group	88,510	51,562	1,72
3 опытная / Third Experimental Group	92,047	52,939	1,74

Анализ данных таблицы 3 показывает, что большее количество корма в сравнении с контрольной группой потребили цыплята опытных групп: 1 опытной – на 0,817 кг (0,93 %); 2 опытной – на 0,610 кг (0,69 %); 3 опытной – на 4,147 кг (4,72 %). Прирост в опытных группах относительно контроля также был выше: в 1 опытной – на 2,83 кг (5,65 %); во 2 опытной – на 1,44 кг (2,88 %); в 3 опытной – на 2,82 кг (5,62 %). Конверсия корма в опытных группах (кг/кг) снизилась относительно контроля в 1 опытной группе – на 0,07; во 2 опытной группе – на 0,03; в 3 опытной группе – на 0,01.

Заключение. В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что введение модифицированной янтарной кислоты (Leoxum) в возрасте 0-10 суток – 1,25 мг Leoxum на голову в сутки и с 21 по 30 суток – 2,5 мг Leoxum на голову в сутки способствует:

- повышению живой массы на 2,8 %;
- снижению конверсии на 0,07 ед.;
- сохранению показателей сохранности.

Требуется более глубокое изучение действия препарата Leoxum на организм цыплят-бройлеров и уточнение дозировок.

Conclusions. As a result of the conducted studies, it can be concluded that the introduction of modified succinic acid (Leoxum) at the age of 0-10 days – 1.25 mg of Leoxum per head per day and from 21 to 30 days – 2.5 mg of Leoxum per head per day contributes to:

- increase in live weight by 2.8 %;
- reduction of conversion by 0.07 units;
- preservation of safety indicators.

A more in-depth study of the effect of Leoxum on the body of broiler chickens and clarification of dosages is required.

Библиографический список

1. Андрианова Е. Н., Егоров И. А., Самойлов А. В., Волочаева Е. М. Качество мяса цыплят-бройлеров при включении в их рацион мицелированных форм витаминов. Птица и птицепродукты. 2021. № 6. С. 7-10.
2. Вязенен Г. Н., Разаев С. В., Вязенен А. Г. Повышение откормочных и мясных качеств цыплят-бройлеров. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 1 (186). С. 38-51.
3. Гаглоев А. Ч., Гаглоева Т. Н., Татарина Н. С., Дуравин С. В. Влияние янтарной кислоты на рост и сохранность молодняка индеек. Наука и Образование. 2022. Т. 5. № 1.
4. Гаджиев Р. М. Проверка естественных адаптогенов при выращивании бройлеров с позиции прикладной экологии. Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. № 4(44). С. 101-108.
5. Коротова Д. М., Ларионов С. В. Сравнительная эффективность отечественных препаратов при эймерии цыплят-бройлеров. Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2023. № 2 (28). С. 10-14.
6. Кочиш И. И., Капитонова Е. А. Мясная продуктивность сельскохозяйственной птицы Беларуси при профилактике микотоксикозов цеолитсодержащими кормовыми добавками. Ветеринария и кормление. 2021. № 5. С. 38-41.
7. Кощаев И. А. Эффективность скормливания сухого свекловичного жома цыплятам-бройлерам. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2015. № 3. С. 38-46.
8. Кощаев И. А., Рядинская А. А. Влияние нетрадиционных кормов растительного и животного происхождения на мясную продуктивность цыплят – бройлеров. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4 (44). С. 158-164.
9. Кощаев И. А., Лавриненко К. В., Рядинская А. А. Мясная продуктивность цыплят-бройлеров кросса "Росс-308" при введении в рационы органических кислот и их солей. Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2021. № 4 (22). С. 113-124.
10. Кощаев И. А., Рядинская А. А., Ткачев А. В. Влияние различных уровней источников метионина на показатели продуктивности цыплят-бройлеров. Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2019. № 4 (14). С. 152-162.
11. Лаптев Г. Ю., Йылдырым Е. А., Тюрина Д. Г. Чем опасен глифосат? Птицеводство. 2022. № 7-8. С. 37-42.
12. Ленкова Т. Н., Егорова Т. А., Уварова А. С. Редактируя микробиоту кишечника - повышаем продуктивность. Птицеводство. 2021. № 11. С. 22-26.
13. Папуниди К. Х. и др. Научное обоснование применения янтарной кислоты и препаратов на ее основе: монография. Йошкар-Ола, 2022. 234 с.
14. Околелова Т. М., Енгашев С. В., Салгереев С. М., Лесниченко И. Ю. Производство экологически безопасной продукции. Птицеводство. 2018. № 5. С. 45-50.
15. Прайс К., Вивер А. Какую угрозу несут микотоксины здоровью и продуктивности птицы. Птица и птицепродукты. 2023. № 2. С. 22-24.
16. Сорокина Н. Н., Ордина Н. Б., Трубочанинова Н. С., Мезинова К. В. Влияние антиоксидантных свойств витаминов на механизмы защиты, роста и развития цыплят-бройлеров. Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2019. № 4 (14). С. 168-183.
17. Smolentsev S. Yu., Strelnikova I. I., Kislistina N. A., Gugkaeva M. S., Kornaeva A. K., Milaev V. B., Babinseva T. V., Deryusheva A. D. Stimulation of agricultural poultry productivity by using biologically active additives. Dokkyo Journal of Medical Sciences. 2021. No. 48 (2). Pp. 219–222.

References

1. Andrianova E. N., Egorov I. A., Samoilov A.V., Volochaeva E. M. The quality of meat of broiler chickens when micellated forms of vitamins are included in their diet. Poultry and poultry products. 2021. No 6. Pp. 7-10.
2. Vyaisenen G. N., Razaev S. V., Vyaisenen A. G. Increase of fattening and meat qualities of broiler chickens. Feeding of farm animals and feed production. 2021. No 1 (186). Pp. 38-51.
3. Gagloev A. Ch., Gagloeva T. N., Tatarinova N. S., Duravin S. V. The influence of succinic acid on the growth and preservation of young turkeys. Science and Education. 2022. Vol. 5. No. 1.
4. Gadzhiev R. M. Verification of natural adaptogens in the cultivation of broilers from the standpoint of applied ecology. Bulletin of Omsk State Agrarian University. 2021. No. 4 (44). Pp. 101-108.
5. Korotova D. M., Larionov S.V. Comparative effectiveness of domestic preparations for broiler chicken eimeriosis. Topical issues of agricultural biology. 2023. No 2 (28). Pp. 10-14.
6. Kochish I. I., Kapitonova E.A. Meat productivity of poultry in Belarus in the prevention of mycotoxicosis with zeolite-containing feed additives. Veterinary medicine and feeding. 2021. No 5. Pp. 38-41.
7. Koshchaev I. A. Efficiency of feeding dry beet pulp to broiler chickens. Feeding of farm animals and feed production. 2015. No 3. Pp. 38-46.
8. Koshchaev I. A., Ryadinskaya A. A. Influence of non-traditional feeds of vegetable and animal origin on meat productivity of broiler chickens. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy academies. 2018. No 4 (44). Pp. 158-164.
9. Koshchaev I. A., Lavrinenko K. V., Ryadinskaya A. A. Meat productivity of broiler chickens of the Ross-308 cross when introducing organic acids and their salts into diets. Actual issues of agricultural biology. 2021. No 4 (22). Pp. 113-124.
10. Koshchaev I. A., Ryadinskaya A. A., Tkachev A. V. The influence of different levels of methionine sources on the productivity indicators of broiler chickens. Actual issues of agricultural biology. 2019. No 4 (14). Pp. 152-162.
11. Laptev G. Yu., Yildirim E. A., Tyurina D. G. What is the danger of glyphosate? Poultry farming. 2022. No 7-8. Pp. 37-42.
12. Lenkova T. N., Egorova T. A., Uvarova A. S. Editing the gut microbiota – we increase productivity. Poultry farming. 2021. No 11. Pp. 22-26.
13. Papunidi K. H., et al. Scientific justification of the use of succinic acid and preparations based on it: monograph. Yoshkar-Ola, 2022. 234 p.
14. Okolelova T. M., Engashev S. V., Salgereev S. M., Lesnichenko I. Yu. Production of environmentally safe products. Poultry farming. 2018. No 5. Pp. 45-50.
15. Price K., Weaver A. What threat mycotoxins pose to the health and productivity of poultry. Poultry and poultry products. 2023. No 2. Pp. 22-24.
16. Sorokina N. N., Ordina N. B., Trubchaninova N. S., Mesinova K. V. The influence of antioxidant properties of vitamins on the mechanisms of protection, growth and development of broiler chickens. Topical issues of agricultural biology. 2019. No 4(14). Pp. 168-183.
17. Smolentsev S. Yu., Strelnikova I. I., Kislistina N. A., Gugkaeva M. S., Kornaeva A. K., Milaev V. B., Babinseva T. V., Deryusheva A.D. Stimulation of poultry productivity using biologically active additives. Journal of Medical Sciences Dokke. 2021. No 48 (2). Pp. 219-222.

Информация об авторах

Лавриненко Кристина Витальевна, преподаватель кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина» (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1), e-mail: k.mezinova@yandex.ru

Кошчаев Иван Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина» (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1), e-mail: koshchaev@yandex.ru

Рядинская Антонина Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина» (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1), e-mail: antonina.yurchenko.63@mail.ru

Сергеева Екатерина Сергеевна, магистрант кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина» (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1), e-mail: sergeeva_es@bsaa.edu.ru

Author's Information

Lavrinenko Kristina Vitalievna, lecturer of the Department of "Technologies of Production and Processing of Agricultural Products" of the Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1), e-mail: k.mezinova@yandex.ru

Koshchaev Ivan Aleksandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of "Technologies of Production and Processing of Agricultural Products" of the Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1), e-mail: koshchaev@yandex.ru

Ryadinskaya Antonina Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of "Technologies of production and Processing of Agricultural Products" of the Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1), e-mail: antonina.yurchenko.63@mail.ru

Sergeeva Ekaterina Sergeevna, undergraduate student of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1), e-mail: sergeeva_es@bsaa.edu.ru

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ/ AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-26

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE KINEMATIC PARAMETERS OF A COMBING MACHINE FOR REMOVING ROOT WEEDS

Tseplyaev V. A.

Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: can_volgau@mail.ru

Received 08.01.2024

Submitted 21.02.2024

Abstract

Introduction. One of the important factors significantly influencing the production of hydrogel of melon crops is contamination, and especially during their development from germination to the "Shatrik" phase. It is known that the main part of melons (watermelons, pumpkins, melons, squash, etc.) are cultivated on light sandy loam soils, with a feeding area of 1.0 to 6.0 m² per plant. The area of nutrition depends on the type of crop being cultivated. Before sowing melon seeds, pre-sowing tillage is carried out by cultivators to the depth of seed embedding. On the 5th-6th day, and sometimes even earlier, weed shoots appear, the most active are root weeds (field aspen, field bindweed, milkweed, etc.). It is known that the roots of these weeds reach a depth of 4.0 m. At the same time, there is a branching of the root system, the main node of which is located at a depth of 7.0 to 10.0 cm. The removal of weeds by conventional cultivators with flat-cutting paws is carried out by pruning them at a depth of 6...7 cm. A large depth is not recommended due to possible damage to the roots of cultivated plants, as well as an increase in the width of the protective zone. It is known that after pruning, additional growth points are formed at the site of the cut and the branching of the weed roots increases. The periods between treatments decrease, which leads to unnecessary costs and an increase in cost has a detrimental effect on the soil, due to repeated pruning, increases the protective zone of a row of melons, which is processed manually. Therefore, machines with working bodies are needed to ensure combing of the root system of weeds. **Object.** As an object of research, it is proposed to consider combing the roots of weeds together with the vegetative part with special working organs. **Materials and methods.** In theoretical studies, the Preston hypothesis was used in the form of a mathematical model describing the destruction of a material due to the displacement of layers depending on the limiting values of velocities and forces, taking into account the elastic properties of the material. **Results and conclusions.** When cultivating melons, the most expensive operation is the care of crops and, first of all, the treatment of crops from weeds. Therefore, a machine has been developed that can come out weeds by grabbing them by the root system. Such a technological operation is provided by special working bodies in the form of staples, capturing the root at a certain depth and pulling it out from the lower layers of the soil. In order to theoretically find a condition that excludes pruning of the root at the place of its capture, a study was carried out and the dependences of the displacement of the layers of the root crust on the force and speed of the action of the working organ were obtained. The limit values of the values are 2H.

Keywords: root-spreading weeds, root-sucking weeds, weed combing, V. P. Goryachkin's method, Preston's hypothesis, pulling efforts.

Citation. Tseplyaev V. A. Theoretical substantiation of the kinematic parameters of a combing machine for removing root weeds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 226-234 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-26.

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Author of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Author declare no conflict of interest.

УДК 631.334

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЫЧЕСЫВАЮЩЕЙ МАШИНЫ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ КОРНЕОТПРЫСКОВЫХ СОРНЯКОВ

Цепляев В. А., кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. К одному из важных факторов существенно влияющих на получение продукции бахчевых культур относят засоренность и особенно в период их развития от всходов до фазы «Шатрик». Известно, что основная часть бахчевых (арбузы, тыквы, дыни, патиссоны и т.д.) возделывается на легких супесчаных почвах, с площадью питания от 1,0 до 6,0 м² на одно расте-

ние. Площадь питания зависит от вида возделываемой культуры. Перед посевом семян бахчевых проводят предпосевную обработку почвы культиваторами на глубину заделки семян. На 5...6-ой день, а иногда и раньше, появляются всходы сорняков. Наиболее активными являются корнеотпрысковые сорняки (осот полевой, вьюнок полевой, молочайник и др.). Известно, что корни указанных сорняков достигают глубины 4,0 м. При этом наблюдается ветвление корневой системы, основной узел которой находится на глубине от 0,07 до 0,1 м. Удаление сорняков обычными культиваторами с плоскорежущими лапами выполняется за счет их подрезания на глубине 0,06...0,07 м. Большая глубина не рекомендуется из-за возможного повреждения корней культурных растений, а также увеличения ширины защитной зоны. Известно, что после подрезания на месте среза образуются дополнительные точки роста и ветвления корней сорняка, т.е. динамика его прорастания увеличивается. Периоды между обработками уменьшаются, что приводит к излишним затратам, повышению себестоимости и губительно влияет на почву, за счет многократных проездов, увеличивающих защитную зону ряда бахчевых, обработка которого выполняется вручную. Поэтому необходимы машины с рабочими органами, обеспечивающими вычесывание корневой системы сорняков. **Объект.** В качестве объекта исследования предлагается рассмотреть технологию вычесывания корней сорняков вместе с вегетативной частью специальными рабочими органами. **Материалы и методы.** В теоретических исследованиях использовалась гипотеза Престона в виде математической модели, описывающей разрушение материала за счет смещения слоев в зависимости от предельных значений скоростей и сил, с учетом упругих свойств материала. **Результаты и выводы.** При возделывании бахчевых культур наиболее затратной является операция ухода за посевами и, в первую очередь, обработка посевов от сорняков. Поэтому разработана машина, способная вычесывать сорняки за счет воздействия на корневую систему. Такая технологическая операция обеспечивается специальными рабочими органами в виде скоб, которые захватывают корень на определенной глубине и выдергивают его из нижних слоев почвы. Для теоретического нахождения условия, исключающего подрезания корня в точке его захвата, проведено исследование и получены зависимости величины смещения слоев коры корня от усилия и скорости воздействия рабочего органа. Предельные значения величин составляют 2,0 Н.

Ключевые слова: корнеотпрысковые сорняки, вычесывание сорняков, методика В. П. Горячкина, гипотеза Престона, усилия тербления.

Цитирование. Цепляев В. А. Теоретическое обоснование кинематических параметров вычесывающей машины для удаления корнеотпрысковых сорняков. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 226-234.DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-26.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Известно, что бахчевые культуры весьма чувствительны к сорнякам, и особенно в период фаз «всходы – шатрик». Посев сухими семенами бахчевых, даже в относительно влажную почву, приводит к тому, что всходы появляются только на 14...15 день [2, 13]. За этот промежуток времени сорняки развиваются настолько бурно, что не только снижают динамику появления всходов, но и приводят к существенной изреженности посевов [1, 5]. Свести период появления всходов к минимуму способна технология посева пророщенными семенами. [8, 9]. Применение указанной технологии снижает период: «посев» – «всходы» до 4...5 суток после посева. И тогда нет необходимости в проведении, так называемой, слепой междурядной обработки посевов или обработке с применением «маячных» культур [1, 3, 6].

Однако в любом случае при выполнении междурядных культиваций с применением плоскорежущих и стрельчатых лап требуется не менее 3...4-х обработок. Это приводит к увеличению затрат на удаление сорняков в междурядьях, а также уплотнение почвы, образование пылевидных частиц за счет воздействия колес трактора и рабочей машины на почву [4, 7]. Кроме этого третью, а тем более четвертую культивации приходится выполнять в фазе плетевосстановления и разрастания плетей бахчевых [9, 10]. В этом случае появляются еще две дополнительные операции, которые выполняются вручную – смещение плетей с междурядий на рядок, а потом, после культивации, укладка их на междурядье. Все это существенно сокращает производительность труда, повышает себестоимость единицы продукции. Поэтому нами предлагается использовать агрегат для удаления корнеотпрысковых сорняков способом вычесывания [12]. Работа машины для вычесывания сорняков основана на разности окружных скоростей роторных ножей со скобами, смонтированных на дисках, к которым крепятся звездочки

с разным числом зубьев, охваченные единой цепью [10]. Такая система обеспечивает самоторможение скоб, что позволяет им входить в почву, захватывая корневую систему сорняков и, за счет прямолинейного движения, вычесывать их из почвы. Конец лезвия скобы имеет специальный вырез для захватывания сорняков (рисунок 1).

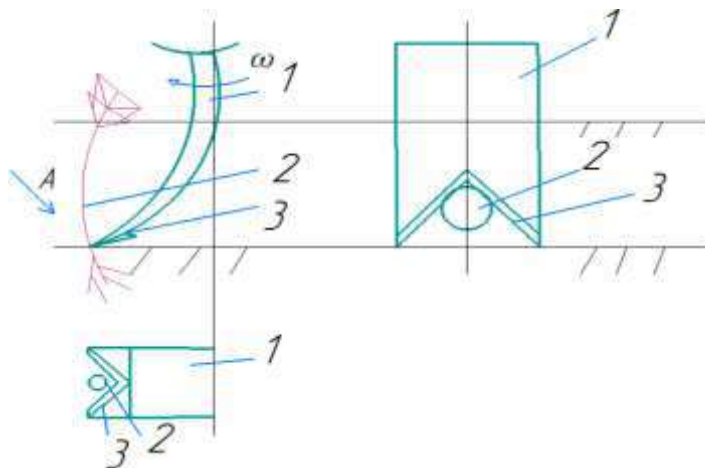


Рисунок 1 – Схема вычесывания сорняка скобой вычесывающей машины
1 – скоба; 2 – сорняк; 3 – лезвиеноса

Figure 1 – The scheme of combing a weed with a curly knife of a combing machine
1 – bracket; 2 – weed; 3 – knife blade

Корневая система выюнка полевого представляет собой разветвленную сеть гладких корней с вегетативными почками и зачатками с расстоянием между ними от 0,035...0,04 м в малых (0,08...0,1 м) слоях почвы, до 0,103...0,124 см при большей глубине [12, 13]. На рисунке 2 представлено строение корневой системы выюнка полевого.[5] Особенность строения использована при определении кинематических и динамических параметров рабочего органа.

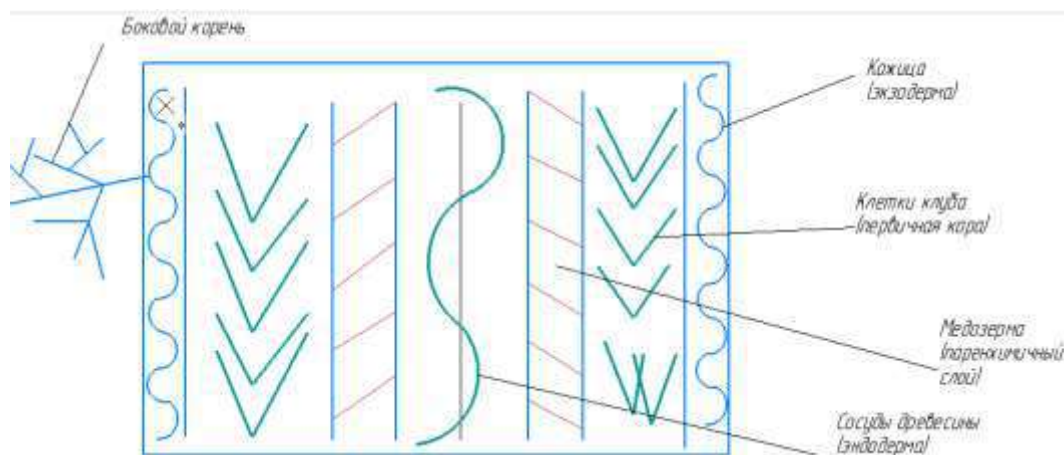


Рисунок 2 – Строение корневой системы сорняка (стержневая)

Figure 2 – The structure of the root system of a weed (stubble)

Экзодерма – это внешний слой корня, образованный несколькими слоями многоугольных и плотно прилегающих между собой клеток. По мере роста эти клетки выполняют защитную функцию.

Мезодерма – средний слой, образующий клетки паренхимы, в них происходит накопление питательных веществ. Также в этих клетках осуществляется синтез отдельных органических соединений, после чего они доставляются в ткани. Наличие межклетников обеспечивает процесс газообмена. В первичной коре – мезодерме, отводится наибольшее место.

Эндодерма – внутренний слой – составляют одного рода клетки. После отмирания они становятся водонепроницаемыми. Поэтому раствор минеральных солей находящихся в почве достигает центра корня только через тонкостенные живые пропускные клетки.

Слои экзодермы, мезодермы и эндодермы разделены между собой оболочками в виде тонкостенных (на молекулярном уровне) оболочек с низким коэффициентом трения.

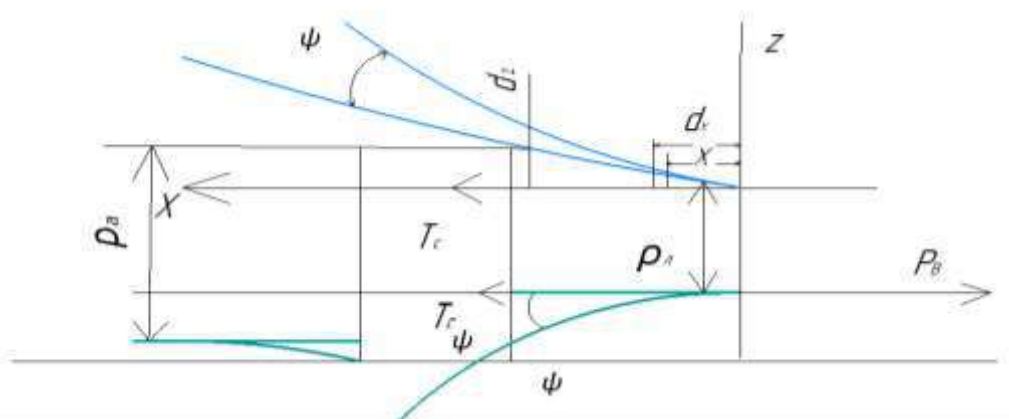


Рисунок 3 – Схема сдвига экзодермы корня при работе скобы корневычесывающего агрегата
Figure 3 – Diagram of the shift of the root exoderm during the operation of the root brace

Вычесывание корневой системы сорняка может быть при условии, исключающем его перерезание в точке контакта с рабочим органом. Наружная часть корневой системы сорняков может быть различной, от практически гладкой поверхности до шероховатой или с проростками мелких корешков [11, 12]. В соответствии с этим технологический процесс захвата корневой системы лезвием рабочего органа будет разным. Экспериментальными исследованиями установлено, что при гладкой поверхности корня (вьюнок полевой) лезвие рабочего органа захватывает наружные слои корня и сдвигает их по ходу движения скобы (рисунок 3). Этот сдвиг будет сопровождаться формированием узла из экзодерм и мезодерм корня. Далее произойдет захват узла лезвиями скобы, что приведет к образованию усилия и обеспечит вычесывание корней сорной растительности. Технологический процесс при шероховатой поверхности корня будет несколько иным. В частности, лезвие скобы в момент контакта с корнем не будет скользить по его поверхности, а вычесывание обеспечит усилие между лезвиями и ворсинками корня. При вычесывании корней с боковыми отростками (осот полевой) края лезвия подрезают его оболочку, под которой находится мезодерма, и сдвигает ее до взаимодействия с отростком, далее идет процесс вычесывания с большей глубины, чем та, на которой движется рабочий орган. Вычесывание корня может быть при условии, если основные факторы, также как скорость и сила от действия скобы, не смогут вызвать отрыв поврежденного лезвием корня. Исходя из технологического процесса вычесывания наибольшая вероятность отрыва корня в результате подрезания может быть для первого варианта (вычесывание гладкого корня).

Результаты и обсуждения. При проведении аналитического исследования в процессах, связанных с механическим смещением слоев, часто используют гипотезу Престона, которая представляет собой математическую модель зависимости разрушения материала от предельных значений скорости и сил, а также свойств материалов:

$$\underline{d\rho_0} = \frac{\rho \vartheta * \partial t}{\tau_y} \quad (1)$$

где $\underline{d\rho_0}$ – элементарная величина сдвига экзодермы корня, м; ρ – давление в точке контакта лезвия с сорняком, Н/м²; ϑ – скорость воздействия лезвия скобы на корень сорняка, м/с; ∂t – изменение времени, с; τ_y – коэффициент, учитывающий упругие свойства материала, Н/м².

Для проведения последующих аналитических исследований обозначим некоторые условия.

1. Диаметр корня после смещения коры остается величиной постоянной ρ_k .

2. Подрезанная лезвием скобы кора сдвигается по некоторой криволинейной поверхности.

3. Сдвигаемая кора обладает упругими свойствами.

4. В начале координат – т. 0 – угол между касательной к вектору скорости и оси координат « y » равен $\varphi = \frac{\pi}{2}$.

5. Предельная величина сдвига корня не превышает значения $Q_y - 2,0H$ среднего расстояния между соседними узлами корня.

На основе условий, приведенных выше, представим выражение (1) в следующем виде:

$$\partial \rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\kappa} * \vartheta_{\kappa} * s_{\lambda} * \partial t}{\mu_{\kappa}}, \quad (2)$$

где $\partial \rho_{\lambda}$ – элементарное изменение диаметра корня при сдвиге его коры, м; ρ_{κ} – удельное усилие в зоне контакта лезвия с корнем, Н/м²; ϑ_{κ} – критическая скорость от действия лезвия, м/с; ∂t – элементарное изменение времени, с; μ_{κ} – коэффициент приращения усилия при сдвиге коры, н.

На схеме (рис. 3) обозначены силы, действующие на корень со стороны лезвия: T_{λ} – сила направленная перпендикулярно оси корня, н; T_c – сила, обеспечивающая сдвиг коры корня, н. Очевидно, что сила T_c определяется как произведение $T_{\lambda} * f_c$, где f_c – коэффициент, учитывающий сопротивление смещенного слоя подрезанной коры относительно стержня корневой системы, т.е. $T_c = T_{\lambda} * f_c$ – для сдвига элементарного слоя. Тогда полная величина силы сдвига на расстояние α_{κ} , судя по схеме (рис. 2), будет равна:

$$T_c = T_{\lambda} * \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right),$$

а после преобразования:

$$T_c = T_{\lambda} * f_c / \operatorname{tg} \quad (3)$$

Из условия упругости сдвигаемого слоя может быть записано дифференциальное уравнение изменения угла φ относительно изменения вертикальной оси OZ, т.е.

$$\frac{\partial \varphi}{\partial Z} = \frac{M_{cg}}{E_c l}, \quad (4)$$

где φ – изменение угла относительно траектории изменения скорости сдвига и осью OZ, рад; M_{cg} – момент сдвига слоя, н*м; E – модуль упругости сдвигаемого слоя, МПа; l – момент инерции поперечного сечения сдвигаемого слоя, относительно оси, перпендикулярной к плоскости вращения, м⁴.

Момент сдвига определится:

$$M_{cg} = T_j' * l_j, \quad (5)$$

где T_j – сила в j – ом поперечном сечении, н; l_j – координата, соответствующая поперечному сечению в плоскости сдвигаемого слоя.

Исходя из методик решения подобных задач по сопротивлению материалов, где рассматривается незначительное перемещение упругого слоя консольно зашпеленных балок, предельное напряжение в опасном сечении балки определится как:

$$Q = \frac{M_x * h^2}{Y_z}, \quad (6)$$

где M_x – изгибающий момент в сечении н*м; h – размер сечение балки относительно оси симметрии, м; Y_z – осевой момент инерции в изучаемом сечении, м⁴.

Угол изгиба стружки φ , на ее длине dx при незначительных перемещениях dz/dx определится как:

$$\varphi = \frac{1}{E_c l_z} * \int_{z_0}^z M_x * dz. \quad (7)$$

Условие (7), полученное для малых перемещений, абсолютно не соответствует изучаемому процессу сдвига коры с образованием стружки, а значит, все дальнейшие аналитические анализы необходимо связывать с большими перемещениями, т.е. с текущей координатой, изменение которой связано с криволинейной зависимостью.

Следовательно, учитывая схему (рис 3.), а также зависимости (6 и 7), изменение угла φ соответствует динамике текущего угла φ_j и для криволинейной зависимости угол « φ » будет представлен:

$$\varphi = \varphi_j = \frac{T_{\lambda} * Q_y * z}{E_c Y_z} * \left(1 - \frac{z}{2l_c}\right), \quad (8)$$

где φ_j – изменение угла, определяемого положением оси координат и касательной к точке в « j » - ом сечении сдвигаемой стружки. Изменение угла « φ » – это по существу его производная относительно оси OZ:

$$\frac{d\varphi}{dz} = \varphi_z = \frac{T_{\lambda} * Q_y}{E_c Y_z}, \quad (9)$$

Предельное значение угла « φ » от воздействия лезвия скобы $z = p'_k$, при $\varphi' = 0$.

$$\varphi = \frac{T_{\lambda} * p_{\lambda}^{'2}}{2E_c Y_z}, \quad (10)$$

При работе лезвия скобы величинам z и φ приходится на конкретный сдвиг в координатах OXZ, отсюда:

$$dx = dz \sin \varphi \quad (11)$$

где dx – элементарное изменение скорости. Тогда на основе полученной зависимости (8) получим:

$$X = p'_l \int_0^{p'_k} \sin \frac{T_{\lambda} * p'_l}{E_c Y_z} \left(1 - \frac{z}{2p'_l}\right) dz \quad (12)$$

В соответствии с условием критическое значение $z = p'_l$.

Исходя из полученных ранее зависимостей (4 и 5), выразим величину:

$$T'_c = \frac{M_{cg}}{Z_j} = \frac{E_c Y \frac{d\varphi}{dz}}{z_j}, \quad (13)$$

Тогда учитывая выражения (8, 9), определим усилие T'_c :

$$T_c = \frac{T_{\lambda} * p'_l * f_l \int_0^{Q_y} \left(1 - \frac{z}{Q_y}\right) dz}{2 * tg \gamma \int_0^{Q_y} \sin \left[\frac{T_{\lambda} * p'_l}{E_c Y_z} \left(1 - \frac{z}{2Q_y}\right) \right] dz}, \quad (14)$$

где, цифра «2» в знаменателе указывает на распределение нагрузки со стороны $2^{\pm}$ лезвий, в соответствии с конструкцией скобы. Полученное предельное значение усилия T_c (выражение 14) – это сила, затраченная на вычесывание сорняка, т.е.

$$T_B = 2T_c. \quad (15)$$

Технологический процесс вычесывания сорняка вполне может быть уподоблен машинными операциями при работе теребильных аппаратов корнеуборочных машин. Условия теребления для корнеплодов сахарной свеклы может быть записано:

$$2F = 2Nf \geq G + Q + P_{un} \leq [P_Q], \quad (16)$$

где N – усилие сжатия ботвы рабочими органами, H ; f – коэффициент сцепления ботвы с рабочими органами; G – вес корнеплода вместе с ботвой и почвой прилипшей к корнеплоду, H ; Q – сила связи корня с почвой после подкапывания, H ; P_{un} – сила инерции корнеплода, H ; $[P_Q]$ – сила отрыва ботвы.

Тогда приравниваем значение выражений 15 и 16, т.е.

$$T_B = G + Q + P_{un}. \quad (17)$$

В последующем анализе будем учитывать значение «Т_в». Используя формулу (2), определим критическую скорость « ϑ_k » воздействия лезвия скобы, на корень.

$$\vartheta_k = \frac{\frac{dp'_l}{dt} \cdot \mu_z}{p_z S_j}, \quad (18)$$

где $\frac{dp'_l}{dt}$ – изменение толщины сдвига экзодермы в единицу времени, т.е. изменение текущей координаты «Z» при сдвиге в единицу времени, $\frac{dp'_l}{dt} = \frac{dz}{dt}$; $p'_z \cdot S_j = T'_c$ – усилие при сдвиге слоя экзодермы в j – ом сечении.

Тогда:

$$\vartheta_k = \frac{tg \gamma \int_0^{Q_y} \sin \left[\frac{T_\lambda \cdot p'_l}{E_y \cdot J_z} \left(1 - \frac{z}{2Q_y} \right) \right] dz \cdot \mu_z \frac{dz}{dt}}{T_\lambda \cdot p'_l \cdot f_l \int_0^{Q_y} \left(1 - \frac{z}{Q_y} \right) dz}. \quad (19)$$

Исходя из методики В. П. Горячкина, предельное значение скорости при продольном воздействии не должно превышать величину:

$$\vartheta_{\text{прод}} = \left(\frac{E}{\rho} \right)^{1/2},$$

где E – модуль упругости корня, Н/м²; ρ – плотность материала кг/м³, отсюда $\vartheta_k \leq \vartheta_{\text{прод}}$.

Полученное выражение (19) может быть решено с использованием программы, полученной в интегрированной среде программирования *TurboPascal*. Блок-схема алгоритма программы определения скорости вычесывания корневой системы сорняка представлена на рисунке 4.

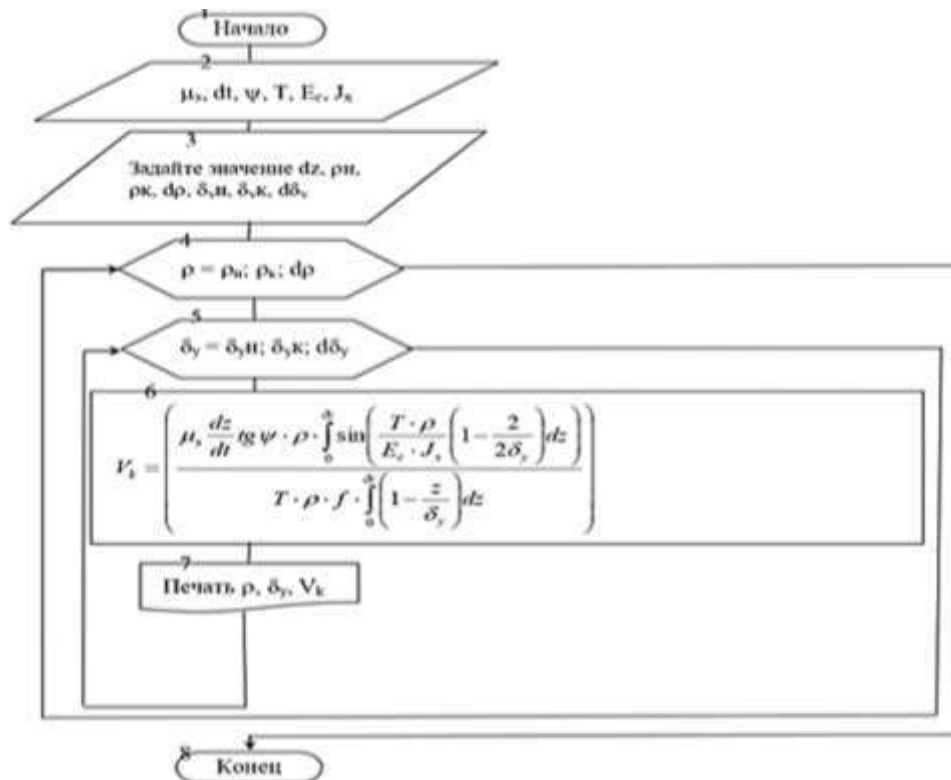


Рисунок 4 – Блок-схема алгоритма программы определения скорости вычесывания корневой системы сорняка

Figure 4 – Block diagram of the algorithm of the program for determining the speed of combing the root system of a weed

В результате подстановки цифровых значений были получены теоретические кривые, представленные на графике (рис. 5).

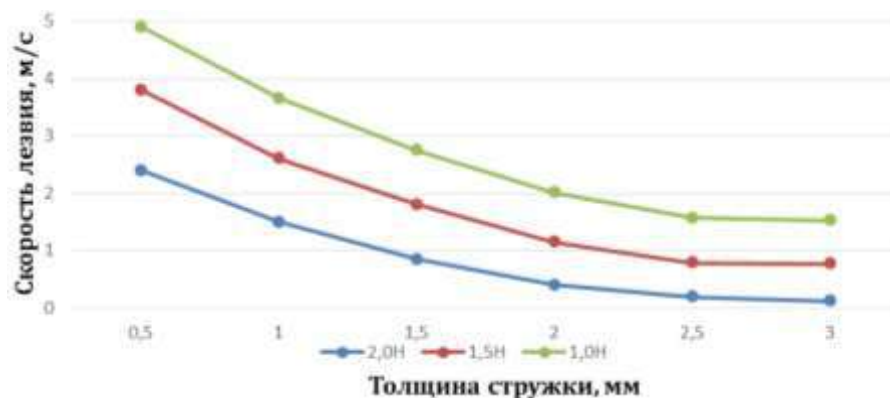


Рисунок 5 – Зависимость скорости лезвия скобы от толщины стружки и усилия сдвига

T_{λ} – усилие сдвига – 1,0Н; T_{λ} – усилие сдвига – 1,5Н; T_{λ} – усилие сдвига – 2,0Н

Figure 5 – Dependence of the speed of the staple blade on the chip thickness and shear force

T_{λ} – shear force – 1,0N; T_{λ} – shear force – 1,5N; T_{λ} – shear force – 2,0N

Судя по полученной формуле 19, скорость воздействия на корень сорняка обратно-пропорциональна силе, с которой он будет вычесываться из почвы, что и отражено в поведении полученных графиков. Сами кривые, в общем случае, носят интегральный закон изменения, что соответствует полученной формуле 19.

Заключение. Исходя из биологического строения корня и учитывая гипотезу Престона о взаимосвязи скорости, сил, действующих на разрушаемый материал, проведен теоретический анализ и получено интегральное уравнение по определению скорости воздействия лезвия скобы на корень сорняка при его вычесывании. Полученное выражение 19 носит достаточно сложную зависимость и его решение аналитическим способом затруднено. Поэтому разработана программа в среде программирования *TurboPascal* для численного решения уравнения, и после подстановки постоянных и переменных параметров, получены графики зависимости скорости лезвия скобы от толщины стружки и усилия сдвига.

Conclusions. Based on the biological structure of the root and taking into account Preston's hypothesis about the relationship of speed and forces acting on the destroyed material, a theoretical analysis was carried out and an integral equation was obtained to determine the speed of the impact of the staple blade on the weed root when combing it. The resulting expression 19 has a rather complex dependence and its solution in an analytical way is difficult. Therefore, the Turbo Pascal program was developed for the numerical solution of the equation and, after substituting constant and variable parameters, the obtained graphs of the dependence of cutting the weed root by soil.

Библиографический список

1. Алдошин Н. В., Маматов Ф. М., Исмаилов И. И. Средства механизации для обработки почвы в бахчеводстве. Техника и оборудование для села. 2021. № 2 (284). С. 12-15
2. Быковский Ю. А., Колебошина Т. Г. Технология производства бахчевых. Картофель и овощи. 2016. № 10. С. 11-13.
3. Завражнов А. А., Завражнов А. И., Земляной А. А., Ланцев В. Ю., Акишин Д. В., Ибраев А. С., Якушев А. В. Геометрия посева пропашных культур. Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 1. С. 59-66.
4. Клочков А. В. Механические и физические методы борьбы с сорняками. Наше сельское хозяйство. Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. 2020. № 17 (241). С. 84-89.
5. Соколов А. С., Байрамбеков Ш. Б., Соколова Г. Ф. Влияние обработки почвы, удобрений, гербицидов на засоренность и урожайность овощных культур в севообороте. Успехи современного естествознания. 2018. № 8. С. 78-84.
6. Соколов А. С., Соколова Г. Ф. Изучение влияния кратности междурядных обработок на засоренность и урожайность дыни в Астраханской области. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (163). С. 76-81.
7. Фетюхин И. В., Черненко И. Е. Совершенствование химического метода борьбы с сорняками на подсолнечнике. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 157. С. 206-217.
8. Цепляев А. Н., Харлашин А. В., Ульянов М. В., Скрипкин Д. В. Теоретические исследования по определению допустимой скорости ложечек высевающего аппарата для посева проросших семян бахчевых культур. Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 3 (31). С. 75-77.

9. Цепляев В. А. Теоретическое обоснование технологии ухода за посевами. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 2. С. 314-320.
10. Цепляев В. А. Механо-математическая модель смещения плети бахчевых активным рабочим органом при обработке посевов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 4. С. 378-389.
11. Matasov A. N., Ceplyaev A. N., Ulyanov M. V., et al. Analytical Determination of Technological Parameters in the Work of a Self-driving Machine for Soil Loosening and Weeds Removing. Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. V. 206. Pp. 1079-1085.
12. Murmu K., Thakur T. C. Design and development of combined conservation Tillage machine with chisels and clod pulverizing roller. AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. № 50 (1). Pp. 66-72.
13. Bairambekov Sh. B., Korneva O. G., Polyakova E. V., Gulyaeva G. V., Sokolov A. S. Agrotechnical and chemical methods of weeds control in the vegetable crop rotation link // Ecology, Environment and Conservation Journal Papers. 2017. V. 23 (3). Pp. 1684-1690.

References

1. Aldoshin N. V., Mamatov F. M., Ismailov I. I. Means of mechanization for tillage in melon farming. Machinery and equipment for the village. 2021. No 2 (284). Pp. 12-15.
2. Bykovsky Yu. A., Koleboshina T. G. Technology of melon production. Potatoes and vegetables. 2016. No 10. Pp. 11-13.
3. Zavrazhnov A. A., Zavrazhnov A. I., Zemlyanoi A. A., Lantsev V. Yu., Akishin D. V., Ibraev A. S., Yakushev A. V. Geometry of sowing row crops Russian agricultural science. 2022. No 1. Pp. 59-66.
4. Klochov A. V. Mechanical and physical methods of weed control. Our agriculture. Belarusian State Agricultural Academy. 2020. No 17 (241). Pp. 84-89.
5. Sokolov A. S., Bayrambekov Sh. B., Sokolova G. F. The effect of tillage, fertilizers, herbicides on the contamination and yield of vegetable crops in crop rotation. The successes of modern natural science. 2018. No 8. Pp. 78-84.
6. Sokolov A. S., Sokolova G. F. Study of the effect of the multiplicity of row-to-row treatments on the contamination and yield of melons in the Astrakhan region. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2018. No 5 (163). Pp. 76-81.
7. Fetyukhin I. V., Chernenko I. E. Improvement of the chemical method of weed control on sunflower. Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2020. No 157. Pp. 206-217.
8. Tseplyaev A. N., Kharlashin A. V., Ulyanov M. V., Skripkin D. V. Theoretical studies on determining the permissible speed of the spoons of the sowing apparatus for sowing germinated melon seeds. Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. 2019. No 3 (31). Pp. 75-77.
9. Tseplyaev V. A. Theoretical justification of care technology for crops. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex. 2022. No 2. Pp. 314-320.
10. Tseplyaev V. A. A mechanical and mathematical model of the displacement of the melon whip by an active working organ during the processing of crops. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex. 2022. No 4. Pp. 378-389.
11. Matasov A. N., Ceplyaev A. N., Ulyanov M. V., et al. Analytical Determination of Technological Parameters in the Work of a Self-driving Machine for Soil Loosening and Weeds Removing. Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. V. 206. Pp. 1079-1085.
12. Murmu K., Thakur T. C. Design and development of combined conservation Tillage machine with chisels and clod pulverizing roller. AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. № 50 (1). Pp. 66-72.
13. Bairambekov Sh. B., Korneva O. G., Polyakova E. V., Gulyaeva G. V., Sokolov A. S. Agrotechnical and chemical methods of weeds control in the vegetable crop rotation link // Ecology, Environment and Conservation Journal Papers. 2017. V. 23 (3). Pp. 1684-1690.

Информация об авторе

Цепляев Виталий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, ректор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: volgau@volgau.com

Author's Information

Tseplyaev Vitaly Alekseevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Rector, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: volgau@volgau.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-27

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE THROUGHPUT CAPACITY OF THE DEVELOPED AUTOMATIC REGULATOR FOR WATER SUPPLY TO THE IRRIGATION CANAL

Ovchinnikov A. S., Kiselev A. A., Melichov K. M., Kozinskaya O. V.

Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: rumia1970@yandex.ru

Received 18.12.2023

Submitted 19.01.2024

Summary

An automatic regulator for water distribution in open irrigation systems is proposed, which will find application in farms that need reliable accounting data, filling and maintaining specified water levels in irrigation canals.

Abstract

Introduction. Rational use of water bodies is possible only if reclamation systems are equipped with modern and affordable automation means, which will allow reducing unproductive water losses at the lowest cost of production and operation. The relevance of creating new automatic water flow regulators is due to

the increase in irrigated areas for the implementation of the program in the Volgograd region. **Object.** The object of the study is the water level regulator in the downstream of the irrigation canal. **Materials and methods.** A theoretical justification is given for calculating the capacity of the developed auto-regulator based on an analysis of fluid flow using D. Bernoulli's equation and a hydraulic calculation of the regulator elements. **Results and conclusions.** An automatic regulator has been developed for water distribution in open irrigation systems, which allows for initial filling in accordance with the calculated flow rate, does not allow overflow, maintains a given water level during operation, does not depend on electricity, has a simple design, resistance to external influences and the ability to be serviced by personnel without special highly qualified training and significant time investment. A theoretical justification is given for calculating the capacity of the developed auto-regulator based on an analysis of fluid flow using D. Bernoulli's equation and a hydraulic calculation of the regulator elements.

Keywords: automation of reclamation systems, automatic water supply regulators, irrigation canals, farms.

Citation. Ovchinnikov A. S., Kiselev A. A., Melikhov K. M., Kozinskaya O. V. Theoretical justification of the throughput capacity of the developed automatic regulator for water supply to the irrigation canal. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 234-241 (in Russian). DOI: DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-27.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the design, execution, or analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 626.823.6

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ РАЗРАБОТАННОГО АВТОРЕГУЛЯТОРА ПОДАЧИ ВОДЫ В ОРОСИТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ

Овчинников А. С., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Киселёв А. А., аспирант

Мелихов К. М., кандидат технических наук, доцент

Козинская О. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Рациональное использование водных объектов возможно только при оснащении мелиоративных систем современными и доступными средствами автоматизация, что позволит при наименьших затратах на изготовление и эксплуатацию сократить непроизводительные потери воды. Актуальность создания новых автоматических регуляторов расхода воды обусловлена увеличением орошаемых площадей по реализации программы на территории Волгоградской области.

Объект. Объектом исследования является регулятор уровня воды в нижнем бьефе канал-оросителя. **Материалы и методы.** Приведено теоретическое обоснование по расчету пропускной способности разработанного авторегулятора на основе анализа течения жидкости с использованием уравнения Д. Бернулли и гидравлический расчет элементов регулятора. **Результаты и выводы.** Разработан автоматический регулятор для водораспределения на открытых оросительных системах, позволяющий производить начальное заполнение в соответствии с расчетным расходом, не допускающий переполнение, поддерживающий в ходе работы заданного уровня воды, не зависящий от электроэнергии, обладающий простотой конструкции, устойчивостью к внешним воздействиям и возможностью обслуживания персоналом без специальной высококвалифицированной подготовки и значительных затрат времени. Приведено теоретическое обоснование по расчету пропускной способности разработанного авторегулятора на основе анализа течения жидкости с использованием уравнения Д. Бернулли и гидравлический расчет элементов регулятора.

Ключевые слова: автоматизация мелиоративных систем, авторегулятор подачи воды, канал-ороситель, фермерские хозяйства.

Цитирование. Овчинников А. С., Киселёв А. А., Мелихов К. М., Козинская О. В. Теоретическое обоснование пропускной способности разработанного авторегулятора подачи воды в оросительный канал. *Известия НВ АУК.* 2024. 1 (73). 234-241. DOI: DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-27.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Восстановление и оснащение современными технологиями оросительных систем является приоритетной задачей Российской Федерации. На сегодняшний день оросительные системы проходят этап реконструкции существующих и строительства но-

вых систем. С развитием компьютерных технологий и поставленной правительством нашей страны задачи импортозамещения необходимо оснастить гидротехнические сооружения современными автоматизированными приборами учета подаваемой на оросительные каналы воды.

Разработка эффективных и надежных ирригационных систем, водохозяйственных и гидротехнических сооружений способствует развитию новых технологий при строительстве и эксплуатации сооружений на каналах оросительных систем с целью экономии оросительной воды [1-4], так как растущее водопотребление и климатические изменения являются основными источниками проблемы нехватки водных ресурсов во всем мире. В связи с этим актуальным вопросом является исследование методов по повышению качества регулирования воды в каналах оросительных систем [5, 6].

Волгоградская область находится в зоне рискованного земледелия, где получение высоких урожаев невозможно без использования оросительных мелиораций.

В настоящее время общая площадь земель под орошением в Волгоградской области составляет более 67 тыс. га, к 2024 году планируется нарастить орошаемые площади до 90 тыс. га, а следовательно, необходимо автоматизировать водоучет с использованием инновационных технологий и тем самым регулировать процесс распределения воды в необходимых объемах.

На сегодняшний день многие мелиоративные системы оснащены простейшими средствами учета воды в оросительных каналах и управление процессом водоподдачи ведется в ручном режиме регулировщиком, что ведет к перерасходу оросительной воды и возникновению возможных аварийных ситуаций из-за переполнения. Также в частности при поливе дождеванием, работа дождевальными машинами типа Кубань с использованием стандартных средств водоучета приводит к большим погрешностям вследствие динамических процессов неустановившегося режима потока в каналах орошения.

Проектирование, эксплуатация и реконструкция инженерно-мелиоративных систем с внедрением современных технологий по повышению эффективности средств регулирования водоподдачи и водоучета является актуальным решением поставленных задач по регулированию воды в оросительных каналах, как в России, так и в зарубежных странах [7-12].

Материалы и методы. Расход жидкости, протекающей через затопленное отверстие в стенке камеры регулирования II имеет вид

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_0}, \quad (1)$$

где μ – коэффициент расхода водовыпуска; ω – площадь поперечного сечения потока; H_0 – напор над порогом водослива; g – ускорение силы тяжести.

Для определения коэффициента расхода μ и скоростного коэффициента φ запишем уравнение Д. Бернулли для сечений 1-1 и 2-2 (рисунок 1) в следующем виде

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} = h_{w1-c} + h_{wc-2}, \quad (2)$$

где v_2 – скорость в сжатом сечении; h_{w1-c} – потери напора от сечения 1-1 до сжатого сечения, равные по величине потере напора при истечении из незатопленного отверстия, т.е.

$$h_{w1-c} = \zeta_{o.k} \frac{v_c^2}{2g}; \quad (3)$$

h_{wc-2} – потери напора, обусловленные внезапным расширением струи от сжатого сечения до сечения второго резервуара площадью Ω_2 ; эти потери определяются по Борда

$$h_{wc-2} = \frac{v_c^2}{2g} \left(1 - \frac{w_c}{w} \right)^2, \quad (4)$$

С учетом (3) и (4) уравнение (2) примет вид

$$h_1 - h_2 = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + \frac{v_c^2}{2g} \left[\zeta_{o.к.} \left(1 - \frac{w_c}{w} \right)^2 \right]. \quad (5)$$

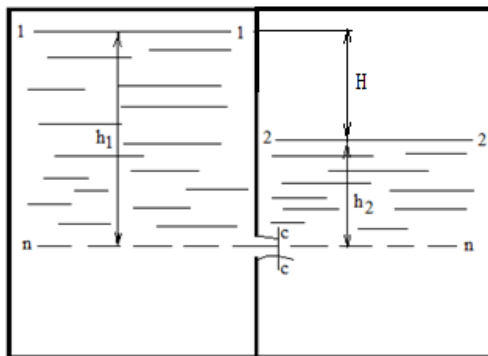


Рисунок 1 – Расчетная схема
Figure 1 – Calculation scheme

Обозначим коэффициент сжатия струи через ε , $\frac{w_c}{\Omega_1}$ через n (Ω_1 – площадь сечения первого резервуара) и $\frac{w_c}{\Omega_2}$ через m и соответственно определив v_1 и v_2 уравнение (5) можно переписать в виде

$$h_1 - h_2 = \frac{v_c^2}{2g} \left[\varepsilon^2 m^2 - \varepsilon^2 n^2 + \zeta_{o.к.} + (1 - \varepsilon m)^2 \right]. \quad (6)$$

Из уравнения (6) находим

$$v_c = \varphi_3 \sqrt{2g(h_1 - h_2)}, \quad (7)$$

где

$$\varphi_3 = \left(2\varepsilon^2 m^2 - \varepsilon^2 n^2 + 1 + \zeta_{o.к.} - 2\varepsilon m \right)^{-1/2}, \quad (8)$$

Расход определится по зависимости

$$Q = w_c v_c = \mu_3 \omega \sqrt{2g(h_1 - h_2)}, \quad (9)$$

где

$$\mu_3 = \varphi_3 = \frac{\varepsilon}{2\varepsilon^2 m^2 - \varepsilon^2 n^2 + 1 + \zeta_{o.к.} - 2\varepsilon m}. \quad (10)$$

При m и $n \rightarrow 0$, т.е. для истечения из малых отверстий уравнение (10) имеет вид

$$\mu_3 = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1 + \zeta_{o.к.}}} = \mu_{св}. \quad (11)$$

При $n \rightarrow 0$, а $m > 0$ уравнение (10) примет вид

$$\mu_3 = \frac{\varepsilon}{\sqrt{2\varepsilon m(\varepsilon m - 1) + 1 + \zeta_{o.к.}}}. \quad (12)$$

При расчете авторегулятора определяется время его открытия и закрытия.
Время открытия авторегулятора определяется из уравнений: при подтопленном истечении

$$t_n = \frac{8V_{p.k}}{\pi\sqrt{2gz}(\mu_2 d_2^2 - \mu_1 d_1^2)}; \quad (13)$$

при свободном истечении в нижнем бьефе

$$t_c = \frac{8V_{p.k}}{\pi\sqrt{2g}(\mu_2 d_2^2 \sqrt{H} - \mu_1 d_1^2 \sqrt{z})}, \quad (14)$$

где $V_{p.k}$ – объем рабочей камеры; d_1, d_2 – диаметры входного и выходного отверстий; μ_1, μ_2 – коэффициенты расхода соответственно входного и выходного отверстий; z – гидравлический перепад для отверстий; H – напор над выходным отверстием.

Время закрытия авторегулятора определяется из уравнения

$$t_3 = \frac{8V_{p.k}}{\mu_1 \pi d_1^2 \sqrt{2gz}}. \quad (15)$$

Выталкивающая сила F , действующая на поплавков при повышении уровня на величину Δh от расчетного, определяется по формуле

$$F = \gamma_w \frac{\pi D^2}{4} \Delta h, \quad (16)$$

где D^2 – диаметр поплавка; γ_w – объёмный вес воды; Δh – величина погружения поплавка.

Сила, действующая на шток гибкой диафрагмы, передается на площадь S_{cp} и создает в емкости клапана давление P_n

$$P_n = \gamma_w \frac{F l_1}{S_{cp} l_2}, \quad (17)$$

где $S_{cp} = \frac{\pi d_{cp}^2}{4}$ – средняя площадь диафрагмы; $d_{cp} = \frac{d_k + d_D}{2}$ – средний диаметр мембраны; d_k – диаметр чашки клапана, d_D – диаметр зажимного диска, равный $0.7d_k$.

Подставив F и S_{cp} в равенство (17), получим

$$P_n = \frac{D^2 \Delta h l_1}{0.7 d_k^2 l_2} \gamma_w. \quad (18)$$

Противодавление столба жидкости в соединительной трубе равно

$$P_{жс} = \gamma_w z_k \frac{0.85 \pi d_k^2}{4}, \quad (19)$$

где z_k – максимальный перепад между передающим и приемным клапаном.

Диаметр поплавка и клапана с соблюдением следующего условия

$$P_n \geq P_{жс}. \quad (20)$$

Введением коэффициента запаса k_g для надежной работы системы и подстановкой значений P_n и $P_{ж}$ получим

$$D = 0.36 d_k^2 \sqrt{\frac{\pi l_2 z_k}{l_1 \Delta h k_g}}, \quad (21)$$

где коэффициент запаса $k_g = 1.05-1.10$; l_1 и l_2 – длина плеч, которая выбирается исходя из заданной точности регулирования уровня воды.

Результаты и обсуждения. В настоящей работе для внедрения в фермерские хозяйства предлагается разработанный авторегулятор по регулированию воды в оросительных каналах (рисунок 2).

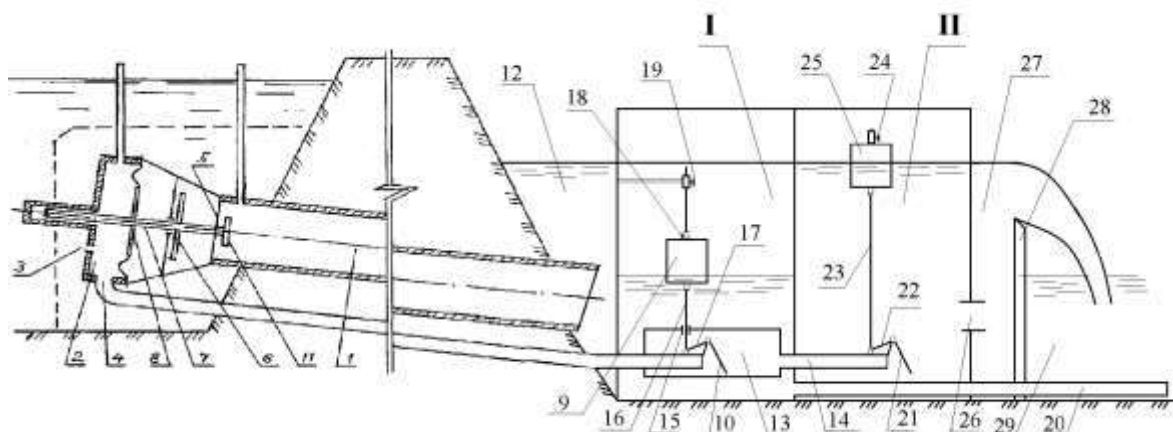


Рисунок 2 – Регулятор уровня воды в нижнем бьефе канала-оросителя состоит из: водовыпускной трубы 1, мембранного привода 2, полости 3, канала 4, расходного отверстия 5, затвора 6, штока 7, мембраны 8, поплавковых датчиков уровня 9, 25 затворов 10, 21, диска 11, резервуара 12, малой камеры регулирования 13, малого патрубка 14, отверстия 15, штоков 16, 23, рычагов 17, 22, винта 18, регуляторов уровня воды 19, 24, отверстия 26, резервуара 27, водослива 28, канал-оросителя 29

Figure 1 – Water level regulator in the downstream of the irrigation channel: consists of a water outlet pipe 1, a membrane drive 2, a cavity 3, a channel 4, a flow hole 5, a gate 6, a rod 7, a membrane 8, float level sensors 9, 25 valves 10, 21, a disk 11, a reservoir 12, a small control chambers 13, small nozzle 14, holes 15, rods 16, 23, levers 17, 22, screws 18, water level regulators 19, 24, holes 26, reservoir 27, spillway 28, irrigation channel 29

Водовыпускная труба 1 входит в резервуар уровня воды 12. На выходном патрубке канала 4 в нижнем бьефе в первой камере регулирования I установлена жестко малая камера 13 с малым выходным патрубком 14 и с отверстием 15, через которое проходит шток 16, соединенный рычагом 17 с затвором 10. На штоке 16 с помощью винта 18 закреплен первый поплавковый датчик 9. Шток 16 соединен с устройством регулирования уровня воды 19, которое закреплено к стенке первой камеры регулирования I. Первая камера регулирования I соединена пластиковой трубой 20 с каналом-оросителем 29. На выходном малом патрубке 14 малой камеры 13, который находится во второй камере регулирования II, закреплен затвор 21, соединенный рычагом 22 со штоком 23, на котором с помощью винта 24 закреплен второй поплавковый датчик 25. Вторая камера регулирования II имеет отверстие 26, из которого вода поступает в резервуар 27 перед водосливом 28.

Регулирование уровня воды в нижнем бьефе осуществляется с помощью поплавковых датчиков. При понижении уровня воды в оросительном канале сливное отверстие открывается. В первой камере регулирования за счет снижения внутреннего давления происходит открытие входного отверстия водовыпускной трубы шток, затвор и диск сдвигаются в левую сторону, происходит заполнение второй камеры регулирования и осуществляется процесс подачи расчетного расхода в канал-ороситель.

Разработанный авторегулятор предотвращает переполнение канала, перелива через дамбы и размыва, регулируя уровень в нижнем бьефе и тем самым обеспечивая подачу постоянного расхода воды в канал-ороситель.

Выводы. Разработан автоматический регулятор для водораспределения на открытых оросительных системах, позволяющий производить начальное заполнение в соответствии с расчетным расходом, не допускающий переполнение, поддерживающий в ходе работы заданного уровня воды, не зависящий от электроэнергии, обладающий простотой конструкции, устойчивостью к внешним воздействиям и возможностью обслуживаться персоналом без специальной высококвалифицированной подготовки и значительных затрат времени. Приведено теоретическое обоснование по расчету пропускной способности разработанного авторегулятора на основе анализа течения жидкости с использованием уравнения Д. Бернулли и гидравлический расчет элементов регулятора.

Conclusions. An automatic regulator for water distribution on open irrigation systems has been developed, which allows for initial filling in accordance with the design flow rate, does not allow overflow, maintains a given water level during operation, does not depend on electricity, has a simple design, resistance to external influences and the ability to be serviced by personnel without special highly qualified training and significant time consumption. A theoretical justification for the calculation of the flow capacity of the developed autoregulator based on the analysis of fluid flow using the equation of D. Bernoulli and the hydraulic calculation of the regulator elements is given.

Библиографический список

1. Овчинников А. С., Киселёва Р. З., Мелихов К. М., Киселёв А. А. Автоматические регуляторы для оснащения гидротехнических сооружений при орошении риса. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 342-351.
2. Островский Н. В., Ванжа В. В., Самойлюков Ю. Н., Бандурин М. А., Дегтярева Е. В. Эффективные решения по автоматизации локализованных ирригационных систем. Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 102-107.
3. Кадирова Г. А. Авторегулятор уровня воды для каналов параболического сечения и его пропускная способность. Journal of Irrigation and melioration. 2022. № 3-4. С. 29-30.
4. Атаманова О. В., Султаналиева Т. С., Ногойбаева К. Б. Пути совершенствования технических средств стабилизации водоподдачи на открытых оросительных системах. Вестник КРСУ. 2010. Том 10. № 2. С. 85-90.
5. Tkachev A. A., Ivanenko Yu. G., Zarubin V. V., Olgarenko I. V. Automation of water distribution management during the reconstruction of main irrigation canals. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. V. 537. 032070.
6. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 9-19.
7. Hashemy Shahdany S. M., Taghvaeian S., Maestre J. M., Firoozfar A. R. Developing a centralized automatic control system to increase flexibility of water delivery within predictable and unpredictable irrigation water demands. Computers and Electronics in Agriculture. 2019. Vol. 163. 104862.
8. Zhigang Y., Zhongjing Wang, Jinlong Liu, Teng Zhang Canal Controllability Identification Based on Automation Theory to Improve Water Delivery Efficiency in Irrigation Canal Systems. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2023. No 149 (8).
9. Cao X., Li Y., Wu M. Irrigation water use and efficiency assessment coupling crop cultivation, commutation and consumption processes. Agricultural Water Management. 2022. No 261. 107370.
10. Orloff C. R. Inka Hydraulic Engineering at the Tipón Royal Compound (Peru). Water (Switzerland). 2022. No 14 (1). P. 102.
11. Hernández J. E., Merkley G. P. Canal structure automation rules using an accuracy-based learning classifier system, a genetic algorithm, and a hydraulic simulation model. I: Design. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2010. No 137 (1). Pp. 1-11.
12. Masseroni D., et al. Towards a smart automated surface irrigation management in rice-growing areas in Italy. Journal of Agricultural Engineering. 2017. Vol. 48 (1). Pp. 42-48.

References

1. Ovchinnikov A. S., Kiseleva R. Z., Melikhov K. M., Kiselev A. A. Automatic regulators for equipping hydraulic structures for rice irrigation. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education. 2022. No 1 (65). Pp. 342-351.
2. Ostrovsky N. V., Vanzha V. V., Samoilukov Yu. N., Bandurin M. A., Degtyareva E. V. Effective solutions for automation of localized irrigation systems. Agricultural scientific journal. 2021. No 11. Pp. 102-107.
3. Kadirova G. A. Automatic water level regulator for parabolic cross-section channels and its capacity. Journal of "Irrigation and melioration. 2022. No 3-4. Pp. 29-30.
4. Atamanova O. V., Sultanaliyeva T. S., Nogoibaeva K. B. Ways to improve technical means of stabilizing water supply in open irrigation systems. Bulletin of KRSU. 2010. V. 10. No. 2. Pp. 85-90.
5. Tkachev A. A., Ivanenko Yu. G., Zarubin V. V., Olgarenko I. V. Automation of water distribution management during the reconstruction of main irrigation canals. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 537. 032070.

6. Dubenok N. N., Mayer A. V. Development of combined irrigation systems for watering agricultural crops. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2018. No 1(49). Pp. 9-19.
7. Hashemy Shahdany S. M., Taghvaeian S., Maestre J. M., Firoozfar A. R. Developing a centralized automatic control system to increase flexibility of water delivery within predictable and unpredictable irrigation demands. Computers and Electronics in Agriculture. 2019. Vol. 163. 104862.
8. Zhigang Y., Zhongjing Wang, Jinlong L., Teng Zhang Canal Controllability Identification Based on Automation Theory to Improve Water Delivery Efficiency in Irrigation Canal Systems. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2023. 149 (8).
9. Cao X., Li Y., Wu M. Irrigation water use and efficiency assessment coupling crop cultivation, commutation and consumption processes. Agricultural Water Management. 2022. No 261. 107370.
10. Orloff C. R. Inka Hydraulic Engineering at the Tipon Royal Compound (Peru). Water (Switzerland). 2022. No 14 (1). P. 102
11. Hernández J. E., Merkley G. P. Channel structure automation rules using an accuracy-based learning classifier system, a genetic algorithm, and a hydraulic simulation model. I: Design. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2010. No 137 (1). Pp. 1-11.
12. Masseroni D., et al. Towards a smart automated surface irrigation management in rice-growing areas in Italy. Journal of Agricultural Engineering. 2017. Vol. 48 (1). Pp. 42-48.

Информация об авторах

Овчинников Алексей Семенович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: volgau@volgau.com

Киселев Андрей Анатольевич, аспирант кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kiseliov.andrey2012@yandex.ru

Мелихов Константин Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорация земель и КИВР», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: melihovkon@yandex.ru

Козинская Ольга Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru

Author's Information

Ovchinnikov Aleksey Semenovitch, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, head of the department "Applied geodesy, environmental management and water use", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: volgau@volgau.com

Kiselev Andrey Anatolyevich, Postgraduate student of the Department of Applied Geodesy, Environmental Management and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: kiseliov.andrey2012@yandex.ru

Melikhov Konstantin Mikhailovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Land Reclamation and Agricultural Development, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: melihovkon@yandex.ru

Kozinskaya Olga Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-28

REGULARITIES OF FORMING THE CONDITIONS OF TEMPERATURE AND HUMIDITY IN THE COW BARN AIR ENVIRONMENT

Vtoryi V. F., Vtoryi S. V.

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM"
Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vvtoryj@yandex.ru

Received 18.10.2023

Submitted 12.12.2023

Summary

The article presents the study results of air temperature and humidity regimes in a cow barn with tie-stall housing conducted in January-June 2021. The monitoring outcomes and statistical data analysis resulted in the mathematical models, which could be the basis for the creation of modern microclimate control systems in cow barns.

Abstract

Introduction. Several factors, including the outside environment, govern the formation of optimal temperature and humidity conditions in a cow barn. The study aimed to monitor the air environment parameters in a cow barn and to establish the patterns, by which the temperature and humidity regimes in the cow barn were formed under different weather conditions. Research associated with identifying these patterns in live-

stock premises in the North-West Region of the Russian Federation will make it possible to create an array of mathematical models for different technologies of cattle housing essentially required in the development of modern microclimate control systems livestock housing facilities. **Object.** The study object was a barn for 200 dairy cows with tie-stall housing and a natural ventilation system. **Materials and methods.** The study monitored the temperature and relative air humidity in the cow barn in January-June of 2021 with a stationary system designed at IEEP – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM. The data analysis using MS Excel and Mathcad software packages resulted with the mathematical models. **Results and conclusions.** The variation amplitude of indoor parameters was smaller than that in external weather conditions. When the outside air temperature fluctuated from -5°C to $+20^{\circ}\text{C}$, the temperature in the cow barn varied from $+7^{\circ}\text{C}$ to $+22^{\circ}\text{C}$. The relative air humidity in the cow barn was within $69\pm 20\%$, and the outside air humidity was $58\pm 42\%$. Statistical data analysis for the period from January to March showed that the air temperature in the cow barn in winter with a probability of 0.955 would be in the range of $+12.6\pm 4.68^{\circ}\text{C}$ and depend on the outside air temperature only by 23 %. Statistical data analysis for the period from April to June showed that the air temperature in the cow barn with a probability of 0.955 would be in the range of $+18.23\pm 7.72^{\circ}\text{C}$ and depend on the outside temperature by 75 %. The relative humidity in the cow barn during this period with a probability of 0.955 will be in the range of $67.3\pm 26.2\%$ and depend on the relative humidity of the outside air by 65 %. The high dependence of these parameters on the outside environment in the period from April to June, compared with the period from January to March, is explained by a larger air exchange, as a rule, owing to completely open windows and gates.

Keywords: livestock buildings, ventilation systems, microclimate of premises, conditions for keeping cows.

Citation. Vtoryi V. F., Vtoryi S. V. Regularities of forming the conditions of temperature and humidity in the cow barn air environment. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 241-251 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-28.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.22:636.083

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ КОРОВНИКА

Второй В. Ф., доктор технических наук, главный научный сотрудник
Второй С. В., кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Актуальность. На формирование оптимальных температурно-влажностных показателей микроклимата коровника оказывает влияние целый ряд факторов, в том числе состояние внешней среды. Цель исследований – провести мониторинг параметров воздушной среды коровника и установить закономерности формирования его температурно-влажностных режимов при различных погодных условиях. Исследования, направленные на выявление этих закономерностей в животноводческих помещениях для Северо-Западного региона РФ, позволят сформировать массив математических моделей для разных технологий содержания крупного рогатого скота, непосредственно необходимых при разработке современных систем управления микроклиматом на фермах. **Объект исследования** – коровник с привязным содержанием на 200 голов дойного стада с естественной системой вентиляции. **Материал и методы.** Исследования проводились в январе-июне 2021 года. Для мониторинга применялась стационарная система измерения температуры и относительной влажности воздуха, разработанная в ИАЭП – филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Анализ данных с получением математических моделей проведен с использованием пакетов программ MS Excel и Mathcad. **Результат и выводы.** Амплитуда изменения температуры и относительной влажности воздуха в коровнике меньше, чем изменение внешних погодных условий. При колебании температуры наружного воздуха от -5°C до $+20^{\circ}\text{C}$, температура в коровнике изменялась в пределах от $+7^{\circ}\text{C}$ до $+22^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность воздуха в коровнике находилась в пределах $69\pm 20\%$, а наружного воздуха $58\pm 42\%$. Статистический анализ данных за период с января по март показал, что температура воздуха в коровнике в зимний период с вероятностью 0,955 будет находиться в пределах $+12,6\pm 4,68^{\circ}\text{C}$ и зависит от температуры наружного воздуха только на 23%. Статистический анализ данных за период с апреля по июнь показал, что температура воздуха в коровнике с вероятностью 0,955 будет находиться в пределах $+18,23\pm 7,72^{\circ}\text{C}$ и зависит от температуры наружного воздуха на 75%. Относительная влажность воздуха в коровнике в этот период с вероятностью 0,955 будет находиться в пределах

67,3±26,2% и зависит от относительной влажности наружного воздуха на 65%. Высокая зависимость этих параметров от окружающей среды в период с апреля по июнь, по сравнению с периодом январь-март, объясняется большим воздухообменом, обусловленным, как правило, полностью открытыми окнами и воротами.

Ключевые слова: животноводческие помещения, системы вентиляции, микроклимат помещений, условия содержания коров.

Цитирование. Вторый В. Ф., Вторый С. В. Закономерности формирования температурно-влажностного режима воздушной среды коровника. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 241-251. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-28.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи принимали непосредственное участие в планировании, выполнении исследований или анализе данного исследования. Авторы ознакомились с представленным окончательным вариантом статьи и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Основой технологий содержания крупного рогатого скота в животноводческих помещениях является безусловное обеспечение комфортных условий и, в первую очередь, параметров микроклимата в соответствии с зоотехническими требованиями. Несоблюдение этих требований отрицательно влияет на максимальное использование генетического потенциала животных, снижая их продуктивность. Так, удой коров снижается на 10-30%, прирост массы на 20-30%, отход молодняка может составлять до 30% [1, 2].

Температура воздуха – это важнейший параметр микроклимата, непосредственно влияющий на физиологическое состояние животного. Так, по мнению зарубежных исследователей, комфортные температурные условия для молочных коров составляют от +5°C до +15°C. Так же важны нижние (от -15°C до -25°C) и верхние (от +23°C до +27°C) критические значения температуры и продолжительность их воздействия, в течение которых животные испытывают температурный стресс [3].

Российские ученые с учетом существующей практики установили, что температура, воздуха в животноводческом помещении значительно влияет на жизненные функции молочных коров, которые при температуре более +26°C теряют вес и снижают продуктивность на 20-30% [4, 5]. При снижении температуры воздуха в коровнике с +16,6°C до +14,3°C продуктивность коров выросла на 11,9%, а при повышении температуры воздуха от +17,9°C до +24,9°C удои снизились на 5,3 % [6]. Коровы, подвергшиеся тепловому стрессу в сухостойный период, при наступлении лактации могут снизить продуктивность, а полученные телочки от этих коров в первую лактацию теряют около 5 кг молока в суточном удое [7, 8].

Совместное взаимодействие температуры и относительной влажности воздуха животноводческого помещения отрицательно влияет на состояние животных. Так, при 0°C относительная влажность воздуха в помещении должна соответствовать 50-90%, а уже при +30°C влажность должна быть не ниже 40% и не выше 60% [9, 10].

В формировании температурно-влажностных режимов коровника участвуют животные, являясь источником тепла и водяных паров, процессы тепломассопереноса между коровником и внешней средой, отходы жизнедеятельности животных, находящиеся в помещении, машины и оборудование и некоторые другие факторы.

Цель исследований – провести мониторинг параметров воздушной среды коровника и установить закономерности формирования его температурно-влажностных режимов при различных погодных условиях.

Получение этих закономерностей позволит сформировать базу данных математических моделей для разных технологий содержания КРС, непосредственно необходимых в разработке современных систем управления микроклиматом на фермах.

Научная новизна состоит в выявлении закономерностей создания температурно-влажностных режимов микроклимата животноводческого помещения для содержания коров под воздействием климатических условий Северо-Западного региона РФ.

Материалы и методы. Условия содержания коров на молочных фермах с естественной системой вентиляции сильно варьируются из-за неоднородного распределения источников тепла и влажности, притока воздуха, обусловленного внешними метеоусловиями, что определяет стратегию измерений и анализа результатов.

В исследованиях отечественных и зарубежных ученых отмечается высокая зависимость между параметрами внешней среды и параметрами микроклимата коровников. В задачи исследования [11] входило сравнение параметров микроклимата семи коровников с параметрами воздуха, зарегистрированными ближайшей метеостанцией. Отмечается, что температура воздуха в коровниках была выше в среднем на $6,4^{\circ}\text{C}$ температуры внешней среды, а относительная влажность воздуха внешней среды была выше в среднем на $0,2\%$, чем в помещениях. Результаты исследований подтверждают, что степень влияния температуры внешней среды на температуру воздуха внутри коровника значительно выше, чем степень влияния относительной влажности воздуха внешней среды на относительную влажность воздуха животноводческого помещения.

Особое значение имеет точность измерений и, соответственно, подбор средств измерений. Авторами [12] при проведении исследований на молочных фермах КРС применялись датчики, у которых точность измерения температуры составляла $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ и относительная влажность $\pm 3\%$ с временными интервалами записи 5-10 мин в течение года. Стандартное отклонение результатов измерений соответствовало нормальному закону распределения с 95% доверительным интервалом.

Мониторинг параметров микроклимата нами проводился в коровнике с привязным содержанием и поголовьем 200 лактирующих коров с естественной системой вентиляции через световой конек в крыше. В теплое время года помещение дополнительно вентилируется за счет открытых окон и ворот. Измерение параметров микроклимата производилось в режиме реального времени круглосуточно.

Для мониторинга применялась стационарная система измерения температуры и относительной влажности воздуха на ферме (ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), которая содержит датчики температуры и относительной влажности с пределами измерения температуры $-40...+80^{\circ}\text{C}$ с погрешностью $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, относительной влажности $0...100\%$ с погрешностью $\pm 3\%$, с записью полученных данных на регистратор-архиватор при временных интервалах 10 мин. Для контроля параметров наружного воздуха использовали данные с ближайшей государственной метеостанции, публикуемые в открытом доступе с интервалом 3 часа [13]. Проведены компьютерный анализ и обработка результатов исследований с использованием пакетов программ MS Excel, Mathcad [14].

Результаты и обсуждение. Результат обработки и анализа свидетельствует о тесной взаимосвязи между параметрами микроклимата коровника и внешней среды (рисунки 1, 2). Температура и относительная влажность внутреннего воздуха значительно медленнее реагируют на изменения внешних условий и меньшей амплитудой. Так, температура наружного воздуха за период измерений менялась от -5°C до $+20^{\circ}\text{C}$, а температура в коровнике изменялась в пределах от $+7^{\circ}\text{C}$ до $+22^{\circ}\text{C}$. Интервалы изменения относительной влажности в коровнике находились в пределах $69\pm 20\%$, а вне помещения $58\pm 42\%$.

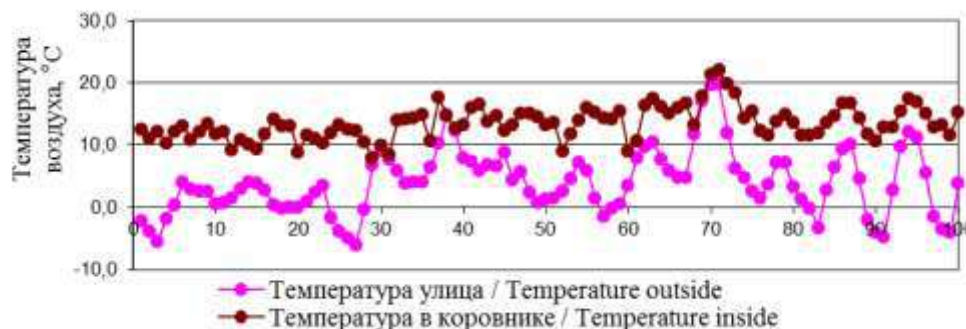


Рисунок 1 – Зависимость внутренней температуры воздуха животноводческого помещения от температуры внешней среды

Figure 1 – Dependence between the temperature in the cow barn and the outside temperature

Регрессионный анализ данных «Январь – Март». В зимних условиях «Январь – Март» наибольшее влияние на температуру в коровнике $T_{\text{вн}}$, оказывает температура наружного воздуха $T_{\text{н}}$ (при коэффициенте корреляции $R = 0,484$), а относительная влажность наружного воздуха $W_{\text{н}}$ (при $R = 0,217$) и скорость ветра $V_{\text{в}}$ (при $R = 0,119$) оказывают меньшее влияние.

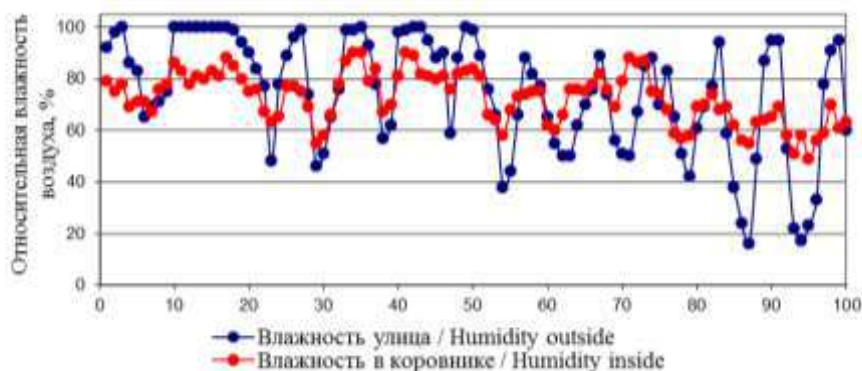


Рисунок 2 – Зависимость внутренней относительной влажности воздуха животноводческого помещения от влажности внешней среды

Figure 2 – Dependence between the relative air humidity inside the cow barn and the air humidity outside

Проведенный регрессионный анализ влияния температуры, относительной влажности и скорости движения наружного воздуха их влияние на параметры внутреннего воздуха позволил установить взаимосвязь в виде математической модели (1):

$$T_{\text{вн}} = 17,0295 + 0,4667 \times T_{\text{н}} - 0,0804 \times W_{\text{н}} - 0,6092 \times V_{\text{н}} - 0,01 \times T_{\text{н}}^2 + 0,0006 \times W_{\text{н}}^2 - 0,0043 \times T_{\text{н}} \times W_{\text{н}} + 0,0309 \times T_{\text{н}} \times V_{\text{н}},$$

$$R^2 = 0,426 \quad (1)$$

При невысоком коэффициенте детерминации ($R^2 = 0,426$), коэффициенты уравнения регрессии являются значимыми, поэтому направления влияния факторов на зависимую переменную можно считать правильными. Проведём исследование уравнения регрессии 1, путём построения поверхностей откликов и их сечений (рисунок 3).

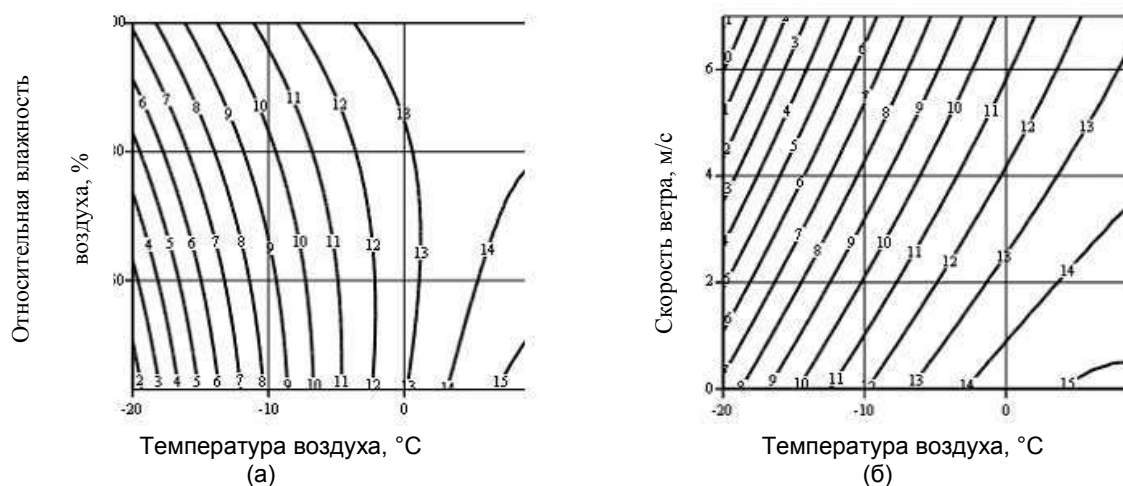


Рисунок 3 – Сечения поверхности отклика: (а) взаимосвязь температуры воздуха в помещении от температуры и относительной влажности уличного воздуха; (б) взаимосвязь температуры воздуха на ферме от температуры и скорости движения уличного воздуха

Figure 3 – Response surface cross-sections: (a) dependence of the air temperature in the cow barn on the temperature and relative humidity of the outside air; (b) dependence of the air temperature in the cow barn on the outside air temperature and wind speed

Из рисунка 3а видно, что основное влияние на температуру в коровнике оказывают температура наружного воздуха и скорость ветра 3 м/с.

Влияние температуры наружного воздуха и скорости ветра на температуру в коровнике при влажности наружного воздуха 70% (рисунок 3б). Здесь основное влияние на температуру в коровнике оказывает температура наружного воздуха при существенном влия-

нии скорости ветра. Так, если при -12°C и скорости ветра 0 м/с температура в коровнике будет $+10^{\circ}\text{C}$, то при -12°C рост скорости ветра до 6 м/с вызовет снижение температуры воздуха в помещении до $+5^{\circ}\text{C}$.

На рисунке 4 показано взаимовлияние относительной влажности наружного воздуха и температуры воздуха в коровнике. Влажность наружного воздуха и скорость ветра оказывают основное влияние на температуру воздуха в коровнике, с увеличением скорости ветра температура воздуха в коровнике снижается. Рост влажности наружного воздуха вызывает рост температуры воздуха в коровнике.



Рисунок 4 – Сечение поверхности отклика: зависимость температуры воздуха в помещении от влажности и скорости движения наружного воздуха при его температуре -5°C

Figure 4 – Response surface cross-sections: the influence of the outside air humidity and wind speed on the temperature inside the cow barn under the outside air temperature -5°C

Анализ экспериментальных данных за апрель – июнь показал, что влияние на внутреннюю температуру воздуха $T_{\text{вн}}$, оказывают температура наружного воздуха $T_{\text{н}}$ (при $R = 0,864$) и относительная влажность наружного воздуха $W_{\text{н}}$ (при $R = 0,507$). Коэффициент корреляции $R = 0,108$, говорит о том, что скорость ветра $V_{\text{в}}$ не оказывает существенного влияния.

Представлена математическая зависимость (2) влияния температуры ($T_{\text{н}}$) и относительной влажности наружного воздуха ($W_{\text{н}}$) на температуру в помещении ($T_{\text{вн}}$):

$$T_{\text{вн}} = 11,3542 + 0,3985 \times T_{\text{н}} - 0,0234 \times W_{\text{н}} + 0,0067 \times T_{\text{н}}^2 + 0,0005 \times W_{\text{н}}^2, \\ R^2 = 0,790 \quad (2)$$

Влияние факторов на зависимую переменную составляет 79 %. Все коэффициенты значимы. Наибольшее влияние оказывает фактор – температура наружного воздуха. Второй по значимости влияния фактор – относительная влажность наружного воздуха. Представлена регрессионная модель (3) влияния температуры и относительной влажности наружного воздуха на влажность воздуха в коровнике ($W_{\text{вн}}$).

$$W_{\text{вн}} = 41,0426 - 0,1315 \times T_{\text{н}} + 0,3828 \times W_{\text{н}} - 0,0028 \times T_{\text{н}}^2 + 0,0033 \times T_{\text{н}} \times W_{\text{н}}, \\ R^2 = 0,649 \quad (3)$$

Влияние факторов на зависимую переменную составляет 65%. Все коэффициенты значимы. Дисперсии влияния факторов, температуры и влажности наружного воздуха на влажность воздуха в коровнике одинаковы. Влажность воздуха в коровнике в большей степени зависит от влажности наружного воздуха при воздействии ряда неучтенных факторов. По уравнениям регрессии 2 и 3 построены поверхности отклика и их сечения показаны на рисунке 5.

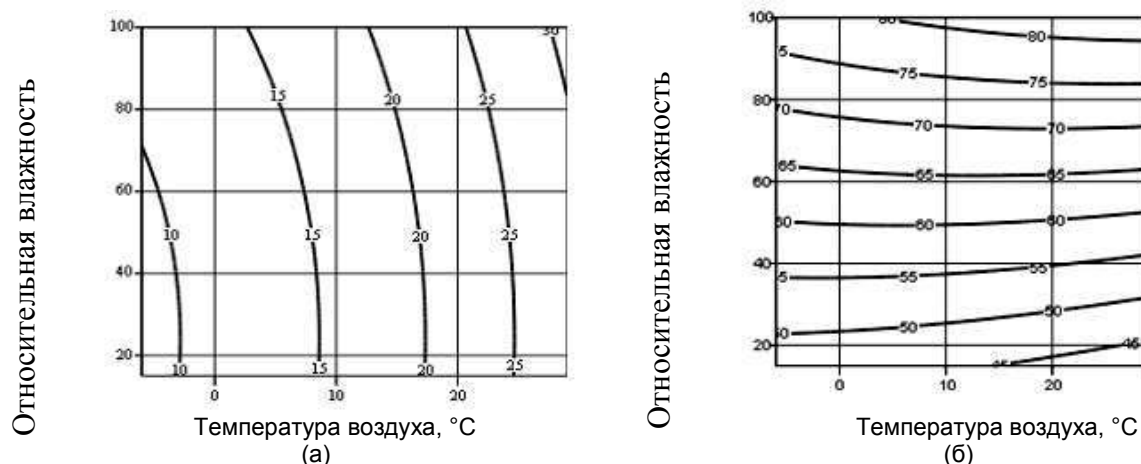


Рисунок 5 – Сечения поверхности отклика: (а) состояние температуры воздуха в помещении от температуры и относительной влажности уличного воздуха; (б) состояние относительной влажности воздуха в помещении от температуры и относительной влажности уличного воздуха
Figure 5 – Response surface cross-sections: (a) dependence of the air temperature in the cow barn on the temperature and relative humidity of the outside air; (b) dependence of the air relative humidity in the cow barn on the outside air temperature and relative humidity

Статистический анализ данных в 617 точках в зимний период показал, что температура воздуха в коровнике варьировалась от $+3,3^{\circ}\text{C}$ до $+17,5^{\circ}\text{C}$ при среднем значении $+12,57^{\circ}\text{C}$, среднеквадратичном отклонении $\sigma = 2,34^{\circ}\text{C}$.

Данные не подчиняются полностью закону нормального распределения, но интегральная кривая приближается к нему (рисунок 6). В связи с этим можно допустить, что температура воздуха в коровнике в зимний период с вероятностью 0,683 будет в пределах $+12,6 \pm 2,34^{\circ}\text{C}$, а с вероятностью 0,955 в пределах $+12,6 \pm 4,68^{\circ}\text{C}$.

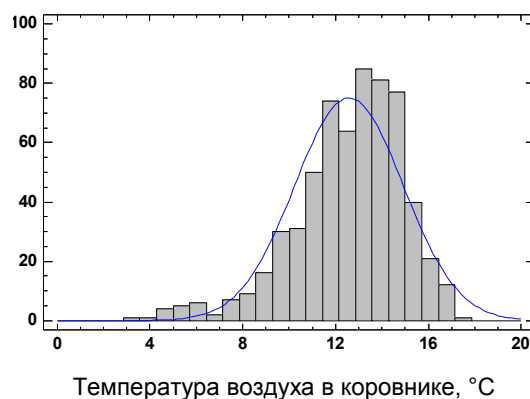


Рисунок 6 – Гистограмма изменения температуры воздуха внутри помещения в зимний период
Figure 6 – Histogram of air temperature variation in the cow barn in winter

Влияние температуры наружного воздуха на температурный режим коровника составляет только 23% (рисунок 7) из-за слабого естественного воздухообмена с окружающей средой.

В зимнее время ввиду очень ограниченного воздухообмена исследуемого коровника с внешней средой относительная влажность воздуха в помещении постоянно была очень высокой (до 100 %) и влияние внешней среды достоверно выявить не удалось.

Апрель – июнь. Статистический анализ данных в 633 точках показал, что при изменении температуры воздуха в коровнике от $+7,9^{\circ}\text{C}$ до $+28,5^{\circ}\text{C}$ среднее значение равно $+18,23^{\circ}\text{C}$, среднеквадратичное отклонении $\sigma = 3,86^{\circ}\text{C}$. Данные хорошо подчиняются закону нормального распределения (рисунок 8). В связи с этим температура воздуха в коровнике в этот период с вероятностью 0,683 будет в пределах $+18,23 \pm 3,86^{\circ}\text{C}$, а с вероятностью 0,955 в пределах $+18,23 \pm 7,72^{\circ}\text{C}$.

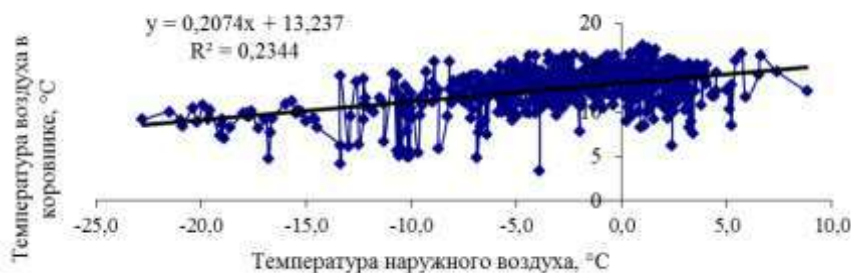


Рисунок 7 – Влияние температуры внешней среды на температурный режим коровника в зимний период

Figure 7 – Dependence between the air temperature inside the cow barn and the outside air temperature from January to March

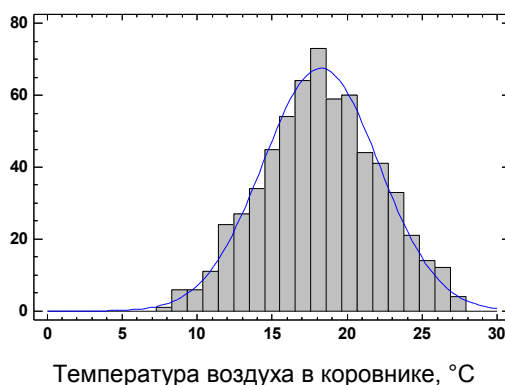


Рисунок 8 – Гистограмма изменения температуры воздуха в коровнике в период с апреля по июнь

Figure 8 – Histogram of air temperature variation in the cow barn from April to June

Температура воздуха в помещении на 75% зависит от температуры внешней среды (рисунок 9), это объясняется существенным воздухообменом, который обеспечивается постоянно открытыми въездными воротами и оконными проемами.

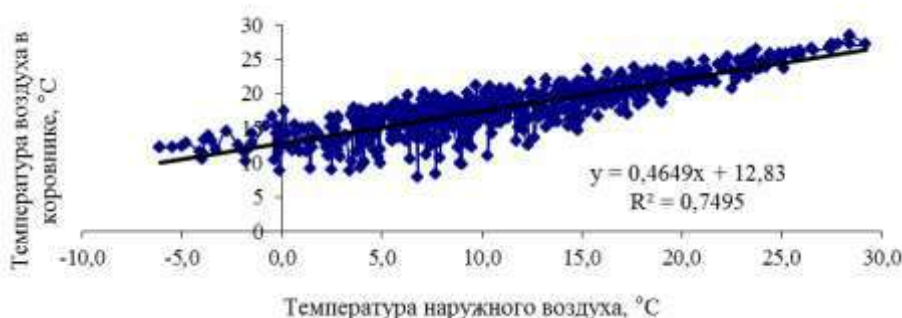


Рисунок 9 – Влияние температуры внешней среды на температурный режим коровника в весенне-летний период

Figure 9 – Dependence between the air temperature inside the cow barn and the outside air temperature from April to June

Также статистический анализ данных в 633 точках показал, что при изменении относительной влажности воздуха в коровнике от 34,0 % до 96,0 % среднее значение равно 67,3 %, среднеквадратичное отклонении $\sigma = 13,1$ %. Данные относительно хорошо подчиняются закону нормального распределения (рисунок 10). В связи с этим относительная влажность воздуха в коровнике в этот период с вероятностью 0,683 будет в пределах $67,3 \pm 13,1$ %, а с вероятностью 0,955 – в пределах $67,3 \pm 26,2$ %.

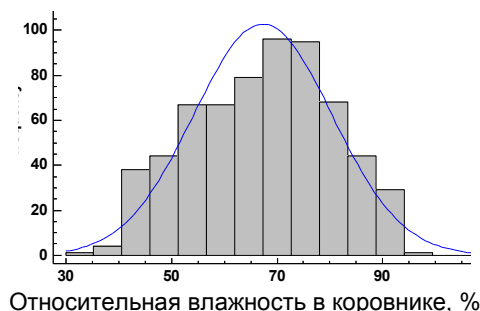


Рисунок 10 – Гистограмма изменения относительной влажности воздуха в коровнике в период с апреля по июнь

Figure 10 – Histogram of air relative humidity variation in the cow barn from April to June

Относительная влажность воздуха в помещении на 65% зависит от относительной влажности воздуха внешней среды (рисунок 11), на что влияет значительный воздухообмен между коровником и внешней средой.

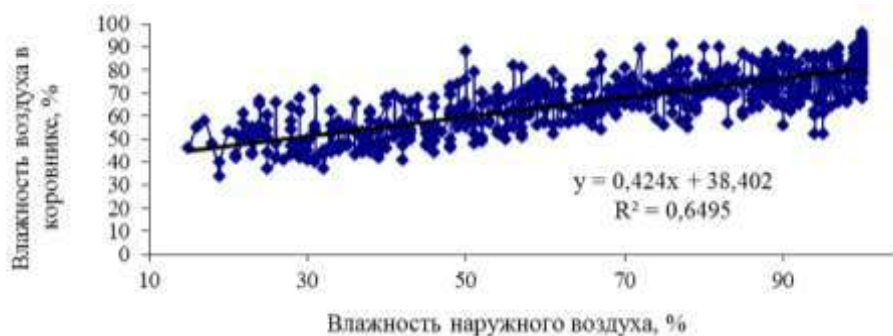


Рисунок 11 – Влияние относительной влажности воздуха внешней среды на влажностный режим коровника в весенне-летний период

Figure 11 – Dependence of the relative air humidity inside the cow barn on the relative outside air humidity from April to June

Исследования температурно-влажностных режимов коровника и влияние на них параметров внешней среды свидетельствуют о высокой их взаимосвязи. Полученные в результате исследований математические зависимости позволяют моделировать температурно-влажностные режимы в коровнике, использовать модели в системах управления параметрами микроклимата с целью обеспечения комфортных условий содержания КРС.

Заключение. На формирование оптимальных температурно-влажностных параметров микроклимата оказывает влияние целый ряд факторов, и в т.ч. условия внешней среды.

Совокупный мониторинг параметров микроклимата коровника и внешней среды с января по июнь показал, что амплитуда колебаний температуры и влажности в коровнике меньше, чем окружающей среды. Так изменение температуры и относительной влажности наружного воздуха на 25°C и $\pm 40\%$ соответственно сопровождается колебаниями температуры воздуха в коровнике $\pm 7^\circ\text{C}$ при изменении относительной влажности воздуха $\pm 20\%$.

Регрессионный анализ изменения температуры и относительной влажности наружного воздуха показал, что их влияние на температуру воздуха в коровнике составляет 79%, на относительную влажность воздуха 65%.

Статистический анализ данных за период с января по март показал, что температура воздуха в коровнике в зимний период с вероятностью 0,955 будет находиться в пределах $12,6 \pm 4,68^\circ\text{C}$ (при диапазоне внешней температуры от $-22,8^\circ\text{C}$ до $+8,8^\circ\text{C}$) и зависит от температуры наружного воздуха только на 23%, что связано с ограниченным воздухообменом исследуемого коровника с внешней средой. Относительная влажность воздуха в помещении постоянно была очень высокой до 100%, влияние внешней среды на этот параметр достоверно выявить не удалось.

Статистический анализ данных за период с апреля по июнь показал, что температура воздуха в коровнике с вероятностью 0,955 будет находиться в пределах $18,23 \pm 7,72^\circ\text{C}$ (при диапазоне внешней температуры от $-6,1^\circ\text{C}$ до $+29,2^\circ\text{C}$) и зависит от температуры наружного воздуха на 75%. Относительная влажность воздуха в коровнике в этот период с вероятностью 0,955 будет находит-

ся в пределах $67,3 \pm 26,2\%$ (при диапазоне внешней относительной влажности от 15 до 100%) и зависит от относительной влажности наружного воздуха на 65%. Высокая зависимость этих параметров микроклимата коровника от окружающей среды в этот период объясняется большим воздухообменом, обусловленным постоянно полностью открытыми окнами и воротами.

Conclusions. The formation of optimal temperature and humidity parameters of the microclimate is influenced by a number of factors and the conditions of the external environment.

Cumulative monitoring of farm microclimate parameters and the external environment from January to June showed that the amplitude of fluctuations in temperature and humidity in the barn is less than the environment. So, when the temperature and relative humidity of the outside air change by 25°C and $\pm 40\%$, respectively, it is accompanied by fluctuations in the air temperature in the barn $\pm 7^{\circ}\text{C}$ with a change in the relative humidity of the air $\pm 20\%$.

Regression analysis of changes in temperature and relative humidity of outdoor air showed, that their influence on the temperature of the air in the cow barn is 79%, relative air humidity 65%.

Statistical analysis of data for the period from January to March showed, what is the temperature in the cow barn in winter with probability 0,955 will be within $12,6 \pm 4,68^{\circ}\text{C}$ (with an external temperature range of $-22,8^{\circ}\text{C}$ to $+8,8^{\circ}\text{C}$) and depends on the outside air temperature only by 23%, what is connected with the limited air exchange of the studied cowshed with the external environment. The relative humidity of the air in the room was constantly very high to 100%. The influence of the external environment on this parameter could not be reliably identified.

Statistical analysis of data for the period from April to June showed, The temperature in the cowshed is 0,955 will be within $18,23 \pm 7,72^{\circ}\text{C}$ (with an external temperature range of $-6,1^{\circ}\text{C}$ to $+29,2^{\circ}\text{C}$) and depends on outdoor air temperature by 75%. Relative humidity in the cowshed during this period with probability 0,955 will be within $67,3 \pm 26,2\%$ (with an external relative humidity range of 15 to 100%) and depends on the relative humidity of the external air by 65%. The high dependence of these parameters of the microclimate of the barn on the environment during this period is due to the large air exchange caused by air pollution with permanently open windows and doors.

Библиографический список

1. Мартынова Е. Н., Ястребова Е. А. Особенности микроклимата коровников с естественной системой вентиляции. Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2015. № 6. С. 52-56.
2. Сидорова В. Ю., Петров Е. Б. К вопросу о методах выявления стресса у мясного крупного рогатого скота. Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 3 (47). С. 5-10.
3. Kic P. Influence of external thermal conditions on temperature-humidity parameters of indoor air in a Czech dairy farm during the summer. Animals. 2022. № 12 (15).
4. Ivanov Y., Novikov N. Digital intelligent microclimate control of livestock farms. E3S Web of Conferences. 2020. № 175 (5). P. 11012.
5. Новиков Н. Н. Технические решения для обеспечения комфортных условий содержания животных в жаркое время. Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 3 (47). С. 28-35.
6. Вторый С. В., Ильин Р. М. Влияние внешних погодных условий на продуктивность коров при привязном содержании. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 2 (99). С. 269-277.
7. Schüller L.-K., Burfeind O., Heuwieser W. Effect of short- and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs. Journal of Dairy Science. 2016. № 99 (4). Pp. 2996-3002.
8. Tao S., Orellana R. M., Weng X., et al. Symposium Review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function. Journal of Dairy Science. 2018. № 101 (6). Pp. 5642-5654.
9. Kaasik A., Maasikmets M. Microclimate and air quality in uninsulated loose-housing cowsheds in temperate climate conditions. Air quality and livestock farming. UK: CRC Press, 2017. Pp. 153-159.
10. Растимешин С. А., Трунов С. С. Формирование тепловлажностного режима коровника. Вестник НГИЭИ. 2016. № 4 (59). С. 124-129.
11. Schüller L.-K., Burfeind O., Heuwieser W. Short communication: Comparison of ambient temperature, relative humidity, and temperature-humidity index between on-farm measurements and official meteorological data. Journal of Dairy Science. 2013. 96 (12). Pp. 7731-7738.
12. Hempel S., Keonig M., Menz C., et al. Uncertainty in the measurement of indoor temperature and humidity in naturally ventilated dairy buildings as influenced by measurement technique and data variability. Biosystems Engineering. 2018. 166. Pp. 58-75.
13. Вторый В. Ф., Вторый С. В. Информационная модель влияния теплового стресса на молочную продуктивность коров. Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 69-72.
14. Валге А. М. Использование систем Excel и Mathcad при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства: методическое пособие. СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2013. 200 с.

References

1. Martynova E. N., Yasrebova E. A. Features of the microclimate of cowsheds with a natural ventilation system. Veterinary, Biotechnology and Biotechnology. 2015. № 6. Pp. 52-56.
2. Sidorova B. Yu., Petrov E. B. On methods of stress detection in beef cattle. Techniques and Technology in Livestock. 2022. № 3 (47). Pp. 5-10.

3. Kic P. Influence of external thermal conditions on temperature–humidity parameters of indoor air in a Czech dairy farm during the summer. *Animals*. 2022. № 12 (15).
4. Ivanov Y., Novikov N. Digital intelligent microclimate control of livestock farms. *E3S Web of Conferences*. 2020. № 175 (5). P. 11012.
5. Novikov N. N. Technical solutions to ensure comfortable conditions for keeping animals in hot weather. *Techniques and technologies in animal husbandry*. 2022. № 3 (47). Pp. 28-35.
6. Vtoryi S. V., Ilyin R. M. The effect of external weather conditions on the productivity of cows with tethered content. *Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products*. 2019. № 2 (99). Pp. 269-277.
7. Schüller L.-K., Burfeind O., Heuwieser W. Effect of short- and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs. *Journal of Dairy Science*. 2016. № 99 (4). Pp. 2996–3002.
8. Tao S., Orellana R. M., Weng X., et al. Symposium Review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function. *Journal of Dairy Science*. 2018. № 101 (6). Pp. 5642-5654.
9. Kaasik A., Maasikmets M. Microclimate and air quality in uninsulated loose-housing cowsheds in temperate climate conditions. *Air quality and livestock farming*. UK: CRC Press, 2017. Pp. 153-159.
10. Rastimeshin S. A., Trunoff S. S. Formation of heat-humidity regime of the cowshed. *The Herald NIEI*. 2016. № 4 (59). Pp. 124-129.
11. Schüller L.-K., Burfeind O., Heuwieser W. Short communication: Comparison of ambient temperature, relative humidity, and temperature-humidity index between on-farm measurements and official meteorological data. *Journal of Dairy Science*. 2013. No 96 (12). Pp. 7731-7738.
12. Hempel S., Keonig M., Menz C., et al. Uncertainty in the measurement of indoor temperature and humidity in naturally ventilated dairy buildings as influenced by measurement technique and data variability. *Biosystems Engineering*. 2018. No 166. Pp. 58-75.
13. Vtoryi V. F., Vtoryi S. V. Information model of the influence of heat stress on dairy productivity of cows. *Agrarian scientific journal*. 2022. № 2. Pp. 69-72.
14. Valge A. M. Use of Excel and Mathcad systems in research on mechanization of agricultural production: a methodological guide. SPb.: Russian Academy of Agriculture, 2013. 200 p.

Информация об авторах

Вторый Валерий Федорович, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филитровское шоссе, д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0026-6979>, e-mail: vtoryj@yandex.ru

Вторый Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филитровское шоссе, д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7169-1625>, e-mail: 2vt_1981@list.ru

Author's Information

Vtoryi Valery Fedorovich, Doctor of Engineering Sciences, chief researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0026-6979>, e-mail: vtoryj@yandex.ru

Vtoryi Sergei Valerievich, Candidat of Engineering Sciences, senior researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7169-1625>, e-mail: 2vt_1981@list.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-29

COMPARATIVE ENERGY-ECOLOGICAL ASSESSMENT OF SOIL TILLAGE MACHINES

¹Dzhabborov N. I., ²Kosulnikov R. A., ¹Dobrinov A. V., ¹Komoedov A. D.

¹*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM
St. Petersburg, Russian Federation*

²*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: komoedov.alexj@yandex.ru

Received 19.10.2023

Submitted 17.12.2023

The work was carried out on the topic of State assignment FGUN-2022-0010 “Develop environmentally friendly technologies, machine complexes and control equipment agricultural ecosystems in intensive and organic production agricultural products”

Summary

The article presents the results of a study of comparative energy and environmental assessment of soil-cultivating machines. The results showed that the developed combined tillage machine KPM-2.7 in combination with a tractor of class 1.4 is superior in productivity, fuel consumption, energy intensity of the tillage process and emissions of toxic components to its mass-produced analogue – the KN-2.8 cultivator and can be recommended for use in the production of crop products on intensive technologies.

Abstract

Introduction. With the transition to modern intensive technologies for the production of crop products, the requirements for the design of machines and their use are increasing and becoming more stringent. The new technical means being developed, including soil-cultivating units, must ensure energy, environmental and economic efficiency in the process of performing technological operations during the operation period. The purpose of the research is to compare energy and environmental indicators for assessing the effectiveness of tillage units for surface and shallow tillage. **Object.** The object of research was the process of surface and shallow tillage of soil using tillage machines KPM-2.7 and KN-2.8 in conjunction with a class 1.4 tractor. **Materials and methods.** When conducting research, methods of energy assessment of technical means were used, based on the identification and study of patterns occurring during soil cultivation. **Results and conclusions.** A comprehensive comparative assessment of the operation of soil-cultivating units MTZ-82.1+KPM-2.7 and MTZ-82.1+KN-2.8 for surface and shallow tillage was carried out. The following evaluation indicators were considered: economic – productivity and per-hectare fuel consumption, energy – energy intensity of the technological process, environmental – the mass of toxic components emitted into the atmosphere when processing 1 hectare of area with soil-cultivating units. The patterns of changes in productivity, per-hectare fuel consumption, energy intensity of the technological process and the mass of toxic components emitted into the atmosphere when cultivating 1 hectare of area, depending on the speed of movement of soil-cultivating units, have been established. A comparative assessment of the performance of soil-cultivating machines showed that the combined soil-cultivating machine KPM-2.7, developed in the Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, in conjunction with a tractor of class 1.4, developed in the main indicators, is superior to its analogue - KN-2.8 with the MTZ-82.1 tractor. The MTZ-82.1+KPM-2.7 tillage unit, compared to the MTZ-82.1+KN-2.8, provides an increase in productivity by 3.9-5.7%, a reduction in fuel consumption per hectare by 3.8-5.5%, and a reduction in the energy intensity of the tillage process by 3.82-5.64% and emissions of toxic components by 3.8-5.5%.

Keywords: *methods of tillage, tillage units, per hectare of fuel consumption, emissions of toxic components.*

Citation. Dzhabborov N. I., Kosulnikov R. A., Dobrinov A. V., Komoedov A. D. Comparative energy-ecological assessment of soil tillage machines. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 251-263 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-29.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.316.2:631.316.6

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

¹Джаббаров Н. И., доктор технических наук, профессор

²Косильников Р. А., доктор технических наук, доцент

¹Добринов А. В., кандидат технических наук, доцент

¹Комоедов А. В., младший научный сотрудник

¹Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена по теме Государственного задания FGUN-2022-0010 «Разработать экологически чистые технологии, комплексы машин и оборудование для управления сельскохозяйственными экосистемами при интенсивном и органическом производстве сельскохозяйственной продукции»

Актуальность. При переходе на современные интенсивные технологии производства продукции растениеводства повышаются и ужесточаются требования к конструкции машин и их использованию. Разрабатываемые новые технические средства, в том числе и почвообрабатывающие агрегаты должны обеспечить энергетическую, экологическую и экономическую эффективность в процессе выполнения технологических операций в период эксплуатации. Цель исследований – сравнение энергетических и экологических показателей оценки эффективности почвообрабатывающих агрегатов для поверхностной и мелкой обработки почвы. **Объект.** Объектом исследований являлся процесс поверхностной и мелкой обработки почвы почвообрабатывающих машин КРМ-2.7 и КН-2.8 в

агрегате с трактором класса 1.4. **Материалы и методы.** При проведении исследований применялись методы энергетической оценки технических средств, основанные на определении и изучении закономерностей, протекающих в процессе обработки почвы. **Результаты и выводы.** Проведена комплексная сравнительная оценка работы почвообрабатывающих агрегатов МТЗ-82.1+КПМ-2.7 и МТЗ-82.1+КН-2.8 для поверхностной и мелкой обработки почвы. В качестве оценочных показателей рассмотрены: экономические – производительность и погектарный расход топлива, энергетические – энергоёмкость технологического процесса, экологические – масса токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га площади почвообрабатывающими агрегатами. Установлены закономерности изменения производительности, погектарного расхода топлива, энергоёмкости технологического процесса и массы токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га площади в зависимости от скорости движения почвообрабатывающих агрегатов. Сравнительная оценка работы почвообрабатывающих машин показала, что разработанная в ИАЭП-филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ комбинированная почвообрабатывающая машина КПМ-2.7 в агрегате с трактором класса 1.4 по основным показателям превосходит аналог – КН-2.8 с трактором МТЗ-82.1. Почвообрабатывающий агрегат МТЗ-82.1+КПМ-2.7 по сравнению с МТЗ-82.1+КН-2.8 обеспечивает повышение производительности на 3,9-5,7%, снижение погектарного расхода топлива на 3,8-5,5 %, энергоёмкости процесса обработки почвы на 3,82-5,64% и выбросов токсичных компонентов на 3,8-5,5%.

Ключевые слова: способы обработки почвы, почвообрабатывающие агрегаты, погектарный расход топлива, выбросы токсичных компонентов.

Цитирование. Джаббаров Н. И., Косульников Р. А., Добринов А. В., Комоедов А. Д. Сравнительная энерго-экологическая оценка почвообрабатывающих агрегатов. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 251-263. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-29.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Исследование работы различных почвообрабатывающих технических средств показывает, что из всего объёма топливно-энергетических затрат в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур на обработку почвы и подготовку к посеву приходится 35-40 %, что свидетельствует о высокой энергоёмкости процессов [1, 2, 3].

При переходе на современные интенсивные технологии производства продукции растениеводства повышаются и ужесточаются требования к конструкции машин и их использованию. Разрабатываемые новые технические средства, в том числе и почвообрабатывающие агрегаты должны обеспечить энергетическую, экологическую и экономическую эффективность в процессе выполнения тех или иных технологических процессов в период эксплуатации. Классический метод экономической оценки широко известен и является основным при расчете проектируемой новой техники. Энерго-экологическая оценка машин является достаточно сложной, так как требует применения многокритериального подхода для определения их эффективности. Одна из таких работ посвящена исследованию энергозатрат многоэлементного комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата [4]. Авторы пришли к заключению, что значительное количество конструкций комбинированных многоэлементных сельскохозяйственных агрегатов требует создания эффективных средств и методов исследования энергетических затрат, оценки влияния структуры на энергетические затраты и формирования энергетически-динамических моделей почвообрабатывающих посевных агрегатов.

В работе [5] авторы приводят результаты общей энергетической оценки технологического процесса обработки почвы. На основе исследований работы различных (активных, пассивных и комбинированных) почвообрабатывающих рабочих органов [6] обоснована целесообразность оценки степени совершенства технологии обработки почвы по затратам энергии. Установлено, что доля удельных затрат энергии, расходуемой на процесс крошения (рыхления) почвы, может достигать 35-40% от всех затрат на её обработку.

Авторами исследования [7] выявлены недостатки лаповых рабочих органов, заключающиеся в том, что после прохода культиваторов повышается гребнистость, значительно перемешиваются горизонты почвы, что отрицательно сказывается на качестве послойной обработки и приводит к повышенному испарению влаги. Предлагается усовершенствовать почвообрабатывающие рабочие органы путём представления их элементов в виде дуг окружности с переменным углом резания.

Особенности воздействия рабочей поверхности лапы культиватора на почву и влияние ее формы на характер деформации почвы и энергоемкость процесса почвообработки изложены в работе [8]. Автором разработана новая конструкция лапы культиватора, которая обеспечивает повышение качества обработки и снижение энергоемкости процесса.

Исследователи в статье [9] также пришли к выводу, что мероприятия, направленные на уменьшение затрат энергии при обработке почвы, определяются технологией возделывания сельскохозяйственных культур, а также оптимизацией параметров рабочих органов. Ими разработаны комбинированные рабочие органы для послойной безотвальной обработки почвы.

На основе анализа работы различных почвообрабатывающих рабочих органов пропашных культиваторов авторы статьи [10] предлагают новые рабочие органы, которые обеспечивают экологическую эффективность междурядной обработки, механического уничтожения сорной растительности.

В исследовании [11] проведена сравнительная энергооценка обработки почвы: вспашка без предплужников, вспашка с предплужниками у стенки борозды и вспашка с орудием с леворежущими ножами. На основе анализа результатов авторами предложен комбинированный способ основной обработки почвы и машина с использованием леворежущих ножей. Машина обеспечивает послойную, отвальную мелкую (12-16 см) и безотвальную мелкую (12-16 см) обработку почвы.

Разработке перспективных рабочих органов, обеспечивающих снижение тягового сопротивления без ущерба качества обработки почвы, способствующих улучшению показателей динамических характеристик почвообрабатывающих агрегатов, в том числе их экологической безопасности посвящена работа [12]. Исследованиями установлено, что высокочастотные колебания, появляющиеся при работе предложенных адаптивных рабочих органов улучшают процессы резания и рыхления почвы.

При выборе техники имеет значение комплексная оценка эффективности и экологической безопасности МТА. В статье [13] в качестве критериев оценки функционирования МТА рассматривались экономические, энергетические и экологические показатели. Анализ технологий и технических средств позволил сформировать номенклатуру показателей оценки эффективности и экологической безопасности технологий и машин для производства продукции растениеводства. Рассмотренные показатели служат основой для создания (формализации) общего алгоритма расчета и разработки методики формирования машинных технологий органического производства продукции растениеводства.

В работе [14] дан анализ нормативных баз экологической безопасности тракторов, машин и оборудования, действующих на территории Таможенного союза и Российской Федерации, и методического обеспечения получения нормируемых показателей. Рассмотрена проблема, касающаяся перемещения внедорожных самоходных машин по дорогам общей сети.

Для оценки экологической безопасности технических средств в работе [15] изложены результаты оценки воздействия их движителей на почву и окружающую среду, обоснованы диапазоны коэффициентов, по которым назначаются категории экологической безопасности машин.

В исследовании [16] автор доказывает, что экологическую эффективность почвообрабатывающих агрегатов можно достичь путём использования совершенных конструкций рабочих органов и экономичных двигателей, которые обеспечивают меньшую интенсивность воздействия на почву и повышают топливную экономичность, перспективными при этом являются почвообрабатывающие машины с активными рабочими органами.

Целью наших исследований является сравнение энергетических и экологических показателей оценки эффективности почвообрабатывающих агрегатов для поверхностной и мелкой обработки почвы.

Материалы и методы. Объектом исследований являлся технологический процесс мелкой обработки почвы комбинированной почвообрабатывающей машины КПМ-2.7 (разработки ИАЭП-филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) и серийного культиватора КН-2.8, агрегируемых с трактором класса 1.4.

Предметом исследований являлись закономерности изменения энергоэкологических показателей почвообрабатывающих машин: производительность за 1 час сменного времени, погектарный расход топлива, энергоемкость технологического процесса и количество (масса) выбросов токсичных компонентов в окружающую среду при сгорании 1 кг топлива.

Экспериментальные исследования почвообрабатывающих агрегатов были проведены на опытных производственной базы филиала. Исследования проводились в следующих условиях:

- температура атмосферного воздуха, °С – 11;
- длина гона поля, м – 100;
- влажность почвы, % – 22;
- средняя скорость ветра, м/с – 3,8;
- тип почвы: среднесуглинистая дерново-подзолистая;
- рельеф поля: 1-2⁰;
- засоренность поля, шт./м² – 1-2;
- твердость почвы до обработки в слое 0-7 см/0-14 см: 0,21/0,49 МПа.

Общий вид экспериментальной почвообрабатывающей машины КПМ-2.7 с рабочими органами серпообразной формы в агрегате с трактором МТЗ-82.1 представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид комбинированной почвообрабатывающей машины КПМ-2.7 с рабочими органами серпообразной формы в агрегате с трактором МТЗ-82.1

Figure 1 – General view of the combined tillage machine KPM-2.7 with sickle-shaped working bodies in the unit with the tractor MTZ-82.1

Основным характерным отличием разработанного образца агрегата от имеющихся аналогов является использование новых рабочих органов, созданных и испытанных в 2021 г. авторами (патент РФ 2769225) в виде односторонних крыльев нестандартной (серпообразной) формы, обеспечивающих улучшение процессов резания мощной корневой системы однолетних и многолетних сорных растений, и блока пружинных зубьев, обеспечивающих полное вычесывание (патент РФ №130473) подрезанных сорняков и рыхление почвы.

В таблице 1 представлены основные технические характеристики КПМ-2.7.

Для сравнительной оценки был выбран навесной культиватор КН-2.8, который по техническим характеристикам и назначению соответствует комбинированной почвообрабатывающей машины КПМ-2.7. Культиватор КН-2.8 предназначен для весеннего закрытия влаги и сплошной предпосевной обработки почвы, а также для ухода за парами. Культиваторы обеспечивают: рыхление и измельчение комьев почвы; выравнивание поверхности почвы; механическую борьбу с сорняками; сохранение на поверхности поля после жатвенных остатков.

Таблица 1 – Техническая характеристика комбинированной почвообрабатывающей машины КПМ-2.7
Table 1 – Technical characteristics of the combined tillage machine KPM-2.7

Параметр / Parameter	Значение / Meaning
Тяговый класс трактора / Tractor traction class	1.4
Тип машины / Machine Type	Навесная / Hinged
Рабочая скорость, км/ч / Operating speed, km/h	6 – 12
Рабочая ширина захвата, м: / Working width, m:	2,7
Производительность в час, га / Productivity per hour, ha	
- основного времени / Regular Time	1,62 – 2,70
- сменного времени / Shift Time	1,38 – 2,30
Коэффициент надежности технологического процесса / Process Reliability Factor	0,95
Количество обслуживающего персонала, чел / Number of service personnel, people	1
Габаритные размеры, длина/ширина/высота, мм: / Overall dimensions, length/width/height, mm:	2800/2700/1400
Масса машины, кг / Vehicle weight, kg	910
Глубина обработки почвы, см / Depth of tillage, cm	5 – 14
Количество основных рабочих органов (серпообразные лапы), шт. / Number of main working bodies (sickle-shaped tines), pcs.	6
Количество пружинных зубьев, шт. / Number of spring teeth, pcs.	18
Межследие основных рабочих органов, мм / Track spacing of the main working bodies, mm	840
Транспортная скорость, км/ч / Transport speed, km/h	Не более 20 / Not more than 20

На рисунке 2 представлен общий вид культиватора КН-2.8.



Рисунок 2 – Общий вид культиватора КН-2.8

Figure 2 – General view of the cultivator KN-2.8

В таблице 2 приведена краткая техническая характеристика культиватора КН-2.8.

При определении энергетических и экологических показателей оценки работы почвообрабатывающих агрегатов рассматриваем их в виде одномерной модели, когда входной параметр x влияет на какой-либо из выходных параметров y (рисунок 3). В качестве входного параметра x рассматриваем скорость V_p движения, а в качестве выходных пока-

зателей Y – производительность W_i за 1 час сменного времени, погектарный расход топлива $Q_{га}$, энергоёмкость технологического процесса E_i и массу токсичных компонентов M_{TK} , выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га почвообрабатывающими агрегатами.

Таблица 2 – Краткая техническая характеристика культиватора КН-2.8

Table 2 – Brief technical characteristics of the cultivator KN-2.8

Параметр / Parameter	Значение / Meaning
Тяговый класс трактора / Tractor traction class	1.4
Тип машины / Machine Type	Навесная / Hinged
Рабочая скорость, км/ч / Operating speed, km/h	8-15
Рабочая ширина захвата, м: / Working width, m:	2,8
Производительность в час, га / Productivity per hour, ha	
- основного времени / Regular Time	2,24 – 4,20
- сменного времени / Shift Time	1,90 – 3,57
Коэффициент надежности технологического процесса / Process Reliability Factor	0,95
Количество обслуживающего персонала, чел / Number of service personnel, people	1
Габаритные размеры, длина/ширина/высота, мм: / Overall dimensions, length/width/height, mm:	2500/3000/1300
Масса машины, кг / Vehicle weight, kg	720
Глубина обработки почвы, см / Depth of tillage, cm	12
Количество лап, шт. / Number of paws, pcs.	11
Транспортная скорость, км/ч / Transport speed, km/h	Не более 20 / Not more than 20

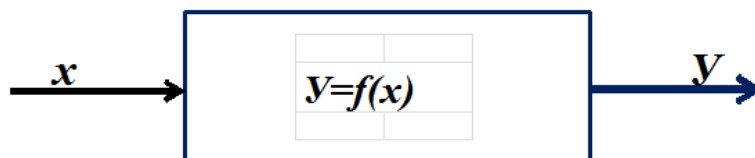


Рисунок 3 – Одномерная математическая модель почвообрабатывающего агрегата

Figure 3 – One-dimensional mathematical model of a tillage unit

При обработке экспериментальных данных установлена статистическая стандартная ошибка выборочного среднего значения тягового сопротивления культиватора по формуле:

$$S_{\bar{R}} = \frac{\sigma_R}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

где σ_R – среднее квадратическое отклонение тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата, кН; n – объём выборки.

Ошибка выборочного среднего значения $S_{\bar{R}}$ скорости движения почвообрабатывающих агрегатов МТЗ-82.1+КПМ-2.7 и МТЗ-82.1+КН-2.8 варьировалась в пределах 0,040-0,055 м/с.

Полученные в процессе экспериментальных исследований опытные данные обрабатывались по методике, изложенной в работе [17].

Результаты и обсуждение. Наличие экспериментальных данных позволяет провести сравнительную оценку технико-экономических показателей работы почвообрабатывающих агрегатов МТЗ-82.1+КПМ-2.7 и МТЗ-82.1+КН-2.8.

В первую очередь рассмотрим закономерности изменения производительности упомянутых агрегатов от скорости их движения (рисунок 4).

С повышением скоростного режима работы почвообрабатывающих агрегатов МТЗ-82.1+КПМ-2.7 и МТЗ-82.1+КН-2.8 наблюдается повышение их производительности за 1 час сменного времени. Так, в диапазоне рабочих скоростей от 1,83 до 3,33 м/с производительность почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82.1+КПМ-2.7 увеличилась от

1,48 до 2,65 га/ч. В указанном диапазоне скоростей движения почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82.1+КН-2.8, его производительность повысилась от 1,40 до 2,55 га/ч. В пределах изменения скоростей от 1,83 до 3,33 м/с среднее значение производительности почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82.1+КПМ-2.7 на 3,9-5,7 % больше, чем у МТЗ-82.1+КН-2.8.

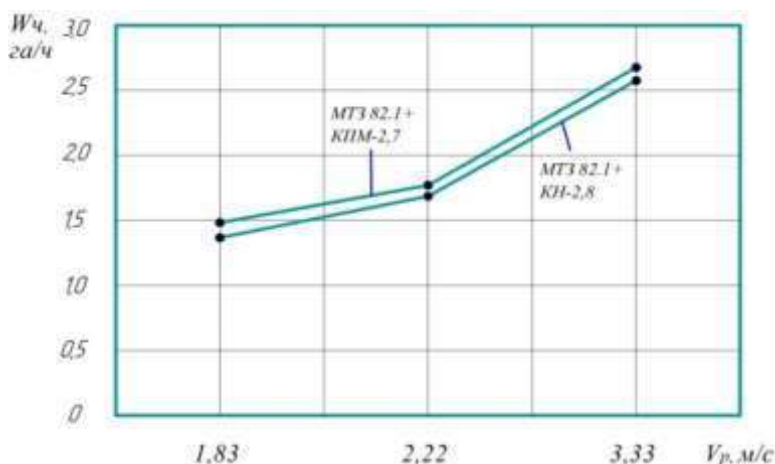


Рисунок 4 – Зависимости производительности почвообрабатывающих агрегатов от их скорости движения при глубине обработки 10-12 см

Figure 4 – Dependences of the productivity of tillage aggregates on their speed of movement at a depth of 10-12 cm

Повышение производительности МТЗ-82.1+КПМ-2.7 по сравнению МТЗ-82.1+КН-2.8. при работе на одинаковых скоростных режимах связано, прежде всего, с повышенной технологической надежностью агрегата, полученной в условиях проведения эксперимента, так как в процессе резания сорной растительности с мощной корневой системой при работе последнего происходило периодическое забивание его рабочих органов, при этом часть сорняков не была подрезана полностью и, соответственно, вычесана на поверхность поля, в случае же с КПМ-2.7 происходило полное подрезание благодаря специально разработанным для этого рабочим органам.

На основе экспериментальных данных с использованием интерполяционной формулы Лагранжа были установлены эмпирические зависимости, описывающие закономерности изменения производительности почвообрабатывающих агрегатов:

- для МТЗ-82.1+КПМ-2.7:

$$W_q = 0,0328(\bar{V}_p)^2 + 0,6107(\bar{V}_p) + 0,2525; \quad (2)$$

- для МТЗ-82.1+КН-2.8:

$$W_q = -0,0023(\bar{V}_p)^2 + 0,7786(\bar{V}_p) - 0,01708. \quad (3)$$

Аналогичные рассуждения можно привести и по такому важному показателю оценки топливной экономичности почвообрабатывающих агрегатов – расходу топлива на единицу выполненной работы (или погектарному расходу топлива). На рисунке 5 представлены графические зависимости погектарного расхода топлива сравниваемых почвообрабатывающих агрегатов.

С повышением скоростного режима работы наблюдается снижение среднего значения расхода топлива на единицу выполненной работы. Так, при увеличении рабочих скоростей от 1,83 до 3,33 м/с среднее значение погектарного расхода топлива $Q_{га}$ МТЗ-82.1+КПМ-2.7 уменьшается от 8,59 до 4,8 кг/га, а для МТЗ-82.1+КН-2.8 от 9,09 до 4,99 кг/га соответственно. Результаты эксперимента свидетельствуют, что почвообрабатывающий агрегат МТЗ-82.1+КПМ-2.7 в диапазонах изменения скоростей $V_p = 1,83 - 3,33$ м/с на обработку 1 га расходует на 3,8-5,5 % меньше топлива по сравнению с МТЗ-82.1+КН-2.8.

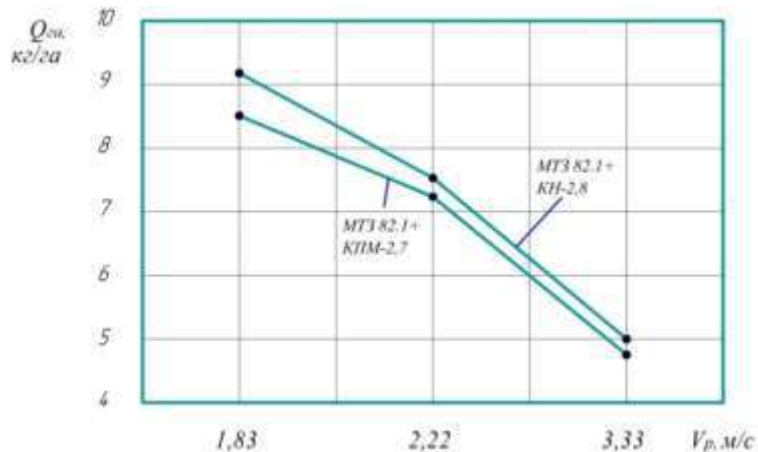


Рисунок 5 – Зависимости погектарного расхода топлива почвообрабатывающих агрегатов от их скорости движения при глубине обработки 10-12 см

Figure 5 – Dependences of the per-hectare fuel consumption of tillage units on their speed of movement at a processing depth of 10-12 cm

Были выявлены закономерности изменения погектарного расхода топлива почвообрабатывающих агрегатов, описываемые эмпирическими зависимостями:

- для MTЗ-82.1+КПМ-2.7:

$$Q_{га} = 0,9577(\bar{V}_p)^2 - 7,4685(\bar{V}_p) + 19,0501; \quad (4)$$

- для MTЗ-82.1+КН-2.8:

$$Q_{га} = 1,2335(\bar{V}_p)^2 - 9,0984(\bar{V}_p) + 21,6091. \quad (5)$$

Одним из показателей оценки работы почвообрабатывающих агрегатов достаточно полно характеризующим энергетическую эффективность процесса почвообработки, являются энергетические затраты необходимые для его выполнения.

На рисунке 6 представлены графические зависимости энергоемкости технологического процесса обработки почвы от их скорости движения почвообрабатывающих агрегатов MTЗ-82.1+КПМ-2.7 и MTЗ-82.1+КН-2.8.

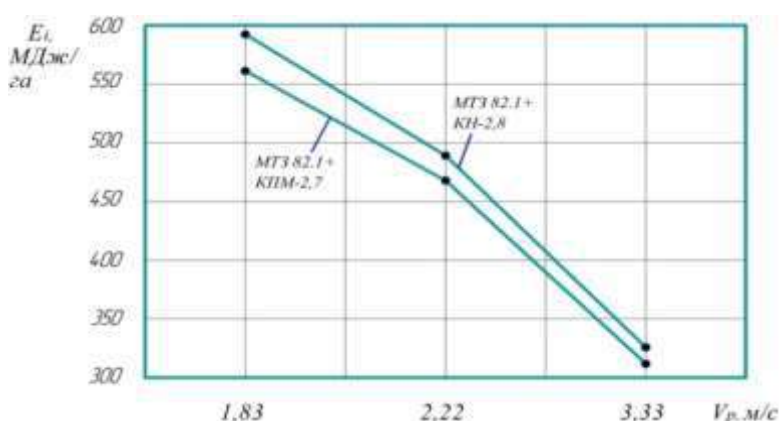


Рисунок 6 – Зависимости энергоемкости технологического процесса обработки почвы от скорости движения почвообрабатывающих агрегатов при глубине обработки 10-12 см

Figure 6 – Dependences of the energy intensity of the technological process of tillage on their speed of movement of tillage units at a depth of 10-12 cm

С изменением скоростного режима почвообрабатывающих агрегатов наблюдалось существенное изменение среднего значения энергоемкости технологического процесса. Так, с повышением рабочих скоростей от 1,83 до 3,33 м/с среднее значение энергоемкости

процесса обработки почвы почвообрабатывающим агрегатом МТЗ-82.1+КПМ-2.7 уменьшилось от 558,9 до 312,2 МДж/га, то есть на 44,1 %. В указанном диапазоне рабочих скоростей энергоёмкость процесса обработки почвы почвообрабатывающим агрегатом МТЗ-82.1+КН-2.8 уменьшилась от 592,32 до 324,60 МДж/га, то есть на 45,2 %.

Использование почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82.1+КПМ-2.7 по сравнению с агрегатом МТЗ-82.1+КН-2.8 обеспечивает снижение энергоёмкости процесса обработки почвы на 3,7-5,6 %.

Обобщение экспериментальных данных позволило установить эмпирические зависимости, которые описывают закономерность изменения энергоёмкости технологического процесса обработки почвы на глубину 10-12 см почвообрабатывающими агрегатами:

- для МТЗ-82.1+КПМ-2.7:

$$E_i = 62,5040(\bar{V}_p)^2 - 486,9875(\bar{V}_p) + 240,7674; \quad (6)$$

- для МТЗ-82.1+КН-2.8:

$$E_i = 82,1501(\bar{V}_p)^2 - 602,3748(\bar{V}_p) + 1419,5532. \quad (7)$$

Следует отметить, что разработка методов и способов уменьшения загрязнения окружающей среды выхлопными газами тракторных и автомобильных двигателей в последние годы стала актуальной задачей. Для ее решения необходимо не только глубоко изучить процесс сгорания топлива в двигателях внутреннего сгорания и в дальнейшем усовершенствовать их конструкцию, но и научно обосновать технико-технологические решения относительно формирования эффективных технологий и технологических процессов возделывания сельскохозяйственных культур.

Общеизвестно, что двигатели внутреннего сгорания загрязняют окружающую среду вредными веществами, выбрасываемыми с выхлопными газами. Количество токсичных компонентов (г), образующееся при сгорании 1 кг дизельного топлива составляет в среднем 57 г, в том числе оксид углерода – 21 г; углеводороды – 4 г; оксиды азота – 18 г; диоксид серы – 8 г; альдегиды – 1 г и сажа – 5 [18].

С целью оценки экологической эффективности разработанной в ИАЭП комбинированной почвообрабатывающей машины КПМ-2.7 с трактором класса 1.4 в сравнении с культиватором КН-2.8 нами на основе экспериментально установленного показателя – расхода топлива на единицу выполненной работы (рисунок 5) определено количество (масса) M_{TK} выбросов токсичных компонентов при обработке 1 га (рисунок 7).

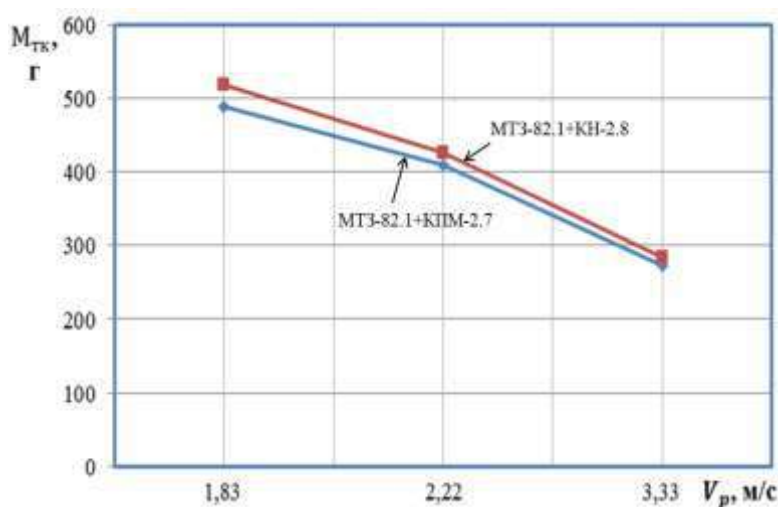


Рисунок 7 – Масса токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га площади почвообрабатывающими агрегатами

Figure 7 – The mass of toxic components released into the atmosphere during the processing of 1 ha of area by tillage units

С повышением скоростного режима работы от 1,83 до 3,33 м/с масса токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га почвообрабатывающим агрегатом МТЗ-82.1+КН-2.8 уменьшается от 518,1 до 284,4 г.

Установлены эмпирические зависимости, описывающие закономерности изменения массы токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га почвообрабатывающими агрегатами:

- для МТЗ-82.1+КПМ-2.7:

$$M_{\text{тк}} = 54,6084(\bar{V}_p)^2 - 425,7796(\bar{V}_p) + 1085,8984; \quad (8)$$

- для МТЗ-82.1+КН-2.8:

$$M_{\text{тк}} = 70,3119(\bar{V}_p)^2 - 518,6091(\bar{V}_p) + 1231,6874. \quad (9)$$

Все полученные эмпирические зависимости (2) – (9) справедливы в диапазоне изменения скорости движения почвообрабатывающих агрегатов $V_p = 1,83 - 3,33$ м/с на глубине обработки почвы 10-12 см. В указанных диапазонах изменения скоростей, масса токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га почвообрабатывающим агрегатом МТЗ-82.1+КПМ-2.7 уменьшается от 489,6 до 273,6 г.

Расчёты свидетельствуют, что в данном диапазоне рабочих скоростей на 1 га обработанной площади происходит снижение выбросов токсичных компонентов на 10,8-28,5 г (или на 3,9-5,6%) при работе МТЗ-82.1+КПМ-2.7 по сравнению с МТЗ-82.1+КН-2.8. Эти данные свидетельствуют о том, что МТЗ-82.1+КПМ-2.7 является экологически эффективным почвообрабатывающим орудием по сравнению с МТЗ-82.1+КН-2.8.

Заключение. Проведена сравнительная оценка работы почвообрабатывающих агрегатов МТЗ-82.1+КПМ-2.7 и МТЗ-82.1+КН-2.8 для поверхностной и мелкой обработки почвы. В качестве оценочных показателей рассмотрены: экономические – производительность и погектарный расход топлива, энергетические – энергоемкость технологического процесса, экологические – масса токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га площади почвообрабатывающими агрегатами.

Установлены закономерности изменения производительности, погектарного расхода топлива, энергоемкости технологического процесса и массы токсичных компонентов, выбрасываемых в атмосферу при обработке 1 га площади в зависимости от скорости движения почвообрабатывающих агрегатов.

Сравнительная оценка работы почвообрабатывающих агрегатов показала, что разработанная в ИАЭП комбинированная почвообрабатывающая машина КПМ-2.7 в агрегате с трактором класса 1.4 по основным показателям превосходит аналог – КН-2.8 с трактором МТЗ-82.1. Почвообрабатывающий агрегат МТЗ-82.1+КПМ-2.7 по сравнению с МТЗ-82.1+КН-2.8 обеспечивает повышение производительности на 3,9-5,7%, снижение погектарного расхода топлива на 3,8-5,5 %, энергоемкости процесса обработки почвы на 3,7-5,6 % и выбросов токсичных компонентов на 3,9-5,6 %.

Conclusions. A comparative assessment of the performance of soil-cultivating units MTZ-82.1+KPM-2.7 and MTZ-82.1+KN-2.8 for surface and shallow tillage was carried out. The following evaluation indicators were considered: economic – productivity and per-hectare fuel consumption, energy – energy intensity of the technological process, environmental – the mass of toxic components emitted into the atmosphere when processing 1 hectare of area with soil-cultivating units.

The patterns of changes in productivity, per-hectare fuel consumption, energy intensity of the technological process and the mass of toxic components emitted into the atmosphere when cultivating 1 hectare of area, depending on the speed of movement of soil-cultivating units, have been established.

A comparative assessment of the operation of soil-cultivating units showed that the combined soil-cultivating machine KPM-2.7, developed at the IAEF, in conjunction with a tractor of class 1.4, is superior in key indicators to its analogue – KN-2.8 with a tractor MTZ-82.1. The MTZ-82.1+KPM-2.7 tillage unit, compared to the MTZ-82.1+KN-2.8, provides an increase in productivity by 3.9-5.7%, a reduction in fuel consumption per hectare by 3.8-5.5%, and a reduction in the energy intensity of the tillage process by 3.82-5.64% and emissions of toxic components by 3.8-5.5%.

Библиографический список

1. Юнусов Г. С., Ахмадеева М. М., Жук А. Ф. Обеспеченность растениеводства почвообрабатывающей техникой: состояние и перспективы. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 1 (48). С. 132–137.

2. Мазитов Н. К., Сахапов Р. Л., Лобачевский Я. П. и др. Итоги многолетних сравнительных испытаний и внедрения новой техники для обработки почвы и посева. Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 8. С. 91-93. <https://cyberleninka.ru/article/n/itogi-mnogoletnih-sravnitelnyh-ispytaniy-i-vnedreniyanovoy-tehniki-dlya-obrabotki-pochvy-i-poseva/viewer>.
3. Лачуга Ю. Ф., Измайлов А. Ю., Лобачевский Я. П., Шогенов Ю. Х. Развитие интенсивных машинных технологий, роботизированной техники, эффективного энергообеспечения и цифровых систем в агропромышленном комплексе. Техника и оборудование для села. 2019. № 6 (264). С. 2-9.
4. Антощенко Р. В., Лебедев А. Т., Антощенко В. М. Исследование энергетических затрат многоэлементного комбинированного почвообрабатывающего посевного агрегата. Инженерия природопользования. 2017. № 1 (7). С. 83-88.
5. Капов С. Н., Бобрышов А. В., Лиханос В. А., Яковлева Л. И., Орлянская И. А., Козлова В. Р. Энергооценка технологического процесса обработки почвы. Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных статей по материалам XIII Международной научно-практической конференции. 2017. С. 174-179.
6. Капов С. Н., Орлянский А. В., Кожухов А. А., Бобрышов А. В., Лиханос В. А., Мирошникова В. В. Энергетическая оценка обработки почвы. Вестник аграрной науки Дона. 2018. № 3 (43). С. 8-16.
7. Божко И. В. Обзор тенденций совершенствования рабочих органов для глубокой безотвальной обработки почвы. Инновации в сельском хозяйстве. 2014. № 4. С. 134-140.
8. Пикмуллин Г. В. Особенности воздействия рабочей поверхности лапы культиватора на почву. Научное обозрение. 2015. № 22. С. 61-64.
9. Божко И. В., Пархоменко Г. Г., Камбулов С. И. Исследование энергетических показателей рабочих органов для послойной безотвальной обработки почвы. Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы XIII Международной научно-практической интернет-конференции. 2021. С. 426-432.
10. Филиппов А. И., Заяц Э. В., Стуканов С. В., Чеботарев В. П., Пузевич К. Л. Обзор рабочих органов пропашных культиваторов и разработка новых в концепции экологического земледелия. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4. С. 121-126.
11. Жученко А. В., Оберемок В. А. Комбинированный способ основной обработки почвы и сравнительная энергетическая оценка различных технологических процессов обработки почвы. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 116. С. 373-386.
12. Джаббаров Н. И., Добринов А. В., Семенова Г. А. Определение энерготехнологических параметров динамичных почвообрабатывающих агрегатов. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 49. С. 252-259.
13. Добринов А. В., Джаббаров Н. И., Сухопаров А. И. Показатели оценки эффективности и экологической безопасности технологий и технических средств производства продукции растениеводства. АгроЭкоИнженерия. 2022. № 3 (112). С. 39-50.
14. Трёмбовельский Л. Г., Грифф М. И. Оценка экологической безопасности тракторов, машин и оборудования. Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 8. С. 45-49.
15. Дмитриев С. А., Тарасенко Б. Ф. Экологическое воздействие движителей машин на почву и окружающую среду безопасность в сельском хозяйстве. Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. 2018. № 3 (35). С. 129-134.
16. Гуреев И. И. Экологическая эффективность комплекса почвообрабатывающих машин для механизации перспективных агротехнологий. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 71-73.
17. Валге А. М. Обработка данных в EXCEL на примерах: методическое пособие. СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2010. 104 с.
18. Суркин В. И., Петелин А. А., Федосеев С. Ю. Снижение дымности отработавших газов дизеля отключением части цилиндров. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: машиностроение. 2012. № 33 (292). С. 69-74.

References

1. Yunusov G. S., Akhmadeeva M. M., Zhuk A. F. Provision of crop production with tillage equipment: state and prospects. Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2018. Vol. 13. No. 1 (48). Pp. 132-137.
2. Mazitov N. K., Sakhapov R. L., Lobachevski Ya. P., et al. The results of long-term comparative tests and the introduction of new equipment for tillage and sowing. Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. 2016. Vol. 30. No. 8. Pp. 91-93. <https://cyberleninka.ru/article/n/itogi-mnogoletnih-sravnitelnyh-ispytaniy-i-vnedreniyanovoy-tehniki-dlya-obrabotki-pochvy-i-poseva/viewer>.
3. Lachuga Yu. F., Izmailov A. Yu., Lobachevsky Ya. P., Shogenov Yu. Kh. Development of intensive machine technologies, robotic equipment, efficient energy suPLY and digital systems in the agro-industrial complex. Machinery and equipment for the village. 2019. No. 6 (264). Pp. 2-9.
4. Antoshenkov R. V., Lebedev A. T., Antoshenkov V. M. Study of energy costs of a multi-element combined tillage sowing unit. Environmental management engineering. 2017. No. 1 (7). Pp. 83-88.
5. Kapov S. N., Bobryshev A. V., Likhanov V. A., Yakovleva L. I., Orlyanskaya I. A., Kozlova V. R. Energy assessment of the technological process of tillage. Actual problems of scientific and technological progress in agriculture: collection of scientific articles based on the materials of the XIII International Scientific and Practical Conference. 2017. Pp. 174-179.
6. Kapov S. N., Orlyansky A. V., Kozhukhov A. A., Bobryshev A. V., Likhanov V. A., Miroshnikova V. V. Energy assessment of soil tillage. Bulletin of Agrarian Science of the Don. 2018. No 3 (43). Pp. 8-16.
7. Bozhko I. V. Review of trends in improving working bodies for deep non-fall tillage. Innovations in agriculture. 2014. No 4. Pp. 134-140.
8. Pikmullin G. V. Features of the impact of the working surface of the cultivator's paw on the soil. Scientific review. 2015. No. 22. Pp. 61-64.
9. Bozhko I. V., Parkhomenko G. G., Kambulov S. I. Study of energy indicators of working bodies for layer-by-layer non-fall tillage. Scientific and information support of innovative development of the agro-industrial complex: materials of the XIII International Scientific and Practical Internet Conference. 2021. Pp. 426-432.

10. Filippov A. I., Zayats E. V., Stukanov S. V., Chebotarev V. P., Puzevich K. L. Review of working bodies of row cultivators and development of new ones in the concept of ecological agriculture. Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. 2020. No 4. Pp. 121-126.
11. Zhuchenko A. V., Oberemok V. A. Combined method of basic tillage and comparative energy assessment of various technological processes of tillage. Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2016. No. 116. Pp. 373-386.
12. Dzhabborov N. I., Dobrinov A. V., Semenova G. A. Determination of energy-technological parameters of dynamic tillage units. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. 2017. No 49. Pp. 252-259.
13. Dobrinov A. V., Dzhabborov N. I., Sukhoparov A. I. Indicators for assessing the effectiveness and environmental safety of technologies and technical means of production of crop production. Agroecoengineering. 2022. No 3 (112). Pp. 39-50.
14. Trembovelsky L. G., Griff M. I. Assessment of environmental safety of tractors, machinery and equipment. Tractors and agricultural machines. 2015. No 8. Pp. 45-49.
15. Dmitriev S. A., Tarasenko B. F. Ecological impact of machine propellers on soil and environment safety in agriculture. Emergencies: industrial and environmental safety. 2018. No. 3 (35). Pp. 129-134.
16. Gureev I. I. Ecological efficiency of a complex of tillage machines for mechanization of promising agrotechnologies. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2015. No 4. Pp. 71-73.
17. Valge A. M. Data processing in EXCEL by examples: methodological guide. St. Petersburg: GNU NWNIMESH of the Russian Agricultural Academy, 2010. 104 p.
18. Surkin V. I., Petelin A. A., Fedoseev S. Yu. Reducing the smokiness of diesel exhaust gases by disconnecting part of the cylinders. Bulletin of the South Ural State University. Series: mechanical engineering. 2012. No 33 (292). Pp. 69-74.

Информация об авторах

Джаббаров Нозим Исмоилович, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3), e-mail: nozimjon-59@mail.ru.

Косульников Роман Анатольевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой "Технические системы в сельском хозяйстве", декан инженерно-технологического факультета, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: itfkosulnikov@yandex.ru

Добринов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3), e-mail: a.v.dobrinov@yandex.ru.

Комоедов Алексей Дмитриевич, младший научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3), e-mail: komoedov.alexey@yandex.ru.

Author's Information

Dzhabborov Nozim Ismoilovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Leading researcher of the Department of Agroecology in Crop Production, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoye Shosse, 3) nozimjon-59@mail.ru

Kosulnikov Roman Anatolyevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of "Technical Systems in Agriculture", Dean of the Faculty of Engineering and Technology, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), E-mail: itfkosulnikov@yandex.ru

Dobrinov Aleksandr Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Senior researcher of the Department of Agroecology in Crop Production, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoye Shosse, 3), a.v.dobrinov@yandex.ru.

Komoedov Alexey Dmitrievich, Junior researcher Department of Agroecology in Crop Production, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoye Shosse, 3), komoedov.alexey@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-30

JUSTIFICATION OF THE MAIN INDICATORS OF RELIABILITY AND FAILURE-FREE OPERATION OF DRIP IRRIGATION SYSTEMS DURING OPERATION

Ovchinnikov A. S., Akhmedov A. D., Lipsky D. D., Babaev D. E.

Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: askar-5@mail.ru

Received 15.11.2023

Submitted 31.01.2024

Summary

Currently, in order to increase the reliability and reliability of drip irrigation systems as a result at the stage of operation of the facility, it is necessary to take into account the results of assessing the influence of design, technological, design and operational factors on the performance of drippers.

Abstract

Introduction. In modern conditions, when growing crops, the performance of drip irrigation systems largely depends on the reliability of the drippers. In this regard, to improve the reliability and quality of the elements of drip irrigation systems, it is first of all possible to increase the operational reliability of the systems. **Object.** The object of the study is the operational reliability and reliability of drip irrigation systems. **Materials and methods.** This article substantiates the theory of reliability of drip irrigation systems. It has been established that during the operation of drip irrigation, the reliability of operation of drip irrigation systems largely depends on the materials used in manufacturing, their design parameters, and operating modes. To establish the reliability of drip irrigation systems, the method of mathematical statistics is used, i.e., the law of time-to-failure distribution. **Results and conclusions.** The study found that the performance of a dripper with a change in diameter from 1.0 mm to 2.0 mm and a turbidity of irrigation water of 2.0 g/l improves from 58 to 96 %, respectively. In addition, with an increase in the diameter of the dropper from 1.0 mm to 1.5 mm, the probability of failure-free operation of the dropper changes within the range $P(t) = 0.58-1.0$, and when changing from 1.5 mm to 2.0 mm $P(t) = 0.80-1.0$. These data are greater than the recommended reliability coefficient of 0.798. Based on the analysis and data obtained, we supplemented the existing structural diagram of the operational reliability of the drip irrigation system as a fourth factor – human. The issues of theoretical justification and practical application of information and analytical drip irrigation control systems are considered.

Keywords: drip irrigation systems, water turbidity, water suitability, probability of uptime, dripper diameter, operational reliability of irrigation systems.

Citation. Ovchinnikov A. S., Akhmedov A. D., Lipsky D. D., Babaev D. E. Justification of the main indicators of reliability and failure-free operation of drip irrigation systems during operation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 263-271 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-30.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.347

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОТКАЗНОСТИ РАБОТ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ПОЛИВА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Овчинников А. С., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Ахмедов А. Д., доктор технических наук, профессор

Липский Д. Д., аспирант

Бабаев Д. Э., аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Введение. В настоящее время для повышения надежности и безотказности систем капельного полива в качестве результата на стадии эксплуатации объекта необходимо учитывать результаты оценки влияния на работоспособность капельниц конструкторские, технологические, проектные и эксплуатационные факторы. **Актуальность.** В условиях современности при выращивании сельскохозяйственных культур работоспособность систем капельного полива в значительной мере зависит от надежности работ капельниц. В связи с этим для повышения надежности и качества элементов систем капельного полива, прежде всего можно повышать эксплуатационной надежности систем. **Объект.** Объектом исследования являются эксплуатационной надежность и безотказность систем капельного орошения. **Материалы и методы.** В данной статье обоснована теория надёжности систем капельного орошения. При этом установлено, что при эксплуатации капельного полива надежность работы систем капельного орошения во многом зависит от применяемых материалов при изготовлении, их конструктивных параметров, режимов эксплуатации. Для установления надежности систем капельного орошения используется метод математической статистики, т. е. закон распределения наработки до отказа. **Результаты и выводы.** В ходе исследования установлено, что работоспособность капельницы с изменением диаметров от 1,0 мм до 2,0 мм при мутности поливной воды 2,0 г/л улучшается соответственно от 58 до 96 %. Кроме того, с увеличением диаметров капельницы от 1,0 мм до 1,5 мм вероятность безотказной работы капельницы изменяется в пределах $P(t) = 0,58-1,0$, а при изменении от 1,5 мм до 2,0 мм $P(t) = 0,80-1,0$. Эти данные больше, чем рекомендуемый коэффициент надежности 0,798. На основе проведенного анализа и полученных данных существующая структурная

схема эксплуатационную надежность системы капельного орошения нами была дополнена как четвертый фактор – человеческий. Рассмотрены вопросы теоретического обоснования и практического применения информационно-аналитических систем управления капельным поливом.

Ключевые слова: системы капельного орошения, мутности воды, степень пригодности воды, вероятность безотказной работы, диаметр капельницы, эксплуатационная надежность систем орошения.

Цитирование. Овчинников А. С., Ахмедов А. Д., Липский Д. Д., Бабаев Д. Э. Обоснование основных показателей надежности и безотказности работ систем капельного полива при эксплуатации. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 263-271. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-30.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В условиях современности при выращивании сельскохозяйственных культур применяются различные виды полива. Каждый вид орошения имеет свои преимущества и недостатки. Поэтому при выборе способа полива необходимо учитывать, прежде всего, виды растений, стоимость системы орошения и водно-энергетические затраты [13].

Учитывая различные виды орошения можно отметить, что при капельном поливе в соответствии с потребностью растений, вода непосредственно поступает в прикорневую систему. Через капельницы, также можно с поливной водой подкормить растения минеральными удобрениями, что способствует уменьшению нормы удобрений в 1,5-2 раза [12, 15].

Целью работы является обоснование основных показателей надежности и безотказности систем капельного полива путем повышения работоспособности капельниц в условиях эксплуатации.

Материалы и методики. При эксплуатации капельного полива можно использовать различные капельные ленты, отличающие между собой по диаметру, толщине стенок, расстоянию между капельницами (эмиттерами) и т. п. При этом надежность работы систем капельного полива (СКП) во многом зависит от применяемых материалов при изготовлении, их конструктивных параметров, режимов эксплуатации.

В настоящее время при выращивании овощных культур в основном применяется капельное орошение, позволяющие своевременно и качественно осуществлять поливы, увлажнять почвы непосредственно прикорневую зону каждого растения, делать подкормку и противозаморозковые поливы. В связи с этим за определенный промежуток времени на основе полученной информации можно судить о надежности системы капельного полива в процессе эксплуатации [9, 14].

Зная, что СКП состоит из большого разнообразия комплектующих элементов с показателями безотказности $P_1(t)$, $P_2(t)$... $P_n(t)$, поэтому во время эксплуатации системы капельного полива отказы могут возникать как внезапно, так и постепенно. При этом в зависимости от характера отказа одного элемента (внезапно или постепенно) может нарушаться полностью вся поливная система [1, 3]. Согласно выше изложенному получим:

$$P(t) = C_1 P_1(t) + C_2 P_2(t), \quad (1)$$

где C_1 и C_2 – соответственно частота внезапных и постоянных отказов; $P_1(t)$ и $P_2(t)$ – соответственно при внезапном и постоянном отказе вероятность безотказной работы элементов систем капельного полива.

При этом если случайная величина t (наработка до отказа) имеет плотность распределения $f(t)$, то вероятность безотказной работы можно записать:

$$P(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt, \quad (2)$$

где функцию $F(t)$ называют также вероятностью отказа элемента до момента t .

Продифференцируем выражение (2) и получим:

$$\frac{dP(t)}{dt} = -f(t) \text{ или } f(t) = -\frac{dP(t)}{dt} = -P'(t), \quad (3)$$

Заменив $-\frac{dP(t)}{dt}$ через $-\frac{dF(t)}{dt}$ и $F'(t)$, будем иметь

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = F'(t), \quad (4)$$

где $f(t)$ – плотность вероятности, т. е. производная от вероятности отказа систем капельного полива.
 Интенсивность отказа можно выразить в виде:

$$\omega(t) = \frac{f(t)}{P(t)}. \quad (5)$$

В формуле (5) заменим $f(t) = -\frac{dP(t)}{dt}$, тогда и получим:

$$\omega(t) = -\frac{dP(t)}{dt \cdot P(t)} \text{ или } P(t) = P(t)\omega(t)dt, \quad (6)$$

Зная, что

$$\frac{dP(t)}{dt} = -f(t), \text{ то } -dP(t) = f(t)dt, \quad (7)$$

то получим:

$$f(t)dt = P(t)\omega(t)dt. \quad (8)$$

Формула (8) в промежутке времени $(t, t + \tau)$ отражает количество отказавших капельниц при эксплуатации СКП. Если система работает безотказно до времени t , то тогда в интервале времени $(t, t + \tau)$ сомножитель $\omega(t)dt$ показывает вероятностью безотказности работ данного система.

По мнению академика Ц. Е. Мирцхулава [6] и других авторов различные виды отказов при эксплуатации СКП носят случайный характер. Поэтому при установлении критерий отказов их учет необходим [2, 5].

Источниками полива при эксплуатации капельного орошения могут стать подземные воды, каналы, открытые водоемы и т. п. Поэтому как отмечали ранее, основной причиной отказов капельниц и в том числе фильтров является нарушение требований к качеству поливной воды [9].

Пригодность воды по степени действия на элементы системы капельного орошения оценивается по разным показателям (таблица 1) [4]. Если качество воды не соответствует для использования орошения, то ее предварительного необходимо обработать.

Таблица 1 – Показатели пригодности воды для использования капельных систем
 Table 1 – Indicators of water suitability for the use of drip systems

Название показателя / Indicator name	Степень пригодности воды / Degree of water suitability		
	Пригодна / Suitable	условно пригодна / conditionally suitable	непригодна / Unusable
Общая минерализация, мг/л / Total mineralization, mg/l	< 500	500-2000	> 2000
Показатель pH / pH value	6-7	7-8	> 8
Содержание марганца, мг/л / Manganese content, mg/l	< 0,1	0,1-1,5	> 1,5
Содержание железа, мг/л / Iron content, mg/l	< 0,2	0,2-1,5	> 1,5
Содержание сероводорода, мг/л / Hydrogen sulfide content, mg/l	< 0,2	0,2-2,0	> 2,0
Количество бактерий, ед./л / Number of bacteria, units/l	< 10·10 ⁶	10·10 ⁶ -50·10 ⁶	> 50·10 ⁶
Границы индекса стабильности воды, I _c / Boundaries of the Water Stability Index, I _c	– 0,5 < I _c < + 0,5	– 0,5 < I _c < + 0,5	– 0,5 < I _c < + 0,5

Результаты и их обсуждение. Для оценки определения безотказности объекта существует много причин. На рисунке 1 показаны некоторые примеры деятельности, которая требует определения оценки безотказности в качестве входных данных. Например, для расчета необходимых запчастей при эксплуатации объекта необходимо знание интенсивности отказов объекта и допустимого периода простоя.

Необходимо отметить, что на различных стадиях жизненного цикла объекта для оценки показатель безотказности могут быть задан различными способами, например в виде: средняя наработка до отказа (MTTF), средняя наработка между отказами (MTBF), продолжительность безотказной работы, время до отказа.



Рисунок 1 – Методы, использующие в качестве входных данных оценку безотказности
Figure 1 – Methods using reliability assessment as input data

С целью определения надежности и безотказности работы капельницы при разных диаметрах, в зависимости от мутности поливной воды, проводился полевой опыт. Установлено, что работоспособность капельницы с мутностью поливной воды 2,0 г/л при изменении диаметров отверстия от 1,0 до 2,0 мм повышается соответственно с 58 до 96 % (рисунок 2).

С целью определения надежности и безотказности работы при разных диаметрах капельницы нами проводился полевой опыт в зависимости от мутности поливной воды. Для исследования принимали три варианта диаметра капельницы: 1) $d = 1,0$ мм; 2) $d = 1,5$ мм; 3) $d = 2,0$ мм. При этом на всех вариантах мутность поливной воды составила 2,0 г/л. Следует отметить, что крупность твердых частиц во всех опытах не превышала 1/3 часть диаметр капельницы.

На основе полученных данных (рисунок 2) можно отметить, что при диаметре капельницы $d = 1,0$ мм вероятность безотказной работы систем капельного орошения в зависимости от мутности воды находится в пределах 0,58-0,99, а при $d = 1,5$ мм – $P(t) = 0,80-1,0$. При этом, чем выше мутность воды, тем ниже вероятность безотказной работы. С увеличением диаметров капельницы от 1,5 мм до 2,0 мм вероятность безотказной работы капельницы изменяется в пределах $P(t) = 0,91-1,0$. Эти данные больше, чем рекомендуемый Науменко И. И. и Токар А. И. коэффициент надежности 0,798, т. е. коэффициент надежности в большинстве случаев равняется или приближен к единице.

Таким образом, полученные данные показывают, что вероятность безотказной работы капельницы в основном зависит от диаметра поливного отверстия и мутности оросительной воды.

На основе полученных результатов установлено, что повышая эксплуатационную надежность систем капельного полива можно улучшить качество и надежность ее элементов.

Подводя итог, можно отметить, что все виды отказов можно разделить на три основные группы. На основе проведенного анализа существующая структурная схема нами была дополнена как четвертый элемент – человеческий фактор (рисунок 3).

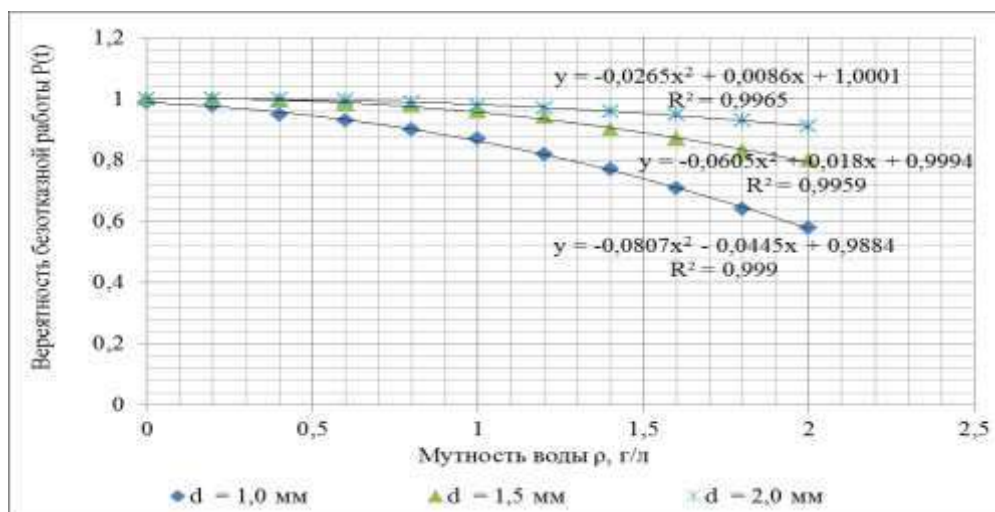


Рисунок 2 – Графическая зависимость вероятности безотказной работы при разных диаметрах капельницы в зависимости от мутности воды
Figure 2 – Graphical representation of the probability of failure-free operation at different dropper diameters depending on the turbidity of the water



Рисунок 3 – Структурная схема факторов влияющих на продолжительность безаварийной эксплуатации системы капельного орошения
Figure 3 – Structural diagram of factors influencing duration trouble-free operation of the drip irrigation system

Далее для автоматизации и для получения достоверных сведений с применением капельного полива нами в ходе исследований будут решаться конкретные практические задачи, а именно получение достоверных сведений о текущем водном режиме почвы и необходимости полива для растений. Структура системы по нашему мнению составляет набор датчиков необходимых для получения сведений по состоянию почвы и растений на основании, которых будет произведен анализ и оценка полученной информации.

На основе автоматизированных технологий использование информационных систем является наиболее перспективным направлением по повышению эффективности управления сельскохозяйственным производством. Эти системы дают возможность решать самые разные задачи, в том числе информационную поддержку принятия решений, мониторинг состояния посевов и агротехнических операций, а также их планирование.

Расположение датчиков структурировано и может иметь конфигурацию двух различных форм для 9 и 13 единиц. Варианты схемы расположения датчиков на участке поля представлены на рисунке 4.

В целом, поступающие в базу данных сведения в основном будут отражать работу поливной системы и показатели водно-физических свойств почвы. Следовательно, через датчики в автоматическом режиме по беспроводным каналам связи будет собираться основная информация на компьютер, и преобразовываться в удобную для восприятия наглядную форму [8].

В ходе исследования установлено, что современное развитие любой отрасли невозможно без внедрения комплекса автоматизированных технологий, которые повышают производительность труда, сокращают расходы и снижают себестоимость на возделывания сельскохозяйственных культур. С точки зрения науки при этом повышается эколого-экономическая эффективность использования капельного полива.

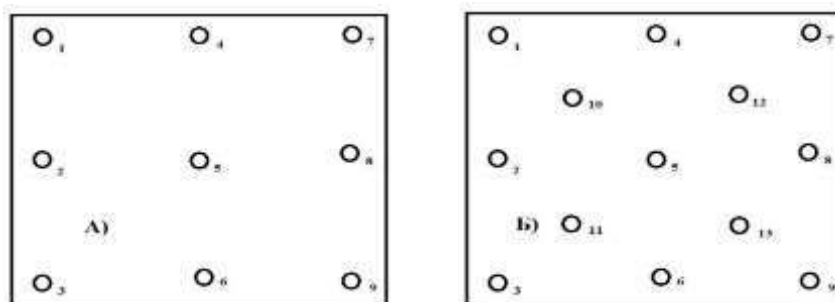


Рисунок 4 – Варианты схемы расположения датчиков на участке поля: 1-13 датчики
Figure 4 – Options for the layout of sensors in a field area

Закключение. В заключение можно отметить, что при мутности поливной воды 2,0 г/л работоспособность с увеличением диаметров капельницы от 1,0 мм до 2,0 мм улучшается соответственно от 58 до 96 %. С изменением диаметров капельницы от 1,0 мм до 1,5 мм вероятность безотказной работы капельницы изменяется в пределах $P(t) = 0,58-1,0$, а при изменении от 1,5 мм до 2,0 мм $P(t) = 0,80-1,0$. Эти данные больше, чем рекомендуемый Науменко И. И. и Токар А. И. коэффициент надежности – 0,798. Учитывая все это необходимо отметить, что путем повышения эксплуатационной надежности систем капельного полива можно улучшать качество и надежность ее элементов.

Conclusions. In conclusion, it can be noted that with irrigation water turbidity of 2.0 g/l, performance improves from 58 to 96% with increasing dropper diameters from 1.0 mm to 2.0 mm. With a change in the diameters of the dropper from 1.5 mm to 2.0 mm, the probability of failure-free operation of the dropper changes within the range $P(t) = 0.80-1.0$. These data are greater than the recommended reliability coefficient of 0.798. Taking all this into account, it is necessary to note that by increasing the operational reliability of drip irrigation systems, it is possible to improve the quality and reliability of its elements.

Библиографический список

1. Алиев З. Г. Изучение параметров и надежности системы малоинтенсивного орошения для работы в условиях горного земледелия в Азербайджане. Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 10-2. С. 196-200. <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=10632>.
2. Ахмедов А. Д. Гидравлические параметры трубчатых увлажнителей различных конструкций. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 4 (56). С. 381-389.
3. Ахмедов А. Д., Джамалетдинова Е. Э., Шкода В. А. Показатели надежности и основные виды отказов элементов систем капельного орошения. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 303-310.
4. Васильев С. М., Шура В. Н., Штанько А. С. Капельные оросительные системы: учебное пособие. М., 2019. 179 с.
5. Курбанов С. А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Функциональная схема анализа данных и выработки управляющих решений на основе геоинформационной системы управления орошением. Проблемы развития АПК региона. 2018. № 4 (36). С. 65-70.
6. Мирцхулава Ц. Е. О качестве, надёжности оросительных систем и о прогнозе ущерба от снижения уровня надёжности. Доклады ВАСХНИЛ. 1977. № 12. С. 33-35.
7. Науменко И. И., Токар А. И. Оценка надёжности работы капельниц. Мелиорация и водное хозяйство. 1986. № 65. С. 84-87.

8. Николаенко А. Н., Кавокин А. А. Концепция развития информационно-аналитической системы «мелиорация». Природообустройство. 2019. № 3. С. 6-13.
9. Новикова И. В., Лулева Е. Н., Грицай А. В. Средства и технологии водоподготовки для капельного орошения сельскохозяйственных угодий. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 3 (35). С. 1-17.
10. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Тронева С. В., Мещеряков М. П., Бочарникова О. В., Несмиянов И. А., Воробьева Н. С. Оптимизация основных параметров трубчатых оросительных систем. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 303-309.
11. Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В. Компьютерное моделирование и параметризация в среде MathCAD контуров увлажнения при капельном орошении. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 367-378.
12. Штанько А. С., Шкура В. Н. Способ графоаналитического построения очертания контуров капельного увлажнения почв. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 1(29). С. 67-85. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=526&id=531>.
13. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. V. 341. 012105.
14. Karimi B., Karimi N., Shiri J., Sanikhani H. Modeling moisture redistribution of drip irrigation systems by soil and system parameters: regression-based approaches. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. 2022. No 36. Pp. 157-172.
15. Ovchinnikov A. S., Borodychev V. V., Lytov M. N., Bocharnikov V. S., Fomin S. D., Bocharnikova O. V., Vorontsova E. S. Optimum control model of soil water regime under irrigation. Bulgarian journal of agricultural Science. 2018. № 24 (5). Pp. 909-913.

References

1. Aliev Z. G. Study of the parameters and reliability of a low-intensity irrigation system for work in mountain farming conditions in Azerbaijan. International Journal of Experimental Education. 2016. No 10-2. Pp. 196-200. <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=10632>.
2. Akhmedov A. D. Hydraulic parameters of tubular humidifiers of various designs. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2019. No. 4 (56). Pp. 381-389.
3. Akhmedov A. D., Dzhamaletdinova E. E., Skoda V. A. Reliability indicators and main types of failures of elements of drip irrigation systems. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2018. No. 2 (50). Pp. 303-310.
4. Vasilyev S. M., Shkura V. N., Shtanko A. S. Drip irrigation systems: textbook. M., 2019. 179 p.
5. Kurbanov S. A., Borodychev V. V., Lytov M. N. Functional diagram of data analysis and development of management decisions based on a geographic information system for irrigation management. Problems of development of the regional agro-industrial complex. 2018. No 4(36). Pp. 65-70.
6. Mirtskhulava T. E. On the quality, reliability of irrigation systems and the forecast of damage from a decrease in the level of reliability. Reports of VASKhNIL. 1977. No 12. Pp. 33-35.
7. Naumenko I. I., Tokar A. I. Assessing the reliability of the operation of droppers. Reclamation and water management. 1986. No. 65. Pp. 84-87.
8. Nikolaenko A. N., Kavokin A. A. Concept of development of the information and analytical system "reclamation". Nature Management. 2019. No 3. Pp. 6-13.
9. Novikova I. V., Luneva E. N., Gritsay A. V. Means and technologies of water treatment for drip irrigation of agricultural land. Scientific journal of the Russian Research Institute for Land Reclamation Problems. 2019. No 3 (35). Pp. 1-17.
10. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Tronev S. V., Meshcheryakov M. P., Bocharnikova O. V., Nesmiyanov I. A., Vorobyova N. S. Optimization of the main parameters of tubular irrigation systems. Proc. of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2018. No 2 (50). Pp. 303-309.
11. Rogachev A. F., Melikhova E. V. Computer modeling and parameterization in the MathCAD environment of humidification contours for drip irrigation. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2021. No 4 (64). Pp. 367-378.
12. Shtanko A. S., Shkura V. N. Method of graphic-analytical construction of the contours of drip moistening of soils. Scientific journal of the Russian Research Institute for Reclamation Problems. 2018. No 1 (29). Pp. 67-85. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=526&id=531>.
13. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. V. 341. 012105.
14. Karimi B., Karimi N., Shiri J., Sanikhani H. Modeling moisture redistribution of drip irrigation systems by soil and system parameters: regression-based approaches. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. 2022. No 36. Pp. 157-172.
15. Ovchinnikov A. S., Borodychev V. V., Lytov M. N., Bocharnikov V. S., Fomin S. D., Bocharnikova O. V., Vorontsova E. S. Optimum control model of soil water regime under irrigation. Bulgarian journal of agricultural Science. 2018. № 24 (5). Pp. 909-913.

Информация об авторах

Овчинников Алексей Семенович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: volgau@volgau.com

Ахмедов Аскар Джангир оглы, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: askar-5@mail.ru

Липский Дмитрий Дмитриевич, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: mityalipcky@yandex.ru

Бабаев Джавид Эльханович, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: dbabaev1996@yandex.ru

Author's Information

Ovchinnikov Aleksey Semenovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: volgau@volgau.com

Ahmadov Askar Jangir, Doctor of Engineering Sciences, Professor of Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: askar-5@mail.ru

Lipskiy Dmitriy Dmitrievich, graduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: mityalipcky@yandex.ru

Babaev Javid Elkanovich, graduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: dbabaev1996@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-31

**ANALYSIS OF THE TECHNICAL LEVEL OF GRASS STRIP SEEDING MACHINES
IN THE TURF OF THE MPTD FAMILY**

¹Fedorova O. A., ¹Ryadnov A. I., ²Tekushev A. Kh., ²Chaplygin M. E.,
³Revenko V. Yu., ²Davydova S. A.

¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

²Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM»
Moscow, Russian Federation

³Federal Research Center «V. S. Pustovoit All-russian scientific research institute of oil crops»
Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Received 10.11.2023

Submitted 12.12.2023

**The research work was carried out in accordance with the topic of the state task No. FGUN–2022–0007
To develop innovative complexes of machines with elements of robotics for breeding and seed
production of cereals, legumes and oilseeds using electrophysical methods of exposure**

Summary

Currently, weak technical equipment remains a deterrent to highly efficient harvesting of high-quality feed, the renewal of agricultural machinery lags behind the rate of its disposal by 3...4 times. The article discusses the results of research on agrotechnical and energy indicators of machines for strip sowing of grasses in the turf of the MPTD family, developed on the basis of the FSAC VIM.

Abstract

Introduction. The development of feed production is a strategic direction in the development of rational nature management in agriculture in Russia. Natural and seeded forage lands are one of the main sources of feed for livestock. However, significant areas of hayfields and pastures, both in terms of yield and the quality of grasses growing on them, do not meet the requirements of animal husbandry: low productivity of natural forage lands – 7...13 kg/ha of dry matter, unsatisfactory condition of natural lands, extensive system of grassland management, etc. The average annual rate of degradation of grass stands continues to increase due to the lack of advanced technologies and machines for improving forage lands. One of the options for surface improvement of pastures and hayfields is strip processing of sod and planting grasses in the treated strips. **Object.** The object of research is the machines developed on the basis of the FSAC VIM for strip sowing of grasses in the turf of the MPTD family. **Materials and methods.** The necessary calculations were carried out on the basis of well-known dependencies of efficiency theory and mathematical analysis, optimization methods, and probability theory. Field research was carried out in accordance with current methodological requirements and standards. **Results and conclusions.** The analysis of agrotechnical and energy indicators developed on the basis of FSAC VIM machines for strip sowing of grasses in the turf of the MPTD family on the basis of field tests was carried out. As a result, the use of special grassland equipment is justified, which provides an increase in productivity and improvement of the species composition of the herbage of cultivated and natural forage lands with an increase in the yield of grasses by 1.8...2.5 times and a reduction in the consumption of fuel and lubricants by 30...40%.

Keywords: strip sowing of grasses, fodder lands, machine and tractor units.

Citation. Fedorova O. A., Ryadnov A. I., Tekushev A. Kh., Chaplygin M. E., Revenko V. Yu., Davydova S. A. Analysis of the technical level of grass strip seeding machines in the turf of the MPTD family. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1 (73). 271-283 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-31.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.331

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ МАШИН ПОЛОСНОГО ПОДСЕВА ТРАВ В ДЕРНИНУ СЕМЕЙСТВА МПТД¹Федорова О. А., доктор технических наук, профессор¹Ряднов А. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор²Текушев А. Х., кандидат технических наук, старший научный сотрудник²Чаплыгин М. Е., кандидат технических наук, старший научный сотрудник³Ревенко В. Ю., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник²Давыдова С. А., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

г. Москва, Российская Федерация

³ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта»

г. Краснодар, Российская Федерация

Исследовательская работа выполнена согласно теме государственного задания № FGUN-2022-0007. Разработать инновационные комплексы машин с элементами роботизации для селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых и масличных культур с применением электрофизических методов воздействия

Актуальность. Развитие кормопроизводства является стратегическим направлением в развитии рационального природопользования в сельском хозяйстве России. Природные и сеяные кормовые угодья являются одним из основных источников корма для скота. Однако значительные площади сенокосов и пастбищ, как по урожайности, так и по качеству произрастающих на них трав, не отвечают требованиям животноводства: низкая продуктивность природных кормовых угодий – 7...13 ц/га сухого вещества, неудовлетворительное состояние природных угодий, экстенсивная система ведения лугопастбищного хозяйства и др. Кроме того из-за нехватки современных технологий и технических средств для улучшения кормовых угодий темпы деградации травостоев не снижаются. Один из вариантов поверхностного улучшения пастбищ и сенокосов является полосная обработка дернины и подсев трав в обработанные полосы. **Объект.** Объектом исследований являются разработанные на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ машины для полосного подсева трав в дернину семейства МПТД. **Материалы и методы.** Необходимые расчеты проводились на основе общеизвестных зависимостей теории эффективности и математического анализа, методов оптимизации, теории вероятностей. Полевые исследования проводились в соответствии с действующими методическими требованиями и стандартами. **Результаты и выводы.** Проведен анализ агротехнических и энергетических показателей разработанных на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ машин для полосного подсева трав в дернину семейства МПТД на основе проведенных полевых испытаний. В результате обосновано применение специальной лугопастбищной техники, которая позволяет повысить урожай трав в 1,8...2,5 раза, снизить расход горюче-смазочных материалов на 30...40% и затраты труда не менее, чем в двое, а также улучшить видовой состав травостоя культурных и естественных кормовых угодий.

Ключевые слова: полосной подсев трав, кормовые угодья, машинно-тракторные агрегаты.

Цитирование. Федорова О. А., Ряднов А. И., Текушев А. Х., Чаплыгин М. Е., Ревенко В. Ю., Давыдова С. А. Анализ технического уровня машин полосного подсева трав в дернину семейства МПТД. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 271-283. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-31.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Природные и сеяные кормовые угодья являются одним из основных источников корма для скота. Однако значительные площади сенокосов и пастбищ, как по урожайности, так и по качеству произрастающих на них трав, не отвечают требованиям животноводства. В связи с нехваткой современных технологий и технических средств для улучшения кормовых угодий темпы деградации травостоев не снижаются. Один из вариантов поверхностного улучшения пастбищ и сенокосов является полосная обработка дернины и подсев трав в обработанные полосы. В работах как отечественных ученых (Л. Г. Раменского, Т. А. Работнова, А. Ф. Любской и др.), так и зарубежных исследователей, подсев трав в дернину без ее традиционной (сплошной) обработки обоснован как перспективный

прием поверхностного улучшения сенокосов и пастбищ с экономией посевного материала и горючесмазочных материалов [1-12]. Однако, значительная часть площадей естественных кормовых угодий (более 600 тыс. га) расположена на склонах (территория Краснодарского края (большая часть), Республика Адыгея, Республика Карачаево-Черкесия (большая часть), Ставропольский край (западная часть). Основные массивы их сосредоточены в предгорной зоне Краснодарского края и более 50% этих пастбищ расположены на склонах крутизной более 120 град., поэтому из-за угрозы возникновения водной эрозии традиционные способы улучшения естественных сенокосов и пастбищ, предусматривающие сплошную обработку дернины, в этом случае не рекомендуются к использованию. Вероятность возникновения эрозионных процессов снижает полосный подсев трав при нарезании полос поперек склона [4]. Поэтому поверхностное улучшение является наиболее дешевой и часто используемой системой, при которой угодья не исключаются из использования на длительные сроки, в том числе полосная обработка дернины и подсев трав в обработанные полосы [4]. Для реализации данного технологического приема на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ созданы опытные образцы машин для полосного подсева трав в дернину МПТД-3, МПТД-6 и МПТД-12. Цель исследования – провести анализ агротехнических и энергетических показателей разработанных на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ машин для полосного подсева трав в дернину семейства МПТД на основе проведенных полевых испытаний.

Материалы и методы. Необходимые расчеты проводились на основе общеизвестных зависимостей теории эффективности и математического анализа, методов оптимизации, теории вероятностей; полевые – в соответствии с действующими методическими требованиями и стандартами.

Результаты и обсуждение. Машины для полосного подсева трав в дернину семейства МПТД состоят из рам, механизмов навески, опорных колес, бункеров для семян и удобрений с высевальными аппаратами. К раме шарнирно присоединены почвообрабатывающе-посевные модули (цепные редукторы, фрезерные секции с кожухами, катки), обеспечивающие хорошую приспособляемость к микрорельефу поля, как в продольном, так и в поперечном направлении. Глубину фрезерования регулируют изменением положения опорных лыж. Г-образные ножи используют для фрезерования почвы. Каждая фрезерная секция имеет по 6 ножей (3 левых и 3 правых). Ширина обрабатываемой полосы изменяется от 10 до 15 см с расстоянием между ними 11 см, ширина необработанных полос между смежными модулями – от 29 до 37 см [4, 5].

На МПТД-3 (рисунок 1) под семенным бункером емкостью 90 дм³ расположены высевальные аппараты катушечного типа, приводимые от опорных колес через коробку передач (для регулирования нормы высева семян). Предусмотрена установка рыхлителей впереди фрез барабана для аэрационной обработки и внесения минеральных удобрений [4, 5].



Рисунок 1 – Общий вид макетного образца МПТД-3, агрегируемого с МТЗ-80
Figure 1 – General view of the prototype MPTD-3, aggregated with MTZ-80

При поступательном движении агрегата, ножи фрезерных секций, приводимые во вращение ВОМ трактора, измельчают дернину сплошной полосой. При этом происходит полная заделка растительных остатков в нижележащие горизонты, а нижние (незадерненные) слои выносятся на поверхность. Семена трав, дозируемые высевальными аппаратами, по семяпроводам поступают к сошникам под кожухи, а затем заделываются в почву на требуемую глубину. Слой почвы с заделанными в нем семенами последовательно уплотняется вначале выравнивателями, или задними стенками кожухов, а затем – обрезающими каточками [4, 5].

Агрегат МПТД-12 (рисунок 2) состоит: из рамы, навески, опорных колес, центрального редуктора, карданного вала, фрезерного модуля (рыхлителей), кожуха фрез, опорной лыжи, ножей фрез, нажимной штанги, наконечника для удобрений, наконечника с трубкой для семян, наконечника с распылителем для гербицидов (с возможностью установки перед и за кожухами фрез), балки, ящика для удобрений (или распределительных колонок для удобрений), рукава для удобрений (могут подсоединяться к ящику или распределителю), ящика для семян, цепного привода с шестеренчатым редуктором, кронштейна и прикатывающего колеса. Каждая пара наконечников установлена на кожухе, с возможностью их регулирования по высоте. Рама агрегата представляет собой конструкцию из квадратных труб 80х80х7 мм. Колеса опорные, с пневматическими шинами, служат для опоры сеялки на почву во время движения, а также для привода туко- и семявысевающих аппаратов [5].

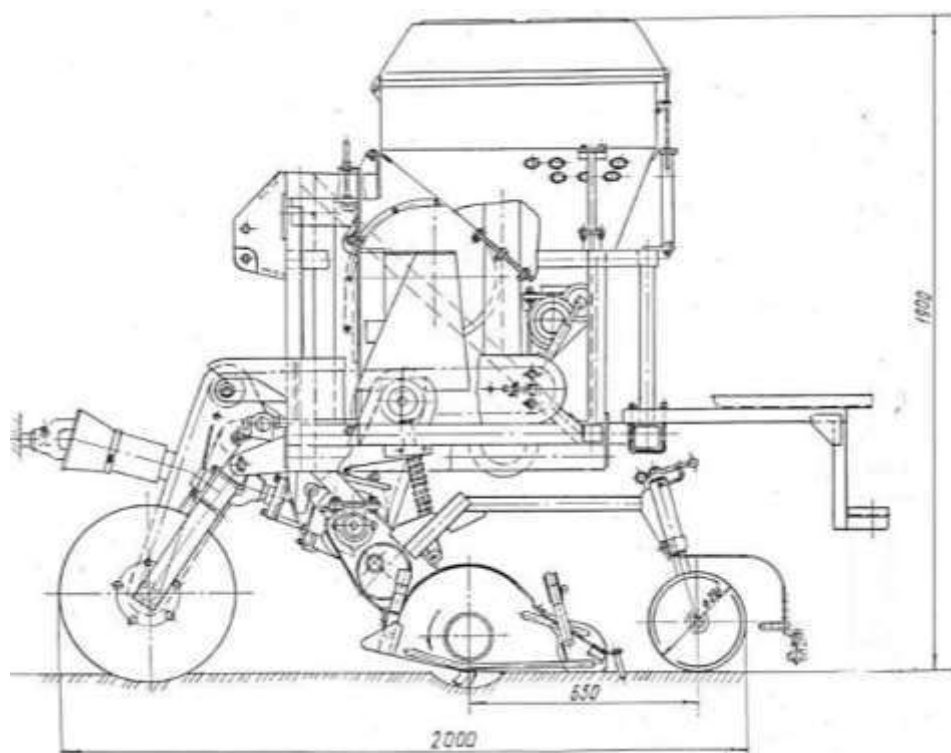


Рисунок 2 – Конструктивная схема макетного образца агрегата МПТД-12 модульного построения
Figure 2 – Constructive scheme of the model sample of the MPTD-12 modular construction unit

Ящик для семян выполнен из металла и установлен на раме агрегата (возможна установка ящика для удобрений, совмещенного с семенным). Высевальные аппараты имеют подвижные донышки, которые позволяют с помощью регулировочных винтов установить требуемый зазор между подвижными донышками и высевными катушками для семян, индивидуально для каждого высевального аппарата. Перевод рычага из одного положения в последующее изменяет величину зазора между донышком и катушкой для семян трав на 2 мм. Семяпроводы гофрированные, сверху крепятся к воронкам с помощью хомутов, а внизу – к наконечникам, закрепленным на кожухах. Наконечники представляют собой сварную конструкцию из трубок и предназначены для высева семян и удобрений. Фрезерный модуль (рыхлитель) выполнен с

применением серийных элементов от культиватора КФ-5,4 и сеялок ССН(П)-16. При движении МПТД-12 малые дозы удобрений подаются по тукопроводам на почву перед фрезами, ножи фрез получают вращение через механизм привода от ВОМ энергосредства и образуют бороздки требуемой ширины и глубины, при этом удобрения перемешиваются с почвой. На обработанную почву из наконечников подаются семена трав, затем почва мульчируется и прикапывается в зоне обработки. По границам обработанных и не обработанных зон вносятся гербициды с помощью распылителей, установленных за катками [5].

Лабораторно-полевые исследования по проверке эффективности технологии возделывания кормовых культур с применением МПТД-3 были проведены на естественных пастбищах Краснодарского края [4]. Опыты проводились в соответствии с методикой, разработанной ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» («Методика опытов на сенокосах и пастбищах», ч.1 и 2. М., 1971). Подсев многолетних бобовых трав в дернину выполнялся машинно-тракторным агрегатом в составе МТЗ-80+МПТД-3 на двух луговых участках с трех- и семилетней дерниной люцерны. Условия проведения исследований по подсеву бобовых многолетних трав в дернину машинно-тракторным агрегатом в составе МТЗ-80+МПТД-3 были следующие:

- трехлетняя дернина с толщиной слоя 0,06...0,08 м имела влажность при слое 0...0,05 м – 12,4%; 0,05...0,10 м – 14,2%; 0,10...0,15 м – 17,7%; твердость при слое 0...0,05 – 0,8 МПа, 0,05...0,10 м – 1,5 МПа; 0,10...0,15 м – 1,8 МПа;

- семилетняя дернина с толщиной слоя 0,12...0,15 м имела влажность при слое 0...0,05 м – 24,2%; 0,05...0,10 м – 23,1%; 0,10...0,15 м – 22,7%; твердость при слое 0...0,05 – 0,66 МПа, 0,05...0,10 м – 1,06 МПа; 0,10...0,15 м – 1,28 МПа.

С целью выявления оптимальной ширины полосы с подсеянными в дернину многолетними травами, две левые по ходу движения МПТД-3 секции оснастили ножами, обеспечивающими ширину обрабатываемой полосы 0,10 м, а две правые – ножами, обеспечивающими обработку полосы шириной 0,15 м.

Схема опыта имела следующий вид: вариант 1 – подсев люцерны, вариант 2 – подсев донника белого. Контрольный вариант представлял собой необработанный участок дернины шириной 8 м и длиной 50 м. Независимо от варианта норма высева семян составляла 5 кг/га, глубина обработки полос – 0,05...0,07 м, глубина заделки семян – 0,005...0,015 м. Число повторений по каждому из вариантов – три (по три прохода агрегата МТЗ-80+МПТД-3 на длине 50 м).

Энергетическую оценку агрегата для подсева трав в дернину проводили на трехлетней дернине люцерны. При этом использовали специальную тензометрическую рамку, установленную на заднюю навеску трактора МТЗ-80, а также датчики оборотов и крутящего момента вала отбора мощности. Кроме того, в систему топливоподачи двигателя был встроен расходомер ИП-204 для уточненной оценки затрат дизельного топлива на проведение той или иной технологической операции. Регистрация сигналов, полученных от датчиков, осуществлялась с помощью информационно-измерительной аппаратуры ЭМА-ПМ. Перед проведением исследований расходомер и датчики, установленные на ВОМ трактора, были отградуированы на тормозном стенде. Параллельно были получены результаты оценки номинальной мощности двигателя (N_e), которая составила 56,5 кВт, при частоте вращения коленвала двигателя $n = 2208 \text{ мин}^{-1}$ и расходе топлива 13,5 кг/ч.

Энергетическая оценка проведена на двух вариантах ширины обрабатываемых полос – 0,10 и 0,15 м. Влажность пахотного горизонта со стерней люцерны в слое 0...0,05 м составляла 10,8%, 0,05...0,10 м – 15,0%, 0,10...0,15 м – 16,4%. Твердость почвы при этом варьировалась от 2,02 МПа до 3,50 МПа: в слое 0...0,05 м – 2,02 МПа, в слое 0,05...0,10 м – 2,83 МПа, в слое 0,10...0,15 м – более 3,5 МПа. Результаты агротехнической оценки приведены в таблице 1.

Ботанический состав травостоя улучшился: процент бобовых на контроле возрос при ширине полос 0,10 м – до 13,8%, при 0,15 м – 23,6%. В результате исследований по зависимости урожайности и ботанического состава от ширины обрабатываемой полосы выявлено, что с увеличением ширины обрабатываемой полосы сбор в среднем абсолютно сухой массы и кормовых единиц увеличивается соответственно при ширине 0,10 м – 3,61 и 2,48 т/га, 0,20 м – 3,83 и 2,78 т/га; 0,30 м – 4,00 и 2,96 т/га; при этом природный луг имеет показатели 2,51 и 1,71 т/га, естественная дернина – 2,95 и 2,01 т/га.

Таблица 1 – Агротехническая оценка агрегата на подсеве трав в семилетнюю дернину
Table 1 – Agrotechnical assessment of the unit for overseeding grasses in a seven-year-old turf

Оценочный показатель / Evaluation Indicator	Процент в общей массе, % / Percentage of total mass, %	
	полоса 0,1 м / Strip 0.1 m	полоса 0,15 м / Strip 0.15 m
Размеры почвенных фракций, мм: / Dimensions of soil fractions, mm:		
0...25	92,6	79,7
25...50	3,7	14,5
более 50	3,7	5,8
Вынос почвы за пределы полосы, % / Soil drift outside the strip, %	25,7	28,0

В таблице 2 представлены результаты улучшения пастбища – урожай и ботанический состав зеленой массы при изменении ширины обрабатываемой полосы.

Таблица 2 – Урожай и ботанический состав зеленой массы при изменении ширины обрабатываемой полосы
Table 2 – Yield and botanical composition of green mass with a change in the width of the cultivated strip

Варианты опыта / Experience Options	Сбор зеленой массы, т/га / Harvesting of green mass, t/ha		Ботанический состав травостоя, % / Botanical composition of the herbage, %		
	первый укос / first mowing	второй укос / second mowing	Злаки / cereals	Бобовые / Leguminous herbs	Разнотравье / Herbs
Ширина полос, м: / Width of strips, m:					
0,10	4,34	3,24	71,9	13,8	14,3
0,15	3,87	3,92	63,8	23,6	12,6
Природный луг (контроль) / Natural meadow (control)	4,83	2,56	73,6	1,7	24,7

Межполосное расстояние при полосном подсеве существенно влияет на процентное соотношение трав (ботанический состав). Оптимальным для пастбища является травостой, в составе которого 30...40 % бобовых трав, а для сенокоса до 60%. Если исходить из условия одинаковой продуктивности засеянной полосы и сохраненной дернины, то межполосное расстояние должно быть близким по значению с шириной обрабатываемых полос. Площадь обрабатываемых полос должна устанавливаться на уровне 50...75% от общей площади улучшаемого пастбища.

Результаты энергетической оценки МТА в составе МТЗ-80+МПТД-3 приведены в таблице 3. Выявлено, что при увеличении ширины обрабатываемой полосы с 0,10 до 0,15 м общая потребляемая мощность возрастает на 5,4...7,2% в зависимости от скорости движения, а тяговое сопротивление машины при этом снижается на 15,8...25,3%.

Таблица 3 – Результаты энергетической оценки машины для полосного подсева трав МПТД-3
Table 3 – Results of the energy evaluation of the machine for strip grass sowing MPTD-3

Показатели / Indicators	Техническое задание / Terms of Reference	Значение показателей / Value of indicators					
		ширина обрабатываемой полосы 0,10 м / Strip width 0.10 m			ширина обрабатываемой полосы 0,15 м / Strip width 0.15 m		
1	2	3			4		
Режимы работы: / Modes of operation:							
- скорость движения, км/ч / Driving speed, km/h	5-7 до 0,08	5,9 0,048	7,3 0,047	8,1 0,043	6,1 0,05	7,5 0,048	8,3 0,045
- глубина обработки, м / Processing depth, m							
- производительность за время основной работы, га/ч / Productivity during the main operation, ha/h	1,5...1,6	1,77	2,19	2,43	1,83	2,25	2,49
- расход топлива за время основной работы, кг/ч / Fuel consumption during the main operation, kg/h	8	8,2	9,4	10,9	8,6	9,9	11,6

Окончание таблицы 3

1	2	3			4		
Энергетические показатели: / Energy indicators:							
- тяговое сопротивление, кН / Traction resistance, kN	до 5	2,13	1,43	1,10	1,7	1,2	0,95
- мощность на преодоление тягового сопротивления, кВт / Traction resistance power, kW	-	3,5	2,3	2,5	2,3	2,5	2,2
- мощность на ВОМ, кВт / PTO power, kW	-	17,1	24,4	32,0	18,9	26,7	35,2
- общая потребляемая мощность, кВт / Total power consumption, kW	до 44,8	27,6	34,5	43,0	29,1	36,4	46,1
- удельные затраты, кВт ч/га / Unit costs, kWh/ha	-	15,6	15,7	17,7	15,9	16,2	18,5
- удельный расход топлива за время основной работы, кг/га / Specific fuel consumption during the main operation, kg/ha	-	4,6	4,3	4,4	4,7	4,4	4,7
- коэффициент использования эксплуатационной мощности двигателя / Engine Operating Power Utilization Factor	-	0,49	0,61	0,76	0,51	0,64	0,81
- буксование движителей трактора, % / Tractor propulsion slippage, %	-	+0,9	-1,4	-2,5	+0,4	-1,8	-3,2

Таким образом, экспериментальный образец МПТД-3 обеспечивает устойчивый технологический процесс при работе на пяти или семилетней дернине разнотравного луга и трехлетней дернине люцерны при влажности 12...24% и твердости 0,8...1,1 МПа в обрабатываемом слое. Оптимальный режим работы МТЗ-80+МПТД-3 (расход топлива минимальный): диапазон рабочих скоростей 6...7,5 км/ч, глубина обработки – 0,04...0,05 м, ширина обрабатываемой полосы – 0,10...0,15 м; отсутствие буксования и запас мощности двигателя при регламентированных режимах и параметрах технологического процесса.

Проведены лабораторно-полевые исследования макетного образца МПТД-12 в условиях ООО «Машиностроительный завод опытных конструкций» и ИСА – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Результаты агротехнической оценки в соответствии с СТО АИСТ 5.6–2018 при испытаниях на стенде приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Агротехнические показатели при лабораторных (стендовых) испытаниях МПТД-12

Table 4 – Agrotechnical indicators for laboratory (bench) tests of MPTD-12

Наименование показателей / Name of indicators	Значения показателей / Metric values		
Кормовые культуры / Fodder crops	клевер, травосмесь / clover, grass mixture		
1	2	3	4
Скорость, км/ч / Speed, km/h	2,7	4,5	6,5
Передаточное отношение сеялки / Planter gear ratio	0,14	0,40	2,08
Заданная норма высева, кг/га: / Specified seeding rate, kg/ha:			
- семян / Seeds	1,4	10,8	16,2
- удобрений / Fertilizers	10	25	50,0
- гербицидов (раствор) / herbicides (solution)	100	100	100
Высевающая способность сеялки, кг/га: / Seeding capacity of the seeder, kg/ha:			
- семян / Seeds	1,4	-	16,2
- удобрений / Fertilizers	10,0	-	50,0
- гербициды / Herbicides	55	-	150
Качество высева при регулировке высевающего аппарата по длине рабочей части катушки/заслонки, мм / Seeding quality when adjusting the seeding device along the length of the working part of the coil/damper, mm	4,0/5	6,0/10	8,0/17
Фактический высев семян/удобрений, кг/га / Actual sowing of seeds/fertilizers, kg/ha	1,5/12,5	9,8/25,6	16,4/47,3
Отклонение фактического высева семян от заданного, % / Deviation of actual seeding from the specified one, %	до 5	-	до 7

Окончание таблицы 4

1	2	3	4
Неравномерность высева семян между аппаратами: / Unevenness of seeding between units: - среднее арифметическое отклонение, % / arithmetic mean deviation, % - среднеквадратическое отклонение, % / standard deviation, % - коэффициент вариации, % / coefficient of variation, %	2,9 1,7 59,6	2,5 1,8 71,7	1,1 0,7 65,2
Неустойчивость общего высева семян: / Instability of total seeding: - среднее арифметическое отклонение, % / arithmetic mean deviation, % - среднеквадратическое отклонение, % / standard deviation, % - коэффициент вариации, % / coefficient of variation, %	1,0 0,2 17,6	1,0 0,1 5,0	1,0 0,2 24,5
Дробление семян/гранул удобрений, % / Crushing of seeds/fertilizer granules, %	0,3/0,5	0,4/0,6	0,3/0,8
Отклонение фактического внесения удобрений / гербицидов от заданного, % / Deviation of actual application of fertilizers/herbicides from the specified one, %	6,25/5	4/5	8,16/5
Неравномерность внесения удобрений/гербицидов по ширине захвата при длине рукавов, м: до 3 / Uneven application of fertilizers/herbicides along the working width at the length of the sleeves, m: up to 3 - среднеквадратическое отклонение, м / standard deviation, m - коэффициент вариации, % до 6 м / coefficient of variation, % up to 6 m - среднеквадратическое отклонение, м / standard deviation, m - коэффициент вариации, % / coefficient of variation, %	не определялась / Not defined	0,8/2,5 7/3 1,2/3,1 15/5	не определялась / Not defined
Неустойчивость внесения удобрений/гербицидов по длине прохода: / Instability of fertilizer/herbicide application along the length of the passage: - среднеквадратическое отклонение, % / standard deviation, % - коэффициент вариации, % / coefficient of variation, %	не определялась / Not defined	1,1/3,4 10/5	не определялась / Not defined

Макетный образец агрегат МПТД-12 испытывался на посеве смеси трав (семена кондиционной чистоты и влажности) в дернину на пастбище. Условия проведения испытаний были типичными для Нечерноземной зоны России (почвы дерново-подзолистые с влажностью 13...18,5%). Лабораторные испытания макетного образца агрегата МПТД-12 проводились в заводских условиях ООО «Машиностроительный завод опытных конструкций» на высева семян клевера, минеральных удобрений и внесении имитационной жидкости гербицидов (воды). Неустойчивость общего высева на посеве клевера и удобрений в пределах 1,0 %, что соответствует техническому заданию (далее ТЗ). Дробление семян клевера 0,3...0,4%, что не превышает требования ТЗ (до 1,0%).

Полевые испытания макета агрегата МПТД-12 проводились на посеве смеси семян клевера, тимopheевки луговой, на пастбище с нормой высева семян 1,4...16,2 кг/га, удобрений 10...50 кг/га (таблица 5).

Ленточная обработка почвы и посев смеси семян трав проводились на скоростях 4,5 и 6,5 км/ч с установочной нормой высева семян трав 3,8 кг/га, удобрений – 15 кг/га, гербицидов – 100 л/га. С повышением скорости при оптимальной глубине фрезерования глубина заделки семян уменьшается от 1...1,2 см до 0,7 и 1,2 см, однако значения соответствуют ТЗ.

Внесение удобрений и гербицидов осуществлялось качественно, т.к. основные рабочие органы были использованы от сертифицированных машин. Установлена необходимость некоторой модернизации распределительных рабочих органов машины для внесения удобрений и

семян, связанная с удлинением распределительных рукавов до 6 м на макете. Плотность почвы составила 1,0...1,1 г/см³, что соответствует исходным данным по техническому заданию (1,0 г/см³). В результате полевых испытаний выявлено, что после прохода макета агрегата МПТД-12 на необработанных полосах остаются куски дернины (рисунок 3).

Таблица 5 – Агротехнические показатели при полевых испытаниях МПТД-12
Table 5 – Agrotechnical indicators during field tests of MPTD-12

Наименование показателей / Name of indicators	Значения показателей / Metric values		
	Техническое задание / Terms of Reference	по данным испытаний / Based on test data	
		Фон 1 – пастбище / Background 1 – Pasture	
Кормовые культуры / Fodder crops	семена трав / Grass Seeds	клевер, травосмесь / clover, grass mixture	
1	2	3	4
Скорость движения агрегата, км/ч / Unit speed, km/h	до 8	4,5	6,5
Регулировка высевающего аппарата по длине рабочей части катушки/заслонки, мм / Adjustment of the seeding unit along the length of the working part of the coil/damper, mm	-	4,0/5	6,0/17
Передаточное отношение / Gear ratio	-	0,33	0,33
Установочная глубина обработки, м / Installation working depth, m	0,045; 0,065	0,045	0,065
Норма высева семян, кг/га: / Seeding rate, kg/ha:	-	Минимально / minimally	Нормально / norm
- заданная / specified	-	1,4	16,2
- фактическая / actual	-	1,6	16,7
Норма высева удобрений, кг/га: / Fertilizer seeding rate, kg/ha:	-	10	42
- заданная / specified	-	11	40,3
- фактическая / actual	-	-	-
Объем внесения гербицидов, л/га: / Volume of herbicide application, l/ha:	-	100	100
- заданный / specified	-	105	105
- фактический / actual	-	-	-
Средняя глубина заделки семян при максимальном заглублении фрезерных рабочих органов, см / Average depth of seed placement at maximum depth of milling working tools, cm	1,0...1,5	1,0...1,5	0,7...1,2
Глубина заделки семян при оптимальном заглублении фрез: / Depth of seed placement at optimal depth of cutters:	-	-	-
- средняя глубина, см / Average depth, cm	1,0	1,0	1,0
- среднеквадратическое отклонение, см / standard deviation, cm	-	0,33	0,44
- коэффициент вариации, % / coefficient of variation, %	-	0,6	0,9
Число семян, не заделанных в почву, шт./м ² / Number of seeds not embedded in the soil, pcs./m ²	-	2,1	3,2
Высота гребней после прохода агрегата, см / Height of ridges after passing the unit, cm	±2	1,5	1,9
Расстояние между осями обработанных лент, см / Distance between the axes of the machined belts, cm	-	60,9	61,2
Ширина ленты, м / Belt width, m	-	0,20	0,21
Ширина строчки, м / Stitch width, m	-	0,11	0,11
Ширина полосы обработанной гербицидами, м / Width of the strip treated with herbicides, m	с двух сторон / on both sides 0,05...0,10	0,09...0,11	0,09...0,11
Плотность почвы после прикатывания, г/см ³ / Soil density after packing, g/cm ³	0,9...1,0	1,1	1,0

Окончание таблицы 5

1	2	3	4
Глубина обработки фрезерными рабочими органами, см: / Depth of milling tools, cm: - среднее значение / medium - среднеквадратическое отклонение, см / standard deviation, cm	- не более 1,5 / not more than 1.5 ±15	5,6 0,6 12,0	5,1 0,8 13,8
- коэффициент вариации, % / coefficient of variation, %			
Степень крошения почвы, массовая доля комков, %, размером, мм: / Degree of soil crumbling, mass fraction of lumps, %, size, mm: менее 10 / less than 10 до 25 включительно / up to and including 25 от 25 до 50 / from 25 to 50 от 50 до 100 / from 50 to 100	- 70 - -	88,5 4,3 5,1 2,1	80,2 7,6 7,6 4,6
Забивание рабочих органов растительными остатками / Clogging of working parts with plant residues	-	не наблюдалось / not observed	
Забрасывание почвой необработанных полос, % / Throwing soil into uncultivated strips, %	-	10...15	до 30



Рисунок 3 – Участок пастбища после прохода макета агрегата МПТД-12
Figure 3 – Pasture plot after passing the layout of the MPTD-12 unit

Эксплуатационно-технологическая оценка макетного образца агрегата МПТД-12 проводилась в соответствии с ГОСТ 24055-88 на полосной обработке почвы и посеве семян трав в дернину на супесчаных среднесуглинистых почвах приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Эксплуатационно-технологические показатели
Table 6 – Operational and technological indicators

Наименование показателей / Name of indicators	Значения показателей / Metric values	
	в соответствии с техническим заданием / in accordance with the terms of reference	по данным испытаний / based on test data
1	2	3
Режим работы: / Working hours: - средняя рабочая скорость, км/ч / average operating speed, km/h - фактическая ширина захвата, м / actual working width, m - транспортная скорость, км/ч / transport speed, km/h - норма высева семян трав, кг/га / seeding rate of grass seeds, kg/ha	до 8 макет / layout до 15,0 -	6,5 2,76 15,0 4,8

Окончание таблицы 6

1	2	3
Производительность за время основной работы 1 м ширины захвата агрегата, га/ч / Productivity during the main operation of 1 m of the working width of the unit, ha/h	0,6	0,65
Показатели качества выполнения технологического процесса: / Indicators of the quality of the technological process: - глубина обработки фрезерными рабочими органами, м / Depth of milling tools, m - фактический высеив, кг/га / actual seeding, kg/ha - глубина заделки семян при оптимальном заглублении сошников, мм / seed placement depth with optimal coulter depth, mm	до 0,08 - -	0,049...0,068 4,6 1...2
Время на устранение технологических отказов (замена ножей фрез, замена штифтов в муфте предохранительной, регулировки цепного привода фрез), ч / Time for elimination of technological failures (replacement of cutter knives, replacement of pins in the safety clutch, adjustment of the chain drive of milling cutters), h	-	1,01
Необходимая колея трактора, м / Required tractor track, m	-	1,4/1,8
Время на технологическое обслуживание, ч / Time for technological maintenance, h	-	0,64

Проведенные полевые исследования машин для полосного подсева трав в дернину МПТД-3 и МПТД-12 показали, что у конструкций есть ряд преимуществ: выполнение четырех технологических операции по улучшению лугов и пастбищ – обработка почвы, посев семян трав, внесение минеральных удобрений и гербицидов, прикатывание; наличие средств контроля и автоматизации повышают качество выполнения технологического процесса, а вождение агрегата по курсоуказателю с применением спутниковой навигации GPS (вместо традиционного – по маркерной борозде) – повышают производительность и улучшают условия труда механизатора; модульный принцип построения агрегата на базе серийных агрегатов позволяет агрегатировать его с имеющимися в хозяйстве тракторами тягового класса 2 и 3, что повышает его потребительские качества; наиболее приемлемой является конструкция фрезерно-посевного модуля состоящая из фрезерного и пневмомеханического модулей для удобрений и семян, составные элементы которых заимствованы от серийных машин – культиватора КФ-5,4 и сеялки ССНП-16.

Выводы. После проведенных исследований модулей макетного образца агрегата МПТД-3 и МПТД-12 установлено, что для полосного подсева трав в дернину рекомендуется использовать образец МПТД-12, который отличается более высоким техническим уровнем, а именно: макетный образец агрегата удовлетворяет своему технологическому назначению и обеспечивает полосной посев семян трав в дернину с внесением малых доз удобрений и гербицидов с показателями, установленными техническим заданием; при увеличении ширины захвата агрегата свыше 2,8 м необходимо использовать вариант пневмомеханического модуля для подачи и дозирования семян и удобрений (унифицированных). Использование МПТД-12 позволяет повысить урожай трав в 1,8...2,5 раза, снизить расход горюче-смазочных материалов на 30...40% и затраты труда не менее, чем в двое.

Conclusions. Thus, the replaceable, operational and actual productivity of a sorghum harvester equipped with a header with a segment-finger cutting device with an infinite knife contour and a device for monitoring segment failures is higher than the replaceable, operational and actual productivity of a sorghum harvester equipped with a header with a segment-finger cutting device with a single knife run, respectively, by 2.4, 4.0 and 3.9 %.

Библиографический список

1. Марченко О. С. и др. Инновационные технологии и комплексы машин с активными рабочими органами для коренного улучшения сенокосов и пастбищ. Вестник ВИЭСХ. 2018. № 1 (30). С. 56-61.
2. Петрученко Н. О. Подсев трав – залог стабильных травостоев. Наше сельское хозяйство. 2022. № 7 (279). С. 44-49.
3. Алдошин Н. В. и др. Инновационные технологии заготовки высококачественных кормов: аналит. обзор. М.: «Росинформагротех», 2020. 92 с.
4. Ревенко В. Ю., Белоусов М. М. Результаты испытаний машины для полосного подсева трав в дернину. Международная агроинженерия. 2014. Выпуск 4. С. 53-61.

5. Марченко О. С. и др. Комбинированный агрегат МПТД-12 для полосного подсева семян трав и травосмесей на лугах и пастбищах. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 5. С. 15-17.
6. Дринча В. М., Борисенко И. Б. Поверхностный подсев семян на лугах и пастбищах. Кормопроизводство. 2017. № 4. С. 47-48.
7. Тюрюков А. Г., Филиппов К. В. Улучшение деградированных сенокосов лесостепи Приобья. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2022. № 1 (62). С. 88-96.
8. Измаилов А. Ю. и др. Создание инновационной техники и ресурсосберегающих технологий производства кормов – основа развития животноводства. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2017. № 6 (82). С. 23-28.
9. Kassimova R., Adilsheev A., Mihov M. Improving technology of pastures and grasslands development. Mechanization in agriculture & conserving of the resources. 2019. Pp. 111-113.
10. Shaw J. A., Roche L. M., Gornish E. S., Rayburn A. P., Zamora A. J., Laca E. Efficacy of strip seeding to restore grassland plant communities. Restoration Ecology. 2022. V. 31 (4).
11. Andrew R., Laca E. A. Strip-seeding for Grassland Restoration: Past Successes and Future Potential. Ecological Restoration. 2013. No 31 (2). Pp. 147-153.
12. Aliiev E., Bezverkhniy P. Study of the factors of the deterioration of sowing accuracy with pneumatic seeders. Engineering energy transport AIC. 2023. Pp. 2-6.

References

1. Marchenko O. S., et al. Innovative technologies and complexes of machines with active working bodies for radical improvement of hayfields and pastures. Vestnik VIESKh. 2018. No. 1 (30). Pp. 56-61.
2. Petrochenko N. O. Underseeding of grasses is the key to stable grass stands. Our Agriculture. 2022. No. 7 (279). Pp. 44-49.
3. Aldoshin N. V., et al. Innovative technologies for the preparation of high-quality feed: analyte. review. M.: "Rosinformagrotekh", 2020. 92 p.
4. Revenko V. Yu., Belousov M. M. Test results of a machine for strip sowing of grasses in turf. International Agroengineering. 2014. Issue 4. Pp. 53-61.
5. Marchenko O. S., et al. Combined unit MPTD-12 for strip sowing of grass seeds and grass mixtures in meadows and pastures. Agricultural machines and technologies. 2010. No. 5. Pp. 15-17.
6. Drincha V. M., Borisenko I. B. Surface sowing of seeds in meadows and pastures. Fodder production. 2017. No 4. Pp. 47-48.
7. Tyuryukov A. G., Filippov K. V. Improvement of degraded hayfields in the forest-steppe of the Ob region. Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2022. No. 1 (62). Pp. 88-96.
8. Izmailov A. Yu., et al. Creation of innovative technology and resource-saving technologies for feed production - the basis for the development of livestock farming. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkina." 2017. No. 6 (82). Pp. 23-28.
9. Kassimova R., Adilsheev A., Mihov M. Improving technology of pastures and grasslands development. Mechanization in agriculture & conserving of the resources. 2019. Pp. 111-113.
10. Shaw J. A., Roche L. M., Gornish E. S., Rayburn A. P., Zamora A. J., Laca E. Efficacy of strip seeding to restore grassland plant communities. Restoration Ecology. 2022. V. 31 (4).
11. Andrew R., Laca E. A. Strip-seeding for Grassland Restoration: Past Successes and Future Potential. Ecological Restoration. 2013. No 31 (2). Pp. 147-153.
12. Aliiev E., Bezverkhniy P. Study of the factors of the deterioration of sowing accuracy with pneumatic seeders. Engineering energy transport AIC. 2023. Pp. 2-6.

Информация об авторах

Федорова Ольга Алексеевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технические системы в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, e-mail: foa_77@mail.ru

Ряднов Алексей Иванович, Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Текушев Арсен Хасанбиевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории технологий и машин для посева и уборки зерна и семян, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2816-2904>, e-mail: kmk3.vim@mail.ru

Чаплыгин Михаил Евгеньевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории технологий и машин для посева и уборки зерна и семян, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0031-6868>, e-mail: misha2728@yandex.ru

Ревенко Валерий Юрьевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сои, ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта» (Российская Федерация, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5232-1223>, e-mail: skskniish@rambler.ru

Давыдова Светлана Александровна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории прогнозирования развития систем машин и технологий в АПК, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1219-3335>, e-mail: davidova-sa@mail.ru

Author's Information

Fedorova Olga Alekseevna, Doctor of Engineering Sciences, associate Professor, Professor of the Department of "Technical systems in agriculture", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, e-mail: foa_77@mail.ru

Ryadnov Aleksey Ivanovich, honored worker of the higher school of the Russian Federation, Doctor of agricultural Sciences, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Tekushev Arsen Khasanbievich, Candidate of Engineering Sciences, senior researcher at the laboratory of technologies and machines for sowing and harvesting grain and seeds of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, building 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2816-2904>, e-mail: kmk3.vim@mail.ru

Chaplygin Mikhail Evgenievich, Candidate of Engineering Sciences, senior researcher at the laboratory of technologies and machines for sowing and harvesting grain and seeds of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, building 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0031-6868>, e-mail: misha2728@yandex.ru

Revenko Valery Yurievich, Candidate of Engineering Sciences, leading researcher at the laboratory of soybean breeding and seed production of the Federal State Budgetary Institution Federal Scientific Center "All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V. S. Pustovoi" (Russian Federation, 350038, Krasnodar, Filatova St., 17), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5232-1223>, e-mail: skskniish@rambler.ru

Davydova Svetlana Aleksandrovna, Candidate of Engineering Sciences, leading researcher at the laboratory for forecasting the development of machine systems and technologies in the agro-industrial complex of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, building 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1219-3335>, e-mail: davidova-sa@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-32

IMPROVEMENT OF THE DRIP-INJECTION IRRIGATION SYSTEM FOR WATERING VEGETABLE CROPS

¹Khrabrov M. Yu., ²Mayer A. V.

¹*Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov"*
Moscow, Russian Federation

²*All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov*
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Received 11.01.2024

Submitted 12.02.2024

Summary

The proposed article presents research on the drip-injection irrigation system for vegetable crops, for managing the water regime of the soil, with the function of fine sprinkling of cultivated crops. The water consumption in the proposed irrigation system is 0.6-1.0 liters/hour, which is an order of magnitude less than with drip irrigation.

Abstract

Introduction. Research on the development of combined irrigation systems for perennial and agricultural crops by VNIIGiM scientists has been conducted since 1976. Previously developed combined irrigation systems, such as drip irrigation, combined with aerosol humidification, intra-soil irrigation in combination with fine sprinkling have proven themselves on the positive side, especially in critical dry years. The use of low-volume combined irrigation systems for the cultivation of row crops has been reduced to a minimum dependence of yield on climatic risks. **Object.** The development of the irrigation system was based on the improvement of the drip-injection irrigation system. Based on the analysis of long-term meteorological data, a combined irrigation system is proposed, which includes structural elements for the functional capabilities of regulating the hydrothermal regime of the irrigated area. **Materials and methods.** In our research on the regulation of the hydrothermal regime in agrophytocenoses, we used materials from regional weather stations. Observations were conducted daily. The time of the beginning and completion of fine sprinkling (MDD) was determined by the method of the time interval between subsequent humidifications. **Results and conclusions.** The development of combined irrigation methods is being held back due to the many unresolved issues related to irrigation processes. A significant disadvantage of the existing low-volume local irrigation systems, in relation to the problem being solved, is that without the function of humidifying the air, leaf surface and lowering the temperature in the plant environment, during vegetative watering in hot and dry years, there is no possibility of regulating the hydrothermal regime, and in general to influence the physiological processes of plant development. An increase in the required humidity and air temperature, with injection - drip irrigation, is possible only with precipitation, i.e. for a short period of time, which depends only on weather conditions. In areas of risky agriculture, where frequent droughts and dry spells prevail, the cultivation of crops under irrigation by low-volume methods without MDD often leads to significant risk, and leads to partial or complete loss of yield.

Keywords: innovative irrigation technologies, drip-injection irrigation, combined irrigation, irrigation technologies.

Citation. Khrabrov M. Yu., Mayer A. V. Improvement of the drip-injection irrigation system for watering vegetable crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 283-289 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-32.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.674

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНО-ИНЪЕКЦИОННОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ ПОЛИВА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

¹Храбров М. Ю., доктор технических наук, ведущий научный сотрудник

²Майер А. В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им А. Н. Костякова»
г. Москва, Российская Федерация

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова»
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Исследования по разработкам систем комбинированного орошения многолетних и сельскохозяйственных культур учеными ВНИИГиМ ведутся с 1976 года. Разработанные ранее малообъемные способы полива таких, как капельное орошение, в сочетании с аэрозольным увлажнением, внутрипочвенное орошение в комбинации с мелкодисперсным дождеванием зарекомендовали себя с положительной стороны, особенно в критические острозасушливые годы. Использование систем малообъемного комбинированного орошения при выращивании пропашных культур свели к минимальной зависимости урожайности от климатических рисков. **Объект исследования.** В основе разработки системы орошения явилось усовершенствование системы капельно-инъекционного орошения. На основе анализа многолетних метеоданных, предложена комбинированная оросительная система, в которой заложены конструкционные элементы для функциональных возможностей регулирования гидротермического режима орошаемого участка. **Материалы и методы.** В исследованиях по регулированию гидротермического режима в агрофитоценозах нами были использованы материалы региональных метеостанций. Наблюдения велись ежедневно. Время начала и завершения мелкодисперсного дождевания (МДД) определяли по методу временного интервала между последующими увлажнениями. **Результаты и обсуждения.** Развитие комбинированных способов орошения сдерживается в связи с множеством нерешенных вопросов, касающихся технологических процессов орошения. Существенным недостатком существующих малообъемных локальных систем орошения, применительно к решаемой проблеме, является то, что без функции увлажнения воздуха, листовой поверхности и понижения температуры в среде растений, при вегетативных поливах в жаркие и засушливые годы, отсутствует возможность регулирования гидротермического режима, а в целом влиять на физиологические процессы развития растений. Повышение необходимой влажности и температуры воздуха, при инъекционно-капельном орошении возможно, только при выпадении атмосферных осадков, т.е. на короткий период времени, который зависит только от погодных условий. В зонах рискованного земледелия, где преобладают частые засухи и суховеи, возделывание сельскохозяйственных культур при орошении малообъемными способами без МДД, зачастую приводит к значительному риску, и ведет к частичной или полной потере урожая.

Ключевые слова: инновационные технологии орошения, капельно-инъекционное орошение, комбинированное орошение, технологии орошения.

Цитирование. Храбров М. Ю., Майер А. В. Совершенствование системы капельно-инъекционного орошения для полива овощных культур. *Известия НВ АУК.* 2024. 1 (73). 283-289. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-32.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Системы орошения образуются из отдельных модулей, каждый из которых может содержать все элементы системы и использоваться как самостоятельно, так и в совокупности с другими модулями [2, 12].

Системные модули малообъемного орошения состоят из головного напоробразующего узла, блока автоматизации управления поливом, гидropодкормщика и трубопроводной сети с водовыпусками.

При рассмотрении малообъемных технологий полива сельскохозяйственных культур, из которых конструируются комбинированные способы орошения можно отметить, что особенностью технологии инъекционно-капельного орошения является подача ограниченного количества воды непосредственно каждому растению точечным выпуском в виде капль или небольших струек. Последующее распределение влаги происходит за счет капиллярного переноса с образованием устойчивого контура увлажнения, соответствующего зоне распространения основной поглощающей массы корней. Поливы осуществляются периодически, нормой соизмеримой со среднесуточным водопотреблением поля [1, 5, 6, 8]. Для назначения сроков и норм полива используются результаты наименьшей влагоемкости, т.е. определения расхода влаги за межполивной период. Предложенная технология полива обеспечивает влажность в активном слое почвы на протяжении всего вегетационного периода, и поддерживает ее на постоянном оптимальном уровне.

Малообъемное орошение в сравнении с традиционными способами орошения, имеет ряд преимуществ: экономное расходование воды в 1,5...2 раза меньше, повышение урожайности культур на уровне 20...35% и быстрая окупаемость системы орошения, в зависимости от выращиваемой и востребованной культуры, примерно до трех лет.

При внутрипочвенном орошении подача воды осуществляется из различных конструктивных водовыпусков, прокладываемых в корнеобитаемом слое почвы на глубине 0,1 до 0,35 м. По способу подачи воды в почву выделяют напорное, безнапорное и вакуумное внутрипочвенное орошение. При напорном способе влага в почву поступает при напоре большем, чем глубина заложения увлажнителей, при безнапорном величина напора соответствует глубине заложения увлажнителей – от 0,1 до 0,35 м и при вакуумном – вода через пористые стенки увлажнителей поглощается под действием всасывающей силы почвы [4, 10, 13].

Результаты и обсуждения. Комплексность воздействия комбинированного малообъемного орошения на окружающую среду явилось критерием выбора варианта системы капельно-инъекционного способа полива.

Все способы малообъемного орошения являются экологически безопасными способами орошения. Локальное увлажнение почвы исключает поверхностный сток оросительной воды, предотвращает смыв почвы и вынос минеральных солей в водоприемники, снижает испарение с поверхности почвы и уменьшает развитие сорной растительности в междурядьях [3, 9, 11].

Для исключения растекания воды по поверхности почвы, а также для снижения уплотнения почвы при ее испарении, разработана система капельно-инъекционного орошения, позволяющая подавать оросительную воду непосредственно в корневую систему возделываемого растения. Использование инжектора, заглубленного в почву в зоне расположения корневой системы, значительно уменьшает расход поливной воды.

Система капельно-инъекционного орошения может быть применена на равнинных землях, как при орошении овощей, так и при орошении ягодных и садовых культур, потому как, захват увлажняемой полосы составляет 0,35...2 метра. Для овощных культур применяется поливная полоса от 0,35 до 0,7 м.

Система капельно-инъекционного орошения овощных культур (рисунок 1) состоит из поливного трубопровода 1, на котором устанавливаются с помощью соединительных патрубков 2 распределители 3. Каждый распределитель 3 снабжен несколькими водовыпусками 4, которые соединены гибкими патрубками 5 с внутрипочвенными увлажнителями 6, выполненными в виде дозатора расхода воды и установленными непосредственно у растений 7.

Принцип работы системы капельно-инъекционной системы осуществляется следующим образом (рисунок 2). Каждый внутрипочвенный увлажнитель 6 заглубляют в почву в месте расположения растений 7. Поливной трубопровод 1, посредством подачи воды насосной станцией через распределительный трубопровод, заполняют поливной водой. Оросительная вода через соединительные патрубки 2 поступает в распределитель 3, откуда через водовыпуски 4 и гибкие патрубки 5 подается во внутрипочвенные увлажнители 6 и далее в корнеобитаемый слой почвы. Расход воды одного распределителя 3 делится между 5-ю внутрипочвенными увлажнителями 6, что позволяет уменьшить контур

увлажнения, так как расход одного увлажнителя существенно снизится в сравнении с водовыпуском капельного орошения и составит не 1,5...3,5 л/час, а всего лишь 0,6- 1,0 л/час. Контур увлажнения при орошении овощных культур размещается в зоне основного распространения корневой системы каждого растения 7.

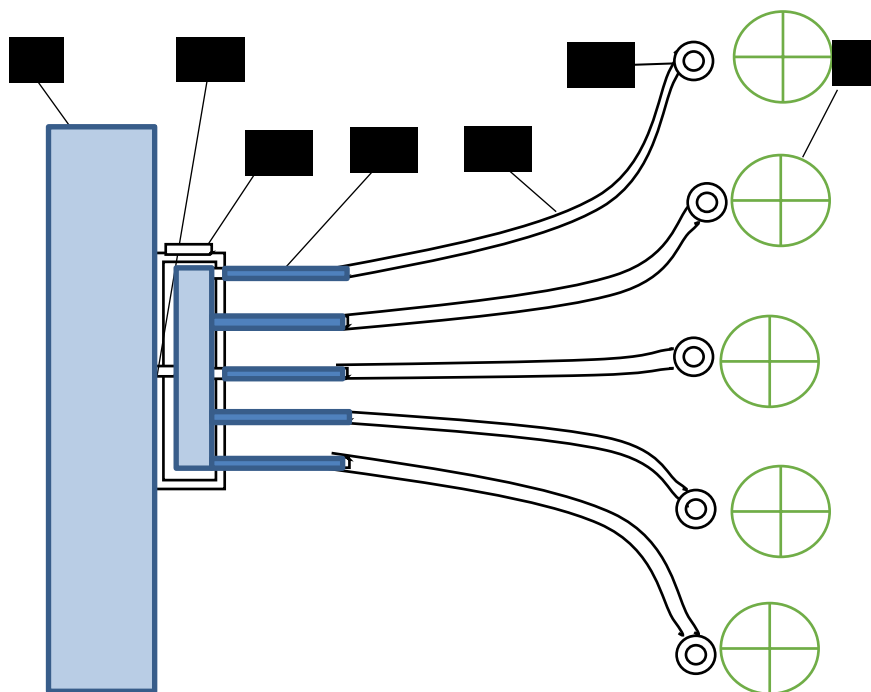


Рисунок 1 – Узел размещения поливной линии в системе капельно-инъекционного орошения для овощных культур

1 – поливной трубопровод; 2 – соединительные патрубки; 3 – распределитель; 4 – водовыпуски; 5 – гибкие патрубки; 6 – внутрипочвенный увлажнитель; 7 – место расположения растений
Figure 1 – The node for placing the irrigation line in the drip-injection irrigation system for vegetable crops
1 – irrigation pipeline; 2 – connecting pipes; 3 – distributor; 4 – outlets; 5 – flexible pipes; 6 – subsurface humidifier; 7 – location of plants

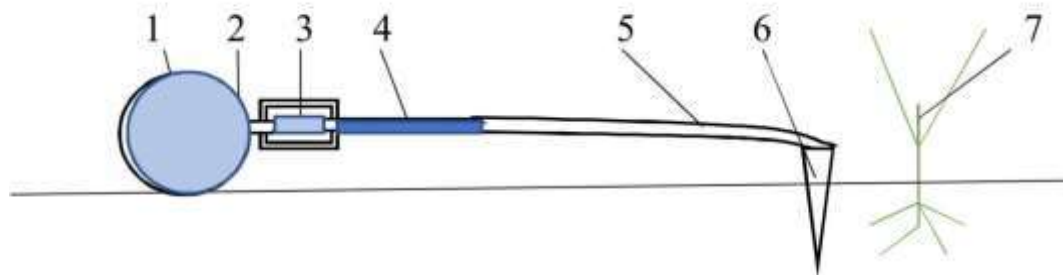


Рисунок 2 – Размещение капельно-инъекционного узла с водным распределителем в разрезе
Figure 2 – Placement of a drip-injection unit with a water dispenser in the section

Для полноты представленной системы орошения на рисунке 2 показано размещение отдельно взятого поливного узла в разрезе.

Для производства мелкодисперсного дождевания рисунок 3, в представленной системе капельно-инъекционного орошения предусмотрен входной конвектор 4 для гидравлического сопряжения с распылительной насадкой 10, которая устанавливается на распределители 3.

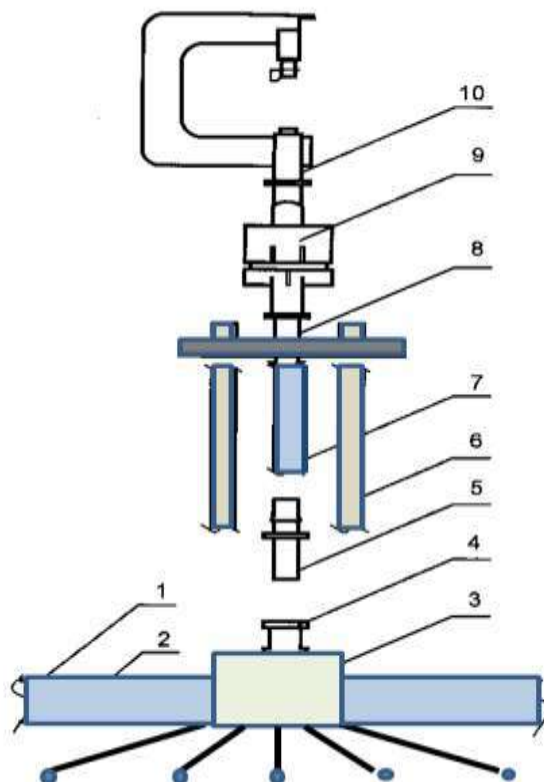


Рисунок 3 – Установка МДД для увлажнения овощных культур

1 – поливной трубопровод; 2 – внутрипочвенные увлажнители; 3 – распределитель; 4 – входной конвектор; 5 – адаптер; 6 – стойка; 7 – мягкая трубка; 8 – входной адаптер; 9 – клапан; 10 – распылительная насадка

Figure 3 – Installation of MDD for moistening vegetable crops

1 – irrigation pipeline; 2 – subsurface humidifiers; 3 – distributor; 4 – inlet convector; 5 – adapter; 6 – rack; 7 – soft tube; 8 – inlet adapter; 9 – valve; 10 – spray nozzle

Представленная оросительная система работает на малом напоре до 0,15 МПа. При поднятии напора воды в поливном трубопроводе 1 выше 0,15 МПа, срабатывает клапан 9 на открытие, и осуществляется мелкодисперсное дождевание, с распылом капель воды 500...700мк.

Заключение. Разработанная конструкция позволяет подавать воду локально каждому растению непосредственно в корневую систему, не создавая увлажненную полосу на поверхности почвы, что позволит: снизить испарение влаги, поливные нормы, уменьшить уплотнение почвы при поливе, улучшить и сохранить водно-воздушный обмен в почве. В распределительных и поливных трубопроводах практически не происходит потери напора, что объясняется незначительностью расхода поливной воды и равномерным распределением его по длине этих трубопроводов. Система способна работать при низком рабочем напоре, что дает возможность применения капельно-инъекционной системы при больших уклонах местности, где сложно проводить вегетационные поливы из-за значительных рельефных перепадов орошаемых модулей. Водозабор должен находиться выше орошаемого участка. Оснащение системы орошения функцией мелкодисперсного дождевания позволит исключать климатические риски в засушливые и особенно острозасушливые вегетационные периоды при возделывании пропашных культур.

Conclusions. The developed design allows water to be supplied locally to each plant directly into the root system without creating a moistened strip on the soil surface, which will: reduce moisture evaporation, irrigation norms, reduce soil compaction during irrigation, improve and preserve water-air exchange in the soil. There is practically no pressure loss in distribution and irrigation pipelines, which is explained by the insignificance of irrigation water consumption and its uniform distribution along the length of these pipelines. The system is capable of operating at low operating pressure, which makes it possible to use a drip-injection system in mountainous areas where it is difficult to carry out vegetation irrigation due to significant

differences in irrigated modules. The water intake should be located above the irrigated area. Equipping the irrigation system with the function of fine sprinkling will eliminate climatic risks in arid and especially acutely arid growing seasons when cultivating row crops.

Библиографический список

1. Аксенов Я. А., Василенков В. Ф. Взаимодействие процессов испарения и фильтрации воды в ходе орошения дождеванием. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2018. № 4(40). С. 155-161.
2. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Техничко-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения. Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1484-1495.
3. Бочарников В. С., Мещеряков М. П. Новые приемы возделывания овощных культур в системе водосберегающего орошения. Овощеводство и тепличное хозяйство. 2014. № 4. С. 54.
4. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности. Природообустройство. 2016. № 3. С. 90-96.
5. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
6. Заикин И. И., Заикина А. К. К вопросу развития мелкодисперсного дождевания. Сб. научных трудов. М.: ВНИИГиМ, 1978. С. 67-70.
7. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв. Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
8. Курбанов С. А., Майер А. В., Магомедова Д. С. Исследование системы капельного орошения и мелкодисперсного дождевания. Проблемы развития АПК региона. 2012. № 3. С. 5-9.
9. Мирсалахова Л. М. Система инъекционного орошения. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2022. Т. 14. № 1. С. 42-49.
10. Шумаков Б. Б., Колганов А. В., Бородычев В. В., Майер А. В. Мелкодисперсное дождевание сельскохозяйственных культур в условиях Нижнего Поволжья. Сб. научных трудов. Волгоград: ВНИИОЗ, 1994. С. 20-29.
11. Ахмедзаде А. Дж., Гашимов А. Д. Энциклопедия. Мелиорация и водное хозяйство. Баку: Радиус, 2016. 632 с.
12. Goosheh M., Pazira E., Gholami A., Andarzian B., Panahpour E. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop. Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. Pp. 738-754.
13. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management. Horticultura Brasileira. 2018. V. 36. I. 2. Pp. 178-183.

References

1. Aksenov Y. A., Vasilenkov V. F. Interaction of Evaporation and Filtration of Water Processes in the Course of Irrigation by Sprinkling. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2018. № 4 (40). Pp. 155-161.
2. Borodychev V. V., Lytov M. N. Technical and Technological Foundations of Regulation of the Hydrothermal Regime of Agrophytocenosis in Irrigation Conditions. Scientific Life. 2019. T. 14. № 10 (98). Pp. 1484-1495.
3. Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P. New Methods of Vegetable Crops Cultivation in the Water-Saving Irrigation System. Vegetable growing and greenhouse farming. 2014. № 4. P. 54.
4. Dobrachev Y. P., Sokolov A. P. Models of Plant Growth and Development and the Task of Increasing Yields. Environmental Management. 2016. № 3. Pp. 90-96.
5. Dubenok N. N., Mayer A. V. Development of Combined Irrigation Systems for Irrigation of Agricultural Crops. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2018. Pp. 9-19.
6. Zaikin I. I., Zaikina A. K. On the Issue of Development of Finely Dispersed Sprinkling. Sat. scientific papers. Moscow, VNIIGIM Publ., 1978. Pp. 67-70.
7. Kireycheva L. V., Karpenko N. P. Evaluation of the Efficiency of Irrigation Reclamation in the Zonal Soil Series. Soil science. 2015. № 5. P. 587.
8. Kurbanov S. A., Mayer A. V., Magomedova D. S. Study of drip irrigation and fine sprinkler system. Problems of development of the agro-industrial complex of the region. 2012. № 3. Pp. 5-9.
9. Mirsalakhova L. M. System of Injection Irrigation. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2022. V. 14. № 1. Pp. 42-49.
10. Shumakov B. B., Kolganov A. V., Borodychev V. V., Mayer A. V. Finely dispersed sprinkling of agricultural crops in the conditions of the Lower Volga region. Sat. scientific papers. Volgograd, VNIIOZ Publ., 1994. Pp. 20-29.
11. Ahmadzadeh A. Dzh., Hashimov A. D. Encyclopedia. Land reclamation and water management. Baku: Radius, 2016. 632 p.
12. Goosheh M., Pazira E., Gholami A., Andarzian B., Panahpour E. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop. Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. Pp. 738-754.
13. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management. Horticultura Brasileira. 2018. V. 36. I. 2. Pp. 178-183.

Информация об авторах

Храбров Михаил Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», (Российская Федерация, 127750, г. Москва, ул. Большая академическая, 44, корпус 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0053-8402>, e-mail: vniigim@yandex.ru

Майер Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: [https:// orcid.org/1000-0002-0065-8916](https://orcid.org/1000-0002-0065-8916), e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Author's Information

Khrabrov Mikhail Your'evich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 127750, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., 44, building 2), ORCID: [https:// orcid.org/0000-0002-0053-8402](https://orcid.org/0000-0002-0053-8402), e-mail: vniigim@yandex.ru

Mayer Aleksander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture - Branch of the Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), ORCID: [https:// orcid.org/1000-0002-0065-8916](https://orcid.org/1000-0002-0065-8916), e-mail: vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-33

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PLANTER OF THE SEED DRILL FOR SOWING SOYBEAN SEEDS WITH A HYDROSORBENT IN IRRIGATION

Tseplyaev A. N.

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov" Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: can_volgau@mail.ru

Received 11.01.2024

Submitted 13.02.2024

Abstract

Introduction. Soy is one of the few agricultural crops that provide the diet of humans and animals with the necessary amount of vegetable protein. Studies of scientists and specialists have established that soy, with a yield of up to 250 c / ha, is capable of harvesting from an area of 100 ha and providing vegetable protein for a whole year to the population of a small town (up to 10 thousand people), according to the standards recommended by the Institute of Nutrition of the Russian Academy of Sciences. The protein content in soy reaches 35..38%, which corresponds to the best indicators compared to all legumes. However, large amounts of water are needed to grow soybeans, since this crop is very warm and moisture-loving. So in order to obtain one ton of soybeans of the Volgogradka-2 variety, it is necessary to supply at least 650 m^3 of water during irrigation by sprinkling. In recent years, due to a significant increase in temperature and the globally recognized climate change towards an increase in positive temperatures, drought phenomena are increasingly manifested. Therefore, saving water becomes an urgent problem of humanity. We propose to use sorbents capable of accumulating excess moisture when growing soybeans, with its increased content, and then, as it decreases in the soil, transfer it to the roots of the plant. As such a sorbent, "Avaxin" was used, with a water retention capacity of 1:138 on distilled water of 1:118 – when using irrigation water from open reservoirs. Since the use of sorbents is quite expensive, the design of a seeder with a coulter capable of feeding hydrogel and fertilizers locally is proposed; i.e., into the row zone. **Object.** The technological process of the seeder's coulter operation when sowing soybean seeds with the supply of enriched hydrogel was considered as an object of research. **Materials and methods.** The research used: laboratory equipment equipped with modern devices for recording the technological parameters of the coulter; the sowing section of the seeder, with a modernized coulter; Methodological developments for conducting and performing research; processing of the results was carried out on the basis of adapted theoretical recommendations. **Results and conclusions.** To reduce the cost of irrigation by sprinkling when growing soybeans, it is necessary to use a hydrosorbent that can accumulate moisture in excess and transfer it through the roots to plants, while reducing the content in the soil. Due to the high costs of obtaining a hydrosorbent (from 400 to 800 rubles per 1 kg), it is necessary to introduce it locally, directly into the rare zone, for which a seed drill for sowing soybean seeds with simultaneous introduction of hydrogel below the bottom of the seed furrow by 7 cm has been developed. Laboratory and production experiments were carried out to determine the design and kinematic parameters of the converted coulter. As a result, it was found that in order to comply with agrotechnological parameters when sowing soybean seeds, it is necessary that the speed of the unit does not exceed 2.5 m / s (9.0 km / h), and to reduce the vibrations of the coulter, it is recommended to install bushings in the hinges of the coulter attachment links to reduce the gaps and vibrations of the coulter in depth.

Keywords: soybean seeds, enriched hydrosorbents, seeder sections, modernized coulters, soybean irrigation, soybean cultivation technologies.

Citation. Tseplyaev A. N. The results of experimental studies of the planter of the seed drill for sowing soybean seeds with a hydrosorbent in irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 289-298 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-33.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631:67:633.853.52

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СОШНИКА СЕЯЛКИ ДЛЯ ПОСЕВА СЕМЯН СОИ С ГИДРОСОРБЕНТОМ В ОРОШЕНИИ

Цепляев А. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники» и мелиорации имени А. Н. Костякова
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Соя одна из немногих сельскохозяйственных культур, обеспечивающих рацион питания человека и животных необходимым количеством растительного белка. Исследованиями ученых и специалистов установлено, что соя, при урожайности до 250 ц/га способна, при уборке с площади в 100 га, обеспечить растительным белком на целый год населения небольшого города (до 10 тыс. человек), по нормам, рекомендованным институтом питания РАН РФ. Содержание белка в сое достигает 35..38%, что соответствует наилучшим показателям по сравнению со всеми бобовыми культурами. Однако для выращивания сои необходимы большие затраты воды, поскольку эта культура весьма тепло и влаголюбивая. Так для получения одной тонны семян сои сорта «Волгоградка 2» необходимо подать не менее 650 м³ воды при орошении дождеванием. В последние годы, в связи с существенным повышением температуры и признанным во всем мире изменением климата в сторону повышения положительных температур все чаще проявляются явления засухи. Поэтому экономия воды становится насущной проблемой человечества. Нами предлагается при выращивании сои использовать сорбенты, способные накапливать избыточную влагу, при ее повышенном содержании, а затем, по мере ее уменьшения в почве, передавать корням растений. В качестве такого сорбента применялся «Аваксин», с водоудерживающей способностью 1:138 на дистиллированной воде, 1:118 – при применении поливной воды из открытых водоемов. Поскольку применение сорбентов достаточно высокозатратно, то предложена конструкция сеялки с сошником, способным подавать гидрогель и удобрения локально; т.е. в зону рядка и ниже, чем дно борозды для посева семян. Подобные машины отсутствуют в производстве. **Объект.** В качестве объекта исследования рассматривался технологический процесс работы сошника сеялки при посеве семян сои с подачей обогащенного гидрогеля ниже, чем дно борозды для семян. **Материалы и методы.** В исследованиях использовались: лабораторное оборудование, оснащенное современными приборами записи технологических параметров работы сошника; посевная секция сеялки, с модернизированным сошником; методические разработки по проведению и выполнению научно-исследовательских работ. Обработку результатов проводили с использованием, адаптированных к объекту, теоретических рекомендаций. **Результаты и выводы.** Для снижения затрат на орошение дождеванием при выращивании сои необходимо использовать гидросорбент, способный накапливать влагу при ее избытке и передавать через корни растениям, при снижении содержания в почве. В связи с большими затратами на получение гидросорбента (от 400 до 800 руб за 1 кг) необходимо вносить его локально, непосредственно в зону рядка, для чего разработана сеялка для посева семян сои с одновременным внесением гидрогеля ниже дна борозды семян на 0,07 м. Проведены лабораторные и производственные опыты по определению конструкторских и кинематических параметров переоборудованного сошника. В результате установлено, что для соблюдения агротехнологических параметров при посеве семян сои необходимо, чтобы скорость агрегата не превышала 2,5 м/с (9,0 км/ч), а для снижения колебаний сошника в шарниры звеньев крепления сошника рекомендовано установить подшипник для уменьшения зазоров и колебаний сошника по глубине.

Ключевые слова: семена сои, обогащенные гидросорбенты, секции сеялки, модернизированные сошники, орошение сои, технологии возделывания сои.

Цитирование. Цепляев А. Н. Результаты экспериментальных исследований сошника сеялки для посева семян сои с гидросорбентом в орошении. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 289-298. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-33.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При современном уровне развития промышленного и сельскохозяйственного производства, интенсивности прироста населения, на фоне существенного потепления в планетарном масштабе пресная вода наиболее интенсивно расходуемое природное богатство. Известно, что даже по неточным подсчетам, в мире ежегодно на бытовое, промышленное и сельскохозяйственное водоснабжение расходуется примерно 4000 км³/год, что составляет 4,5% пресной воды озер, водохранилищ и рек – основных источниках мирового запаса пресной воды [3]. В сельскохозяйственном производстве, наряду с различными способами экономии воды при орошении, в последние годы все больше внимания уделяется использованию искусственно полученных сорбентов – гидрогелей [9, 12]. Эти вещества способны накапливать почвенную влагу при их внесении в виде гранул, а по мере снижения ее уровня в почве, передавать растениям через корневую систему [3, 9]. Для исследования механизма действия гидрогеля и определения его эффективности применения на орошении использовалась сельскохозяйственная культура – соя [1, 2, 4]. Она является основным поставщиком растительного белка для животноводства и широко используется в рационе питания человека [6, 7, 11]. Получаемые из нее продукты соевое молоко, сыры – «Тофи», и т.д. являются прекрасными заменителями белка животного происхождения, вполне обеспечивая необходимый его объем для организма [2, 8]. Соя весьма влаголюбивая и теплолюбивая культура. Так при ее выращивании на орошении необходимо подать не менее 4500 м³ /га оросительной воды на 1 гектар [5, 9]. Однако часть воды, при орошении дождеванием, затрачивается на испарение, а некоторый объем переходит в более низкие почвенные горизонты [1, 2]. Поэтому задача состоит в том, чтобы снизить непроизводственные потери воды. Для этой цели применяется гидросорбент марки «Аваксин» с водопоглощающей способностью 1:138 на дистиллированной воде, а на поливной 1:118 [9]. Следует отметить, что в виду высокой цены его внесение в почву проводилось локально, в зону рядка и ниже посевной борозды одновременно с посевом семян сои [10]. Для проведения такой технологии посева необходимы специальные машины, которых в производстве в настоящее время нет. Поэтому учеными ВНИИОЗ и ВолГАУ разработана сеялка, оборудованная специальным сошником полозовидного типа.

Материалы и методы. Поскольку в процессе работы сошника он за счет зазоров в звеньях крепления начинает колебаться относительно переднего бруса сеялки, то все его точки поворачиваются по различным радиусам дуг. При этом, чем дальше от бруса расположена точка, т.е. чем больше радиус – тем больше угол поворота. Такие колебания приводят к неконтролируемым перемещениям точек сошника по глубине. Для гарантированной заделки гидрогеля ниже дна посева семян на заданную глубину (до 0,07м) разработана методика и проведены исследования по изучению колебания сошника в лабораторных и производственных условиях с целью определения динамики и размещения глубины борозд.

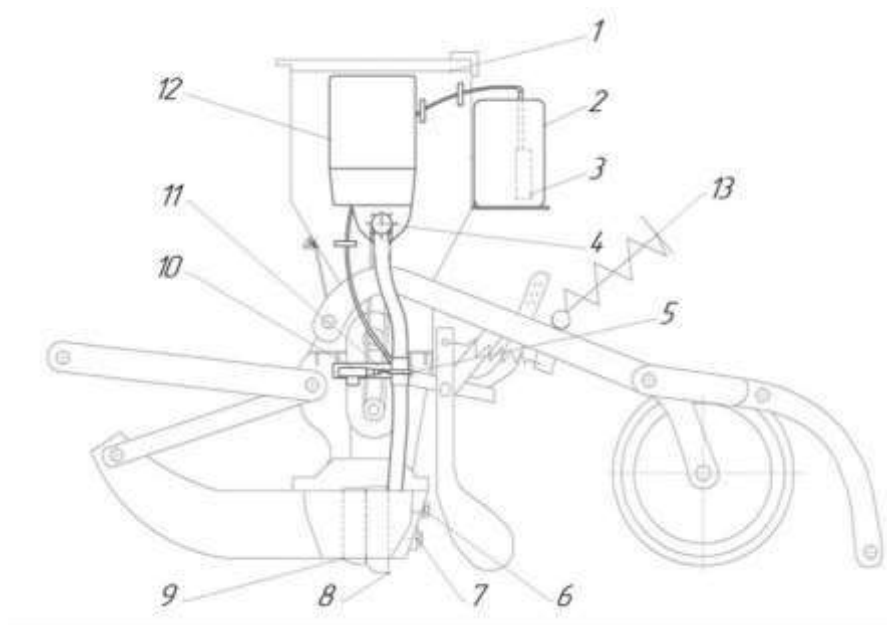
Разработанная секция защищена патентом на изобретения № 2798920, ее схема представлена на рисунке 1(А, Б).

Перед выполнением технологического процесса посева с одновременным внесением насыщенных гранул осуществлялась регулировка глубины посева семян, в зависимости от агротехнологических требований, дополнительно регулировалась глубина внесения насыщенных гранул. После установки ножа для гидрогеля 8 на необходимую глубину внесения, он закреплялся фиксирующими болтами 6,7. Для исключения волочения почвы от совместного действия ножа и пяты сошника и, соответственно, перемещения семян, нож смещали в сторону от оси сошника на 0,02м и за пятой сошника на 0,15м.

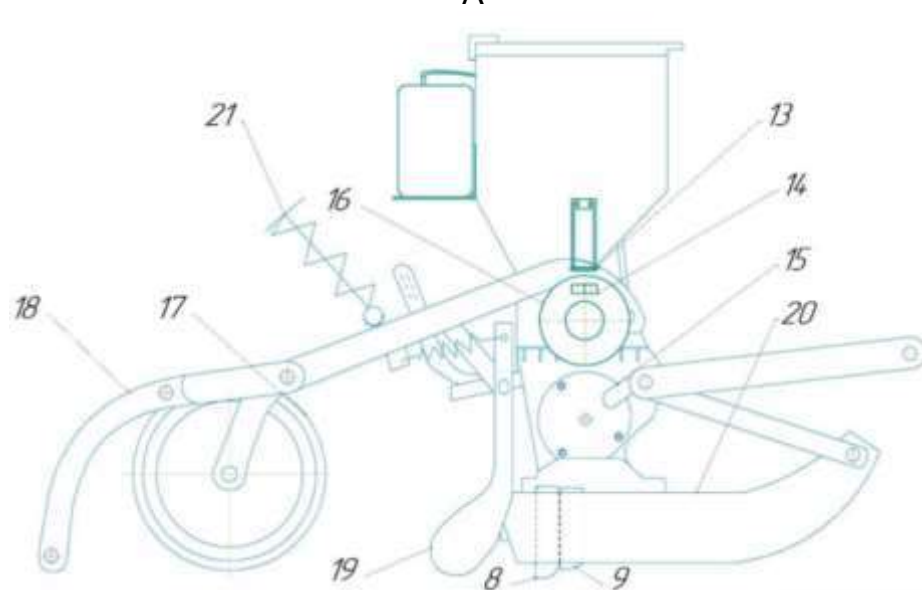
Пружина 21 обеспечивает копирование рельефа поля секцией сеялки. Бункер для семян 1 и бункер для гидрогеля 12 заполняли семенами и гидрогелем соответственно. Во время выполнения технологического процесса гранулы из бункера для гидрогеля 12 попадали в ячейку катушки 4, подающую их на заслонку 5.

В момент выпадения семени из семявысевающего аппарата 15 магнит 14, необходимый для создания магнитного поля, установленный на диске 16, воздействует на геркон 13. В момент сближения магнита 14 и геркона 13, контакты геркона 13, попадая в магнитное поле, замыкались. Благодаря замыканию контактов, электрический ток от источника питания проходил через геркон 13 на активатор 10, воздействующий на заслонку 5 через тягу 11. Одновременно электрический ток через геркон 13 проходит на насос 3, установ-

ленный в баке для жидких удобрений 2. Под действием давления струи жидких удобрений, гранулы гидрогеля насыщались и падали в бороздку, образованную ножом для гидрогеля 8. В соседнюю бороздку, образованную пятой для семян 9, падают семена. Загортачи 19 засыпали бороздки, а каток 17 уплотнял почву.



А



Б

Рисунок 1 – А – вид секции слева, Б – вид секции справа; устройство секции сеялки для одновременного посева и внесения гидрогеля: 1 – бункер для семян; 2 – бак для жидких удобрений; 3 – насос; 4 – катушка; 5 – заслонка; 6,7 – фиксирующие болты; 8 – нож для гидрогеля; 9 – пята для семян; 10 – активатор; 11 – тяга; 12 – бункер для гидрогеля; 13 – геркон; 14 – магнит; 15 – семявысевающий аппарат; 16 – диск; 17 – каток; 18 – шлейф; 19 – загортачи; 20 – сошник; 21 – пружина

Figure 1 – A – view of the section on the left, B – view of the section on the right; device of the seeder section for simultaneous sowing and application of hydrogel: 1– seed hopper; 2 – tank for liquid fertilizers; 3 – pump; 4 – coil; 5 – flap; 6,7 – fixing bolts; 8 – knife for hydrogel; 9 – heel for seeds; 10 – activator; 11 – thrust; 12 – hopper for hydrogel; 13 – reed switch; 14 – magnet; 15 – seed-raising apparatus; 16 – disc; 17 – roller; 18 – plume; 19 – corkscrews; 20 – coulter; 21 – spring



Рисунок 2 – Общий вид секция для посева семян сои одновременно с насыщенным гидрогелем
Figure 2 – General view section for sowing soybean seeds simultaneously with saturated hydrogel

Лабораторные опыты проводились в почвенном канале ВолГАУ с использованием лабораторного оборудования, схема которого представлена на рисунке 3.

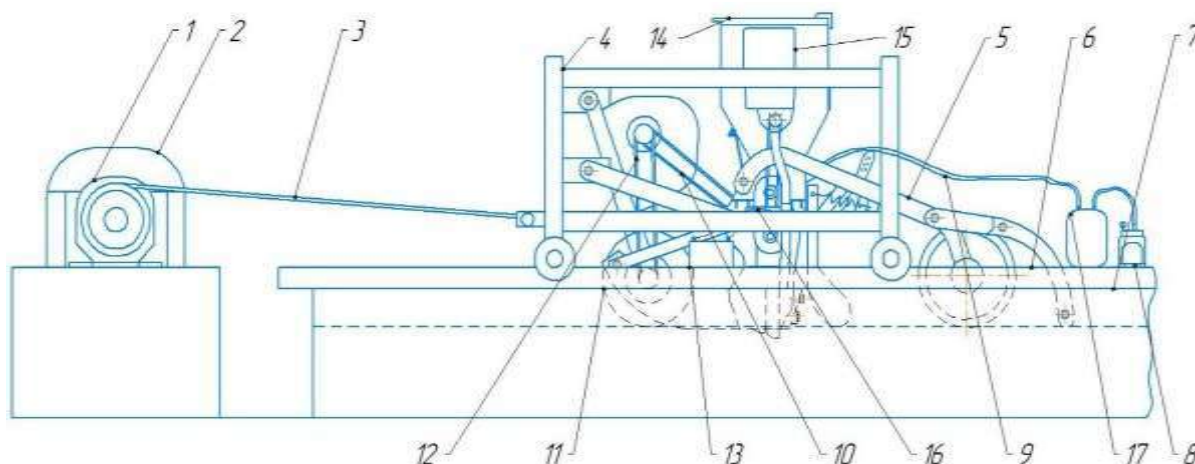


Рисунок 3 – Схема лабораторного оборудования для проведения исследований по определению отклонений сошника при посеве семян сои одновременно с гидрогелем

1 – силовой барабан; 2 – электродвигатель; 3 – канат; 4 – рама тележки; 5 – комбинированная секция; 6 – опора тележки; 7 – поверхность почвы; 8 – эксгаустер; 9 – вакуумный рукав; 11 – опорно-приводное колесо; 10, 12 – приводы; 13 – щелочной аккумулятор; 14 – семенной ящик; 15 – емкость под гидрогель; 16 – датчик; 17 – вакуумный ресивер

Figure 3 – Diagram of laboratory equipment for conducting studies to determine coulter deviations when sowing soybean seeds simultaneously with hydrogel

1 – power drum; 2 – electric motor; 3 – rope; 4 – trolley frame; 5 – combined section; 6 – trolley support; 7 – soil surface; 8 – extractor; 9 – vacuum sleeve; 11 – support and drive wheel; 10, 12 – drives; 13 – alkaline battery; 14 – seed box; 15 – hydrogel container; 16 – sensor; 17 – vacuum receiver

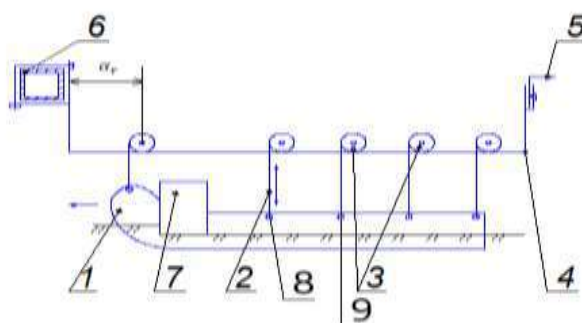
Оборудование включает в себя тележку, перемещающуюся по опорам 6, которая через канат 3 связана с силовым барабаном 1, с приводом от электродвигателя 2. Вращение диска секции обеспечивает опорно-приводное колесо 11, через соответствующие цеп-

ные передачи 10,12. Вакуум в семенной коробке создаётся эксгаустером 8 через вакуумный рукав 9. Значение вакуума отслеживается по вакуумметру, а датчик 16 запитан через электрическую цепь от аккумулятора 13.

Перед проведением опытов семенной ящик и емкость под гидрогель заполняют соответственно семенами сои и гранулами гидрогеля.

Схема и общий вид по изучению колебаний сошника при его движении в лабораторных условиях представлены на рисунке 4.

На сошник устанавливались датчики перемещения через определённые расстояния, но с условием, что два из них монтировались в вертикальных плоскостях, находившихся на одной оси с пятой для образования борозды под семена и ножа для гидрогеля (рисунок 4 А).



А



Б

Рисунок 4 – Схема установки датчиков на сошнике и общий вид их соединения (А, Б)

1 – сошник; 2 – трос; 3 – датчики; 4 – брус датчиков; 5 – опорный угольник; 6 – передний брус;
7 – отвод; 8 – пята сошника; 9 – нож для гидрогеля

Figure 4 – The installation diagram of the sensors on the coulter and the general view of their connection (A, B)

1 – coulter; 2 – cable; 3 – sensors; 4 – sensor bar; 5 – support square; 6 – front bar; 7 – tap; 8 – coulter heel; 9 – hydrogel knife

Методика проверки глубин посева и подачи гидрогеля заключалась в том, что бороздка открывалась специальной лопаточкой до глубины расположения семян или гидрогеля. Далее почва с обеих сторон бороздки слегка уплотнилась (для исключения ошибки и изменения за счет образования рыхлого слоя) и на сформированные площадки устанавливался специальный деревянный брусок заранее известной толщины (рисунок 5). Линейка штангенциркуля опиралась на верхнюю плоскость бруска, а нониус сдвигался до семени. Подобным образом выполнялись замеры расстояния до гранул гидрогеля.

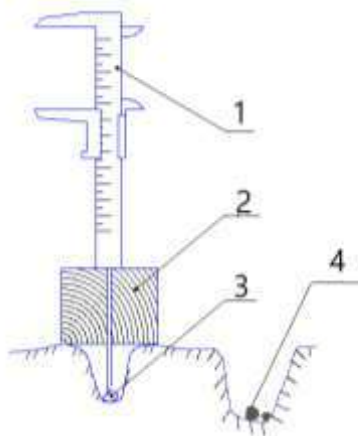


Рисунок 5 – Схема устройства для измерения глубины посева семян и внесения гранул:
1 – штангенциркуль; 2 – деревянный брусок; 3 – семена сои; 4 – гранулы гидрогеля

Figure 5 – Diagram of a device for measuring the depth of sowing seeds and applying granules:
1 – caliper; 2 – wooden block; 3 – soybean seeds; 4 – hydrogel granules

Результаты и обсуждения. При поступательном движении сошника вертикальные перемещения точек через упругие элементы передавались к датчикам, которые в свою очередь, направлялись к блоку АСТ и далее отображались на компьютере. Результаты полученных величин представлены в виде графика (рис. 6). Судя по его анализу, при скорости движения $v = 1,5$ м/с колебания пяты сошника составляют $\pm 0,5$ см, а ножа $\pm 1,0$ см, но при увеличении скорости до 2,5 м/с пята сошника перемещается на $\pm 1,5$ см, а нож $\pm 2,5$ см. Отсюда следует вывод, что гарантированная заделка гидрогеля ниже ножа семян для исследуемой секции может быть при поступательной скорости не выше $v = 2,5$ м/с. Увеличение до 3,0 м/с может привести к нарушению технологического процесса, и подаче гидрогеля на глубину заделки семян сои, (до 0,05 м).

Проверка полученного вывода проводилась в производственных условиях.

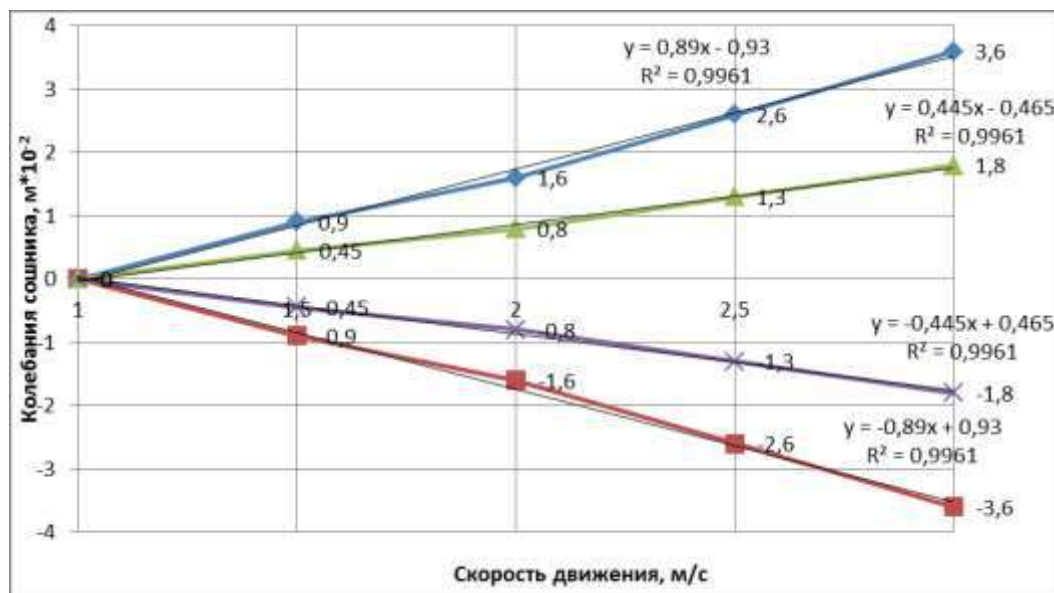


Рисунок 6 – Вертикальные колебания ножа и пяты сошника относительно мнимого центра шарнира от поступательной скорости движения машины

◇-◇, □-□: перемещение ножа гидрогеля; ○-○, △-△: перемещение пяты сошника.

Figure 6 – Vertical vibrations of the knife and the heel of the coulter relative to the imaginary center of the hinge from the translational speed of the machine

◇-◇, □-□: moving the hydrogel knife; ○-○, △-△: moving the coulter heel.

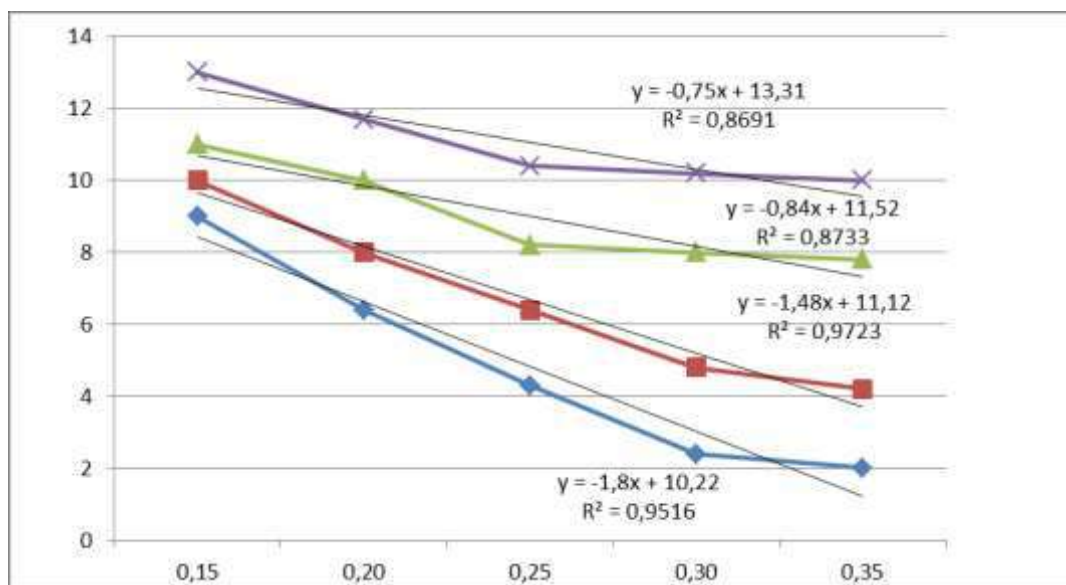


Рисунок 7 – Изменение глубины подачи гидрогеля в зависимости от скорости машины и длины звеньев крепления сошника

x-x – скорость 1,0 м/с ; Δ-Δ – скорость 1,5 м/с; □-□ – скорость 2,0 м/с; ◇-◇ – скорость 2,5 м/с
Figure 7 – Change in the depth of the hydrogel supply depending on the speed of the machine and the length of the coulter attachment links

x-x – speed 1.0 m/s ; Δ-Δ – speed 1.5 m/s; □-□ – speed 2.0 m/s; ◇-◇ – speed 2.5 m/s

При изучении поведения полозовидного сошника в производственных условиях выявлено, что глубина хода сошника при увеличении скорости движения агрегата уменьшается. Судя по представленному на рисунке 7 графику, при скорости движения $v_m = 1$ м/с глубина борозды (0,06 м) изменяется от установленной $\alpha_c = 3$ см. При этом следует учитывать колебания характерных точек сошника, а поскольку нож для подачи гидрогеля расположен дальше пята на 0,15 м, то соответственно его колебания значительно выше. Об этом свидетельствует результат опытов, выполненных с гидрогелем. При тех же значениях скоростей выглубления ножа гидрогеля составляют $\alpha_r = 1$ (рисунок 6), колеблются $\pm 0,038$ м, тогда как пята сошника колеблется с амплитудой $\pm 0,026$ м. Следовательно, при повышенных скоростях ложе дна укладки семян и гидрогеля может оказаться на одном уровне, что приведет к снижению эффективности использования гидрогеля и неоправданным его расходам. Однако следует учитывать, что уменьшение расстояния от центра колебаний до оси ножа уменьшает момент для заглубления сошника и вызывает его всплытие, что нарушит технологический процесс посева.

Заключение. Для снижения затрат на орошение дождеванием при выращивании сои необходимо использовать гидросорбент, способный накапливать влагу при ее избытке и передавать через корни растениям, при снижении влажности почвы. В связи с большими затратами на получение гидросорбента (от 400 до 800 руб за 1 кг) необходимо вносить его локально, непосредственно в зону редка, для чего разработана сеялка для посева семян сои с одновременным внесением гидрогеля ниже дна семян на 0,07 м. Проведены лабораторные и производственные опыты по определению конструкторских и кинематических параметров переоборудованного сошника. В результате установлено, что для соблюдения агротехнологических параметров при посеве семян сои с гидрогелем необходимо, чтобы скорость агрегата не превышала 2,5 м/с (9,0 км/ч), а для снижения колебаний сошника в шарниры звеньев крепления сошника установить подшипник при оптимальной длине гряд (0,25...0,30 м).

Conclusions. To reduce the cost of irrigation by sprinkling when growing soybeans, it is necessary to use a hydrosorbent that can accumulate moisture in excess and transfer it through the roots to plants, while reducing the content in the soil. Due to the high costs of obtaining a hydrosorbent (from 400 to 800 rubles per 1 kg), it is necessary to introduce it locally, directly into the rare zone, for which a seed drill for sowing soybean seeds with simultaneous introduction of hydrogel below the bottom of the seeds by 0,07 m has been developed. Laboratory and production experiments were carried

out to determine the design and kinematic parameters of the converted coulter. As a result, it was found that in order to comply with agrotechnological parameters when sowing soybean seeds, it is necessary that the speed of the unit does not exceed 2.5 m/s (9.0 km/h), and to reduce the vibrations of the coulter, bushings should be installed in the hinges of the coulter attachment links to reduce the gaps and vibrations of the coulter in depth.

Библиографический список

1. Балакай Г. Т. Особенности технологии возделывания сои на орошаемых землях юга России. http://www.infotechno.ru/ros-soya2014/dok_ba-lakay2014.php.
2. Балакай Г. Т., Селицкий С. А. Урожайность сортов сои при поливе дождеванием и системами капельного орошения в условиях Ростовской области. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 3(35). С. 80-97. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=620>.
3. Вдовина Т. А., Винокуров А. А., Исакова Е. А., Цепляев А. Н., Семененко С. Я. Исследование водно-физических свойств почвы с применением гидрогеля в кучерском районе Восточно-Кабардинской области. Вестник Кабардинского университета. Серия. Биологи. Медицина. География. 2020. № 7 (99). С. 29-35.
4. Кочегура А. В., Щегольков А. В., Зима Д. Е. Селекция сортов сои разных направлений использования для регионов России. APK News. 2018. <https://apknews.su/article/213/1382/>.
5. Пешкова В. О., Лукашунас Ю. А., Власовцев В. Н. Формирование урожайности сои на орошении в зависимости от климатических ресурсов вегетационного периода сухостепной зоны. Аграрный вестник Юго-Востока. 2019. № 2 (22). С. 25-27.
6. Скоробагатая Н. А. Успешное внедрение сои и зерновых в едином севообороте в Российской Федерации. http://infotechno.ru/ros-soya/dok_skorobogataya.php, 2019.
7. Толоконников В. В., Вронская Л. В., Нашказова Т. С. Влияние норм посева на продуктивность сои с различными сроками созревания в условиях орошения. Орошаемое земледелие. 2022. № 3. С. 21-24.
8. Фокша И. Соевые возможности: популярность сои в ближайшие годы будет увеличиваться. Агротехника и технологии. 2017. <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/28927-soevye-vozmozhnosti/>.
9. Цепляев А. Н., Семененко С. Я. современная технология возделывания сои при орошении дождеванием с использованием гидросорбентов. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 498-509.
10. Цепляев В. А., Магомедов А. М. Условия размещения пят сошника на разработанной секции сеялки при посеве семян сои. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 430-443.
11. Юркова Р. Е., Докучаева Л. М. Современное состояние производства сои в России. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 2 (74). С. 8-13.
12. Tibirkov A. P. Spring barley grain yield and quality at soil moisture sorbent using on light chestnut soils of the Lower Volga region. International Journal Of Applied And Fundamental Research. 2013. № 2. www.science-sd.com/455-24275.

References

1. Balakai G. T. Features of soybean cultivation technology on irrigated lands of the south of Russia. http://www.infotechno.ru/ros-soya2014/dok_balakay2014.php.
2. Balakai G. T., Selitsky S. A. Yield of soybean varieties when watering with sprinkler and drip irrigation systems in the Rostov region. Scientific Journal of the Russian Research Institute of Problems of Melioration. 2019. No 3 (35). Pp. 80-97. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=620>.
3. Vdovina T. A., Vinokurov A. A., Isakova E. A., Tseplyaev A. N., Semenenko S. Ya. Investigation of water-physical properties of soil using hydrogel in the Kuchersky district of the East Kabardian region. Bulletin of Kabardian University. Series. Biologists. Medicine. Geography. 2020. No 3. Pp. 29-35.
4. Kochegura A. V., Gogolkov A. V., Winter D. E. Selection of sartov in order to increase the efficiency of resource use for the regions of Russia. Agroindustrial Complex News. 2018. <https://apknews.su/article/213/1382/>.
5. Peshkova V. O., Lukashunas Yu. A., Vlasovets V. N. Formation of soybean yield on irrigation depending on climatic resources of the growing season of the dry-steppe zone. Agrarian bulletin of the South-East. 2019. No 2 (22). Pp. 25-27.
6. Skorobogataya N. A. Successful introduction of soybeans and grains into a single crop rotation in the Russian Federation. http://infotechno.ru/ros-soya/dok_skorobogataya.php, 2019.
7. Tolokonnikov V. V., Vronskaya L. V., Nashkazova T. S. The influence of sowing norms on the productivity of soybeans with different maturation periods under irrigation conditions. Irrigated agriculture. 2022. No 3. Pp. 21-24.
8. Foksha I. Soy opportunities: the popularity of soybeans in the coming years will increase. Agrotechnics and technologies. 2017. <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/28927-soevye-vozmozhnosti/>.
9. Tseplyaev A. N., Semenenko S. Ya. Modern technology of soybean cultivation during irrigation by sprinkling using hydrosorbents. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2023. No 3 (71). Pp. 498-509.
10. Tseplyaev V. A., Magomedov A. M. Conditions for placing the coulter's feet on the developed section of the planter when sowing soybean seeds. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2022. No 2 (66). Pp. 430-443.
11. Yurkova R. E., Dokuchaeva L. M. The current state of soybean production in Russia. Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2019. № 2 (74). Pp. 8-13.
12. Tibirkov A. P. Spring barley grain yield and quality at soil moisture sorbent using on light chestnut soils of the Lower Volga region. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2013. № 2. www.science-sd.com/455-24275.

Информация об авторе

Цепляев Алексей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://org/0000-0003-1454-5784>, e-mail: can_volgau@mail.ru.

Author's Information

Tseplyaev Alexey Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (Russian Federation, 400002, Volgograd, ul. Timiryazeva, 9), ORCID: <https://org/0000-0003-1454-5784>, e-mail: can_volgau@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-34

PRE-SOWING STIMULATION OF GRAIN SEEDS IN A HIGH-VOLTAGE ELECTRIC FIELD

¹Yudaev I. V., ²Tibirkov A. P., ³Belenkov A. I.

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Kuban State Agricultural University named after I. T. Trubilin"
Krasnodar, Russian Federation

²Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

³Federal Science Center for feed production and agroecology named after V. R. Williams
Lobnya, Moscow region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: belenokaleksis@mail.ru

Received 28.12.2023

Submitted 19.01.2024

Summary

The strategic goal of modern agriculture is the vital need to increase crop yields while maintaining its quality, minimizing the total energy costs for cultivation and minimizing the negative impact on the environment. It is quite possible to achieve these tasks if you have healthy seeds, characterized, first of all, by improved sowing qualities.

Abstract

Introduction. The strategic goal of modern agriculture is the vital need to increase crop yields while maintaining crop quality, minimizing the total energy costs of cultivation and negating the negative impact on the environment. It is quite possible to accomplish these tasks if you have healthy seeds, characterized, first of all, by improved sowing qualities. **Object.** To implement the indicated approaches, today it is possible to use the preparation of seeds for sowing, using a variety of electrophysical influences, including processing of seed material in a high-voltage electric field. **Materials and methods.** The research was carried out by the Problem Research Laboratory "Bioenergy Research and Effective Electrotechnologies" of the Volgograd State Agrarian University, as well as on the basis of the experimental field of the Federal National Scientific Center "Agroecology, integrated reclamation and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences" and the peasant farm of N. N. Oleinikov. **Results and conclusions.** The purpose of the presented article is to analyze the results obtained from studying the process of treating grain crop seeds before sowing in an electric field of constant (EPPVN) and alternating high voltage (EPPVN), as well as in the electric field of pulsed high-voltage discharges (EPHVD). For the research, a universal experimental setup was assembled, which could be transformed to change processing modes for processing seeds in electric fields of all designated types. According to the results of the experiments, there was a clear dependence of the speed and speed of germination of seeds of winter triticale and winter barley on the effects of electrical nature on them. The effectiveness of the effects and their modes is also manifested in the protection of plants from various pests, for example, against flea beetles and meromyces – this is a treatment in EPPrVN lasting 120 s.; against the Swedish fly – EPPrVN lasting 60 s.; against wheat thrips – EPIVN lasting 60 s. The use of pre-sowing treatment of winter barley seeds in EPIVN made it possible to increase the weight of 1000 seeds on average: a) by 1.16-1.94 g at a seeding rate of 3.0 million seedlings. seeds per 1 ha; b) by 0.48-1.44 g at a rate of 3.5 million shoots. seeds per 1 ha. Over two years of observation, an increase in the yield of barley plants from treated seeds over crops with untreated seeding material at a seeding rate of 3.0 million seedlings. seeds per 1 hectare ranged from 0.006 to 0.23 t/ha, and with 3.5 million seeds per 1 hectare – from 0.06 to 0.22 t/ha.

Keywords: pre-sowing electrical stimulation of seeds, seed treatment modes, electric field strength, seed treatment time, seed germination, seed growth energy.

Citation. Yudaev I. V., Tibirkov A. P., Belenkov A. I. Pre-sowing stimulation of grain seeds in a high-voltage electric field. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 298-312 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-34.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.371:621

ПРЕДПОСЕВНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ¹Юдаев И. В., доктор технических наук, профессор²Тиби́рьков А. П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор³Беленков А. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

г. Краснодар, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

³ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса

г. Лобня, Московская обл., Российская Федерация

Актуальность. Стратегической целью ведения современного сельского хозяйства является жизненно важная необходимость повысить урожайность сельскохозяйственных культур, сохранив при этом его качество, минимизировав совокупные затраты энергии на возделывание и сведя на нет отрицательное влияние на окружающую среду. Осуществить эти задачи вполне возможно, если иметь здоровые семена, характеризующиеся, в первую очередь, улучшенными посевными качествами. **Объект.** Для реализации обозначенных подходов сегодня можно использовать подготовку семян к посеву, используя для этого разнообразные электрофизические воздействия, в том числе и обработку семенного материала в электрическом поле высокого напряжения. **Материалы и методы.** Исследования осуществлены в Проблемной научно-исследовательской лаборатории «Биоэнергетические исследования и эффективные электротехнологии» Волгоградского ГАУ, а также на базе опытного поля ФНАЦ «Агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН» и крестьянского хозяйства Н. Н. Олейникова. **Результаты и выводы.** Целью представленной статьи является анализ полученных результатов по изучению процесса обработки семян зерновых культур перед посевом в электрическом поле постоянного (ЭППВН) и переменного высокого напряжения (ЭПВН), а также электрическом поле импульсных высоковольтных разрядов (ЭПИВН). Для исследований была собрана универсальная экспериментальная установка, которая могла трансформироваться под изменение режимов обработки для обработки семян в электрических полях всех обозначенных видов. По результатам экспериментов прослеживалась явная зависимость скорости и дружности прорастания семян озимого тритикале, озимого ячменя от воздействий электрической природы на них. Эффективность воздействий и их режимов проявляется также и при защите растений от разнообразных вредителей, так против хлебных блошек и меромизы – это обработка в ЭППВН длительностью 120 с.; против шведской мухи – ЭППВН длительностью 60 с.; против пшеничного трипса – ЭПИВН длительностью 60 с. Использование предпосевной обработки семян озимого ячменя в ЭПИВН позволило получить повышение массы 1000 семян в среднем: а) на 1,16-1,94 г при норме высева 3,0 млн. всх. семян на 1 га; б) на 0,48-1,44 г при норме 3,5 млн. всх. семян на 1 га. За два года наблюдений увеличение урожайности растений ячменя из обработанных семян над посевами с необработанным посевным материалом при норме высева 3,0 млн. всх. семян на 1 га составило от 0,006 до 0,23 т/га, а при 3,5 млн. семян на 1 га – от 0,06 до 0,22 т/га.

Ключевые слова: предпосевная электростимуляция семян, режимы обработки семян, напряженность электрического поля, время обработки семян, всхожесть семян, энергия роста семян.

Цитирование. Юдаев И. В., Тиби́рьков А. П., Беленков А. И. Предпосевная стимуляция семян зерновых культур в электрическом поле высокого напряжения. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 298-312. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-34.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время пристальное внимание приковано к поиску технологий и технических решений, позволяющих минимизировать негативное влияние на окружающую среду, сохранить пищевую безопасность производимого продукта, а само сельскохозяйственное производство максимально приблизить к природоподобным технологиям, технологиям органического земледелия. Поставленным задачам в качестве решений можно предложить применение разнообразных электротехнологий и электротехнологических операций, внедре-

ние которых в аграрный сектор и перерабатывающую промышленность технологически эффективно и экологически безопасно, и вместе с тем позволяет реализовать землепользователю современные принципы использования высотехнологических средств, получая при этом более высокий доход от выращенной, безопасной во всех смыслах, продукции [1]. Конкретным подходом реализации обозначенных технологий можно считать предпосевную стимуляцию семян разнообразных сельскохозяйственных культур. Сейчас доказана многочисленными исследованиями и практической реализацией возможность обрабатывать семена перед внесением в почву в электрическом поле постоянного и переменного тока [2, 3]; в магнитном поле [4, 5]; в поле коронного разряда [6]; при воздействии электрическими импульсами [7, 8, 9] и при пропускании электрического тока [10]; облучение ультрафиолетовым, инфракрасным, монохроматическим и когерентным излучением [11, 12].

Цель и постановка задач. Целью представленной статьи является анализ полученных результатов по изучению предпосевной подготовки семян злаков в электрическом поле постоянного (ЭППВН) и переменного (ЭППрВН) высокого напряжения, а также электрическом поле импульсных высоковольтных разрядов (ЭПИВН). В задачу проведения этих исследований входило выявление режимов и параметров, а также вида электрических воздействий, положительно сказывающихся на повышении урожайности культур, улучшении условий выращивания за счет более высокой их устойчивости к болезням и вредителям, а также выносливости к неблагоприятным факторам воздействий на всех периодах развития растений.

Материалы и методы. Программа исследований по изучению влияния обработки в электрических полях высокого напряжения (ЭППВН, ЭППрВН, ЭПИВН) семян злаковых культур перед посевом определило необходимость спроектировать и изготовить экспериментальную установку, позволяющую эффективно осуществлять обработку, контролировать и управлять ее параметрами и режимами. Собранная установка содержит в своей структуре основной элемент – источник регулируемого высокого переменного и постоянного напряжения, в качестве которого использовался аппарат для высоковольтных испытаний СКАТ-70. Применяя именно промышленно изготовленное устройство, прошедшее заводскую тарировку и имеющее возможность осуществлять визуальный контроль параметров обработки и их изменением в процессе исследований, позволило с минимальными затратами трансформировать лабораторную установку под задачи, которые ставились в эксперименте [13].

Наиболее содержательной и включающей самое большое количество элементов была экспериментальная установка по изучению влияния ЭПИВН на семена зерновых культур. Установка была скомпонована из следующих блоков: 1) источника высокого напряжения, в качестве которого применялась устройство для высоковольтных испытаний СКАТ-70 (рисунок 1а) или высоковольтный трансформатор с блоком выпрямления (рисунок 1б); 2) управляемого формирующего импульсные воздействия разрядника; 3) схемы управления этим разрядником; 4) экспериментальной ячейки с системой рабочих электродов; 5) комплекта контрольно-измерительных приборов [14].



Рисунок 1 – Варианты комплектования экспериментальных установок для обработки семян в электрическом поле: а – с использованием аппарата СКАТ-70; б – с применением высоковольтного трансформатора и блока выпрямления

Figure 1 – Options for completing experimental installations for processing seeds in an electric field:
a – using the SKAT-70 apparatus; b – using a high-voltage transformer and a rectification unit

В лабораторных условиях проблемной научно-исследовательской лаборатории «Биоэнергетические исследования и эффективные электротехнологии» Волгоградского ГАУ, а также на базе опытного поля ФНАЦ «Агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН» и крестьянского хозяйства Н. Н. Олейникова в 2008-2010 гг. были осуществлены исследования по изучению влияния стимуляции семян злаковых культур на энергию их прорастания и всхожесть, структуру урожая и развитие вредных патогенных организмов [13].

Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение. Осуществленные экспериментальные исследования и анализ полученных результатов позволили выявить, что влияние электрических воздействий на семенной материал проявляется уже на начальных этапах развития растений – явно прослеживалась зависимость скорости и дружности прорастания семян озимого тритикале сорта ТИ 17 от воздействия на них электрического поля постоянного и переменного высокого напряжения (ЭППВН, ЭППрВН), а также электрического поля импульсных высоковольтных разрядов (ЭПИВН).

Наименьшее количество проросших семян на вторые сутки наблюдения было зафиксировано в варианте с использованием для предпосевной стимуляции в ЭППВН, для которого этот показатель был равен 4,3%. В тоже время на контроле, когда семена ничем не обрабатывались, энергия прорастания в среднем составила значение 3,3%. При стимуляции семян в ЭППрВН, а равно как и в ЭПИВН, показатели оказались существенно выше по сравнению с контролем, и составили соответственно значения 23,0% и 28,5%. На третьи сутки было выявлено, что число проросших семян, среди обработанных, увеличилось в среднем в 2,1...2,6 раза по сравнению с контролем. Скорость и дружность прорастания семян после электрообработки, на четвертые сутки практически выровнялись. Оптимальным режимом в этом отношении оказался вариант с обработкой в ЭППрВН, где одновременность отклика семян составила 96,0%. При обработке в ЭППВН и ЭПИВН энергия прорастания была практически одинаковой и составила значения 92,5 и 92,0% соответственно, а вот на контрольном варианте этот показатель был в два раза ниже.

Внешний вид развития проростков и оценка скорости и дружности прорастания семян тритикале сорта ТИ 17, а также определения энергии всхожести представлена на рисунке 2.

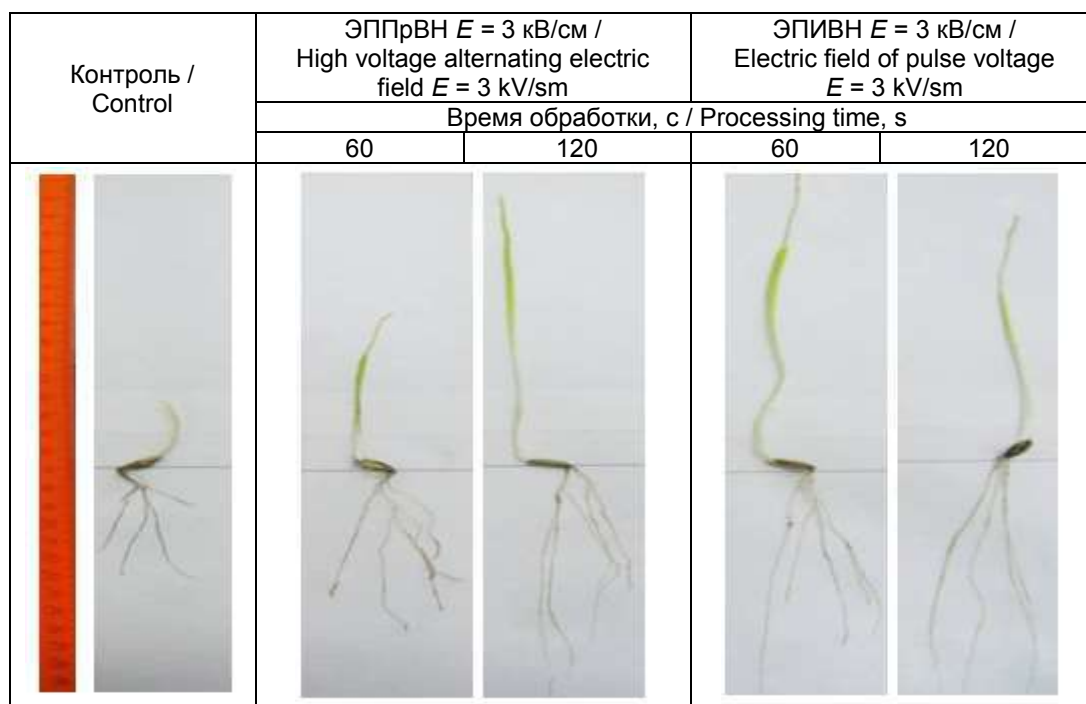


Рисунок 2 – Влияние режимов обработки в ЭППрВН и ЭПИВН семян озимого тритикале сорта ТИ 17 на рост и развитие ростков, см

Figure 2 – Effect of treatment modes in High voltage alternating electric field and Electric field of pulse voltage of seeds of winter triticale variety TI 17 on the growth and development of sprouts, cm

На представленных фотографиях видно стимулирующее действие электрической обработки семян. В качестве обоснования можно предположить, что при воздействии электрических полей высокого напряжения во внутренней структуре семени происходит перераспределение электрических зарядов, которые изменяют ход физико-химических процессов в клетке и тем самым получается эффект, проявляющийся в виде более интенсивного роста и развития растений. Анализируя результаты по всхожести, были получены следующие данные: наиболее отзывчивыми семена оказались на воздействие ЭППрВН, так развившихся (проросших) семян оказалось 98,7%, что на 4% превышало контроль. Всхожесть семян других вариантов отличалась на 1,0% и 1,7% от контроля (рисунок 3).

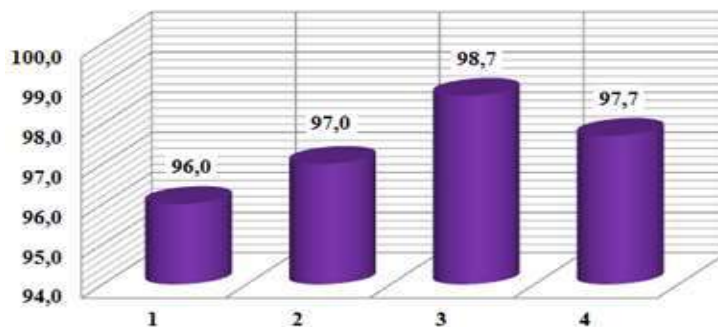


Рисунок 3 – Влияние на всхожесть вариантов предпосевной обработки семян озимого тритикале сорта ТИ 17, %: 1 – контроль; 2 – ЭППВН; 3 – ЭППрВН; 4 – ЭПИВН

Figure 3 – Effect on germination of pre-sowing seed treatment options for winter triticale variety TI 17, %: 1 – control; 2 – Electric field of constant high voltage; 3 – High voltage alternating electric field; 4 – Electric field of pulse voltage

Результат полученного положительного стимулирующего эффекта можно объяснить интенсификацией протекающих биологических процессов во внутренних структурах семени за счет получения им дополнительной энергии.

Для выявления практической применимости изучаемого метода предпосевной стимуляции программой исследований были предусмотрены поисковые эксперименты, в ходе которых было определено, что эффект от воздействий электрической природы на развитие семян зависит не только от параметров и режимов обработки, но и от состояния самих семян, то есть от чувствительности к электрическим воздействиям. Агротехнологический приём, по предпосевной обработке в электрических полях, эффективен для семян с пониженной всхожестью, но высокой жизнеспособностью [15, 16]. Было выявлено, что чем больше разница между всхожестью семян и их жизнеспособностью, тем выше эффективность изучаемого агроприёма.

Активизация в первоначальный период развития растений озимого тритикале сорта ТИ 17, выросших из семян, обработанных в электрических полях, приводит к изменению их морфологических характеристик (таблица 1).

Таблица 1 – Особенности изменения морфометрических показателей проростков семян озимого тритикале сорта ТИ 17 под влиянием электрических полей высокого напряжения
Table 1 – Features of changes in morphometric parameters of seedlings of winter triticale variety TI 17 under the influence of high voltage electric fields

Режим обработки / Processing mode		Всхожесть, % / Germination, %	Количество корней у одного растения, шт. / Number of roots per plant, pcs	Длина корней, см / Root length, cm	Высота проростков, см / Height of seedlings, cm
Вид воздействия / Type of impact	Время обра- ботки, с / Processing time, s				
1		2	3	4	5
Контроль – без обработки / Control - no treatment		88,7	5,1	9,4	6,3

Окончание таблицы 1

1		2	3	4	5
ЭПИВН $E = 3$ кВ/см / Electric field of pulse voltage $E = 3$ kV/sm	60	96,8	5,6	11,3	8,2
	120	96,6	5,6	11,9	8,9
ЭППВН $E = 3$ кВ/см / Electric field of constant high voltage $E = 3$ kV/sm	60	90,3	5,9	11,2	7,4
	120	91,5	6,0	12,1	7,2
ЭППрВН $E = 3$ кВ/см / High voltage alternating electric field $E = 3$ kV/sm	60	96,7	5,1	8,9	5,0
	120	90,0	5,1	10,4	8,5

Проведенный анализ результатов опытных исследований, позволяют говорить о том, что у вегетирующих растений происходит удлинение первых междоузлий, формируется более мощная, по сравнению с контролем, корневая система. Очень серьезным фактом, для условий аридной зоны, является то, что интенсивный рост корней приводит к более быстрому укоренению растений, лучшему использованию ими весенней влаги и питательных веществ (рисунок 4).

Контроль / Control	ЭППрВН $E = 3$ кВ/см / High voltage alternating electric field $E = 3$ kV/sm		ЭППВН $E = 3$ кВ/см / Electric field of constant high voltage $E = 3$ kV/sm	
	Время обработки, с / Processing time, s			
	120	60	120	60
				

Рисунок 4 – Образцы растений озимого тритикале сорта ТИ 17, выращенные в полевых условиях, из семян, обработанных перед посевом в электрическом поле переменного и постоянного высокого напряжения

Figure 4 – Samples of winter triticale plants of variety TI 17, grown in the field, from seeds treated before sowing in an electric field of alternating and direct high voltage

Уровень влияния стимуляции семян в электрическом поле зависит от режима обработки: наилучшие результаты выявлены при применении ЭПИВН при обработке в течение 120 с. Наблюдаемое при этом повышение морфофизиологических показателей проростков, несомненно, способствует увеличению урожайности. Фиксируемое при этом улучшение морфофизиологических показателей проростков, несомненно, закладывает возможность увеличения урожайности культур. Данный электротехнологический прием приводит к улучшению физиологического состояния зародыша, влияя вплоть до изменения интенсивности химических реакций.

Для проверки высказанной гипотезы об изменениях, протекающих во внутриклеточных структурах семян, была проведена серия опытов, в которых зерно различных культур обрабатывались в ЭПИВН. Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что сразу после обработки влажность массы семян увеличивалась, по сравнению с таким же объемом необработанных семян, а затем несколько снижалась, но вместе с тем конечное (установившееся) её значение оставалось выше, чем у необработанных образцов семян (рисунок 5).

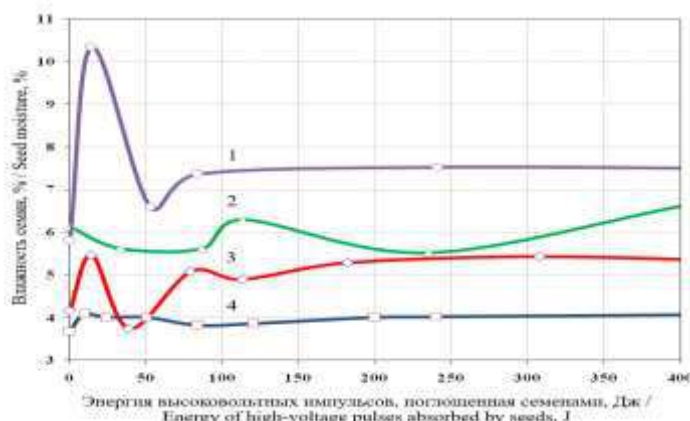


Рисунок 5 – Зависимость влажности обрабатываемого слоя семян зерновых культур (1 – овес, 2 – кукуруза, 3 – озимая пшеница, 4 – ячмень) от воздействующей энергии высоковольтных электрических импульсов

Figure 5 – Dependence of the moisture content of the treated layer of grain seeds (1 – oats, 2 – corn, 3 – winter wheat, 4 – barley) on the acting energy of high-voltage electrical pulses

Такие результаты могут свидетельствовать о том, что при электрических воздействиях происходят такие внутриклеточные изменения, в результате которых связанная внутренняя влага в семенах смешивается. Положительное влияние электрического поля высокого напряжения на семена включает регуляторные изменения на всех уровнях организации растительного организма. Экспериментально выявлено, что эффективность изучаемого агроприёма в области защиты растений от вредителей находится в прямой зависимости от режимов и параметров электрообработки.

Наиболее эффективные показатели были получены при обработке: против хлебных блошек (*Phyllotreta vittula* Redt. L.; *Chaetocnema hortensis* Geoffr. L.) и меромизы (*Meromyza* L.) – в ЭППрВН, время обработки 120 с; против шведской мухи (*Oscinella* L.) – в ЭППрВН, время обработки 60 с; против пшеничного трипса (*Haplothrips tritici* L.) – в ЭПИВН, время обработки 60 с. Судя по полученным данным, предпосевная электростимуляция семян относится к числу агроприёмов, которые способны положительно решать задачи минимизации в агробиоценозах количества вредителей и максимальной циркуляции энтомофагов. Электрообработка посевного материала независимо от режимов и параметров воздействия отрицательно сказывается на развитии семенной инфекции. Лучшие результаты показывает электризация семян ЭППрВН в течение 60 с, обеспечивающая подавление патогенов на 5,5...27,2 (таблица 2).

Таблица 2 – Эффективность предпосевной обработки семян озимого тритикале сорта ТИ 17 в электрических полях высокого напряжения

Table 2 – Efficiency of pre-sowing treatment of seeds of winter triticale variety TI 17 in high voltage electric fields

Режим обработки / Processing mode		Повреждено растений, % / Plants damaged, %			Численность учёта, шт./ед. / Number of records, pcs./unit	
Вид воздействия / Type of impact	Время обработ- ки, с / Pro- cessing time, s	<i>Phyllotreta vittula</i> Redt. L. <i>Chaetocnema hortensis</i> Geoffr. L.	<i>Oscinella</i> L.	<i>Meromyza</i> L.	<i>Haplothrips tritici</i> L., шт./ колос pcs./ear	Энтомофагов, учёта Entomophages, pcs./unit accounting
1	2	3	4	5	6	7
ЭППрВН $E = 3 \text{ кВ/см}$ / High voltage alternating electric field $E = 3 \text{ kV/sm}$	60	25,0±1,1	9,4±0,22	1,5±0,090	103,1±2,0	6,1±0,12
	120	21,1±1,7	13,3±0,41	0,3±0,003	78,3±2,3	6,4±0,06

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
ЭППВН $E = 3$ кВ/см / Electric field of constant high voltage $E = 3$ kV/sm	60	28,6±0,4	15,5±0,55	1,2±0,100	88,0±3,1	6,0±0,02
	120	34,8±2,2	17,2±0,30	0,7±0,010	118,7±4,7	6,1±0,08
ЭПВН $E = 3$ кВ/см / Electric field of pulse voltage $E = 3$ kV/sm	60	52,6±2,3	12,4±0,26	1,0±0,020	61,0±0,6	6,8±0,03
Контроль – без обработки / Control – no treatment		78,3±3,1	19,8±0,21	2,6±0,300	192,4±4,5	6,0±0,05

Воздействие на семена различных видов электрического поля, режимов и параметров воздействия приводит к повышению иммунности и устойчивости посевов зерновых культур к негативному влиянию хозяйственно опасных инфекционных заболеваний (рисунок 6).

		
Контроль / Control – no treatment	ЭППВН (время обработки 60 с) / Electric field of constant high voltage (processing time 60 s)	ЭППрВН (время обработки 60 с)/ High voltage alternating electric field (processing time 60 s)
		
ЭППВН (время обработки 120 с) / Electric field of constant high voltage (processing time 120 s)	ЭППрВН (время обработки 120 с)/ High voltage alternating electric field (processing time 120 s)	ЭПВН (время обработки 60 с)/ Electric field of pulse voltage (processing time 60 s)

Рисунок 6 – Влияние стимуляции посевного материала электрическим полем (напряженность 3 кВ/см) переменного, постоянного и импульсного высокого напряжения на развитие семенной инфекции
Figure 6 – Effect of stimulation of seed material with an electric field (tension of 3 kV/cm) of alternating, direct and pulsed high voltage on the development of seed infection

Обработка семян в электрических полях высокого напряжения в наибольшей степени повышает защиту растений от листостеблевых патогенов. Так, в случае гельминтоспориоза и септориоза на листьях растений выросших из обработанных семян образовывалось небольшое количество некротических пятен и в дальнейшем развитие обозначенных болезней не наблюдалось. Более эффективным оказалось действие ЭППрВН с временем обработки 60 с – интенсивность развития листостеблевых инфекций снижалась: у ярового ячменя на 5%, у озимого тритикале – на 5,4...10,8%. Обработка в ЭППВН в меньшей степени сказывалось на иммунности растений.

Следует, однако, отметить, что увеличение времени обработки до 120 с. снижало интенсивность развития листостеблевых патологий на 4,2...11,5%. Менее откликнулись на электрообработку возбудители корневых гнилей. Воздействие на семена электрическими полями высокого напряжения обеспечивает снижение развития заболеваемости вегетирующих растений на 3,1...4,2%. Совместно с оптимизацией фитосанитарного состояния посевов семян обработанных в электрическом поле высокого напряжения, выявлено стимулирующее действие последнего на структуру урожая злаковых культур (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние предпосевной обработки семян ярового ячменя сорта Донецкий-8 электрическими полями высокого напряжения на развитие болезней, %

Table 3 – Effect of pre-sowing treatment of spring barley seeds of the Donetsk-8 variety with high-voltage electric fields on the development of diseases, %

Вид воздействия / Type of impact	Время обработки, с / Processing time, s	Мучнистая роса / Powdery mildew	Септориоз / Septoria	Тёмно-бурая пятнистость / Dark brown spotting	Бактериоз / Bacteriosis	Гельминто-спориозно- фузариозная гниль / Helminth-sporium-fusarium rot
ЭППрВН $E = 3\text{кВ/см}$ / High voltage alternating electric field $E = 3\text{ kV/sm}$	60	18,2	10,0	16,2	20,6	5,8
	120	20,9	12,1	18,6	23,1	7,5
ЭППВН $E = 3\text{кВ/см}$ / Electric field of constant high voltage $E = 3\text{ kV/sm}$	60	20,6	13,5	20,7	23,9	7,5
	120	19,4	10,8	21,1	27,2	7,3
ЭПВН $E = 3\text{кВ/см}$ / Electric field of pulse voltage $E = 3\text{ kV/sm}$	60	-	-	17,5	23,6	6,2
	120	-	-	18,3	23,5	6,3
Контроль – без обработки / Control – no treatment		30,0	15,0	24,5	35,4	9,0

Анализ данных показывает, что обработка семян в электрическом поле обеспечивает увеличение продуктивности, кустистости и формирование более густого продуктивного стеблестоя до 500 колосьев/м². Это также наиболее дешёвый и эффективный способ подавления внутрисклеблевых вредителей, инфекционных болезней и сорной растительности. Электростимуляция позитивно сказывается на таком труднорегулируемом параметре, как озернёность колосьев. Так общее число зёрен в колосе возрастает на 13,8...31,0%, несколько увеличивается масса 1000 зёрен – на 3,0...6,2%, а выход зерна к общей массе повышается на 40,3...57,8%. Предпосевная стимуляция семян в электрическом поле высокого напряжения положительно влияет и на все элементы структуры урожая. Так, урожайность озимой тритикале сорта ТИ 17 увеличивается в среднем на 33,1%. Но все же наибольший эффект, причём по всем показателям экспозиции, достигается при использовании ЭППВН. Учитывая неблагоприятные погодные условия в период налива зерна, более высокие показатели массы 1000 зерен на вариантах с применением ЭППВН свидетельствуют о повышении общего уровня засухоустойчивости растений (таблица 4). В качестве промежуточных итогов можно отметить, что прибавка полученных урожаев складывается из: увеличения продуктивной кустистости, что сопровождается накоплением биомассы и, как следствие, формированием более густого стеблестоя; получения более крупного зерна и, соответственно, большего выхода зерна с одного колоса и растения. Все перечисленное в целом обеспечило прибавку урожая зерна на опытных полевых делянках от 4,9 до 8,4 ц/га.

Таблица 4 – Влияние обработки семян в электрических полях высокого напряжения на структуру урожая

Table 4 – Effect of seed treatment in high voltage electric fields on the structure of the crop

Вид воздействия / Type of impact	Время обработки, с / Processing time, s	Количество продуктивных стеблей, шт./м ² / Number of productive stems, pcs./m ²	Масса соломы, г/м ² / Straw weight, g/m ²	Длина колоса, см / Spike length, cm	Число зерен в колосе, шт. / Number of grains in an ear, pcs.	Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	Прибавка урожая, % / Yield increase, %
Яровой ячмень сорта Донецкий 8 / Spring barley variety Donetsk 8							
ЭППрВН $E = 3$ кВ/см / High voltage alternating electric field $E = 3$ kV/sm	60	438,0	230,8	7,5	19,0	38,2	+57,80
	120	500,0	218,4	7,2	17,3	39,4	+40,30
ЭППВН $E = 3$ кВ/см / Electric field of constant high voltage $E = 3$ kV/sm	60	424,0	178,0	6,5	16,5	36,3	+7,00
	120	376,0	192,4	6,5	16,5	32,3	-1,90
Контроль – без обработки / Control – no treatment		392,0	161,6	6,5	14,5	37,1	-
Озимый тритикале сорта ТИ-17 / Winter triticale variety TI-17							
ЭППрВН $E = 3$ кВ/см / High voltage alternating electric field $E = 3$ kV/sm	60	96,0	102,6	8,5	42,2	36,7	+43,60
	120	73,0	80,9	8,4	41,8	37,7	+24,00
ЭППВН $E = 3$ кВ/см / Electric field of constant high voltage $E = 3$ kV/sm	60	91,3	83,4	7,8	38,2	39,5	+21,60
	120	111,3	101,8	7,8	35,4	41,1	+29,80
ЭПИВН $E = 3$ кВ/см / Electric field of pulse voltage $E = 3$ kV/sm	60	104,3	91,0	8,1	41,1	37,9	+21,98
Контроль – без обработки / Control – no treatment		64,0	61,1	7,4	46,5	37,0	-

В качестве промежуточных итогов можно отметить, что прибавка полученных урожаев складывается из: увеличения продуктивной кустистости, что сопровождается накоплением биомассы и, как следствие, формированием более густого стеблестоя; получения более крупного зерна и, соответственно, большего выхода зерна с одного колоса и растения. Все перечисленное в целом обеспечило прибавку урожая зерна на опытных полевых делянках от 4,9 до 8,4 ц/га.

В 2013-2014 гг. на полях УНПЦ «Горная Поляна» Волгоградского ГАУ было исследовано влияние стимуляции семян в ЭПИВН на рост и развитие ярового ячменя [17]. В полевых условиях была проведена закладка двухфакторного полевого эксперимента, в котором изучались две нормы высева – 3,0 и 3,5 млн. всх. семян/га (фактор А) и четыре режима обработки семян в ЭПИВН при напряжении на электродах 15 кВ, расстоянием между ними 5 см и при различном времени отлежки перед посевом: 48, 72, 96 и 120 ч (фактор Б). Исследовался яровой ячмень сорта Ергенинский 2. На контрольном варианте применена норма высева 3,5 млн. семян/га первой репродукции, без дополнительных агроприемов (таблица 5).

Посевы из семян, обработанных в ЭПИВН, имели более лучшие показатели сохранности выросших растений к уборке: 1,1-5,1% – при посеве 3,0 млн. всх. семян/га и 3,3-7,6% – при посеве 3,5 млн. всх. семян/га. Визуально было отмечено, что загущенные посевы ячменя из необработанных в ЭПИВН семян (3,5 млн. всх. семян/га) на 1,4% хуже сохранились, растения ячменя из обработанных семян выглядели иначе – проявлялось незначительное улучшение относительно 3,0 млн. всх. семян/га – до 0,4%.

Таблица 5 – Выживаемость растений ярового ячменя сорта Ергенинский-2 к уборке в зависимости от примененных агроприемов по предпосевной обработке семян, % (в среднем за 2013-2014 гг.)
Table 5 – Survival of spring barley plants of the Ergeninsky-2 variety for harvesting, depending on the applied agricultural practices for pre-sowing seed treatment, % (average for 2013-2014)

Вариант агроприема / Option of agricultural practice	Значение / Meaning	Вариант агроприема / Option of agricultural practice	Значение / Meaning
Количество растений по всходам, шт./м ² / Number of plants by shoots, pcs./m ²			
3,0 млн. контроль / 3.0 million control – no treatment	257	3,5 млн. контроль / 3.5 million control – no treatment	317
3,0 млн.+ ЭПИВН (48) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (48)	276	3,5 млн.+ ЭПИВН (48) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (48)	330
3,0 млн.+ ЭПИВН (72) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (72)	277	3,5 млн.+ ЭПИВН (72) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (72)	332
3,0 млн.+ ЭПИВН (96) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (96)	287	3,5 млн.+ ЭПИВН (96) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (96)	341
3,0 млн.+ ЭПИВН (120) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (120)	282	3,5 млн.+ ЭПИВН (120) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (120)	337
Количество растений к уборке, шт./м ² / Number of plants to be harvested, pcs./m ²			
3,0 млн. контроль / Control – no treatment 3.0 million control – no treatment	177	3,5 млн. контроль / Control – no treatment 3.5 million control – no treatment	214
3,0 млн.+ ЭПИВН (48) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (48)	196	3,5 млн.+ ЭПИВН (48) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (48)	234
3,0 млн.+ ЭПИВН (72) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (72)	204	3,5 млн.+ ЭПИВН (72) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (72)	245
3,0 млн.+ ЭПИВН (96) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (96)	212	3,5 млн.+ ЭПИВН (96) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (96)	254
3,0 млн.+ ЭПИВН (120) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (120)	207	3,5 млн.+ ЭПИВН (120) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (120)	249
Сохранность растений к уборке, % / Safety of plants for harvesting, %			
3,0 млн. контроль / 3.0 million control – no treatment	68,9	3,5 млн. контроль / 3.5 million control – no treatment	67,5
3,0 млн.+ ЭПИВН (48) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (48)	70,8	3,5 млн.+ ЭПИВН (48) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (48)	70,8
3,0 млн.+ ЭПИВН (72) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (72)	73,6	3,5 млн.+ ЭПИВН (72) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (72)	73,8
3,0 млн.+ ЭПИВН (96) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (96)	74,0	3,5 млн.+ ЭПИВН (96) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (96)	74,3
3,0 млн.+ ЭПИВН (120) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (120)	73,4	3,5 млн.+ ЭПИВН (120) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (120)	73,8

Следующим показателем является масса 1000 семян, которая одновременно является и важнейшей характеристикой полноценности семян (таблица 6).

Использование предпосевной обработки семян в ЭПИВН позволило получить повышение массы 1000 семян в среднем за 2013-2014 гг. на 1,16-1,94 г при норме высева 3,0 млн. всх. семян/га и на 0,48-1,44 г при норме 3,5 млн. всх. семян/га. Меньшая норма высева способствует увеличению массы 1000 семян. Рассматривая значения по-

казателя биологической урожайности можно отметить, что здесь прослеживается та же тенденция: в среднем за два года на 3,0 млн. всх. семян/га значение превышения урожайности растений из электрообработанных семян над чистыми посевами при норме высева 3,0 млн. всх. семян/га составило от 0,006 до 0,23 т/га, а на посевах при норме высева 3,5 млн. – от 0,06 до 0,22 т/га.

Таблица 6 – Структура урожая зерна ярового ячменя сорта Ергенинский-2 (в ср. за 2013-2014 гг.)
Table 6 – Structure of grain yield of spring barley variety Ergeninsky-2 (average for 2013-2014)

Вариант агроприема / Option of agricultural practice	Показатели / Indicators				
	Количество продуктивных стеблей, шт./м ² / Number of productive stems, pcs./m ²	Число растений к уборке, шт./м ² Number of plants to be harvest- ed, pcs./m ²	Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g	Масса зерна с одного колоса, г / Grain weight per ear, g	Урожайность (биол.), т/га / Productivity (biol.), t/ha
3,0 млн. контроль / 3.0 million control – no treatment	204	177	35,93	0,61	1,25
3,0 млн.+ ЭПИВН (48) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (48)	235	196	37,09	0,56	1,31
3,0 млн.+ ЭПИВН (72) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (72)	245	204	37,28	0,56	1,37
3,0 млн.+ ЭПИВН (96) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (96)	261	212	37,87	0,57	1,48
3,0 млн.+ ЭПИВН (120) / 3.0 million+ Electric field of pulse voltage (120)	255	207	37,54	0,56	1,43
3,5 млн. контроль / 3.5 million control – no treatment	236	214	36,39	0,56	1,33
3,5 млн.+ ЭПИВН (48) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (48)	270	234	36,87	0,52	1,39
3,5 млн.+ ЭПИВН (72) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (72)	282	245	36,98	0,52	1,46
3,5 млн.+ ЭПИВН (96) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (96)	305	254	37,83	0,51	1,55
3,5 млн.+ ЭПИВН (120) / 3.5 million+ Electric field of pulse voltage (120)	299	249	37,69	0,51	1,52

Закключение. Обработка семян перед посевом в электрических полях высокого напряжения (ЭППВН, ЭППрВН, ЭПИВН) при разных режимах воздействий эффективно проявляется для защиты растений от разнообразных вредителей, например, против хлебных блошек и мeroмизы (*Phyllotreta vittula* Redt. L.; *Chaetocnema hortensis* Geoffr. L.) – это обработка в ЭППрВН длительностью 120 с.; против шведской мухи (*Oscinella* L.) – ЭППрВН длительностью 60 с.; против пшеничного трипса (*Haplothrips tritici* L.) – ЭПИВН длительностью 60 с.

Кроме оптимизации фитосанитарного состояния посевов семян обработанных в электрическом поле высокого напряжения, выявлено стимулирующее действие последнего на структуру урожая злаковых культур (озимые ячмень и тритикале): увеличивается продуктивность, кустистость и формируется более густой продуктивный стеблестой. Электростимуляция позитивно сказывается на таком труднорегулируемом параметре, как озернённость колосьев – общее число зёрен в колосе возрастает на 13,8...31,0%; несколько увеличивается масса 1000 зёрен – на 3,0...6,2%; выход зерна к общей массе повышается на 40,3...57,8%; прослеживается положительное влияние на все элементы структуры урожая. Так, урожайность озимой тритикале сорта ТИ 17 увеличивается в среднем на 33,1%. Наибольший эффект, причём по всем показателям времени обработки, достигается при ис-

пользовании ЭППВН. Учитывая неблагоприятные погодные условия в период налива зерна, более высокие показатели массы 1000 зерен на вариантах с применением ЭППВН свидетельствуют о повышении общего уровня засухоустойчивости растений. Использование предпосевной обработки семян озимого ячменя в ЭПИВН позволило получить повышение массы 1000 семян в среднем: а) на 1,16-1,94 г при норме высева 3,0 млн. всх. семян на 1 га; б) на 0,48-1,44 г при норме 3,5 млн. всх. семян на 1 га. За два года наблюдений увеличение урожайности растений ячменя из обработанных семян над посевами с необработанным посевным материалом при норме высева 3,0 млн. всх. семян на 1 га составило от 0,006 до 0,23 т/га, а при 3,5 млн. – от 0,06 до 0,22 т/га.

Conclusions. Treatment of seeds before sowing in high voltage electric fields (EPPVN, EPPVN, EPIVN) under different modes of influence is effective in protecting plants from a variety of pests, for example, against flea beetles and meromyces (*Phyllotreta vittula* Redt. L.; *Chaetocnema hortensis* Geoffr. L.) is processing in EPPrVN lasting 120 s.; against the Swedish fly (*Oscinella* L.) – EPPrVN lasting 60 s.; against wheat thrips (*Haplothrips tritici* L.) – EPIVN lasting 60 s. In addition to optimizing the phytosanitary condition of seed crops treated in a high-voltage electric field, the stimulating effect of the latter on the structure of the yield of cereal crops (winter barley and triticale) was revealed: productivity, bushiness increases and a denser productive stem is formed. Electrical stimulation has a positive effect on such a difficult-to-control parameter as the grain content of the ears – the total number of grains in the ear increases by 13.8...31.0%; The weight of 1000 grains increases slightly – by 3.0...6.2%; grain yield to total weight increases by 40.3...57.8%; there is a positive effect on all elements of the crop structure. Thus, the yield of winter triticale variety TI 17 increases by an average of 33.1%. The greatest effect, in terms of all indicators of processing time, is achieved when using EPPVN. Taking into account unfavorable weather conditions during the grain filling period, higher values of 1000 grain weight in variants using EPPVN indicate an increase in the overall level of drought resistance of plants. The use of pre-sowing treatment of winter barley seeds in EPIVN made it possible to increase the weight of 1000 seeds on average: a) by 1.16-1.94 g at a seeding rate of 3.0 million seedlings. seeds per 1 ha; b) by 0.48-1.44 g at a rate of 3.5 million shoots seeds per 1 ha. Over two years of observation, an increase in the yield of barley plants from treated seeds over crops with untreated seeding material at a seeding rate of 3.0 million seedlings. seeds per 1 hectare ranged from 0.006 to 0.23 t/ha, and with 3.5 million plantings. seeds per 1 ha – from 0.06 to 0.22 t/ha.

Библиографический список

1. Baev V. I., Petrukhin V. A., Baev I. V., et al. Electrotechnology as One of the Most Advanced Branches in the Agricultural Production Development. Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. Hershey, Pennsylvania: IGI Global, 2018. Pp. 149-175.
2. Kazakova A. S., Yudaev I. V., Fedoschenko M. G., et al. New approach to study stimulating effect of the pre-sowing barley seeds treatment in the electromagnetic field. OnLine Journal of Biological Sciences. 2018. Vol. 18. No. 2. Pp. 197-207.
3. Юдаев Ю. А., Кожанова Т. В., Юдаев М. Ю. Численные исследования распределения электрического поля в системе электродов при воздействии на семена растений. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2015. № 4 (28). С. 144-148.
4. Koukounaras A., Boursianis A., Kostas S., et al. Pre-Sowing Static Magnetic Field Treatment of Vegetable Seeds and Its Effect on Germination and Young Seedlings Development. Seeds. 2023. V. 2. No 4. Pp. 394-405.
5. Клейменов Э. В., Данилочкина Е. А. Градиентное магнитное поле. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2011. № 2 (10). С. 64-68.
6. Porsev E. G., Malozyomov B. V. Innovative Technology of Seed Treatment by Electric Corona Discharge. Actual Issues of Mechanical Engineering (AIME 2018). Atlantis Press, 2018. Pp. 496-503.
7. Ahmed Z., Manzoor M. F., Ahmad N., et al. Impact of pulsed electric field treatments on the growth parameters of wheat seeds and nutritional properties of their wheat plantlets juice. Food Science & Nutrition. 2020. Vol. 8 (5). Pp. 2490-2500.
8. Хайновский В. И., Копылова О. С., Козырев А. Е. Расчет доз воздействия импульсного электрического поля на семенной материал. Аграрная Россия. 2012. № 9. С. 37-40.
9. Дульский А. В., Стародубцева Г. П., Хайновский В. И. Предпосевная обработка семян моркови сорта "Витаминная 6" импульсным электрическим полем. Аграрная Россия. 2009. № 5. С. 34-36.
10. Nelson S. O. Seed Treatment Applications. Dielectric Properties of Agricultural Materials and their Applications. Academic Press, 2015. Pp. 57-71.
11. Pournavab R. F., Mejia E. B., Mendoza A. B., et al. Ultraviolet Radiation Effect on Seed Germination and Seedling Growth of Common Species from Northeastern Mexico. Agronomy. 2019. Vol. 9 (6). P. 269.
12. Bozhkov A. I., Kovalova M. K., Azeev Z. A., et al. The effect of pre-sowing seed treatment on seedlings growth rate and their excretory activity. Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2020. Vol. 11 (1). Pp. 60-66.

13. Тиби́рьков А. П., Юдаев И. В., Азаров Е. В. Предпосевная электрофизическая обработка семян – перспективный агроприем ресурсосберегающей технологии возделывания озимой пшеницы. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 3 (27). С. 61-66.

14. Kasakova A. S., Mayboroda S. Y., Chronyuk V. B., et al. Prospects for the use of stimulation by electric field of old cereal seeds. Asia Life Sciences. 2019. Vol. 28. No. 1. Pp. 229-239.

15. Шпаков А. С., Новоселов Ю. К., Воловик В. Т., и др. Полевое кормопроизводство: история, проблемы и решения: монография. М.: ФГБОУ ДПО РАКО АПК, 2023. 259 с.

16. Казакова А. С., Кулешова Л. А. Устойчивость к засухе прорастающих семян ярового ячменя, обработанных в переменном электромагнитном поле промышленной частоты. Вестник аграрной науки Дона. 2018. № S4. С. 99-104.

17. Тиби́рьков А. П., Юдаев И. В. Электрофизическая обработка семян – новый агроприем при возделывании ярового ячменя на юге России. Фундаментальные исследования. 2015. № 2-22.

References

1. Baev V. I., Petrukhin V. A., Baev I. V., et al. Electrotechnology as One of the Most Advanced Branches in the Agricultural Production Development. Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. Hershey, Pennsylvania: IGI Global, 2018. Pp. 149-175.

2. Kazakova A. S., Yudaev I. V., Fedoischenko M. G., et al. New approach to study stimulating effect of the pre-sowing barley seeds treatment in the electromagnetic field. OnLine Journal of Biological Sciences. 2018. Vol. 18. No 2. Pp. 197-207.

3. Yudaev Y. A., Kozhanova T. V., Yudaev M. Y. Numerical Studies of the Electric Field Distribution in the System of Electrodes under the Influence of Plant Seeds. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2015. № 4 (28). Pp. 144-148.

4. Koukounaras A., Boursianis A., Kostas S., et al. Pre-Sowing Static Magnetic Field Treatment of Vegetable Seeds and Its Effect on Germination and Young Seedlings Development. Seeds. 2023. V. 2. No 4. Pp. 394-405.

5. Kleymenov E. V., Danilochkina E. A. Gradient Magnetic Field. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2011. № 2 (10). Pp. 64-68.

6. Porsev E. G., Malozyomov B. V. Innovative Technology of Seed Treatment by Electric Corona Discharge. Actual Issues of Mechanical Engineering (AIME 2018). Atlantis Press, 2018. Pp. 496-503.

7. Ahmed Z., Manzoor M. F., Ahmad N., et al. Impact of pulsed electric field treatments on the growth parameters of wheat seeds and nutritional properties of their wheat plantlets juice. Food Science & Nutrition. 2020. Vol. 8 (5). Pp. 2490-2500.

8. Khainovsky V. I., Kopylova O. S., Kozyrev A. E. Calculation of Doses of Pulsed Electric Field Impact on Seed Material. Agrarian Russia. 2012. № 9. Pp. 37-40.

9. Dul'skii A. V., Starodubtseva G. P., Khainovsky V. I. Pre-sowing treatment of carrot seeds of the Vitaminnaya 6 variety with a pulsed electric field. Agrarian Russia. 2009. № 5. Pp. 34-36.

10. Nelson S. O. Seed Treatment Applications. Dielectric Properties of Agricultural Materials and their Applications. Academic Press, 2015. Pp. 57-71.

11. Pournavab R. F., Mejia E. B., Mendoza A. B., et al. Ultraviolet Radiation Effect on Seed Germination and Seedling Growth of Common Species from Northeastern Mexico. Agronomy. 2019. Vol. 9 (6). P. 269.

12. Bozhkov A. I., Kovalova M. K., Azeev Z. A., et al. The effect of pre-sowing seed treatment on seedlings growth rate and their excretory activity. Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2020. Vol. 11 (1). Pp. 60-66.

13. Tibirkov A. P., Yudaev I. V., Azarov E. V. Pre-sowing electrophysical treatment of seeds is a promising agricultural technique of resource-saving technology of winter wheat cultivation. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2012. No. 3 (27). Pp. 61-66.

14. Kasakova A. S., Mayboroda S. Y., Chronyuk V. B., et al. Prospects for the use of stimulation by electric field of old cereal seeds. Asia Life Sciences. 2019. Vol. 28. No. 1. Pp. 229-239.

15. Shpakov A. S., Novoselov Y. K., Volovik V. T., et al. Field Feed Production: History, Problems and Solutions: Monograph. Moscow, 2023. 259 p.

16. Kazakova A. S., Kuleshova L. A. Drought Resistance of Germinating Spring Barley Seeds Treated in an Alternating Electromagnetic Field of Industrial Frequency. Bulletin of the Agrarian Science of the Don. 2018. № S4. Pp. 99-104.

17. Tibirkov A. P., Yudaev I. V. Electrophysical Seed Treatment – A New Agricultural Technique in the Cultivation of Spring Barley in the South of Russia. Basic research. 2015. № 2-22.

Информация об авторах

Юдаев Игорь Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры «Применение электрической энергии», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: etsh1965@mail.ru

Тиби́рьков Александр Павлович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения и общей биологии, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: a.tibirkov@mail.ru

Беленков Алексей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, консультант НФЦ «Кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса» (Российская Федерация, 141055, Московская обл. г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1), e-mail: belenokaleksis@mail.ru

Author's Information

Yudaev Igor Viktorovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of "Application of Electrical Energy" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agricultural University named after I. T. Trubilin" (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin Street, 13), e-mail: etsh1965@mail.ru.

Tibirkov Aleksander Pavlovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Soil Science and General Biology, Volgograd State Agrarian University, (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: a.tibirkov@mail.ru.

Belenkov Aleksey Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, consultant at the National Federal Center for Feed Production and Agroecology named after V. R. Williams (Russian Federation, 141055, Moscow region, Lobnya, Nauchny Gorodok str., building 1), e-mail: belenokaleksis@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-35

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE INTRODUCTION OF RENEWABLE ENERGY FACILITIES AS PART OF THE TRANSITION TO AN ENERGY-EFFICIENT ECONOMY IN THE AGRARIAN REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Kirichenko A. S., Kirichenko E. V.

*Kuban State Agrarian University
Krasnodar, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kir89ann@gmail.com

Received 31.10.2023

Submitted 28.11.2023

This research was funded by the Russian Science Foundation and Kuban Science Foundation, grant number 22-28-20298

Summary

The legislative and investment initiatives of agrarian regions of the Russian Federation occupying the top lines of the investment rating in the field of renewable energy were analyzed to select the practices that should be adopted by less successful regions.

Abstract

Introduction. The introduction of renewable energy power plants into regional energy systems is an important stage in the implementation of Russian energy strategy for the period until 2030, however, not all regions are successful in this task. Some of Russian agricultural regions are more successful than others at integrating renewable energy into their energy system. Agrarian regions that have rich climatic potential but that are not included in the lists of leaders in the field of renewable energy sources, such as, for example, the Krasnodar region, can borrow successful experience in introduction of regional economic programs to support renewable energy sources and in their legal support. In order to adopt the experience and best practices of the regions of the Russian Federation most successful in introduction of installations based on renewable energy sources into their energy balance it is necessary to determine in which aspects of the introduction of renewable energy sources into their energy balance these regions have succeeded. **Object.** Renewable energy power plants as an element of the regional energy system. **Materials and methods.** Methods of statistical processing, fundamentals of electrical engineering and energetics were used when conducting research and making calculations. For the purposes of the study, seven agricultural regions occupying the top lines of the RREDA ranking were selected, namely Krasnodar region, Rostov region, Stavropol region, Astrakhan region, Republic of Kalmykia, Volgograd region and Orenburg region. To borrow the experience and best practices of the regions of the Russian Federation that most successfully implement installations based on renewable energy sources into their energy balance, the following assessment criteria were identified: renewable energy potential of the region, installed capacity of renewable energy equipment, share of renewable energy sources in fulfillment of regional demand, energy generated per 1 MW of installed capacity. **Results and conclusions.** Based on the criteria chosen in the methodology, we should highlight Republic of Kalmykia, in which it was possible to use the high potential of renewable energy resources to bring the region from a deep energy deficiency to energy neutrality, and Stavropol region, in which, under less favorable climatic conditions, it was possible to achieve high energy generation per 1 MW of installed capacity and the largest energy production from renewable energy installations among the regions.

Keywords: *renewable energy sources, regional energy systems, energy balance, energy potential, energy legislation, energy-efficient economy.*

Citation. Kirichenko A. S., Kirichenko E. V. Assessment of the effectiveness of the introduction of renewable energy facilities as part of the transition to an energy-efficient economy in the agrarian regions of the Russian Federation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 312-321 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-35.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 338.43:621.31

**ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ
ЭНЕРГЕТИКИ В РАМКАХ ПЕРЕХОДА К ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ЭКОНОМИКЕ
В АГРАРНЫХ СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ****Кириченко А. С., кандидат технических наук, доцент
Кириченко Е. В., старший преподаватель***ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»
г. Краснодар, Российская Федерация***Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Кубанского научного
фонда № 22-28-20298**

Актуальность. Задача внедрения энергоустановок на основе возобновляемых источников в региональные энергосистемы является важным этапом реализации энергетической стратегии России на период до 2030 года, однако не все регионы успешно справляются с этой задачей. Некоторые из аграрных регионов России лучше других осуществляют внедрение возобновляемой энергетики в свою энергетическую систему. Аграрные регионы, обладающие богатым климатическим потенциалом, но не входящие в перечни лидирующих в области ВИЭ, такие, например, как Краснодарский край, могут заимствовать успешный опыт внедрения региональных экономических программ поддержки ВИЭ и их правового сопровождения. Для заимствования опыта и лучших практик субъектов Российской Федерации, наиболее успешно внедряющих в свой энергетический баланс установки, основанные на возобновляемых источниках энергии, необходимо определить, в каких именно аспектах внедрения возобновляемых источников энергии в свой энергетический баланс преуспели эти регионы. **Цель исследования.** Повышение вовлеченности ВИЭ в энергосистемы регионов. **Объект исследования.** Энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии как элемент региональной энергосистемы. **Материалы и методы.** При проведении исследований и расчетов использовались методы статистической обработки, основ электротехники и энергетики. Для целей исследования были выбраны семь аграрных регионов, занимающих верхние строчки рейтинга АРВЭ: Краснодарский край, Ростовская область, Ставропольский край, Астраханская область, Республика Калмыкия, Волгоградская область и Оренбургская область. Для заимствования опыта и лучших практик субъектов Российской Федерации, наиболее успешно внедряющих в свой энергетический баланс установки, основанные на возобновляемых источниках энергии, были выделены следующие критерии оценки: потенциал возобновляемой энергетики региона, установленная мощность оборудования возобновляемой энергетики, доля ВИЭ в покрытии нужд региона, производство энергии с 1 МВт установленной мощности. **Результаты и выводы.** Исходя из выбранных в методике критериев следует выделить Республику Калмыкия, в которой удалось использовать высокий потенциал энергетических ресурсов для выведения региона из глубокого энергодефицита в энергетическую нейтральность, и Ставропольский край, в котором при менее благоприятных климатических условиях получилось достичь высокой выработки энергии с 1 МВт установленной мощности и наибольшей среди регионов выработки энергии от установок возобновляемой энергетики.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, региональные энергосистемы, энергетический баланс, энергетический потенциал, энергетическое законодательство, энергоэффективная экономика.

Цитирование. Кириченко А. С., Кириченко Е. В. Оценка результативности внедрения объектов возобновляемой энергетики в рамках перехода к энергоэффективной экономике в аграрных субъектах Российской Федерации. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 312-321. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-35.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В регионах Российской Федерации за несколько последних десятилетий сложилась обусловленная несколькими факторами связь между темпами развития сельского хозяйства и использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Некоторые из аграрных регионов России лучше других осуществляют внедрение возобновляемой энергетики в свою энергетическую систему. В то же время анализ успешности внедрения возобновляемой энергетики на уровне государств гораздо более распространен, чем исследования на уровне регионов [1]. Успешность внедрения возобновляемой энергетики в ре-

гионе связана с его климатическим потенциалом, что учитывается при определении оптимального места размещения генерирующего оборудования [2, 3]. При этом климатический потенциал регионов не всегда прямо коррелирует с их положением в различных рейтингах оценки эффективности использования ВИЭ. На это также влияют и социальные факторы [4, 5], включая спрос на распределенную генерацию, которую проще всего осуществлять именно через возобновляемую энергетику [6]. Но, как уже было отмечено, такой запрос существует в каждом из аграрных регионов.

Ключевыми факторами, влияющими на эффективность использования ВИЭ в регионах с сопоставимым климатическим потенциалом, являются правовые и организационные механизмы, а также меры, предпринимаемые руководством региона для повышения экономической привлекательности использования ВИЭ. Аграрные регионы, обладающие богатым климатическим потенциалом, но не входящие в перечни лидирующих в области ВИЭ, такие, например, как Краснодарский край, могут заимствовать успешный опыт внедрения региональных экономических программ поддержки ВИЭ и их правового сопровождения.

Для заимствования опыта и лучших практик субъектов Российской Федерации, наиболее успешно внедряющих в свой энергетический баланс установки, основанные на возобновляемых источниках энергии, необходимо достоверно определить, какие именно это регионы. На сегодняшний день для этого не сформировано единой универсальной методики, которая была бы закреплена нормативно или единогласно признана научным сообществом, поэтому вопросы количественной оценки эффективности внедрения энергоустановок на основе ВИЭ и мероприятий по повышению энергоэффективности до сих пор остаются дискуссионными как в научной литературе, так в бизнес-сообществе [7].

Важным источником информации являются инвестиционные рейтинги в области ВИЭ, составленные Ассоциацией развития возобновляемой энергетики (АРВЭ) [8]. Однако инвестиционный рейтинг выполняет более широкую задачу, чем определение эффективности использования ВИЭ потенциала, и включает в себя ряд избыточных для этой цели показателей, таких как оценка подготовки кадров в региональных вузах, количество упоминания ВИЭ в региональных СМИ и выступления официальных публичных лиц на мероприятиях. Представляется более целесообразным ограничиться параметрами, непосредственно касающимися энергетического баланса и экономического аспекта использования ВИЭ для субъектов Российской Федерации.

Цель исследования – повышение вовлеченности ВИЭ в энергосистемы регионов.

Объект исследования: энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии, как элемент региональной энергосистемы.

Методика исследования. Для целей исследования были выбраны семь аграрных регионов, занимающих верхние строчки рейтинга АРВЭ: Краснодарский край, Ростовская область, Ставропольский край, Астраханская область, Республика Калмыкия, Волгоградская область и Оренбургская область.

Для определения исходных условий регионов для энергетической оценки были использованы два параметра: потенциал возобновляемых источников энергии и энергодостаточность.

Для анализа потенциала возобновляемых источников энергии были использованы данные валового потенциала из нескольких источников: для солнечных, ветровых и геотермальных ресурсов – с карт ГИС ВИЭ (Геоинформационная система «Возобновляемые источники энергии России», <https://gisre.ru/>). Существуют различные методы оценки климатических потенциалов [9, 10], но в исследовании [11], посвященном анализу потенциала возобновляемых источников энергии в Алжире, указывается, что карты ГИС ВИЭ являются наиболее часто используемым источником информации о технических потенциалах, примерами являются работы [12, 13]. Гидроэнергетические ресурсы малых ГЭС для регионов были получены из справочника Гидроэнергетические ресурсы (Вознесенский А. Н. Энергетические ресурсы СССР. Гидроэнергетические ресурсы. М.: Наука, 1967. 600 с.). При необходимости дальнейшей актуализации гидрологических данных могут быть использованы описанные в работе [14] методы картирования с использованием беспилотных летательных аппаратов или спутниковых данных. Потенциал биоэнергетических ресурсов был по-

лучен по данным Росстата (Федеральная служба государственной статистики. Поголовье скота в хозяйствах всех категорий в 2021 году». https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/pog_skot_2021.xls; ЕМИСС Государственная Статистика. Посевные площади сельскохозяйственных культур. <https://fedstat.ru/indicator/31328>), исходя из площади сельскохозяйственных угодий и поголовья скота. Метод оценки регионального потенциала энергии, получаемой из биогаза, в условиях неполноты региональных баз данных приведен в работе [15] на примере Индии. Полученные величины потенциала сравнивались со средним по России и среди рассматриваемых регионов значением, после чего получали описание в словесной форме: «ниже среднего», «среднее», «выше среднего». Энергодостаточность взята по данным РИА Рейтинг за 2021 год (РИА Рейтинг. Рейтинг регионов по уровню энергодостаточности, <https://riarating.ru/regions/20220315/630218945.html>).

Энергетические параметры сравнивались по нескольким показателям: установленная мощность энергоустановок на основе ВИЭ, доля установок на основе ВИЭ в общей установленной мощности, производство энергии с использованием ВИЭ, доля ВИЭ в производстве энергии, доля ВИЭ в покрытии потребности региона в энергии. Исходными данными для получения актуальной информации по объемам установленной мощности являются данные Системного оператора Единой энергетической системы России (СО ЕЭС России: Информационные обзоры. <https://www.so-ups.ru/functioning/ups/ups-review/ups-review22/>).

В данном исследовании для определения установленной мощности и выработки энергии от ВИЭ учитывались только энергостанции, удовлетворяющие условиям для участия в конкурентном отборе мощности и заключение договора о предоставлении мощности в рамках государственного механизма стимулирования развития возобновляемой энергетики (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.01.2009 № 1-р «Об утверждении Основных направлений государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2009, № 4, ст. 515.):

- объем установленной мощности должен составлять не менее 5 МВт, а для объектов гидроэнергетики – от 5 до 25 МВт;
- уровень локализации должен составлять от 40 до 70% в зависимости от вида ВИЭ;
- соответствие базовой предельной величине капитальных затрат в расчете на 1 кВт установленной мощности генерирующего объекта.

Что касается оценки экономического эффекта, то здесь объективным будет оценить прирост установленной мощности за полученное финансирование по региональной программе поддержки ВИЭ. Для этого определим средства, выделенные из бюджета региона за последние 5 лет и установленную мощность, введенного в эксплуатацию за эти годы оборудования энергоустановок на основе ВИЭ. Исходными данными для экономической оценки являются региональные программы повышения энергетической эффективности (Государственная программа Ростовской области «Энергоэффективность и развитие энергетики». <https://www.donland.ru/activity/1446/#otc>, Государственная программа Ставропольского края «Развитие энергетики, промышленности и связи». <https://docs.cntd.ru/document/550308480?marker>, Государственная программа Астраханской области «Улучшение качества предоставления жилищно-коммунальных услуг на территории Астраханской области». <https://docs.cntd.ru/document/412718343?marker>, Государственная программа Республики Калмыкия «Повышение качества предоставления жилищно-коммунальных услуг, развитие инфраструктуры жилищно-коммунального комплекса Республики Калмыкия». <https://docs.cntd.ru/document/550280485?marker>, Государственная программа Волгоградской области «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Волгоградской области». <https://docs.cntd.ru/document/423907054>, Государственная программа Оренбургской области «Развитие промышленности, обеспечение энергосбережения и повышение энергетической эффективности Оренбургской области». <https://docs.cntd.ru/document/574615631?marker>, Государственная программа Краснодарского края «Развитие топливно-энергетического комплекса» <https://docs.cntd.ru/document/430643125>) и данные СО ЕЭС.

Результаты и их обсуждения. Рассмотрим благоприятность условий окружающей среды выбранных регионов. Все рассматриваемые регионы обладают высоким потенциалом ресурсов возобновляемой энергетики, превышающим средний по стране уровень. Сравнение регионов по двум основным видам ресурсов: солнечному и ветровому потенциалу, а также по суммарному потенциалу всех видов ВИЭ представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Потенциал энергетики на основе ВИЭ среди ведущих в области ВИЭ аграрных регионов
Table 1 – Energy potential of renewable energy sources of the agricultural regions top ranked in the field of renewable energy sources

№ п/п	Наименование региона / Name of the region	Потенциал солнечной энергетики / The Potential of Solar Energy	Потенциал ветровой энергетики / Wind Energy Potential	Потенциал энергетики на основе ВИЭ / Potential of energy based on renewable energy sources
1	Астраханская область / Astrakhan Region	Выше среднего / Above the average	Выше среднего / Above the average	Выше среднего / Above the average
2	Волгоградская область / Volgograd Region	Ниже среднего / Below the average	Выше среднего / Above the average	Выше среднего / Above the average
3	Республика Калмыкия / Republic of Kalmykia	Среднее / Average	Среднее / Average	Выше среднего / Above the average
4	Оренбургская область / Orenburg Region	Ниже среднего / Below the average	Среднее / Average	Среднее / Average
5	Ростовская область / Rostov Region	Ниже среднего / Below the average	Среднее / Average	Среднее / Average
6	Краснодарский край / Krasnodar Region	Выше среднего / Above the average	Ниже среднего / Below the average	Среднее / Average
7	Ставропольский край / Stavropol Region	Среднее / Average	Ниже среднего / Below the average	Ниже среднего / Below the average

Солнечная и ветровая энергетика были выбраны по той причине, что именно эти два вида установок производят большую часть энергии, производимой установками ВИЭ мощностью более 5 МВт, а для объектов гидроэнергетики – от 5 до 25 МВт. Объекты гидроэнергетики большей мощности способны производить и большие количества энергии [16], однако не все классификации относят такие установки к возобновляемой энергетике.

Разность производства и потребления энергии в регионах показывает, насколько высока энергетическая безопасность региона, баланс производства и потребления энергии приведен на рисунке 1.

Как видно из рисунка, к энергодефицитным регионам относятся Краснодарский край, чье производство энергии вдвое меньше, чем потребление; Оренбургская и Волгоградская области. Положение, близкое к энергетической нейтральности, достигнуто в двух регионах: Астраханская области и республика Калмыкия. К энергопрофицитным относятся Ставропольский край и Ростовская область, последняя при этом является крупнейшим поставщиком электроэнергии на Юге России.

Для аграрных регионов, активно внедряющих ВИЭ, доля установок возобновляемой энергетики для получения тепловой энергии незначительна и составляет менее 1%. Этот вывод можно сделать, проанализировав данные карты объектов ВИЭ России (Геоинфор-

мационная система «Возобновляемые источники энергии России». <https://gisre.ru/>). Поэтому дальнейший анализ объемов использования ВИЭ и их доли в общем энергетическом балансе проводился только в рамках генерации электроэнергии.

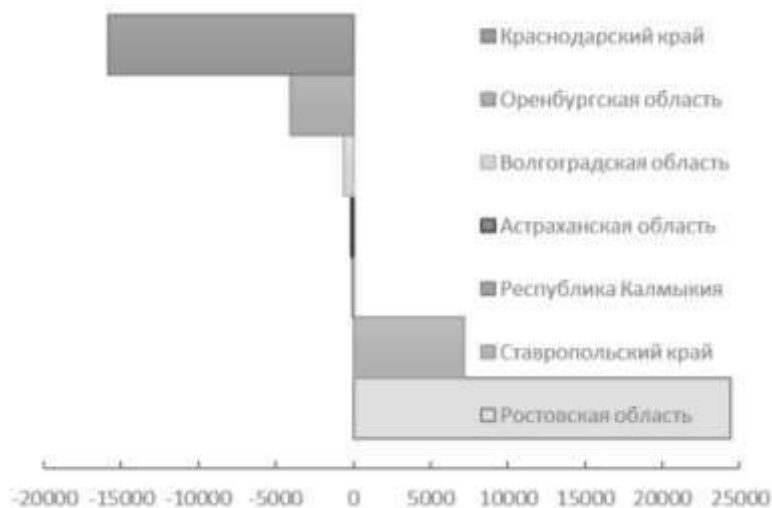


Рисунок 1 – Энергетический баланс ведущих в области ВИЭ аграрных регионов, млн.кВт·ч/год
Figure 1 – Energy balance of agricultural regions top ranked in the field of renewable energy sources, million kWh/year

Установленная мощность объектов возобновляемой энергетики и ее доля в общей установленной мощности энергостанций региона является одним из самых популярных способов оценки успешности реализации проектов ВИЭ. Доля выбранных регионов по состоянию на 2021 год приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Установленная мощность энергоустановок регионов и доля ВИЭ в установленной мощности
Table 2 – Installed capacity of power plants in the regions and the share of renewable energy power plants in the installed capacity

№ п/п	Наименование региона / Name of the region	Установленная мощность элек- тростанций / Installed capacity of power plants	Установленная мощность ВИЭ / Installed capacity of renewable energy sources	Доля ВИЭ в установ- ленной мощности электростанций / Share of renewable energy sources in the installed capacity of power plants
		МВт / Mw	МВт / Mw	%
1	Ставропольский край / Stavropol Region	4506,5	632,7	14
2	Астраханская область / Astrakhan Region	1029,3	625,2	60,7
3	Ростовская область / Rostov Region	7545,7	607,3	8
4	Республика Калмыкия / Republic of Kalmykia	431	413,1	95,8
5	Оренбургская область / Orenburg Region	3947,5	345	8,7
6	Волгоградская область / Volgograd Region	4258	208,2	4,9
9	Краснодарский край / Krasnodar Region	1025	21,6	2,1

На первое место выходит Ставропольский край, при этом доля ВИЭ в его балансе мощностей составляет всего 14%. В то же время в некоторых регионах с меньшей установленной мощностью оборудования, например в республике Калмыкия, процент включения

ВИЭ значительно выше. При этом регион может являться энергодефицитным и не покрывать своих нужд за счет установленной мощности энергостанций. В результате данный способ оценки представляется недостаточно объективным, так как он в полной мере не показывает ни эффективности использования ВИЭ, ни обеспечения нужд региона энергией.

Другим способом оценки является сравнение величин производства энергии от всех энергоустановок и от установок ВИЭ, а также от потребления энергии, которые приведены в таблице 3 в актуальных на 2021 год величинах, такое сравнение позволяет сопоставить выработку энергии от ВИЭ с нуждами региона.

Таблица 3 – Доля ВИЭ в балансе производства и потребления энергии
Table 3 – Share of renewable energy sources in the balance of energy production and consumption

№ п/п	Наименование региона / Name of the region	Производство энергии / Energy Production	Производство энергии ВИЭ / Renewable energy production	Потребление энергии / Energy consumption	Доля ВИЭ в производстве энергии / Share of renewable energy sources in energy production	Доля ВИЭ от потребленной энергии / Share of renewable energy sources in energy consumption
		млн. кВт·ч /год / million kWh/year	млн. кВт·ч /год / million kWh/year	млн. кВт·ч /год / million kWh/year	%	%
1	Ставропольский край / Stavropol Region	18167	1500	11031	8,26	13,60
2	Ростовская область / Rostov Region	44317	1300	19873	2,93	6,54
3	Республика Калмыкия / Republic of Kalmykia	832	723	859	86,91	84,13
4	Астраханская область / Astrakhan Region	10291	166,3	26137	5,31	2,09
5	Оренбургская область / Orenburg Region	4082	465	4226	11,39	11,00
6	Краснодарский край / Krasnodar Region	11970	166,3	16003	1,62	0,64
7	Волгоградская область / Volgograd Region	15777	182	16367	1,15	1,11

Как видно из таблицы, Ставропольский край является лидером по выработке энергии от ВИЭ, однако это закрывает менее 15% его потребностей. Калмыкия же, наоборот, при не самой высокой выработке энергии закрывает почти 85% своих потребностей.

Оценивая эффективность использования потенциала ВИЭ, следует упомянуть выработку энергии с 1МВт установленной мощности (таблица 4) как показателя того, насколько правильно подобраны установки и их режим работы.

Таблица 4 – Выработка энергии с 1 МВт установленной мощности ВИЭ, млн.кВт·ч/год
Table 4 – Energy generation per 1 MW of installed capacity of renewable energy power plants, million kWh/year

Краснодарский край / Krasnodar Region	Ставропольский край / Stavropol Region	Ростовская область / Rostov Region	Республика Калмыкия / Republic of Kalmykia	Оренбургская область / Orenburg Region	Волгоградская область / Volgograd Region	Астраханская область / Astrakhan Region
7,7	2,4	2,1	1,8	1,3	0,9	0,7

Однако следует учитывать, что на этот показатель влияет и вид установки, что иллюстрируется показателями Краснодарского края, где энергия вырабатывается за счет малых ГЭС с высоким относительно солнечных и ветровых станций КПД, достигающим 80%, и практически не зависящих от сезонных климатических изменений, поэтому его опыт может быть применен только в регионах с большим количеством горных рек. Среди остальных регионов наиболее эффективно использует свой потенциал Ставропольский край, который, несмотря на более низкий приход солнечной радиации и мощность ветров, получил более высокую удельную выработку энергии, чем более благоприятные регионы.

Оценим региональные вложения на 1МВт установленной мощности введенных за последние 5 лет энергоустановок возобновляемой энергетики (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели региональных программ с мероприятиями по поддержке возобновляемой энергетики 2017-2021

Table 5 – Indicators of regional programs with activities to support renewable energy 2017-2021

№ п/п	Наименование региона / Name of the region	Бюджет программы, тыс. руб. / Program budget, thousand rubles	Бюджет подпрограммы, тыс. руб. / Subprogram budget, thousand rubles	Объем введения генерирующих мощностей на основе ВИЭ / Volume of commissioning of generating capacities based on renewable energy sources	Затраты на 1 МВт генерирующих мощностей на основе ВИЭ / Costs per 1 MW of renewable energy generating capacity
				мВт / MW	тыс. руб. / thousand rubles
1	Оренбургская область / Orenburg Region	189463,3	2300	120	19,16
2	Астраханская область / Astrakhan Region	13431277,66	1647972,54	475	3469,41
3	Ставропольский край / Stavropol Region	113942072,4	3661216,52	55	66567,57
4	Волгоградская область / Volgograd Region	24440216,46	21635237,83	198	109268,87
5	Ростовская область / Rostov Region	104839987	73670774,7	607	121368,65
6	Республика Калмыкия / Republic of Kalmykia	1372970,1	Нет / No	428	Нет / No
7	Краснодарский край / Krasnodar Region	6054546	Нет / No	0	Нет / No

Финансирование региональных программ, направленных на развитие энергосбережения и внедрения возобновляемой энергетики, осуществляется за счет средств федерального бюджета, регионального бюджета, местных бюджетов и внебюджетных источников, при этом основную долю занимают именно внебюджетные источники. Однако для Оренбургской области в региональной программе «Развитие промышленности, обеспечение энергосбережения и повышение энергетической эффективности Оренбургской области» указаны только средства регионального бюджета, что делает показатель Затраты на 1 МВт генерирующих мощностей на основе ВИЭ не объективным. Что же касается нижних строчек, в бюджете Республики Калмыкия не указано финансирование проектов возобновляемой энергетики, а в Краснодарском крае в первой редакции региональной программы мероприятия, направленные на поддержку возобновляемой энергетики, были указаны, однако из последующих редакций они были удалены.

Выводы. Для заимствования опыта и лучших практик субъектов Российской Федерации, наиболее успешно внедряющих в свой энергетический баланс установки, основанные на возобновляемых источниках энергии, были выделены следующие критерии оценки: потенциал возобновляемой энергетики региона, установленная мощность оборудования возобновляемой

энергетики, доля ВИЭ в покрытии нужд региона, производство энергии с 1 МВт установленной мощности. Исходя из этих критериев следует выделить Республику Калмыкия, в которой удалось использовать высокий потенциал энергетических ресурсов для выведения региона из глубокого энергодефицита в энергетическую нейтральность и Ставропольский край, в котором при менее благоприятных климатических условиях получилось достичь высокой выработки энергии с 1 МВт установленной мощности и наибольшей среди регионов выработки энергии от установок возобновляемой энергетики.

Conclusions. To borrow the experience and best practices of the regions of the Russian Federation which are the most successful in implementation of installations based on renewable energy sources into their energy balance, the following assessment criteria were identified: renewable energy potential of the region, installed capacity of renewable energy equipment, share of renewable energy in fulfillment of regional demand, energy generation per 1 MW of installed capacity. Based on these criteria, Republic of Kalmykia, in which it was possible to use the high potential of renewable energy resources to bring the region from deep energy deficit to energy neutrality, and Stavropol region, in which, under less favorable climatic conditions, it was possible to achieve high energy generation per 1 MW of installed capacity and the largest energy generation from renewable energy installations among the regions, should be highlighted.

Библиографический список

1. Igliński B., et al. The regional energy transformation in the context of renewable energy sources potential. *Renewable Energy*. 2023. V. 218. P. 119246.
2. Clarke J. A., McGhee R., Svehla K. Opportunity mapping for urban scale renewable energy generation. *Renewable Energy*. 2020. V. 162. Pp. 779-787.
3. Nadizadeh Shorabeh S., et al. Potential assessment of multi-renewable energy farms establishment using spatial multi-criteria decision analysis: A case study and mapping in Iran. *Journal of Cleaner Production*. 2021. V. 295. P. 126318.
4. Feng G.-F., Zheng M. Economic policy uncertainty and renewable energy innovation: International evidence. *Innovation and Green Development*. 2022. V. 1. No 2. P. 100010.
5. Zhao X., et al. Effect of geopolitical risk and economic uncertainty indices on renewable energy. *Geoscience Frontiers*. 2023. P. 101655.
6. Somoye O. A. Energy crisis and renewable energy potentials in Nigeria: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023. V. 188. P. 113794.
7. Ратнер С. В. и др. Оценка результативности мер государственной поддержки возобновляемой энергетики и энергоэффективной экономики: обзор подходов. Экономический анализ: теория и практика. 2019. Т. 18. № 8. С. 1428–1447.
8. Регионы «зеленого» роста. Энергетика и промышленность России. 2021. № 11–12. С. 415–416.
9. Ferreira M. M., et al. A new index to evaluate renewable energy potential: A case study on solar, wind and hybrid generation in Northeast Brazil. *Renewable Energy*. 2023. V. 217. P. 119182.
10. Kim G., Hur J. A probabilistic approach to potential estimation of renewable energy resources based on augmented spatial interpolation. *Energy*. 2023. V. 263. Part A. P. 125582.
11. Diaz-Cuevas P., Haddad B., Fernandez-Nunez M. Energy for the future: Planning and mapping renewable energy. The case of Algeria. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2021. V. 47. P. 101445.
12. Kwartnik-Pruc A., Mączyńska A. Assessing validity of employing surveying methods to capture data on topography to determine hydrological and topographic parameters essential for selecting locations for the construction of small hydropower plants. *Energies*. 2022. V. 15. No 4. P. 1527.
13. Singh P., Kalamdhad A. S. A comprehensive assessment of state-wise biogas potential and its utilization in India. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2021. V. 13. Pp. 12557-12579.
14. Mitra M., Singha N. R., Chattopadhyay P. K. Review on renewable energy potential and capacities of South Asian countries influencing sustainable environment: A comparative assessment. *Sustainable Energy Technologies and Assessment*. 2023. V. 57. Pp. 103295.
15. Moscoloni C., et al. Wind turbines and rooftop photovoltaic technical potential assessment: Application to Sicilian minor islands. *Energies*. V. 15. No 15. P. 5548.
16. Vasudevan V., Gundabattini E., Darius Gnanaraj S. Geographical information system (GIS)-based solar photovoltaic farm site suitability using multi-criteria approach (MCA) in southern Tamilnadu, India. *Journal of the Institution of Engineers (India): Series C*. 2023.

References

1. Igliński B., et al. The regional energy transformation in the context of renewable energy sources potential. *Renewable Energy*. 2023. V. 218. P. 119246.
2. Clarke J. A., McGhee R., Svehla K. Opportunity mapping for urban scale renewable energy generation. *Renewable Energy*. 2020. V. 162. Pp. 779-787.
3. Nadizadeh Shorabeh S., et al. Potential assessment of multi-renewable energy farms establishment using spatial multi-criteria decision analysis: A case study and mapping in Iran. *Journal of Cleaner Production*. 2021. V. 295. P. 126318.
4. Feng G.-F., Zheng M. Economic policy uncertainty and renewable energy innovation: International evidence. *Innovation and Green Development*. 2022. V. 1. No 2. P. 100010.

5. Zhao X., et al. Effect of geopolitical risk and economic uncertainty indices on renewable energy. *Geoscience Frontiers*. 2023. P. 101655.
6. Somoye O. A. Energy crisis and renewable energy potentials in Nigeria: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023. V. 188. P. 113794.
7. Rather S. V., et al. Assessing the effectiveness of government support measures for renewable energy and energy-efficient economy: a review of approaches. *Economic analysis: theory and practice*. 2019. V. 18. No 8. Pp. 1428–1447.
8. Regions of “green” growth. *Energetics and industry of Russia*. 2021. No 11–12. Pp. 415–416.
9. Ferreira M. M., et al. A new index to evaluate renewable energy potential: A case study on solar, wind and hybrid generation in Northeast Brazil. *Renewable Energy*. 2023. V. 217. P. 119182.
10. Kim G., Hur J. A probabilistic approach to potential estimation of renewable energy resources based on augmented spatial interpolation. *Energy*. 2023. V. 263. Part A. P. 125582.
11. Diaz-Cuevas P., Haddad B., Fernandez-Nunez M. Energy for the future: Planning and mapping renewable energy. The case of Algeria. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2021. V. 47. P. 101445.
12. Kwartnik-Pruc A., Maczyńska A. Assessing validity of employing surveying methods to capture data on topography to determine hydrological and topographic parameters essential for selecting locations for the construction of small hydropower plants. *Energies*. 2022. V. 15. No 4. P. 1527.
13. Singh P., Kalamdhad A. S. A comprehensive assessment of state-wise biogas potential and its utilization in India. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2021. V. 13. Pp. 12557–12579.
14. Mitra M., Singha N. R., Chattopadhyay P. K. Review on renewable energy potential and capacities of South Asian countries influencing sustainable environment: A comparative assessment. *Sustainable Energy Technologies and Assessment*. 2023. V. 57. Pp. 103295.
15. Moscoloni C., et al. Wind turbines and rooftop photovoltaic technical potential assessment: Application to Sicilian minor islands. *Energies*. V. 15. No 15. P. 5548.
16. Vasudevan V., Gundabattini E., Darius Gnanaraj S. Geographical information system (GIS)-based solar photovoltaic farm site suitability using multi-criteria approach (MCA) in southern Tamilnadu, India. *Journal of the Institution of Engineers (India): Series C*. 2023.

Информация об авторах

Кириченко Анна Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: kir89ann@gmail.com

Кириченко Евгений Владимирович, старший преподаватель кафедры «Государственного и международного права», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: lbcs@yandex.ru

Author's Information

Kirichenko Anna Sergeyevna, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of the Department of Electrical Engineering, Heat Engineering and Renewable Energy Sources of Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar region, Krasnodar, Kalinina st., 13), e-mail: kir89ann@gmail.com.

Kirichenko Evgeny Vladimirovich, senior lecturer of the Department of Public and International Law of Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar region, Krasnodar, Kalinina st., 13), e-mail: lbcs@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-36

TECHNOLOGY FOR DETERMINING THE ELEMENTAL COMPOSITION OF SOILS BY ACOUSTIC SIGNALS

Lepikhova V. A., Lyashenko N. V.

*Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)
Novocherkassk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: odejnaya@rambler.ru

Received 29.11.2023

Submitted 19.12.2023

Summary

The article presents the results of determining the humus content in the studied soil samples. Obtaining the results was based on processing phonograms with subsequent decomposition of the acoustic signal into a Fourier spectrum. The obtained spectrum was processed by the method of pattern recognition with division into classes corresponding to the proportion of humus content in the soil.

Abstract

Introduction. Obtaining a stable harvest in agricultural fields of the agroindustrial complex is inextricably linked with the annual agrochemical analysis of soils. One of the indicators of soil quality is the content of humus in the arable layer. The development of an express analysis to determine the humus content in the analyzed layers of soils is the purpose of this research. At this stage of research, the task is to analyze the acoustic absorption signal and select the necessary number of factors that allow recognizing the structure of an object according to the accepted classification scale. **Object.** The ob-

ject of research is samples of soil layers in order to determine the humus content in the soil. **Materials and methods.** The studies were carried out by analyzing and decomposing the acoustic signal transmitted by an electromechanical transducer to the surface of a vibrator in contact with the analyzed soil, where the acoustic absorption signal is received by a sensor installed on the object. **Results and conclusions.** In order to diagnose soil samples by humus content, the acoustic signal is decomposed into natural components corresponding to various signal sources, therefore, by decomposing the complete signal into orthogonal components - the main and timbre harmonics, it is possible to isolate the informative part of the signal, freeing it from noise interference. The informative signal prepared in this way is subjected to mathematical processing. After restrictions, filtering in the information frequency band and pre-amplification, the time series of signals is decomposed into the acoustic Fourier spectrum and analyzed by the fundamental frequency and highest timbre harmonics of the diagnostic spectrum. The signal is decrypted using the method of potential functions from the theory of pattern recognition into classes of elemental composition of soils. In an experiment with known (reference) classes of objects, the spectra lead to their own central axes, replacing each spectrum with an equivalent application point found by the method of static moments. After obtaining the dividing boundaries, all experimentally obtained pairs of samples with coordinates f_1 – frequency and f_2 – amplitude are plotted on the graph.

Keywords: soils, humus, acoustic signals, Fourier spectrum, composition of soils, classes of elemental composition of soils.

Citation. Lepikhova V. A., Lyashenko N. V. Technology for determining the elemental composition of soils by acoustic signals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 321-330 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-36.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.42:534.63

ТЕХНОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОЧВОГРУНТОВ ПО АКУСТИЧЕСКИМ СИГНАЛАМ

Лепихова В. А., кандидат технических наук, доцент
Ляшенко Н. В., кандидат технических наук, доцент

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова
г. Новочеркасск, Российская Федерация

Актуальность. Получение стабильного урожая на сельскохозяйственных полях АПК неразрывно связано с ежегодным проведением агрохимического анализа почв. Одним из показателей качества почвы является содержание гумуса в пахотном слое. Разработка экспресс-анализа по определению содержания гумуса в анализируемых пластах почво-грунтов является целью наших исследований. На данном этапе исследований ставится задача анализа акустического сигнала поглощения и выбором необходимого числа факторов позволяющих осуществлять распознавание структуры объекта по принятой классификационной шкале.

Объект. Объектом исследований являются образцы пластов почво-грунтов с целью определения содержания гумуса в почве. **Материалы и методы.** Исследования выполнялись путем анализа и разложения акустического сигнала, передаваемого электромеханическим преобразователем на поверхность вибратора, контактирующего с анализируемым почво-грунтом, где акустический сигнал поглощения принимается датчиком установленным на объекте. **Результаты и выводы.** В целях диагностики образцов почвогрунтов по содержанию гумуса акустический сигнал разлагается на естественные составляющие, отвечающие различным источникам сигнала, поэтому, разлагая полный сигнал на ортогональные составляющие – основные и тембровые гармоники, можно выделить информативную часть сигнала, освободив ее от шумовых помех. Подготовленный таким образом информативный сигнал подвергается математической обработке. После ограничений, фильтрации в информационной полосе частот и предварительного усиления временной ряд сигналов разлагается в акустический спектр Фурье и анализируется по основной частоте и высшим тембровым гармоникам диагностического спектра. Сигнал дешифрируется с помощью метода потенциальных функций из теории распознавания образов в классы элементного состава почвогрунтов.

В эксперименте с известными (эталонными) классами объектов спектры приводят к собственным центральным осям, заменяя каждый спектр равнодействующей с точкой приложения, найденной методом статических моментов. После получения разделяющих границ на график наносятся все экспериментально полученные пары отсчетов с координатами f_1 – частота и f_2 – амплитуда.

Ключевые слова: почвогрунты, гумус, акустические сигналы, спектр Фурье, состав почвогрунтов, классы элементного состава почвогрунтов.

Цитирование. Лепихова В. А., Ляшенко Н. В. Технология определения элементного состава почвогрунтов по акустическим сигналам. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 321-330. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-36.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи принимали непосредственное участие в планировании, выполнении исследований или анализе данного исследования. Авторы ознакомились с представленным окончательным вариантом статьи и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Для выполнения агрохимического анализа почв не существует ограничений по времени проведения. Как правило, эти анализы проводятся ежегодно на сельскохозяйственных полях АПК [1]. Это связано с возможностью осуществлять правильный расчет о внесении удобрений в почву для увеличения урожая и одновременно осуществлять оптимизацию расходов в хозяйствах АПК. Следует отметить, что срок отбора почв определяет сельхозпредприятие, но основные исследования проводят во второй половине лета или начала осени, когда удобно определять основные показатели плодородия почвы [2]. Ценность почвы и ее пригодность для возделывания проводится на основании оценки грунтов, которая включает 9 классов для пахотных почв и 6 классов для почв, предназначенных для постоянных пастбищ.

К показателям качества почв относят такие, как: содержание гумуса в пахотном слое; мощность гумусового горизонта; содержание физической глины в пахотном слое; легкий гранулометрический состав, переувлажнение, каменистость и щебнистость и др. Содержание гумуса в почве играет ведущую роль в плодородии почвы и характеризует общее количество органических и органоминеральных веществ [3]. Для определения содержания гумуса в почве, как правило, используют метод Тюрина [4] и поправочные коэффициенты на содержание гумуса для расчета нормативной урожайности зерновых культур. Средняя глубина распространения корней растительности характеризует мощность гумусового слоя и определяется как среднее значение мощности из не менее четырех выработок (разрезов) на основе исследования морфологических признаков.

За последнее десятилетие появились исследования, использующие звуковые ландшафты для решения различных экологических вопросов. Так, например, в Швеции были проведены эксперименты по анализу акустических показателей почвенных звуковых ландшафтов, модулируемые присутствием дождевых червей. Почвы, содержащие дождевых червей, звучат значительно громче, чем почвы без дождевых червей [5]. Анализ вторичных эхосигналов с использованием цифровой обработки позволил получить распределение типов грунтов в заливе Анива [6].

Для экспресс-контроля по содержанию гумуса в почве разработаны алгоритм [7] и устройство, позволяющее с минимальными затратами осуществлять оперативный контроль по анализу почв. Предложенный прибор состоит из узлов усиления и преобразования электрического сигнала, который поступает с измерительных электродов и узлов, формирующих зондирующий сигнал [8], а также включает входной фильтр, усилитель входного сигнала, генератор низкой частоты, амплитудный детектор и аналого-цифровой преобразователь с дисплеем. Принцип определения электрического сопротивления почвы основывается на применении многоэлектродного датчика. Методика по определению содержания гумуса в почве основывается на учете ее электрических свойств. Методика предусматривает измерение электрического сопротивления почвы между группами зондирующих и измерительных электродов [9].

Целью наших исследований является анализ акустического сигнала поглощения, записываемого в виде фонограммы для анализируемых пластов почвогрунтов и, разработка экспресс-анализа с использованием ПЭВМ.

На данном этапе исследований ставятся задачи о перспективности акустического метода при анализе пластов почво-грунтов и, в частности, выбора из предложенного списка параметров минимально необходимого числа факторов и диапазонов их действия для возможности наиболее надежного распознавания структуры объекта по принятой классификационной шкале.

Материалы и методы. Предлагаемый метод основан на анализе акустического сигнала, выполняемого с помощью вибромеханического преобразователя, передающего механические колебания на поверхность анализируемого пласта почво-грунта. Расположенный на пласте грунта датчик реагирует на ускорение материальных частиц гумуса, содержащегося в грунте по убыли кинетической энергии. Далее преобразованный в спектр Фурье сигнал, полученный с эталонных образцов почвогрунтов по содержанию гумуса, обрабатывается с помощью программ распознавания образов с разделением на классы по частотам и амплитудам.

Для того чтобы процесс идентификации был надежным, необходимо выбрать параметры сигнала такие как: частоты зондирующего сигнала, амплитуды и время воздействия сигнала, а также учесть температуру окружающего пространства и анализируемого объекта. Диапазон применяемых частот и способ регистрации зондирующего сигнала играют важную роль для формирования аппаратного и программного обеспечения.

Соответствие местных условий должны быть учтены как при регистрации зондирующих импульсов, так и при записи фонограмм на анализируемых объектах почвогрунтов, так как это позволит обеспечить хорошую разрешающую способность предложенного метода. В случае обнаружения шумовых помех их необходимо подавлять с помощью электрических фильтров или осуществлять переход на другой частотный диапазон регистрации сигнала.

Для того чтобы получить достоверные результаты, необходимо соблюдать ряд требований: подаваемые зондирующие сигналы и записываемые колебания почвогрунтов проводятся на оптимальных уровнях и частотах; запись каждой фонограммы проводится с учетом начала и конца показаний счетчика на магнитном носителе; повторение каждого опыта проводится не менее трех раз, для того чтобы иметь достаточно данных при использовании метода потенциальных функций из теории распознавания образов.

Полученные записи фонограмм поступают на вход анализирующей аппаратуры – персонального компьютера и спектроанализатора. Далее по программе на компьютере анализируемый сигнал, преобразованный на элементарные, физически реальные составляющие, с поправкой на частотную характеристику сигнала с помощью преобразования Фурье разлагается в спектрограммы. Аналоговые спектрограммы используются для мониторинга и позволяют выделить все периодические компоненты в виде гармоник, поскольку на спектрограмме они представлены не распределенными плотностями, а имеют форму тонких столбцов.

Эксперимент с объектом первого класса привел к нормированному распределению Гаусса. Опыты показали, что объект 1-го класса обладает математическим ожиданием спектра с координатами $A_j (f_1, f_2)$, где $j = 1$ – номер класса анализируемого дисперсного объекта (рисунок 1).

Поток непрерывных измерений математического ожидания приводит к разбросу опытных точек не только по частоте f_1 , но и по амплитуде $f_2 = a$, образуя случайную последовательность с некоторым разбросом возле математического ожидания, т.е. дисперсией у точки A_1 . Соседний, второй класс, как оказалось, имеет математическое ожидание в точке A_2 и большую дисперсию. Непрерывный поток измерений, приводит тому, что разброс экспериментальных значений имеет для объекта A_2 большую дисперсию, чем у объекта 1-го класса. Из (рисунок 1) следует, что классы 1 и 2 пересекаются, т.е. имеют нахлест друг на друга. Граница между соседними 1 – м и 2 – м классами будут иметь, вообще говоря, криволинейную форму (1–2). При анализе отнесения предъявленных грунтов к первому или второму классу мы аппроксимировали проведенную границу полиномами Эрмита, ограничивалась первыми двумя членами, т.е. полагали границу между классами 1, 2 в виде линейной функции (1-2 lin). Такая аппроксимация допустима на небольшом расстоянии от точек A_1 и A_2 , поэтому вычисленные границы распространяются лишь на небольшую часть пространства признаков вблизи разбросанных эмпирических точек. Распространение линейных границ в обе стороны до бесконечности не могут быть интерпретированы как границы классов 1-2, т.к. представляют экстраполяцию местных свойств пространства признаков.

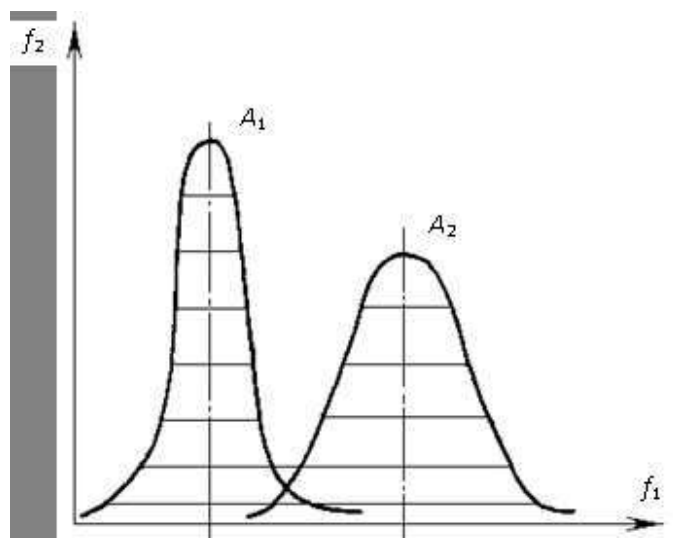


Рисунок 1 – Граница, разделяющая два смежных нормированных гауссовских распределения
(в безразмерной форме f_1 и f_2)

Figure 1 – The boundary separating two adjacent normalized Gaussian distributions
(in dimensionless form f_1 and f_2)

Окружности на (рисунок 2) соответствуют горизонталям функций для нормированных Гауссовских распределений в безразмерной форме. В общем случае горизонтали на (рисунок 2) будут не окружностями, а эллипсами или более сложными "овалями". Используя свойства избыточности информации в распределении случайных измерений, мы можем утверждать, что обработку экспериментальных замеров можно выполнять с абсолютными значениями признаков и в натуральных размерностях f_1 (kHz) и f_2 (mV) (как при записи одностороннего спектра Фурье при перенесении отрицательных по частоте гармоник в правую часть, используя также принцип симметрии амплитуд спектра Фурье относительно начала координат).

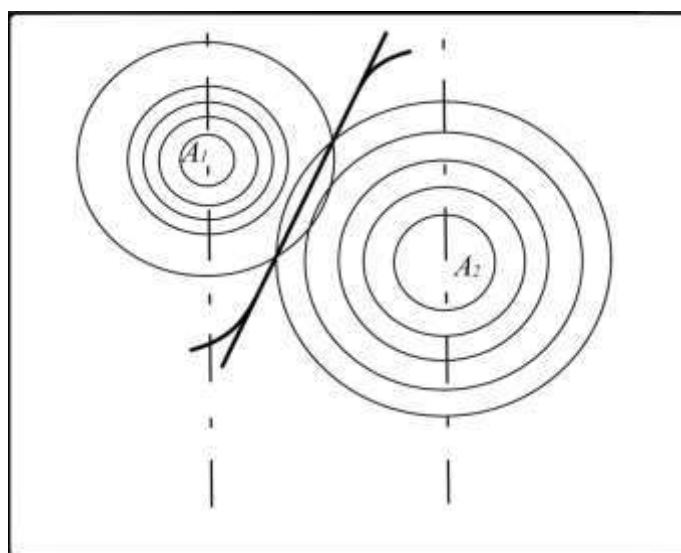


Рисунок 2 – Линейная аппроксимация разделяющей границы
Figure 2 – Linear approximation of the dividing boundary

Законность предложенного приема подтверждается также тем, что при изменении знаков отрицательных гармоник кинетическая энергия, будучи квадратичной формой, остается инвариантной при преобразовании знака акустического сигнала и в результате декодирования спектра по принадлежности объекта к тому или иному классу.

Результаты и обсуждение. Программы распознавания образов по методу потенциальных функций обеспечивают сходимость итерационного процесса в случае непересекающихся классов образов [10]. Дисперсный объект по своему неравномерному и неоднородному составу не только не гарантирует отсутствие пересечения классов, но даже обуславливает перехлест образов в пространстве классов. Поэтому в процессе алгоритмической обработки сигналов распознаваемых дисперсных объектов, после разложения их фонограмм на элементарные составляющие Фурье спектра, приводятся путем линейного преобразования координат к собственным центральным осям или к осям близким к собственным центральным.

Это дает не только гарантию сходимости итерационного процесса, но также обеспечивает наиболее быстрый результат отнесения анализируемых дисперсных объектов к стандартным классам [11, 12]. Так, например, один и тот же дисперсный объект при непосредственной обработке для случайных осей часто требует около 20000 и более итераций, а при приведении к собственным центральным осям заканчивается после 35 итераций.

Переход к собственным центральным осям производится по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \bar{f}_o &\cong \bar{f}_o = \frac{\bar{a}_1 \bar{f}_1 + \bar{a}_2 \bar{f}_2 + \bar{a}_3 \bar{f}_3 + \bar{a}_4 \bar{f}_4}{\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \bar{a}_3 + \bar{a}_4}; \\ \sum a &= \bar{a}_c = \bar{a}_o = \frac{\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \bar{a}_3 + \bar{a}_4}{4}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $\bar{a}_1; \bar{a}_2; \bar{a}_3; \bar{a}_4$ и $\bar{f}_1; \bar{f}_2; \bar{f}_3; \bar{f}_4$ соответственно амплитуды (mV) и частоты (kHz) гармоник спектра в случайных координатных осях.

После перехода к собственным центральным осям вычисляются коэффициенты разделяющих функций [1].

$$\left. \begin{aligned} D_1(f_1, f_2) &= A_1 + B_{11} \cdot f_1 + B_{12} \cdot f_2 = 0; \\ D_2(f_1, f_2) &= A_2 + B_{21} \cdot f_1 + B_{22} \cdot f_2 = 0; \\ D_3(f_1, f_2) &= A_3 + B_{31} \cdot f_1 + B_{32} \cdot f_2 = 0; \\ D_4(f_1, f_2) &= A_4 + B_{41} \cdot f_1 + B_{42} \cdot f_2 = 0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

и границы классов

$$\left. \begin{aligned} f_1^{(1-2)} &= \frac{-(A_1 - A_2) - (B_{12} - B_{22}) \cdot f_2}{(B_{11} - B_{21})}; \\ f_1^{(2-3)} &= \frac{-(A_2 - A_3) - (B_{22} - B_{32}) \cdot f_2}{(B_{21} - B_{31})}; \\ f_1^{(3-4)} &= \frac{-(A_3 - A_4) - (B_{32} - B_{42}) \cdot f_2}{(B_{31} - B_{41})}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

В этих формулах: $D_1(f_1, f_2); D_2(f_1, f_2); D_3(f_1, f_2); D_4(f_1, f_2)$ – разделяющие функции; $A_1; A_2; A_3; A_4$ – свободные члены из матрицы коэффициентов разделяющих функций; $B_{12}; B_{22}; B_{32}$ и т.д. – коэффициенты разделяющих функций при неизвестных f_1 и f_2 . В данном примере в качестве неизвестных выступают частота (kHz) и амплитуда (mV).

Согласно намеченной и утвержденной программе исследований на первом этапе анализа предъявленные фонограммы были преобразованы с помощью спектроанализатора СК4 – 56 в узкополосный аналоговый спектр Фурье в диапазоне частот 10 Hz – 4 kHz.

По программе распознавания образов проводилась идентификация почвогрунтов по содержанию гумуса [13]. Выполнялась обработка спектрограмм, каждая из которых соответствует определенному содержанию гумуса в процентном отношении, и одна из них при-

ведена на (рисунок 3). После обработки восьми спектрограмм с выделением подспектров и формирования пакета данных по приведенной методике осуществлялся переход к центральным (локальным) координатам согласно формулам (1):

$$\bar{f}_o \equiv \bar{f}_o = \frac{\bar{a}_1 \bar{f}_1 + \bar{a}_2 \bar{f}_2 + \bar{a}_3 \bar{f}_3 + \bar{a}_4 \bar{f}_4 + \bar{a}_5 \bar{f}_5 + \bar{a}_6 \bar{f}_6 + \bar{a}_7 \bar{f}_7 + \bar{a}_8 \bar{f}_8}{\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \bar{a}_3 + \bar{a}_4 + \bar{a}_5 + \bar{a}_6 + \bar{a}_7 + \bar{a}_8} =$$

$$\frac{366 \cdot 1,149 + 374 \cdot 1,249 + 442 \cdot 1,198 + 339 \cdot 1,186 + 560 \cdot 1,126 + 583 \cdot 1,098 + 400 \cdot 1,259 + 481 \cdot 1,116}{3545} =$$

$$= \frac{4130,32}{3545} = 1,165 \text{ kHz};$$

$$\sum a = \bar{a}_c = \bar{a}_o = \frac{\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \bar{a}_3 + \bar{a}_4 + \bar{a}_5 + \bar{a}_6 + \bar{a}_7 + \bar{a}_8}{8} = \frac{366 + 374 + 442 + \dots + 481}{8} = 443,125 \text{ mV}.$$

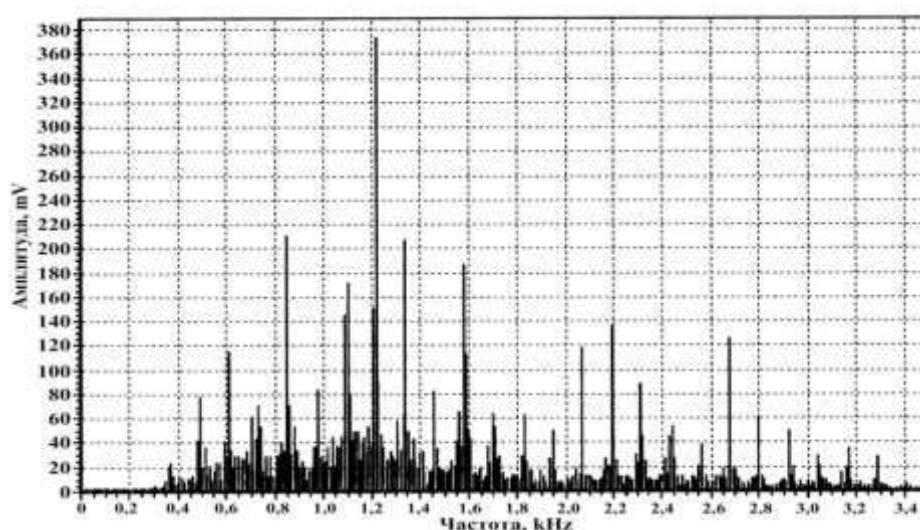


Рисунок 3 – Спектрограмма «почво-грунта» по содержанию гумуса
Figure 3 – Spectrogram of "soil" by the content of humus

По координатам начала локального базиса вычисляем входные данные для нахождения амплитуд и частот значений f и a приведенных к общим центральным осям:

$$a_{ci} = a_i - \bar{a}_0;$$

$$a_{c1} = a_1 - \bar{a}_0 = 366 - 443,125 = -77,125 \text{ mV};$$

$$a_{c2} = a_2 - \bar{a}_0 = 374 - 443,125 = -69,125 \text{ mV};$$

$$\vdots$$

$$a_{c8} = a_8 - \bar{a}_0 = 481 - 443,125 = +37,875 \text{ mV}.$$

Аналогично находятся приведенные значения осредненных частот:

$$f_{ci} = f_i - \bar{f}_0;$$

$$f_{c1} = f_1 - \bar{f}_0 = 1,149 - 1,165 = -0,016 \text{ kHz};$$

$$f_{c2} = f_2 - \bar{f}_0 = 1,249 - 1,165 = 0,084 \text{ kHz};$$

$$\vdots$$

$$f_{c8} = f_8 - \bar{f}_0 = 1,116 - 1,165 = -0,049 \text{ kHz}.$$

Эти 8 пары входных данных a_i и f_i для восьми классов дисперсных объектов в порядке возрастания или убывания амплитуд или частот вводят в качестве матрицы признаков в программу опознавания образов, которая выдает на печать (для контроля) число итераций необходимых для получения коэффициентов разделяющих функций и уравнений. Графическое изображение границ классов с наложенными на график границами экспериментальных точек продемонстрировано на (рисунок 4).

Если принять, что анализируемые 8 пластов являются утвержденными классами, то для отнесения любого незнакомого дисперсного объекта к одному из классов необходимо выполнить предварительную обработку фонограммы этого пласта до получения матрицы признаков т.е. a_{ci} и f_{ci} .

(116,875; -0,039) •			VIII
(37,875; -0,099) •	55,2	7-8	VII
-0,25	6-7	(-1,125; 0,033) •	VI
-1,2	5-6	(-39,250; 0,092) •	V
-40	4-5	(-43,125; 0,094) •	IV
-53	3-4	(-56,234; 0,079) ▲ (-69,125; 0,084) •	III
-70	2-3	(-77,125; -0,016) •	II
-86	1-2	(-104,125; 0,021) •	I

Рисунок 4 – Границы разделяющих классов для почво-грунтов

Figure 4 – Boundaries of separating classes for soils

Так, для обработанных спектрограмм, одна из которых, например, подобна приведенной на (рисунок 3); получаем $a_{c4} = -56,234$, $f_{c4} = 0,079$ и наносим эту точку на графике (рисунок 4) и определяем, что предъявленный объект по содержанию гумуса относится к 3 классу. Аналогичным образом определялись положения остальных экспериментальных точек.

Заключение. Акустическая методика распознавания классов объектов с применением теории распознавания образов в виде алгоритма потенциальных функций делает возможным анализ пластов почвогрунтов с разделением на 8-10 классов. Такое разделение более надёж-

но, так как увеличение классов разделения может не давать требуемую разрешающую способность используемой аппаратуры. Выбор регистрирующей аппаратуры зависит от поставленных задач при проведении экспериментов и регистрации акустических сигналов, таких как частота и ширина полосы принятия сигнала. Эти требования удовлетворяются при выполнении специальных экспериментов. Эффект Доплера может быть применен для увеличения разрешающей способности, но для этого необходимо выполнить ряд исследований. Для гарантии сходимости процесса разбиения признаков пространства на классы можно рекомендовать следующий прием. В эксперименте с известными (эталонными) классами объектов спектры приводят к собственным центральным осям, заменяя каждый спектр равнодействующей с точкой приложения, найденной методом статических моментов. После получения разделяющих границ на график наносятся все экспериментально полученные пары отсчетов с координатами f_1 и f_2 и устанавливают допустимость размеров зон наложения (пересечения) соседних классов.

Conclusions. The acoustic method of recognition of classes of objects using the theory of pattern recognition in the form of an algorithm of potential functions identifies layers of soils divided into 8-10 classes. Such separation is more reliable, since increasing the separation classes may not give the required resolution of the equipment used. The choice of recording equipment depends on the tasks set when conducting experiments and recording acoustic signals, such as the frequency and bandwidth of signal reception. These requirements are met when performing special experiments. The Doppler Effect can be applied to increase the resolution, but for this it is necessary to perform a number of studies. To guarantee the convergence of the process of dividing the features of a space into classes, the following technique can be recommended. In an experiment with known (reference) classes of objects, the spectra lead to their own central axes, replacing each spectrum with an equivalent application point found by the method of static moments. After obtaining the dividing boundaries, all experimentally obtained pairs of samples with coordinates f_1 and f_2 are plotted on the graph and the size of the overlapping zones (intersections) of neighboring classes is established.

Библиографический список

1. Шевкопляс-Гурьева Н. А., Сивкова Г. А. Определение содержания органического вещества (гумуса) и обменной кислотности почвы. Безопасность жизнедеятельности. 2019. № 5 (221). С. 57-60.
2. Самсонова В. П., Кондрашкина М. И. Анализ данных определения содержания органического углерода разными методами. Проблемы агрохимии и экологии. 2023. № 1. С. 43-46.
3. Сухановский Ю. П., Прущик А. В., Тарасов С. А. и др. Оценка содержания гумуса в почве ключевых участков агролесоландшафтного комплекса. Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 5 (395). С. 502-505.
4. Асварова Т. А., Гасанов Г. Н., Гаджиев К. М. и др. Запасы азота и углерода в почвах Терско-Кумской низменности. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2021. № 3. С. 33-40.
5. Keen S. C., Wackett A. A., Willenbring J. K., Yoo K., Jonsson H., Clow T., Klaminder J. Non-native species change the tune of tundra soils: Novel access to soundscapes of the Arctic earthworm invasion. Science of the Total Environment. 2022. V. 838. Part 3. Article 155976.
6. Королёв В. А., Громовик А. И. К вопросу о расчёте содержания гумуса в почвах разного типа. Вестник Воронежского государственного университета. Серия Химия. Биология. Фармация. 2018. № 2. С. 152-156.
7. Курашева А. В., Маркова Г. А. Алгоритм определения содержания гумуса в почве и его влияние на плодородие почв. Национальные приоритеты развития агропромышленного комплекса: материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Оренбург: ООО Типография «Агентство Пресса», 2022. С. 1146-1149.
8. Кудрявцева Е. А., Судник Ю. А. Устройство для определения содержания гумуса в почве. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2018. № 2 (84). С. 67-69.
9. Кудрявцева Е. А., Судник Ю. А. Методика проведения экспресс-контроля и мониторинга содержания гумуса в почве. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2018. № 3 (85). С. 69-73.
10. Мирзаева Г. Р., Мирзаев Н. М. Модели алгоритмов распознавания, основанных на двумерных пороговых функциях близости. Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2021. № 4 (34). С. 139-147.
11. Ding B., Zhang, Wang C., Liu G., Liang J., Hu R., Wu Y., Guo D. Acoustic scene classification: A comprehensive survey. Expert Systems with Applications. 2023. V. 238. Part B. Article 121902.
12. Волосова А. В. Метод потенциальных функций в задачах распознавания образов. Достоинства и недостатки. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2018. № 3. С. 45-48.
13. Евтушенко С. И., Лепихова В. А., Ляшенко Н. В., Рябоус А. Ю. Акустический экспресс-анализ качественного и количественного состава почв при строительных работах. Строительство и архитектура. 2021. Т. 9. № 4. С. 51-55.

References

1. Shevkoplyas-Gur'eva N. A., Sivkova G. A. Determination of content of organic substance (humus) and exchange acidity of the soil. Life safety. 2019. No. 5(221). Pp. 57-60.
2. Samsonova V. P., Kondrashkina M. I. Analysis of data for determining of soil organic carbon content by different methods. Problems of agrochemistry and ecology. 2023. No. 1. Pp. 43-46.
3. Suhanovskij Yu. P., Prushchik A. V., Tarasov S. A. et al. Assessment of humus content in the soil of key areas of the agroforestry landscape complex. International Agricultural Journal. 2023. No. 5 (395). Pp. 502-505.
4. Asvarova T. A., Gasanov G. N., Gadzhiev K. M. et al. Nitrogen and carbon reserves in the soils of the Terek-Kuma lowland. Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2021. No. 3. Pp. 33-40.
5. Keen S. C., Wackett A. A., Willenbring J. K., Yoo K., Jonsson H., Clow T., Klaminder J. Non-native species change the tune of tundra soils: Novel access to soundscapes of the Arctic earthworm invasion. Science of the Total Environment. 2022. V. 838. Part 3. Article 155976.
6. Korolev V. A., Gromovik A. I. On the issue of calculating the humus content in soils of different types. Bulletin of the Voronezh State University. Chemistry series. Biology. Pharmacy 2018. No. 2. Pp. 152-156.
7. Kurasheva A. V., Markova G. A. The algorithm for determining the humus content in the soil and its effect on soil fertility. National priorities for the development of the agro-industrial complex: materials of the national scientific and practical conference with international participation. Orenburg: Agency Press, 2022. Pp. 1146-1149.
8. Kudryavceva E. A., Sudnik Yu. A. A device for determining the humus content in the soil. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin". 2018. No. 2 (84). Pp. 67-69.
9. Kudryavceva E. A., Sudnik Yu. A. Methodology of express control and monitoring of humus content in soil. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin". 2018. No. 3 (85). Pp. 69-73.
10. Mirzaeva G. R., Mirzaev N. M. Models of recognition algorithms based on two-dimensional proximity threshold functions. Problems of computational and applied mathematics. 2021. № 4 (34). Pp. 139-147.
11. Ding B., Zhang, Wang C., Liu G., Liang J., Hu R., Wu Y., Guo D. Acoustic scene classification: A comprehensive survey. Expert Systems with Applications. 2023. V. 238. Part B. Article 121902.
12. Volosova A. V. The method of potential functions in image recognition problems. Advantages and disadvantages. Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and Technical Sciences. 2018. No. 3. Pp. 45-48.
13. Evtushenko S. I., Lepikhova V. A., Lyashenko N. V., Ryabous A. Yu. Acoustic express analysis of qualitative and quantitative composition of soils during construction works. Construction and Architecture. 2021. Part 9. No. 4. Pp. 66-70.

Информация об авторах

Лепихова Виктория Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность», Южно-Российский государственный политехнический университет имени М. И. Платова (Российская Федерация, 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д.132), e-mail: odejnaya@rambler.ru

Ляшенко Надежда Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность», Южно-Российский государственный политехнический университет имени М. И. Платова (Российская Федерация, 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д. 132), e-mail: lyashenko-nadegda@mail.ru.

Author's Information

Lepikhova Victoria Anatolyevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Industrial Safety, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI) (Russian Federation, 346428, Rostov region, Novocherkassk, Prosveschenia st., 132), e-mail: odejnaya@rambler.ru

Lyashenko Nadezhda Vladimirovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Industrial Safety, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI) (Russian Federation, 346428, Rostov region, Novocherkassk, Prosveschenia st., 132), e-mail: lyashenko-nadegda@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-37

TECHNOLOGICAL PROCESS OF WATER INTAKE WITH LAYERED DRAINAGE

Mayer A. V., Penkova R. I.

*Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakova
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Received 27.12 2023

Submitted 20.01.2024

Summary

This article is aimed at the analysis and creation of new reclamation systems for irrigation of agricultural products associated with climate risk. The scientific novelty is determined in the solution of the proposed irrigation system with a submersible water intake device.

Abstract

Introduction. The optimal value of the water temperature for irrigation is 18... 22 degrees. The temperature of the water from the well does not exceed the threshold of 7... 9 degrees. This will not benefit the plants. According to scientists, the temperature difference between soil and water for irrigation should not exceed 5 degrees. Therefore, it is advisable not only to measure the temperature of the water, but also to ensure that

containers are available in irrigation areas to warm it up. This approach is especially necessary when irrigating seedlings. **Object.** Based on existing irrigation equipment and technological processes for growing vegetable crops in the open ground, we offer a technology for water intake of irrigation water from different depths of the reservoir. **Materials and methods.** The proposed experimental technology of water intake from different depths is necessary for watering plants with water with different values of optimal temperature. The experimental system also includes materials from previous developments of float water intake devices, an air cushion for regulating the depth of irrigation water intake and scientific materials accumulated by VNIIGiM scientists. **Results and conclusions.** The article analyzes and makes recommendations on the creation of new reclamation systems for irrigation of agricultural products associated with climate risk. The scientific novelty is determined in the solution of the proposed irrigation system with a submersible water intake device. The submersible device is used to take water from a depth of 0.5...2.5 meters from the mirror of the water surface. At the same time, in the irrigation season, the temperature of the irrigation water depends on the depth of immersion. The deeper we pump the water, the colder it is, and vice versa, the closer to the water mirror, the warmer it is. Thus, our technology is aimed at taking water of different temperatures, depending on the depth of immersion of the float intake device, for irrigation of cultivated plants.

Keywords: irrigation systems, water intakes, suction air pipelines, water conduits, irrigation pipelines.

Citation. Mayer A. V., Penkova R. I. Technological process of water intake with layered drainage. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 330-336 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-37.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

УДК 631.674

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ВОДОЗАБОРА С ПОСЛОЙНЫМ ВОДООТБОРОМ

Майер А.В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Пенькова Р. И., научный сотрудник

Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Наиболее оптимальная температура воды для полива составляет 18...22 градуса. Из скважины напрямую поливать не рекомендуется, так как температура воды грунтовых вод может быть 7...9 градусов, это не пойдет на пользу растениям. Поэтому ее сначала набирают в емкости и дают прогреться на солнце. По мнению ученых в идеале, разница температур между почвой и водой для ее полива не должна превышать 5 градусов. Поэтому температуру воды целесообразно не только измерять, но и держать на поливных участках емкости для ее прогрева, такой подход особенно необходим при орошении рассады. **Объект исследования.** На базе существующей оросительной техники и технологических процессов при выращивании овощных культур в открытом грунте мы предлагаем технологию водозабора поливной воды с разной глубины водоема. **Материалы и методы.** Предложенная экспериментальная технология водозабора с разной глубины необходима для полива растений водой разной оптимальной температуры. В экспериментальную систему также вошли материалы предыдущих разработок поплавковых водозаборных устройств, воздушная подушка для регулирования глубины забора поливной воды и имеющие научные материалы, накопленные учеными ВНИИГиМ. **Результаты и обсуждения.** Данная статья направлена на аналитику и создание новых мелиоративных систем для орошения сельскохозяйственной продукции сопряженных с климатическим риском. Научная новизна определена в решении предложенной системы орошения с погружным водозаборным устройством. Погружное устройство служит для забора воды с глубины 0,5...2,5 метра от зеркала водной поверхности. При этом в поливной сезон, от глубины погружения зависит температура поливной воды. Чем глубже мы закачиваем воду, тем она холоднее, и наоборот, чем ближе к зеркалу воды, тем теплее. Таким образом, наша технология направлена на забор воды разной температуры, в зависимости от глубины погружения поплавкового водозаборного устройства, для орошения возделываемых растений.

Ключевые слова: оросительные системы, водозаборы, всасывающие воздушные трубопроводы, водоводы, поливные трубопроводы.

Цитирование: Майер А. В., Пенькова Р. И. Технологический процесс водозабора с послойным водоотбором. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 330-336. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-37.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В список растений, которые не переносят холодную воду, входят: помидоры, огурцы, кабачки, перцы. Даже в прохладную погоду, когда нет перепада температур, эти культуры не переносят полива ледяной водой. Овощи на такое невнимание к себе ответят болезнями, способными привести к гибели всего урожая. Во-первых, холодная вода может шокировать растения, в результате чего они впадут в стрессовое состояние и могут погибнуть. Кроме того, холодная вода может повредить корни, что приведет к плохому росту и развитию растений [1, 2]. Когда холодная вода используется для полива растений, это может привести к разрыву растительных клеток от резкого изменения температуры, это может привести к замедлению роста, пожелтению листьев и даже гибели растений. Исключение составляют только хладостойкие культуры, например капуста, лук и чеснок. Однако даже при их поливе водой ниже оптимальной температуры специалисты рекомендуют поливать ее в междурядьях, вблизи посадок возделываемой культуры. Наиболее оптимальная температура воды для полива 18...22 градуса. В оросителях, где температура воды может быть ниже 10 градусов, ее сначала набирают в емкости и дают прогреться на солнце. По мнению ученых в идеале, разница температур между почвой и водой для ее полива не должна превышать 5...7 градусов. Поэтому целесообразно держать на поливных участках емкости для прогрева воды [3, 4, 5]. Решение комплексной задачи регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и защиты посевов от климатических рисков предполагает реализацию и осознанное управление, всей совокупностью функций технической системы, включая: регулирование водного режима почвы; регулирование температурного режима почвы, в том числе – компенсацию избыточной температурной напряженности и защиту от критических понижений температуры при заморозках [6, 7, 9]. Полив овощей холодной водой вызывает шоковую реакцию особенно в жаркую погоду. Корни при этом не способны усваивать воду, создается иллюзия полива, а растения обезвоживаясь, замедляют рост. Кроме того, холодная вода приводит к частичному отмиранию периферических корней, распространению корневых гнилей, грибковых и вирусных заболеваний [8, 11]. Объектом исследования является водозаборное устройство поплавкового типа, на воздушной подушке. Предложенная нами технология водозаборного устройства позволит закачивать поливную воду различной температуры с разной глубины оросителя, от 0,5 до 2,5 метров.

Материалы и методы. В экспериментальную систему вошли материалы предыдущих разработок поплавковых водозаборных устройств, и имеющие научно-технические материалы, накопленные учеными Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ). Холодной водой допускается поливать только те культуры, которые хорошо переносят прохладу и низкие температуры. К таковым относятся: все сорта капусты; свекла, картофель, бобовые и зерновые культуры. Но даже для них лучше применять дождевой метод полива, который окажется наиболее эффективным. Связано это с тем, что пока вода распыляется на мелкие частицы, она успевает немного согреться. Поэтому оптимальная вода для полива будет нейтральная в интервале 15...25 градусов, этого можно достичь, наполнив большую емкость водой из водоемисточника с вечера, и дать ей за ночь отстояться или за день нагреться. При достижении оптимальной температуры осуществлять полив.

Результаты и обсуждение. Научная новизна определена в технологии водозаборного устройства и принципа его работы. Погружное водозаборное устройство служит для забора воды с глубины 0,5...2,5 метра от зеркала водной поверхности. При этом в поливной сезон, от глубины погружения зависит температура поливной воды. Чем глубже, тем вода холоднее, и наоборот, чем ближе к зеркалу воды, тем теплее. Таким образом, наша технология направлена на забор воды разной температуры, для орошения растений, возделываемых пропашных культур. В жаркую погоду идеальной температурой воды для полива будет 18...22 градуса. В прохладные пасмурные дни особенно после холодных ночей потребуется более теплая вода. Для молодых неокрепших слабых корней всех овощных культур лучше тоже постараться поливать их теплой водой. Допустимой считается температура поливной воды 25...30 градусов или чуть выше.

Правильно выбранная температура воды позволит растениям полноценно усвоить питательные вещества, предотвратит их от болезней. Категорически нельзя поливать растения температурой воды ниже 15 градусов, так как это приведет к стрессу растений и

возможен риск появления возбудителей корневых и прикорневых гнилей, которые будут угнетать рост и развитие возделываемых культур [10, 12]. Полив холодной водой ниже 15°C целесообразен для полива междурядий, при высокой температуре воздуха, когда прогрев почвы достигает 50°C , т.е. на много превышает оптимальную температуру почвы (до 25°C), такой полив используется для охлаждения почвы.

Летнее прогревание воды относится ко второму периоду изменения температуры воды в озере. Он начинается, как только температура верхних слоев становится выше 4°C . Очень хорошо температурное расслоение возможно наблюдать в водоемах со стоячей водой – озерах, прудах, водохранилищах. Рассмотрим вопрос изменения температуры воды на разных глубинах. Поверхностный слой воды имеет температуру около 4°C , что соответствует максимальной ее плотности. Таким образом, с увеличением глубины температура воды понижается. Летом наиболее теплые слои воды располагаются у поверхности, а холодные слои воды находятся глубже, относительно зеркала поверхности воды. Перемешивание слоев воды осуществляется только с помощью ветра, но чем сильнее повышается температура верхних слоев воды в водоеме, тем затруднительнее становится перемешивание поверхностных слоев воды. В итоге в глубоких озерах устанавливается три слоя, сильно различающихся между собой: эпилимнион, металимнион и гипolimнион. В нашем случае слой металимнион – это небольшой переходный период от теплого поверхностного слоя, к холодному природному, который характеризуется резким скачком температуры воды в стоячих водоемах, доходящими температурами с разницей до 10°C на один метр.

Исходя из выше изложенного материала, нами были начаты исследования по выявлению и разработке технологии орошения овощных культур для их полива водой оптимальной температуры. Была поставлена задача, разработать водозаборное устройство, посредством которого был бы возможен забор воды с разной глубины оросительного пруда, озера или водохранилища рисунок 1.

Принцип работы поплавкового водозаборного устройства. Как показано на рисунке 1 подача поливной воды в систему орошения осуществляется из пруда 1 или озера водяным насосом 4, который получает привод от двигателя 5 через вращение карданного вала. Функция забора воды с разной глубины осуществляется объемом сжатого воздуха в воздушной подушке. При уменьшении объема воздуха поплавковое водозаборное устройство опускается на более глубокий слой водоема, где температура воды ниже, чем на поверхности зеркала воды. Затем вода посредством транспортирующего трубопровода 6 подается в распределительный трубопровод 7 и распределяется по поливным трубопроводам. С поливных трубопроводов вода через капельницы или дождевальные малообъемные насадки попадает в почву.

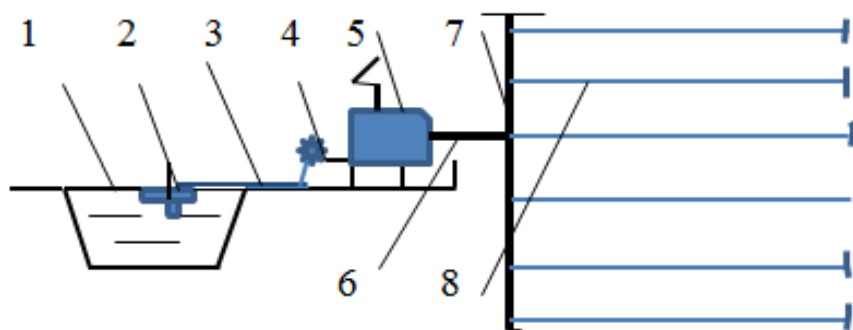


Рисунок 1 – Условная схема системы орошения с погружным водозаборным устройством

Figure 1 – Schematic diagram of an irrigation system with a submersible water intake device

- 1 – пруд накопитель; 2 – погружной поплавковый водозаборник; 3 – напорный и воздушный трубопроводы;
4 – водяной насос; 5 – двигатель; 6 – транспортирующий трубопровод; 7 – распределительный
трубопровод; 8 – поливные трубопроводы
1 – storage pond; 2 – submersible float water intake; 3 – pressure and air pipelines; 4 – water pump; 5 – engine;
6 – transportation pipeline; 7 – distribution pipeline; 8 – irrigation pipelines

На рисунке 2 показано условное водозаборное устройство с поплавковой камерой, с видом сверху и в профиль. Расположен водозаборный сегмент на воздушной подушке, с золотником для закачки или отбора воздуха.

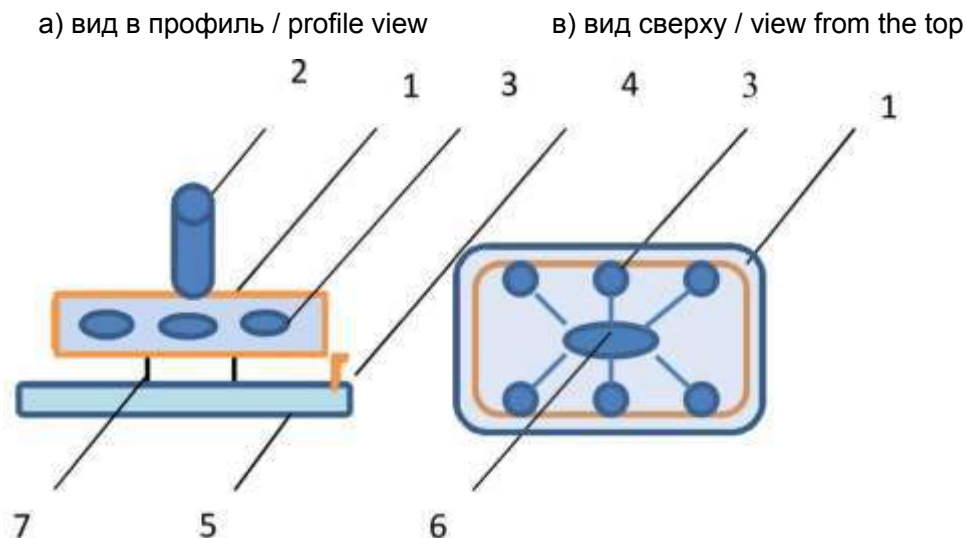


Рисунок 2 – Устройство погружного водозаборника
Figure 2 – The device of a submersible water intake

1 – поплавковый водозабор; 2 – всасывающий патрубок; 3 – водозаборные окна; 4 – золотник;
5 – воздушная подушка; 6 – место посадки патрубка; 7 – крепление
1 – float intake; 2 – suction nozzle; 3 – intake windows; 4 – spool; 5 – air cushion; 6 – nozzle landing place;
7 – mounting

Как показали исследования при замерах температуры воды на разных стоячих водоемах г. Волгограда и пригородной его части, на Варваровском водохранилище и на пруду-накопителе «Веселая балка», температура воды изменяется по глубине от зеркала воды в зависимости от температуры воздуха. Чем глубже проводились замеры, тем ниже температура воды на 3...5⁰С (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение температуры воздуха и воды (на 14.06.2023г.)

Table 1 – Change in air and water temperature

№ п/п / serial number	Глубина (м) / Depth (m)	Температура (°C) воздуха и воды на время измерения (час) / Air and water temperature (°C) at measurement time (hour)				
		8,00	12,00	15,00	18,00	21,00
		Температура воздуха / Air temperature				
-	-	25	27	33	30	27
		Температура воды / Water Temperature				
1	0,40	21	22	24	26	26
2	0,80	20	21	23	25	25
3	1,20	19	20	22	24	22
4	1,60	17,5	19	21	23	20
5	2,00	15	18	20	21	19

По табличным показателям можно сделать вывод, что температура воды отличалась по глубинам и по времени суток.

Для обеспечения забора воды с нужной глубины в системе орошения предусмотрена конструкция водозаборного узла (рисунок 3).

В предложенной конструкции погружение всасывающего водозаборного устройства 1 на необходимую глубину обеспечивает воздушная подушка 10, гофрированный и гибкий трубопроводы 3,5. Забор воды происходит через всасывающие перфорированные отверстия 9 и всасывающий трубопровод 2 в напорный трубопровод 5, посредством водяного насоса 6.

Затем поливная вода близкая к оптимальной температуре подается в транспортирующий трубопровод, а далее в систему орошения рисунок 1 и распределяется по модулям орошаемого участка.

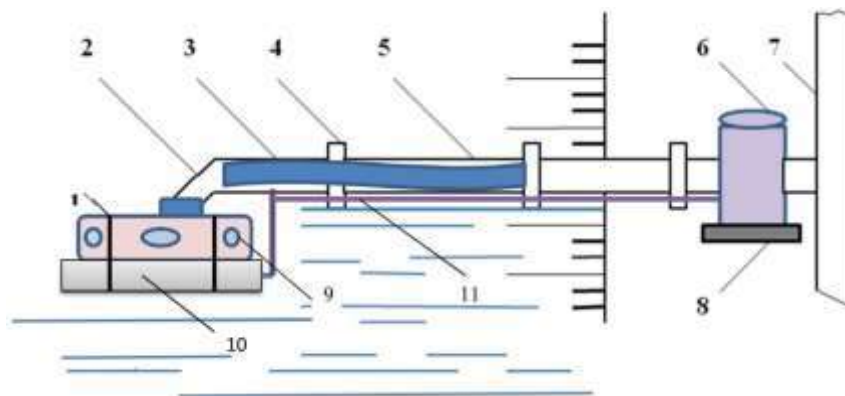


Рисунок 3 – Водозаборный узел (ВЗУ)

Figure 3 – Water intake unit (VSU)

- 1 – погружной водозаборник; 2 – всасывающий патрубок; 3 – гибкий гофрированный трубопровод;
4 – соединительная муфта на шарнирах; 5 – напорный гибкий трубопровод; 6 – насос;
7 – транспортирующий трубопровод; 8 – опорная станина; 9 – всасывающие окна;
10 – воздушная подушка; 11 – воздушный трубопровод
1 – submersible water intake; 2 – suction nozzle; 3 – flexible corrugated pipeline; 4 – hinged coupling;
5 – pressure flexible pipeline; 6 – pump; 7 – conveying pipeline; 8 – support frame; 9 – suction windows;
10 – air cushion; 11 – air pipeline

Закключение. Представленная водозаборная систему орошения с разных глубин водоема позволит орошать сельскохозяйственные пропашные культуры поливной водой приближенной оптимальной температуры. Особенно положительно это скажется при выращивании рассады, при возделывании теплолюбивых овощей. Позволит противостоять климатическим рискам, когда постоянную жару ни разу не сменит дождь, и за ночь прогретый воздух не успевает остыть. В такой период ночная температура не опускается ниже 28...30⁰С. Предложенная система орошения с разработанным водозабором воды с разной глубины водоема, окажет положительное влияние при аномальных жарких периодах полевого сезона, посредством охлаждения почвенного покрова поливных модулей. Позволит производить поливы в разные периоды вегетации теплой или холодной водой, (т.е. поливной водой разной температуры) в зависимости от климатических перепадов температуры окружающего воздуха и глубины водозабора.

Conclusions. The presented irrigation intake system from different depths of the reservoir will allow irrigation of agricultural row crops with irrigation water at an approximate optimal temperature. This will have a particularly positive effect when growing seedlings, when cultivating thermophilic vegetables. It will allow you to withstand climatic risks when the constant heat is never replaced by rain, and the warmed-up air does not have time to cool down overnight. During this period, the night temperature does not fall below 28 ... 300C. The proposed irrigation system with a developed water intake from different depths of the reservoir will have a positive effect during abnormal hot periods of the field season, by cooling the soil cover of irrigation modules. It will allow irrigation in different periods of the growing season with warm or cold water (i.e. irrigation water of different temperatures), depending on climatic changes in ambient air temperature and water intake depth.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Техничко-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения. Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1484-1495.
2. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности. Природообустройство. 2016. № 3. С. 90-96.

3. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Многолетние исследования гидротермического режима агроценозов и системы комбинированного орошения для его регулирования. Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 2. С. 3-7.
4. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
5. Ивонин В. М. Теоретическая концепция совершенствования мелиоративных систем. Региональные геосистемы. 2022. Т. 46. № 3. С. 322-338.
6. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв. Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
7. Лытов М. Н. Целевые функции компенсации климатических рисков возделывания сельскохозяйственных культур при комплексном использовании гидротехнических мелиораций. Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 4. С. 67-85.
8. Наумова Т. В. Проблемы технического состояния оросительных систем юга России и переход управления орошением на новый технологический уровень. Гидротехническое строительство. 2022. № 1. С. 2-5.
9. Шевченко В. А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Варианты реконструкции гидромелиоративных систем на бывших мелиорированных длительно не используемых сельскохозяйственных землях. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 313-327.
10. Markovska O. Ye., Dudchenko V. V. Modelling irrigation regimes of different varieties of rice with aquacrop software. Ecological Engineering and Environmental Technology. 2021. V. 22. No 5. Pp. 103-109.
11. Sengirbekova L. K., Syzdykova L. S. Research of safe methods of production of canned vegetables using grain crops. Вестник Алматинского технологического университета. 2022. № 1. С. 65-71.
12. Goosheh M., Pazira E., Gholami A., Andarzian B., Panahpour E. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop. Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. Pp. 738-754.

References

1. Borodychev V. V., Lytov M. N. Technical and Technological Foundations of Regulation of the Hydrothermal Regime of Agrophytocenosis in Irrigation Conditions. Scientific Life. 2019. V. 14. № 10 (98). Pp. 1484-1495.
2. Dobrachev Y. P., Sokolov A. P. Models of Plant Growth and Development and the Task of Increasing Yields. Environmental Management. 2016. № 3. Pp. 90-96.
3. Dubenok N. N., Mayer A. V. Long-term studies of the hydrothermal regime of agroecosystems and the combined irrigation system for its regulation. Russian Agricultural Science. 2022. № 2. Pp. 3-7.
4. Dubenok N. N., Mayer A. V. Development of Combined Irrigation Systems for Irrigation of Agricultural Crops. Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshego professional'noe obrazovaniya. 2018. Pp. 9-19.
5. Ivonin V. M. Theoretical Concept of Improvement of Reclamation Systems. Regional geosystems. 2022. V. 46. № 3. Pp. 322-338.
6. Kireycheva L. V., Karpenko N. P. Evaluation of the Efficiency of Irrigation Reclamation in the Zonal Soil Series. Soil science. 2015. № 5. P. 587.
7. Lytov M. N. Target Functions of Compensation of Climatic Risks of Agricultural Crops Cultivation in the Complex Use of Hydrotechnical Land Reclamation. Land reclamation and hydraulic engineering. 2022. V. 12. № 4. Pp. 67-85.
8. Naumova T. V. Problems of the Technical State of Irrigation Systems in the South of Russia and the Transition of Irrigation Management to a New Technological Level. Hydraulic engineering. 2022. № 1. Pp. 2-5.
9. Shevchenko V. A., Borodychev V. V., Lytov M. N. Variants of reconstruction of irrigation and drainage systems on former reclaimed long-term unused agricultural lands. Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshego professional'noe obrazovaniya. 2020. № 4 (60). Pp. 313-327.
10. Markovska O. Ye., Dudchenko V. V. Modelling irrigation regimes of different varieties of rice with aquacrop software. Ecological Engineering and Environmental Technology. 2021. V. 22. No 5. Pp. 103-109.
11. Sengirbekova L. K., Syzdykova L. S. Research of safe methods of production of canned vegetables using grain crops. Bulletin of Almaty Technological University. 2022. № 1. Pp. 65-71.
12. Goosheh M., Pazira E., Gholami A., Andarzian B., Panahpour E. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop. Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. Pp. 738-754.

Информация об авторах

Майер Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ВНИИОЗ – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>.

Пенькова Раиса Ивановна, научный сотрудник ВНИИОЗ – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова», (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9348-4408>, e-mail: raja14-1@mail.ru

Author's Information

Mayer Aleksander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher, the branch of the Federal State budgetary scientific institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), ORCID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>.

Penkova Raisa Ivanovna, researcher, the branch of the Federal State budgetary scientific institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov", (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9348-4408>, e-mail: raja14-1@mail.ru

INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM TO ENSURE ENVIRONMENTAL SAFETY OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Maksimov D. A., Briukhanov A. Yu., Vasilev E. V., Papushin E. A., Mateichik S. N.

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) –
branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM
Tiarlevo, Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author e-mail: maximov@sznii.ru

Received 20.10.2023

Submitted 21.12.2023

Summary

The study analyzed the environmental impact of agricultural technologies and the current legal and regulatory documents. Further, the study designed an information and analytical system for estimating the environmental compliance of agricultural enterprises and supporting the related managerial decision-making. The article describes the structure and some features of the system.

Abstract

Introduction. In today's world, the acute are the issues of human and environmental security. The Stockholm+50 conference held in 2022 drew attention to the unfolding triple planetary crisis of climate change, ecosystem degradation and environmental pollution. The efforts of all countries should be focused on overcoming it. In recent years, our country has adopted several important documents referring to combating the climate change and promoting the global sustainability, environmental management, and human well-being. The environmental impact of agricultural sector is ever increasing with introducing the industrial production methods into agricultural technologies. There is a growing relevance of monitoring and forecasting the environmental conditions in agroecosystems. This supports their management and ensures their sustainable functioning and development. The decision-making is effective only through processing of large amounts of data. Digital platforms allow for rapid analysis of the required information thus reducing the time and improving the quality of decisions. **Object.** The study object was the information and analytical systems for assessing the environmental safety of agroecosystems and supporting the decision-making on their management. **Materials and Methods.** The study applied the system analysis, analytical methods and generalization of research results from literature sources. The information system was implemented in the Visual FoxPro 9.0 software development environment. **Results and conclusions.** An information and analytical system was designed to improve the planning efficiency of agricultural production development with due account for environmental requirements complying with current legislation and regulations. The developed database got a State Registration Certificate No. 2023621601 dated May 19, 2023. To date, the database contains about 600 documents. The system's functionality allows quickly finding the required materials, methods and standards for environmental assessment of agricultural enterprises, planning work on their development following the environmental requirements and, accordingly, making necessary calculations for the environmental assessment.

Keywords: *environmental safety of production, digital technologies, safety of agricultural production.*

Citation. Maksimov D. A., Briukhanov A. Yu., Vasilev E. V., Papushin E. A., Mateichik S. N. Information and analytical system to ensure environmental safety of agricultural production. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 337-346 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-38.

Authors' contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.95

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Максимов Д. А., кандидат технических наук

Брюханов А. Ю., доктор технических наук, член-корреспондент РАН

Васильев Э. В., кандидат технических наук

Папушин Э. А., кандидат технических наук

Матейчик С. Н., инженер-программист

*Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) –
филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ*

пос. Тярлево, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Актуальность. В современном мире остро стоят вопросы обеспечения безопасности человека и окружающей среды. На конференции «Стокгольм+50», проходившей в 2022 году обращено внимание, что разворачивается тройной кризис: изменение климата, деградация экосистем и загряз-

нение окружающей среды. Усилия всех стран должны быть обращены на его преодоление. В нашей стране в последние годы принят ряд важных документов, направленных на борьбу с изменением климата и продвижение глобальной устойчивости, рационального использования окружающей среды и благополучия человека. Воздействие сельскохозяйственной отрасли усиливается с внедрением в её технологии индустриальных методов производства. Растёт актуальность проведения работ по мониторингу и прогнозированию экологической обстановки в агроэкосистемах для управления, обеспечивающего их устойчивое функционирование и развитие. Принятия эффективных решений возможно только на основе обработки большого объема данных. Цифровые платформы позволяют проводить оперативный анализ необходимых данных и тем самым снижают сроки и повышают качество принимаемых решений. **Объект.** Объектом исследований являлись информационно-аналитические системы для оценки экологической безопасности агроэкосистем и поддержки принятия решений по их управлению. **Материалы и методы.** Проведение исследований проводилось с применением системного анализа, аналитических методов и обобщения результатов исследований на основе литературных источников. Реализация информационной системы осуществлялась в среде разработки программного обеспечения Visual FoxPro 9.0. **Результаты и выводы.** Разработана информационно-аналитическая система, обеспечивающая повышение эффективности работ при планировании развития сельскохозяйственного производства, с учётом экологических требований, соответствующих действующему законодательству и нормативной базе. Осуществлена государственная регистрация разработанной базы данных, на что получено свидетельство № 2023621601 от 19.05.2023. На сегодняшний день база содержит порядка 600 документов. Функционал системы позволяет оперативно находить необходимые материалы, методики и нормативы при экологической оценке сельскохозяйственных предприятий, планированию работ по их развитию с учётом экологических требований и, соответственно, проводить необходимые расчёты по экологической оценке.

Ключевые слова: экологическая безопасность производства, цифровые технологии, безопасность сельскохозяйственного производства.

Цитирование. Максимов Д. А., Брюханов А. Ю., Васильев Э. В., Папушин Э. А., Матейчик С. Н. Информационно-аналитическая система обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственного производства. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 337-346. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-38.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Вопросы деградации окружающей среды остро стоят перед человечеством. Ещё в 1972 году на международной конференции, проходившей в Стокгольме, была принята к реализации декларация Организации Объединенных Наций по проблемам окружающей человека среды (Стокгольмская декларация), а также План действий по её защите. В дальнейшем на конференции в 1992 г. в Рио-де-Жанейро было признано, что проблемы окружающей среды и развития общества должны рассматриваться только совместно. Была сформулирована концепция устойчивого развития.

На проходившей в 2022 году в Стокгольме конференции «Стокгольм+50» в выступлении Генерального секретаря ООН говорилось, что, несмотря на принятые меры и достигнутые успехи, в настоящее время разворачивается тройной кризис: изменение климата, деградация экосистем и загрязнение окружающей среды (материалы конференции от 1 августа 2022 г. <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/K22/118/01/PDF/K2211801.pdf>).

Поддерживаемая ООН коалиция более 100 стран выступила с предложением использовать цифровые инструменты для ускорения экологически и социально устойчивого развития. Генеральным секретарём ООН было отмечено, что развитие технологий всегда сопровождается серьёзным влиянием на окружающую среду, а последние достижения в области технологий открывают новаторские возможности для мониторинга и защиты окружающей среды. Цифровую революцию можно направить на борьбу с изменением климата и продвижение глобальной устойчивости, рационального использования окружающей среды и благополучия человека.

В нашей стране издан президентский указ от 8 февраля 2021 года о мерах реализации государственной научно-технической политики в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений. Вопросы цифровизации экономики нашли своё отражение в принятом указе от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы».

Сельскохозяйственное производство оказывает всё более возрастающее воздействие на окружающую среду. Обеспечение населения сельскохозяйственными продуктами требует его интенсификации, что ведёт к увеличению распаханности почвы, увеличивающемуся применению различных видов удобрений, химических средств защиты растений, строительству крупных животноводческих и птицеводческих предприятий. Всё это оказывает негативное воздействие на почву, водные ресурсы и атмосферу.

Особенно усилилось это воздействие с внедрением в сельское хозяйство промышленных методов производства продукции животноводства. Строительство крупных животноводческих комплексов и птицефабрик привело к проблемам с утилизацией образующихся объёмов навоза и помёта и сделало их основными поставщиками органических веществ, ведущих к загрязнению окружающей среды. В связи с этим, разработки по оценке, прогнозированию и регулированию антропогенного воздействия на окружающую среду от высокоинтенсивных технологий производства сельскохозяйственной продукции становятся одной из приоритетных задач [1]. (В. И. Могилевцев, А. Ю. Брюханов, Д. А. Максимов, Э. В. Васильев и др. Утилизация навоза/помёта на животноводческих фермах для обеспечения экологической безопасности территории, наземных и подземных водных объектов в Ленинградской области. СПб.: СЗНИИМЭСХ. 2012. 237 с.)

Исследование возможных причин и масштабов нарушений агроэкосистем является важным при выработке решений по строительству новых и реконструкции имеющихся животноводческих ферм и комплексов, а также их эффективному функционированию. Данные исследования особенно актуальны, когда за последние десятилетия прошла масштабная модернизация в отрасли. Поэтому актуален анализ возможных последствий и проведения моделирования возможных сценариев нарушения в агроэкосистемах. Разрешение данных вопросов требует применения современных подходов пространственно-временного анализа и детального мониторинга их состояния.

Ключевую роль в улучшении экологической обстановки играет мониторинг ресурсов и окружающей среды. Его проведение упрощается при использовании цифровых технологий с использованием платформенных решений и онлайн-сервисов. Такой подход, обеспечивающий интеграцию различных процессов с использованием цифровых технологий в единую систему, является отличительной особенностью развития современного общества и экономики. В результате улучшается обмен информацией между пользователями, увеличивается скорость обработки, точность и результативность выполнения необходимых в данный момент операций, что в целом повышает эффективность и экологичность производственной деятельности [2-5].

Формирование единой информационно-технологической инфраструктуры, обеспечивающей интеграцию данных, информации и знаний, цифровизацию информационно-аналитических процессов позволит повысить уровень обоснованности и оперативности принятия решений для функционирующих и планируемых к запуску в производство объектов сельскохозяйственных экосистем. Такая цифровая трансформация агропромышленной отрасли позволит обеспечить высокое качество продукции и повысить экологическую безопасность путём глобального планирования и предоставления оптимальных рекомендаций всем участникам производственных цепочек. Для этого необходима разработка соответствующих баз данных, моделей используемых процессов способов их применения, обеспечивающих экологическую безопасность сельскохозяйственного производства.

Уровень современных знаний в области цифровых технологий достаточен для создания программной платформы, обеспечивающей проведение оценки экологической безопасности сельскохозяйственных объектов и дающей возможность для последующего прогнозирования и управления возможными сценариями развития. Создание такой системы требует разработку современных методов экологической оценки агротехнологий, соответствующих методик и приборного обеспечения.

Объёмы необходимых данных для проведения полного экологического мониторинга возрастают, для их обработки активно находят применение методы на основе аналитики больших данных, искусственного интеллекта и машинного обучения.

Цифровая платформа должна представлять собой среду интеграции, в которой взаимосвязан и унифицирован сбор первичной информации её хранение и обработка с технологическими, нормативными базами, справочниками и аналитическим блоком. Принимая всё это во внимание, задача по разработке соответствующих цифровых систем, обеспечивающих поддержку в принятии управленческих решений, является крайне актуальной [6-11].

Целью работы явилось обоснование и разработка блоков программной платформы оценки экологической безопасности агроэкосистем.

Материалы и методы. Проведение исследований проводилось с применением системного анализа, аналитических методов и обобщения результатов исследований различных авторов по данной проблеме, на основе этих материалов проведена систематизация и разработана структура системы. Осуществлён подбор необходимых законодательных, нормативных, руководящих и рекомендательных документов, литературы, методик, находящихся в свободном доступе, информационных систем по вопросам экологии и источников в сети интернет.

Для реализации системы выбрана среда разработки программного обеспечения Visual FoxPro 9.0 – объектно-ориентированная система управления базами данных (БД), включающая язык программирования.

Результаты и обсуждение. Проблемы развития сельскохозяйственного производства и состояния окружающей среды взаимосвязаны. Воздействие агропредприятий на окружающую среду имеет сложный характер и в основном обусловлено распределённой миграцией различных биогенных элементов, используемых и образующихся во время производственного процесса. Проведение экологической оценки, с учётом большого объёма необходимой информации и источников её поступления, довольно сложная задача, без решения которой невозможно принять эффективное решение. Решение её упрощается с использованием цифровой платформы, в которой интегрирована и взаимосвязана вся необходимая информация и алгоритмы работы с ней. Использование таких решений позволит повысить оперативность принятия управленческих решений и будет способствовать устойчивому развитию агроэкосистемы при котором нагрузка от развиваемого производства не превысит её несущую способность [12].

Для формирования структуры формируемой системы было проанализировано воздействие сельскохозяйственных технологий на окружающую среду. Результаты представлены на рисунке 1, где представлены компоненты окружающей среды, виды оказываемых воздействий и их прямые и косвенные последствия.



Рисунок 1 – Структура воздействия сельскохозяйственных технологий
Figure 1 – The structure of the impact of agricultural technologies

Данные виды воздействия подлежат нормированию и на этой основе осуществлено формирование структуры базы, содержащей нормативно-законодательную документацию, работа с которой одна из важных функций создаваемой системы.

Для формирования структуры базы нормативно-законодательной документации информационной системы нами были рассмотрены различные виды законодательной, нормативной и рекомендательной документации, а также рассмотрены методики, сетевые

и литературные источники по вопросам экологии, затрагивающим аграрное производство. На основании этого предложена иерархическая структура формируемой базы, представленная на рисунке 2 [12]. В соответствии с данной структурой была сформирована база исходной информации, и выстроена связь между разделами формируемой системы.

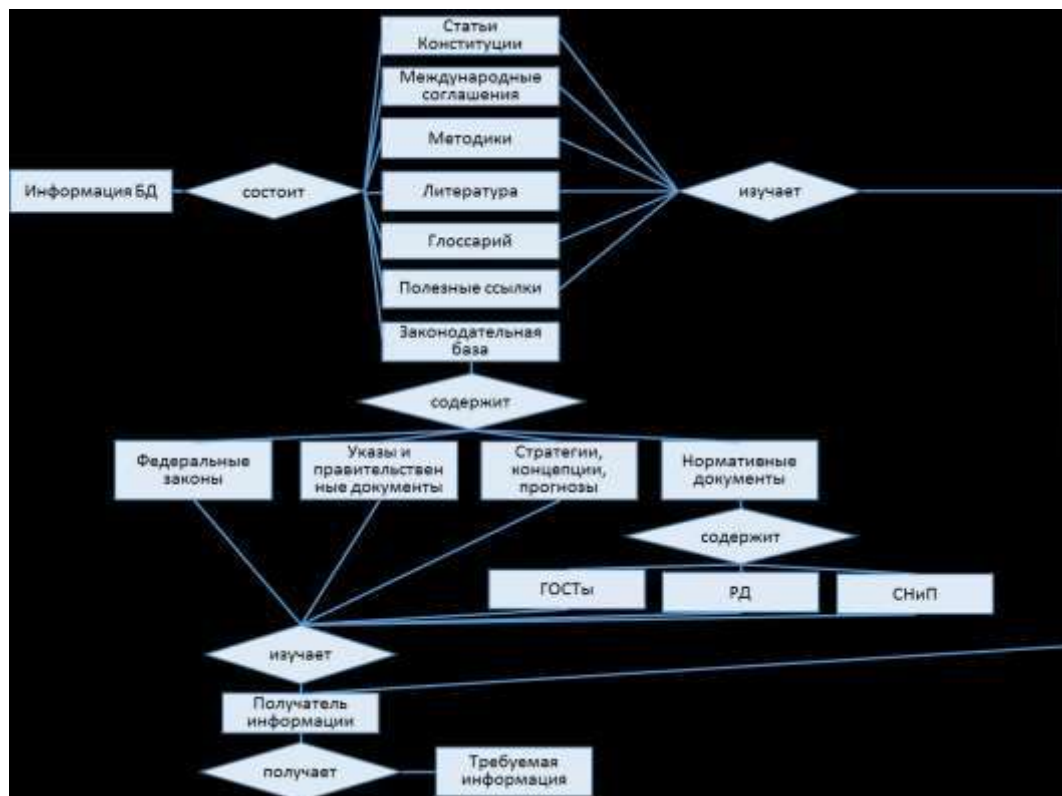


Рисунок 2 – Схема иерархической структуры формируемой системы
Figure 2 – The hierarchical structure of the system under development

Главным источником права в Российской Федерации является Конституция, в ней закреплены основные постулаты, в том числе и экологического права. Её положения являются приоритетными к остальному законодательству в случае наличия разночтений. Все иные нормативные документы конкретизируют её положения. Поэтому в системе, представлены статьи Конституции, отражающие основные элементы природоохранного права.

Инициаторами и разработчиками права в сфере экологии выступают министерства, ведомства и муниципалитеты. Законы принимаются как на федеральном уровне, так и субъектами федерации [14].

Законами определяются полномочия органов в сфере охраны окружающей среды; пределы добычи природных ресурсов, платежи и надзор за их использованием; устанавливаются требования по защите природы; определяется порядок взысканий за нарушения и многое другое. Исходя из всего этого, сформированы соответствующие разделы, имеющие свою многоуровневую структуру в зависимости от вида объектов применения, а также деятельности и последствий влияния на окружающую среду.

Помимо российского законодательства представлен раздел с ратифицированными международными договорами, которые имеют приоритет над иными законами.

Предусмотрены также разделы, содержащие методические материалы, литературу по вопросам экологии сельском хозяйстве. На основании терминов, применённых в законодательстве, сформирован глоссарий, имеется раздел с полезными ссылками на интернет ресурсы по данной тематике.

Переход к материалам, находящимся в базах системы, предусмотрен непосредственно со стартовой страницы, отображающей её многоуровневую структуру по имеющейся информации (рисунок 3).



Рисунок 3 – Стартовая страница системы
Figure 3 – Home page of the system

Поиск материалов, с возможностью их дальнейшей выгрузки в приложение EXEL, может осуществляться с помощью меню, отражающего структуру базы, а также по ключевым словам и их сочетаниям в соответствии с разработанным алгоритмом, представленным на рисунке 4.

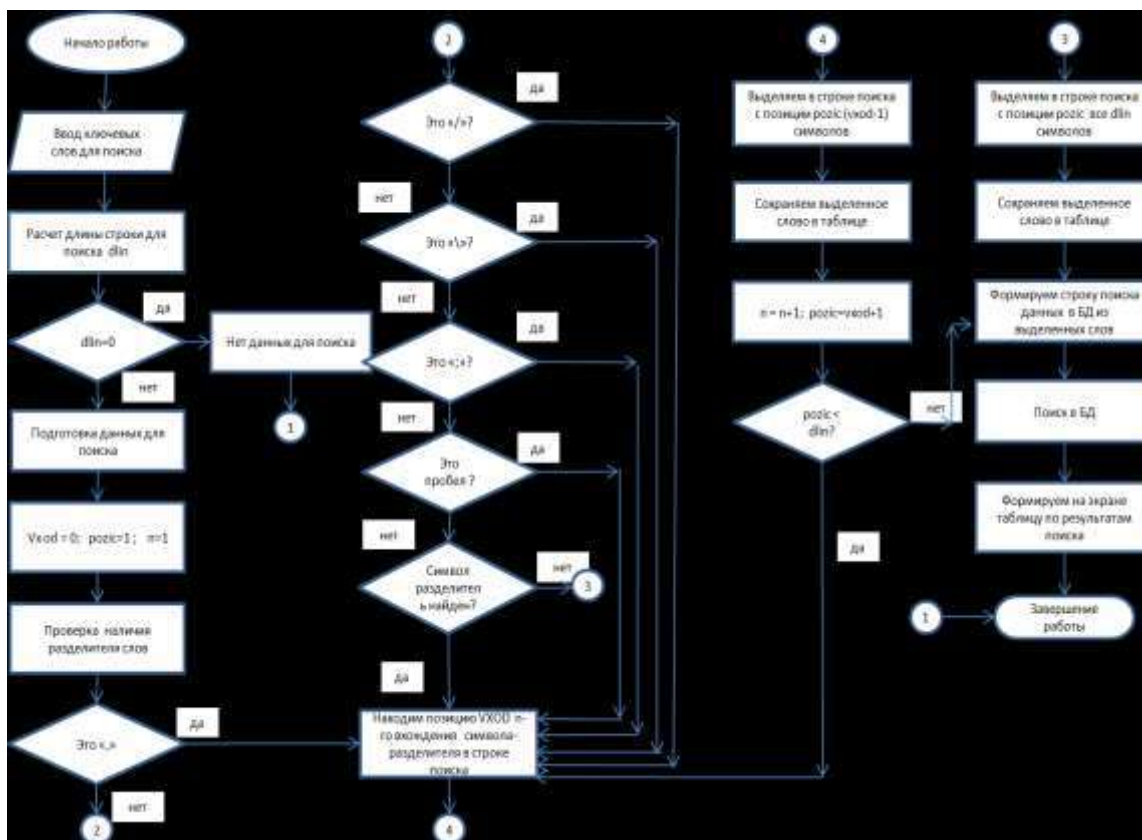


Рисунок 4 – Блок-схема алгоритма поиска по всем базам системы
Figure 4 – Block diagram of the searching algorithm through all databases of the system

Раздел методики содержит материалы по оценке и прогнозированию экологического состояния агроэкосистем. Помимо представления методических материалов, через данный раздел обеспечен переход к расчётным блокам ИАПП. Окна перехода представлены на рисунке 5, где дан пример перехода к расчёту диффузной нагрузки от сельскохозяйственных предприятий на водные объекты.

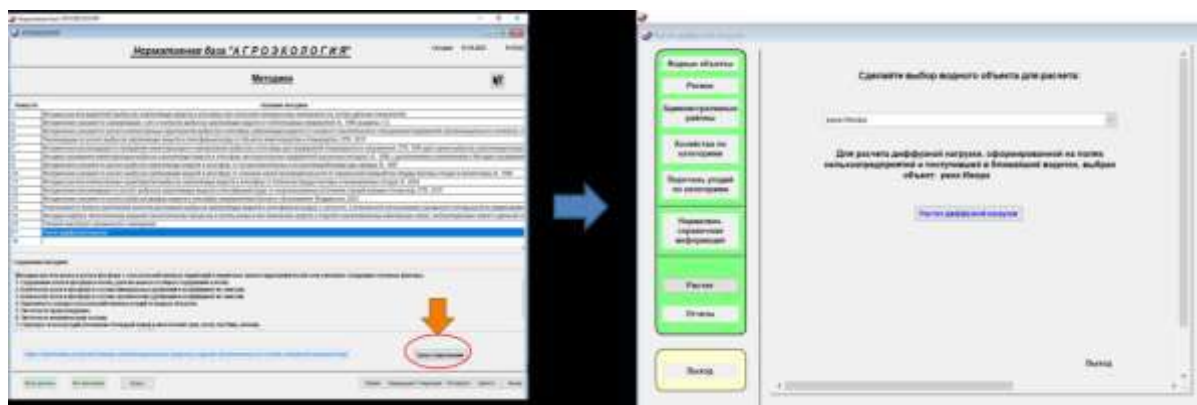


Рисунок 5 – Пример перехода из раздела методик к расчётным блокам
Figure 5 – An example of transition from the methods section to the calculation blocks

При переходе возможно введение своих данных, проведение расчётов в соответствии с выбранной методикой и вывод рассчитанных данных. Вывод результатов расчёта по диффузной нагрузке, в качестве примера, представлен на рисунке 6.

год	наим_вс	наим_у	наим_хоз	код	площ	мг/га	мин_уд	орг_уд	расст_в	тип_п
2022	река Ижора	Тосненский муницип. ИП "Иванс"	1		311.000	100.00	6.00	25.00	150.00	Дернов
2022	река Ижора	Тосненский муницип. ООО "Соф-25"	25		100.000	25.00	5.00	26.00	500.00	Дернов
2022	река Ижора	Тосненский муницип. ООО "Соф-27"	27		100.000	50.00	9.00	29.00	700.00	Дернов
2022	река Ижора	Тосненский муницип. ООО "Соф-30"	30		100.000	60.00	10.00	25.00	2500.00	Дернов

l_азот_ит	l_фосф_ит	k1_аз	k1_фос	а1_азот	а1_фос	а2_азот
Диффузная нагрузка азот (кг/г)	Диффузная нагрузка фосфор (кг/г)	k2 азот	k2 фосфор	Альфа 1 азот	Альфа 1 фосфор	Альфа 2 азот
0.303	0.019	0.0052	0.00029	0.3	0.03	0.3
0.134	0.008	0.0052	0.00029	0.3	0.03	0.3
0.009	0.000	0.0052	0.00029	0.3	0.03	0.3
0.009	0.000	0.0052	0.00029	0.3	0.03	0.3

Рисунок 6 – Вывод результатов расчёта диффузной нагрузки
Figure 6 – Output of diffuse load calculation results

Актуальность разработки информационных систем по вопросам экологии усиливается в связи с интенсификацией и переходом к индустриальным методам в агропроизводстве. Возрастает роль методов по оценке данного воздействия и на их основе различных решений по управлению им. Так в работе [12] рассмотрены основные подходы экологической оценки природной среды и устойчивости природных систем к изменяющимся пара-

метрам естественного и антропогенного режимов. В работах [1, 6, 11] дан анализ воздействия сельскохозяйственного производства и определены основные пути по управлению экологической безопасностью агроэкосистем.

С учётом того большого объема информации, который необходим для адекватной оценки состояния агроэкосистем в целях принятия эффективных управленческих решений, приоритетным направлением становится создание соответствующих цифровых систем.

Авторы работ [2-11], посвящённых цифровым системам, подчеркивают актуальность и важность таких разработок, в том числе в сельскохозяйственном секторе для улучшения его экологического контроля и выработки стратегий по его развитию.

В работе [7] авторами были выявлены специфические особенности аграрного сектора, определяющие его потребности в информации, очерчена нормативная база и основные группы данных.

В работах [7, 8-10] проведён анализ различных подходов и решений, используемых в информационных системах, в том числе сельскохозяйственного производства. Основы экологического права Российской Федерации были рассмотрены в работе [14].

В данной работе, используя представленные материалы, проведя анализ действующего законодательства и задач, стоящих перед аграрным производством, предложена информационная система, обеспечивающая эффективную работу при планировании развития и во время функционирования сельскохозяйственных предприятий, с учётом экологических требований, действующего законодательства и нормативной базы.

Заключение. Вопросы деградации окружающей среды остро стоят перед человечеством. Они не могут рассматриваться отдельно от вопросов развития общества, что нашло отражение в концепции Устойчивого развития предложенной на конференции в Рио-де-Жанейро. Не смотря на успехи достигнутые за прошедшие годы ситуация в мире остаётся напряжённой.

С внедрением индустриальных методов в сельскохозяйственном производстве отмечается рост его влияния на окружающую среду. Эффективные решения по его снижению могут быть приняты только при проработке большого объема данных. Последние достижения в области цифровых инструментов открывают новые возможности в решении данного вопроса. Создаваемые цифровые платформы позволяют проводить оперативный анализ необходимых данных и тем самым снижают сроки и повышают качество принимаемых решений. Принимаемые решения должны опираться на нормативно-законодательную и современную методическую базу. Актуальным является создание соответствующих цифровых систем. Предложена разработанная информационно-аналитическая система. Функционал системы позволяет оперативно находить необходимые материалы, методики и нормативы при экологической оценке сельскохозяйственных предприятий, планированию работ по их развитию с учётом экологических требований и соответственно проводить необходимые расчёты по экологической оценке.

Для реализации системы выбрана среда разработки программного обеспечения Visual FoxPro 9.0, включающего объектно-ориентированную СУБД и язык программирования. В настоящее время в базе находится более 600 документов. Осуществлена её государственная регистрация, на что получено свидетельство № 2023621601 от 19.05.2023.

Conclusions. Environmental degradation issues are acute for humanity. They cannot be considered separately from the development of society, which is reflected in the concept of Sustainable Development proposed at the conference in Rio de Janeiro. Despite the successes achieved over the past years, the situation in the world remains tense.

With the introduction of industrial methods in agricultural production, there is an increase in its impact on the environment. Effective decisions to reduce it can only be made by processing a large amount of data. Recent advances in digital tools are opening up new opportunities to address this issue. The created digital platforms make it possible to carry out operational analysis of the necessary data, thereby reducing the time and improving the quality of decision-making. Decisions should be based on a regulatory and legislative and modern methodological framework. The creation of appropriate digital systems is relevant. A developed information and analytical system is proposed. The functionality of the system allows you to quickly find the necessary materials, methods and standards for the environmental assessment of agricultural enterprises, planning work on their development taking into account environmental requirements and, accordingly, carry out the necessary calculations for environmental assessment.

To implement the system, the Visual FoxPro 9.0 software development environment, which includes an object-oriented DBMS and a programming language, was chosen. Currently, there are more than 600 documents in the database. Its state registration was carried out, for which certificate No. 2023621601 dated 05/19/2023 was received.

Библиографический список

1. Камиллов М. К., Камилова П. Д., Камилова З. М. Экологические проблемы в сельском хозяйстве, как следствие интенсификации развития агропромышленного комплекса России. Региональные проблемы преобразования экономики. 2017. № 1. С. 11-20.
2. Кешелава А. В., Буданов В. Г., Румянцев В. Ю. и др. Введение в «Цифровую» экономику. М.: ВНИИ-Геосистем, 2017. 28 с.
3. Ерешко Ф. И. Меденников В. И. Формирование цифровой платформы АПК. Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 1-й Международной конференции. М.: ИПМ им. М. В. Келдыша, 2018. С. 65-73.
4. Потанин В. Г., Алейников А. Ф. Информационные технологии, системы и приборы в агропромышленном комплексе. Становление и перспективы геоинформационных систем в сельском хозяйстве. Вычислительные технологии. 2016. Т. 21. С. 82-93.
5. Алексеева С. А., Баранова С. В. Цифровая трансформация отраслей агропромышленного комплекса России. Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2022. № 2 (84). С. 12-19.
6. Папушин Э. А., Васильев Э. В., Шалавина Е. В., Матейчик С. Н. Интеллектуальные аналитические программные платформы для сельскохозяйственного производства. АгроЭкоИнженерия. 2022. № 1 (110). С. 52-65.
7. Bychkova S. M., Zhidkova E. A., Eliashev D. V. Informational support as an element of state control of agriculture. Foods and Raw Materials. 2018. V. 6. N. 2. Pp. 467-473.
8. Системы информационного обеспечения для анализа и прогнозирования в сельском хозяйстве. Научные труды ВИАПИ имени А. А. Никонова. М.: ВИАПИ имени А. А. Никонова, 2019. Выпуск 50. 120 с.
9. Мишуров Н. П., Кондратьева О. В., Гольяпин В. Я., Федоренко В. Ф., Федоров А. Д., Слинько О. В., Войтюк В. А., Моторин О. А., Труфляк Е. В., Алексеева С. А. Зарубежный опыт цифровизации сельского хозяйства: аналит. обзор. М.: «Росинформагротех», 2022. 224 с.
10. Федоров С. В., Уколов И. В., Лукин А. А. и др. Проектирование и реализация интерактивной специализированной информационно-справочной системы. Наука и образование. 2020. Т. 3. № 2. С. 3.
11. Абалуев Р. Н., Картечина Н. В., Завражнов А. А., Ланцев В. Ю., Якушев А. В., Горшенин В. И. Разработка и реализация специализированной нормативно-справочной базы данных (БД) «посевная техника для пропашных и овощных культур». Вестник Алтайского государственного аграрного университета 2021. № 12 (206). С. 94-100.
12. Брюханов А. Ю., Попов В. Д., Васильев Э. В., Папушин Э. А. Концепция управления экологической безопасностью агроэкосистем. АгроЭкоИнженерия. 2022. № 4 (113). С. 4-18.
13. Васильев Э. В., Максимов Д. А., Папушин Э. А., Матейчик С. Н. Информационная система нормативно-законодательной документации в области охраны окружающей среды для сельскохозяйственного производства. АгроЭкоИнженерия. 2023. № 1 (114). С. 4-14.
14. Боровинская И. В. Экологическое право (общие положения правового регулирования). М.: Проспект, 2022. 160 с.

References

1. Kamilov M. K., Kamilova P. D., Kamilova Z. M. Ecological Problems in Agriculture, as a Consequence of the Intensification of the Development of the Agro-Industrial Complex of Russia. Regional Problems of Economic Transformation. 2017. № 1. Pp. 11-20.
2. Keshelava A. V., Budanov V. G., Rumyantsev V. Yu., et al. Introduction to the Digital Economy. Moscow: VNIIGeosystem Publ., 2017. 28 p.
3. Ereshko F. I., Medennikov V. I. Formation of the Digital Platform of the Agro-Industrial Complex. Designing the future. Problems of Digital Reality: Proceedings of the 1st International Conference. Moscow, Keldysh Institute of Applied Mathematics, 2018. Pp. 65-73.
4. Potanin V. G., Aleinikov A. F. Information Technologies, Systems and Devices in the Agroindustrial Complex. Formation and Prospects of Geographic Information Systems in Agriculture. Computational Technologies. 2016. V. 21. Pp. 82-93.
5. Alekseeva S. A., Baranova S. V. Digital Transformation of the Agro-Industrial Complex of Russia. Economics, Labor, Management in Agriculture. 2022. № 2 (84). Pp. 12-19.
6. Papushin E. A., Vasilyev E. V., Shalavina E. V., Mateychik S. N. Intellectual Analytical Software Platforms for Agricultural Production. AgroEcoEngineering. 2022. № 1 (110). Pp. 52-65.
7. Bychkova S. M., Zhidkova E. A., Eliashev D. V. Informational support as an element of state control of agriculture. Foods and Raw Materials. 2018. V. 6. N. 2. Pp. 467-473.
8. Information support systems for analysis and forecasting in agriculture. Scientific Works of VIAP named after A. A. Nikonov. Moscow, VIAP named after A. A. Nikonov, 2019. Issue 50. 120 p.
9. Mishurov N. P., Kondratyeva O. V., Golyapin V. Ya., Fedorenko V. F., Fedorov A. D., Slinko O. V., Voytyuk V. A., Motorin O. A., Truflyak E. V., Alekseeva S. A. Foreign Experience of Digitalization of Agriculture: Analyt. review. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 2022. 224 p.
10. Fedorov S. V., Ukolov I. V., Lukin A. A., et al. Designing and Implementing an Interactive Specialized Information and Reference System. Science and Education. 2020. V. 3. № 2. Pp. 3.
11. Abaluev R. N., Kartechina N. V., Zavrazhnov A. A., Lantsev V. Yu., Yakushev A. V., Gorshenin V. I. Development and Implementation of a Specialized Reference Database (DB) "Sowing Equipment for Row and Vegetable Crops". Bulletin of Altai State Agrarian University 2021. № 12 (206). Pp. 94-100.

12. Bryukhanov A. Yu., Popov V. D., Vasilyev E. V., Papushin E. A. The concept of management of ecological safety of agroecosystems. *AgroEcoEngineering*. 2022. № 4 (113). Pp. 4-18.

13. Vasilyev E. V., Maksimov D. A., Papushin E. A., Mateychik S. N. Information System of Regulatory and Legislative Documentation in the Field of Environmental Protection for Agricultural Production. *AgroEcoEngineering*. 2023. № 1 (114). Pp. 4-14.

14. Borovinskaya I. V. *Environmental Law (General Provisions of Legal Regulation)*. Moscow, Prospekt Publ., 2022. 160 p.

Информация об авторах

Максимов Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела анализа и прогнозирования экологической устойчивости агроэкосистем Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филитровское ш., д. 3), e-mail: maximov@sznii.ru

Брюханов Александр Юрьевич, доктор технических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН, директор Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филитровское ш., д. 3), e-mail: sznii@yandex.ru

Васильев Эдуард Вадимович, кандидат технических наук, заведующий отделом анализа и прогнозирования экологической устойчивости агроэкосистем Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филитровское ш., д. 3), e-mail: sznii6@yandex.ru

Папушин Эдуард Александрович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела анализа и прогнозирования экологической устойчивости агроэкосистем Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филитровское ш., д. 3), e-mail: papushinea@yandex.ru

Матейчик Светлана Николаевна, инженер-программист отдела анализа и прогнозирования экологической устойчивости агроэкосистем Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филитровское ш., д. 3), e-mail: cet_nord@yahoo.com

Author's Information

Maksimov Dmitry Anatolievich, Candidate of Engineering Sciences, leading researcher, Department of Analysis and Forecasting of Environmental Sustainability of Agroecosystems, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoye Shosse, 3), e-mail: maximov@sznii.ru

Briukhanov Aleksandr Yurievich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of RAS, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoye Shosse, 3), e-mail: sznii@yandex.ru

Vasilev Eduard Vadimovich, Candidate of Engineering Sciences, leading researcher, Department of Analysis and Forecasting of Environmental Sustainability of Agroecosystems, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoye Shosse, 3), e-mail: sznii6@yandex.ru

Papushin Eduard Alexandrovich, Candidate of Engineering Sciences, leading researcher, Department of Analysis and Forecasting of Environmental Sustainability of Agroecosystems, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoye Shosse, 3), e-mail: papushinea@yandex.ru

Mateichik Svetlana Nickolaevna, software development engineer, Department of Analysis and Forecasting of Environmental Sustainability of Agroecosystems, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoye Shosse, 3), e-mail: cet_nord@yahoo.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-39

RESULTS OF STUDIES OF THE EFFECT OF ELECTROPHYSICAL ACTION ON THE SOWING QUALITIES OF SEEDS OF TREE SPECIES

¹Ivushkin D. S., ¹Feklistov A. S., ¹Petrukhin V. A., ¹Volobuev S. V., ¹Prokofiev P.V., ²Yudaev I. V.

¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

²Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin
Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: ivushkinds@yandex.ru

Received 20.10.2023

Submitted 05.12.2023

Abstract

Introduction. Over the past ten years, there has been a deterioration in the state of recreational planting, urban ecosystems, protective forests and forest-agrarian landscapes, which leads to a violation of the ecological balance in the vast territories of the country. At the same time, the degradation of the soil cover (water regime) is observed, natural ecological systems are being destroyed due to climate change, and there is a danger of extinction of many animal species. Replenishment of the assortment of trees and shrubs is of

significant practical importance for agro- and urban landscapes of the dry-steppe, semi-desert regions of the Volgograd region and the Lower Volga region. Special attention of the scientific community is currently focused on the development of electro physical methods of influencing plant seeds, including tree species, in order to obtain stronger and higher-quality seedlings. **Object.** The seeds of Crimean pine (*Pinus nigra*.L), widely distributed in various types of protective forest plantations of the Southern Federal District, and were chosen as the object of research. **Materials and methods.** In the laboratory of the Volgograd State Agrarian University, a prototype of an installation for the study of seeds treated in a high-voltage alternating current electric field was assembled, consisting of an industrially manufactured SCAT-70 apparatus, two plate electrodes placed in an experimental cell. To study the response of woody plants to the modes of electro physical exposure, experiments were laid, according to which the impact of a high-voltage alternating electric field on the qualitative indicators of the development of seedlings was assessed. **Results and discussion.** The field experimental studies performed to determine the qualitative indicators of the development of seedlings of tree species and the change in their morphometry during electrical stimulation confirm the hypothesis of a positive effect of the alternating current electric field. Positive results have been revealed, which significantly increase the development of the root system and the plant itself by accelerating the course of biological processes and releasing additional energy for plant growth. **Conclusions.** Based on the research during the field experience in the nursery of the Nizhnevolzhskaya Station for the selection of woody Plants of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, the following conclusions can be drawn: – The effect of a high-voltage AC electric field on the seeds of Crimean pine has a generally positive effect by increasing the quality indicators exceeding the standard methods of intensive agricultural techniques for growing planting material; – Seeds that have undergone electrical stimulation above the value of the electric field strength of 5.0 kV / cm sharply worsen the development of the plant and the percentage of healthy seedlings.

Keywords: electric field strength, sowing qualities of seeds, pre-sowing seed treatment, electrophysical impact.

Citation. Ivushkin D. S., Feklistov A. S., Petrukhin V. A. Volobuev S. V., Prokofiev P.V., Yudaev I. V. Results of studies of the effect of electrophysical action on the sowing qualities of seeds of tree species. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 346-357 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-39.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution, or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.53.027.33:630*27

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

¹Ивушкин Д. С., ассистент

¹Феклистов А. С., ассистент

¹Петрухин В. А., кандидат технических наук, доцент

¹Волобуев С. В., кандидат технических наук, доцент

¹Прокофьев П. В., старший преподаватель

²Юдаев И. В., доктор технических наук, профессор

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

г. Краснодар, Российская Федерация

Актуальность. За последние годы произошло ухудшение состояния урбоэкосистем, в частности рекреационных-озеленительных посадок, защитных лесополос и лесоаграрных ландшафтов, что приводит к нарушению экологического равновесия на огромных территориях страны. При этом наблюдается деградация почвенного покрова (водного режима), происходит разрушение природных экологических систем из-за изменения климата, появляется опасность вымирания многих видов животных. Существенное практическое значение для агро- и урболандшафтов сухостепных, полупустынный районов Волгоградской области и Нижнего Поволжья имеет пополнение ассортимента деревьев и кустарников. Особое внимание научного сообщества в настоящее время направленно на развитие электрофизических методов воздействия на семенной материал растений, в том числе и на древесные породы, для получения более крепких и качественных саженцев. **Объект.** В качестве объекта исследования были выбраны семена сосны крымской (*Pinus nigra*.L), широко распространяемой в защитных разного типа лесных насаждениях Южного федерального округа. **Материалы и**

методы. В лаборатории Волгоградского ГАУ была собрана установка для обработки семян в электрическом поле переменного тока высокого напряжения промышленной частоты. Исследовательская установка состоит из высоковольтного аппарата СКАТ-70 и экспериментальной ячейки, представляющей собой бокс, выполненный из электроизоляционных материалов, и двух пластинчатых электродов. Для изучения отклика древесных растений на режимы электрофизического воздействия были заложены опыты, согласно которым проводилась оценка воздействия переменного электрического поля промышленной частоты 50 Гц на качественные показатели развития сеянцев. **Результаты и обсуждение.** Выполненные полевые экспериментальные исследования по определению качественных показателей развития сеянцев древесных пород и изменение их морфометрии при электростимуляции подтверждают гипотезу о положительном влиянии переменного электрического поля промышленной частоты. Выявлены положительные результаты, которые существенно увеличивают развитие корневой системы и самого растения за счет ускорения хода биологических процессов и высвобождения дополнительной энергии для роста растения. **Выводы.** Опираясь на результаты исследований, полученных при проведении полевого опыта в питомнике «Нижневолжской станции по селекции древесных растений ФНЦ Агроэкологии РАН», сделаны следующие выводы: воздействие переменного электрического поля промышленной частоты 50 Гц на семена сосны крымской проявляет в целом положительный эффект, увеличивая качественные показатели, превышающие стандартные приемы интенсивной агротехники выращивания посадочного материала; семена, прошедшие электростимуляцию свыше значения напряжённости электрического поля в 5,0 кВ/см, резко ухудшают развитие растения и процент выхода здоровых сеянцев.

Ключевые слова: напряженность электрического поля, посевные качества семян, предпосевная обработка семян, электрофизическое воздействие.

Цитирование. Ивушкин Д. С., Феклистов А. С., Петрухин В. А., Волобуев С. В., Прокофьев П. В., Юдаев И. В. Результаты исследований влияния электрофизического воздействия на посевные качества семян древесных пород. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 346-357. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-39.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одной из наиболее актуальных проблем в биологической науке и практике является обогащение видового состава древесных и кустарниковых насаждений. Площади лесного фонда в стране имеют неравномерное распределение, зависящее от таких факторов, как климат и разнообразные экологические аспекты. Самыми большими размерами зеленых насаждений в России, а это почти 70% лесного фонда, обладают следующие субъекты Федерации: Иркутская и Костромская области, Приморский край, но наряду с лидерами отмечаются регионы с малолесьем, как, например, Волгоградская область и республика Калмыкия с показателем менее 1%.

За последние годы произошло ухудшение состояния урбозкосистем, в частности рекреационных-озеленительных посадок, защитных лесополос и лесоаграрных ландшафтов, что приводит к нарушению экологического равновесия на огромных территориях страны. При этом наблюдается деградация почвенного покрова (водного режима), происходит разрушение природных экологических систем из-за изменения климата, появляется опасность вымирания многих видов животных. Существенное практическое значение для агро- и урболандшафтов сухостепных, полупустынных районов Волгоградской области и Нижнего Поволжья имеет пополнение ассортимента деревьев и кустарников [1-3].

Особое внимание научного сообщества в настоящее время направлено на развитие электрофизических методов воздействия на семенной материал растений, на рост и развитие самого растения, в том числе и на саженцы древесных пород [4], размноженных как вегетативным способом (в частности прививкой) [5, 6], так и семенем, для получения более крепкого и качественного посадочного материала. Известно большое количество работ в области электротехнологии, где в качестве объектов исследований использовались сельскохозяйственные культуры и описываются эффективность данного агротехнологического мероприятия. Исследователями доказаны увеличение энергии прорастания и всхожести семян, увеличение качественных показателей растительных объектов: рост и развитие, урожайность, качество и количество посевов, снижение заболеваемости культур и уменьшение количества вредителей [7-9].

Физиология биологических процессов и отклик семян древесных пород, обработанных в электрических полях, широко не исследовались, и данный факт является основанием для описания физических процессов в структурах семян и проведения лабораторных и полевых исследований. В качестве объекта приняты семена сосны крымской (*Pinus nigra.L*), которая все чаще применяется для восстановления лесного фонда на территории Южного федерального округа [1].

Материалы и методы. Для изучения отклика древесных растений на режимы электрофизического воздействия были заложены опыты, согласно которым проводилась оценка воздействия переменного электрического поля промышленной частоты на качественные показатели развития сеянцев. Известно [3, 10, 11], что процессы, протекающие в многослойной структуре семян на молекулярном и атомарном уровне, их интенсивность и конечный результат будут определяться такими электрофизическими свойствами семян, как электропроводность (γ) и диэлектрическая проницаемость (ε), которые, в свою очередь, будут определять качество выращиваемого посадочного материала.

Известно [10, 11], что развитие древесного растения напрямую зависит от состояния защитной растительной оболочки зародыша (рисунок 1). Защитная оболочка по своей сути является органической мембраной, защищающей от высыхания и механических повреждений зародыш растения. Электрофизические процессы, которые протекают в растительной оболочке, обеспечивают необходимый массоперенос питательных веществ, электрическую изоляцию и экранирование от воздействий внешних электрических полей. С точки зрения изучения влияния последних необходимо определить оптимальные значения напряженности электрического поля, в котором оказываются семена при обработке.

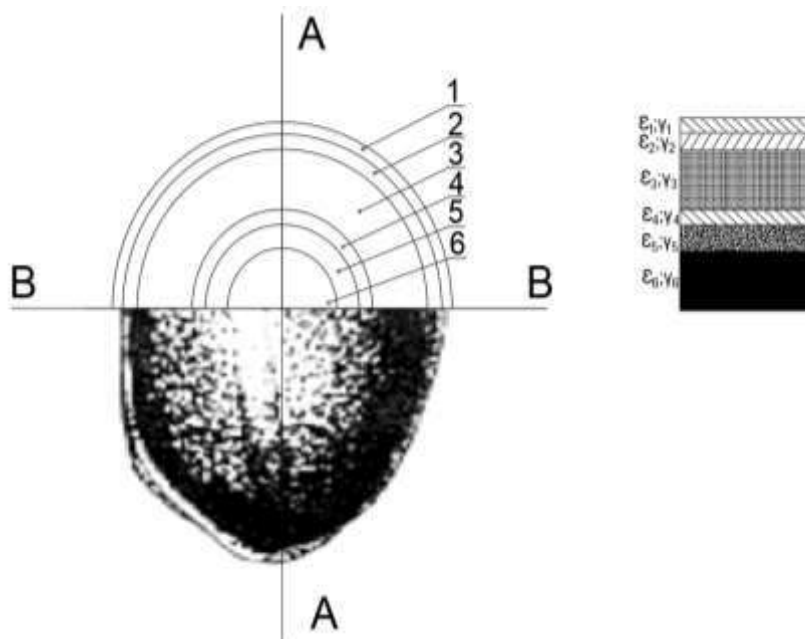


Рисунок 1 – Схема замещения семян древесных культур: 1 – кожура семени; 2 – нуцеллус (защитная пленка); 3 – эндосперм (или семядоли); 4 – защитная оболочка зародыша; 5 – питательная ткань зародыша; 6 – почечка зародыша

Figure 1 – Replacement scheme of seeds of tree crops: 1 – seed peel; 2 – nucellus (protective film); 3 – endosperm (or cotyledons); 4 – protective shell of the embryo; 5 – nutrient tissue of the embryo; 6 – kidney of the embryo

Сила f , действующая на единицу площади защитной растительной оболочки зародыша:

$$f = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_m E^2}{2}. \quad (1)$$

где ε_0 – диэлектрическая постоянная, Ф/м, ε_m – диэлектрическая проницаемость защитной оболочки (мембраны), Ф/м, E – напряженность электрического поля, кВ/м.

При неизменной энергии Гиббса, температуры и площади поверхности, повреждение защитной растительной оболочки зародыша наступит при следующем условии:

$$\left. \begin{aligned} \varphi dq &> \sigma ds \\ q_s d\varphi &> d\sigma \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Рассматривая совместно уравнения (1) и (2) можно увидеть, что напряженность электрического поля в защитной растительной оболочке зародыша, при которой не повреждается ее структура, может быть определена из системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} (q_s \cdot E) dl &> d\sigma \\ f dl &> d\sigma \end{aligned} \right\} \cdot \quad (3)$$

Известно [10], что по результатам экспериментальных исследований по определению значения мембранных потенциалов при нормальном развитии растений последние имеют значение 125 мВ. В том случае если это значение превышает, то резко ухудшаются показатели развития семени, что свидетельствует о достижении этими значениями значения напряжения пробоя. Тогда напряженность электрического поля определяется по формуле:

$$E = \frac{U_{пр}}{l}, \quad (4)$$

где $U_{пр}$ – приложенное напряжение, В, l – толщина защитной растительной оболочки зародыша, мм

Напряженность внешнего электрического поля, приложенного к семенам древесных культур, можно определить из соотношения:

$$\left. \begin{aligned} E_0 \varepsilon_{об} &= E_{пит.т.зар} \varepsilon_{пит.т.зар} = E_{энд.} \varepsilon_{энд.} = E_{т.об} \varepsilon_{т.об} = E \cdot \varepsilon_m \\ E_0 &= \frac{E \varepsilon_m}{\varepsilon_{об}} \end{aligned} \right\} \cdot \quad (5)$$

где E_0 – напряженность внешнего электрического поля, кВ/м, $E_{об}$ – напряженность внешнего электрического поля на защитной оболочке зародыша, кВ/м, $E_{пит.т.зар}$ – напряженность электрического поля в питательной ткани зародыша, кВ/м, $E_{энд.}$ – напряженность электрического поля в эндосперме семян, кВ/м, $\varepsilon_{об}$ – диэлектрическая проницаемость растительной оболочки, Ф/м, $\varepsilon_{пит.т.зар}$ – диэлектрическая проницаемость питательной ткани зародыша, Ф/м, $\varepsilon_{энд.}$ – диэлектрическая проницаемость эндосперма, Ф/м, $\varepsilon_{т.об}$ – диэлектрическая проницаемость твердой оболочки семян, Ф/м.

А прикладываемое при обработке напряжение к ячейке, изготовленной в виде плоскопараллельного конденсатора, будет равно:

$$U = E_0 \cdot d, \quad (6)$$

где d – расстояние между пластинами, м.

Следовательно, с учетом (1) – (4) напряженность внешнего электрического поля должно не превышать значение:

$$E_0 \leq \frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_{об}} \sqrt{\frac{2\sigma}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_m \cdot l}}. \quad (7)$$

Согласно выражению (7) можно оценить это значение напряженности электрического поля, создаваемого в межэлектродном пространстве при котором будет отсутствовать повреждение оболочки зародыша древесного растения для следующих значений: $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; $\varepsilon_m = 2$; $\varepsilon_{об} = 19$; $\sigma = 0,1 \cdot 10^{-5}$ Н/м; $l = 4 \dots 10 \cdot 10^{-6}$ м. Подставив эти значения, можно с уверенностью предположить, что в зависимости от строения семенного материала и под воздействием на него напряженности электрического поля значением 3,27...5,1 кВ/см следует ожидать положительный эффект электростимуляции, сказывающийся на качественном росте и развитии древесного растения. При увеличении напряженности сверх верхнего полученного расчетом значения в 5,1 кВ/см можно ожидать повреждение защитной растительной оболочки семени древесного растения, что повлечет за собой гибель его зародыша.

Для подтверждения предложенной гипотезы повышения качественных показателей роста и развития саженцев древесных пород, выращиваемых из семян, которые перед посевом обрабатывались в электрическом поле переменного высокого напряжения, следует провести экспериментальные исследования. Исследования по предпосевной обработке семян переменным электрическим полем производились в экспериментальной установке, состоящей из высоковольтного аппарата СКАТ-70 и экспериментальной ячейки, представляющей собой бокс, выполненный из электроизоляционных материалов, и двух пластинчатых электродов. Изменение и фиксирование показателей напряжения осуществлялось при помощи измерительного блока, а временной диапазон обработки контролировался секундомером (рисунок 2).

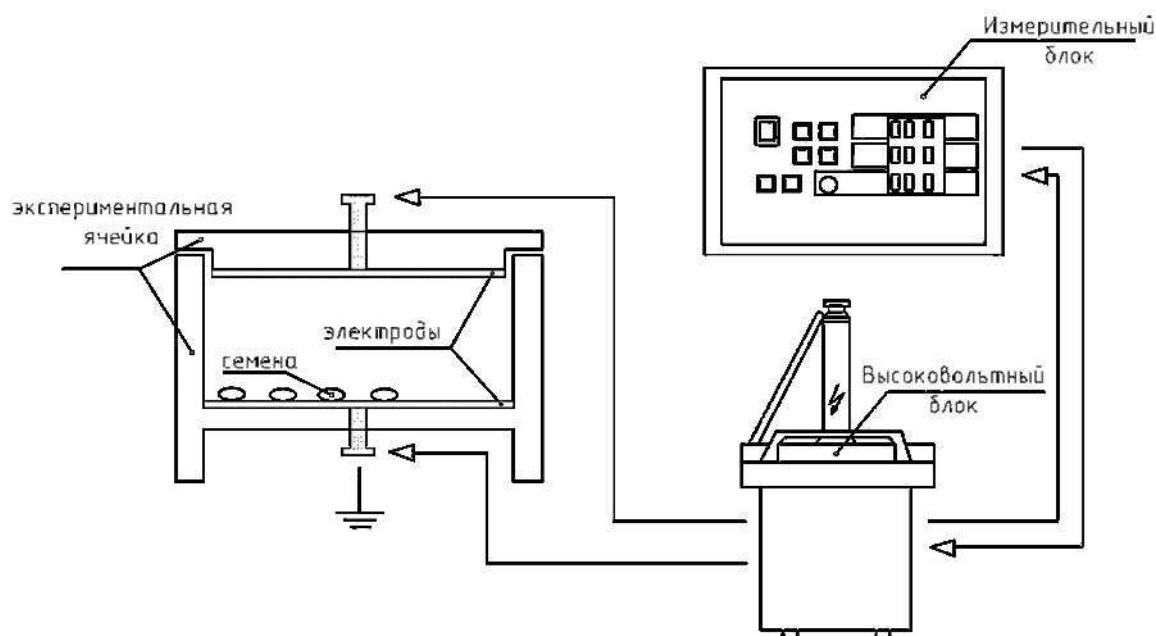


Рисунок 2 – Исследовательский комплекс для предпосевной обработки семян
Figure 2 – Research complex for pre-sowing seed treatment

В ходе исследований необходимо было дать качественную оценку степени воздействия каждого из режимных параметров E (напряжённость электрического поля, кВ/см), t (время обработки, сек) на показатели развития древесных растений. В ходе подготовки семян к полевому исследованию опытные образцы помещались в лабораторную ячейку, где создавалась заданная на измерительном блоке напряжённость электрического поля с одной из экспозиций. Следующая партия семян обрабатывалась при неизменной напряжённости электрического поля, но экспозиция по времени изменялась и опыт продолжался до тех пор, пока весь временной диапазон не был использован. После того как был реализован весь временной диапазон при первом значении напряжённости электрического поля, то она изменялась на следующий шаг и опыт по воздействию повторялся с заданными экспозициями по аналогии. Определяя зависимости воздействия напряжённости электрического поля на высоту растения, длину главного корня и количества боковых корней, опытных образцов необходимо было установить интервалы параметров, при которых наблюдаются наиболее заметные изменения посевных качеств. При оценке посевных качеств обработанных семян проводился сравнительный анализ результатов с контрольными пробами семян, взятых из той же самой партии и семян, обработанных препаратом «Циркон», выбранного в качестве эталона. Схема опытов включала 41 вариант исследований (рисунок 3).

Реализованные режимы электростимуляции семян древесных растений и результаты измерения биометрических показателей развития сеянцев древесных культур, полученные при различных значениях напряжённостей электрического поля и экспозиций, приведены в таблице 1 и на рисунках 4, 5.

******* ИЗВЕСТИЯ *******

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

№ 1 (73), 2024

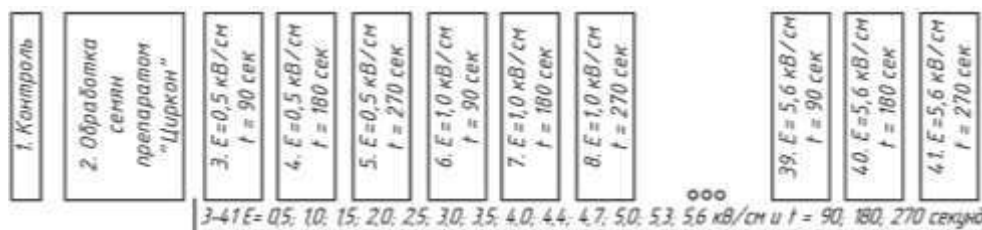


Рисунок 3 – Схема проведения опыта
Figure 3 – The scheme of the experiment

Таблица 1 – Влияние режимов электростимуляции на биометрические показатели
древесного растения

Table 1 – The effect of electrical stimulation modes on the biometric parameters of a woody plant

Варианты / Options	Вариант обработки / Processing Option	Экспозиция t, сек. / Exposure t, sec.	Высота растения, см / Plant height, cm	Длина главного корня, см / Length of the main root, cm	Количество боковых корней, шт. / Number of lateral roots, pcs.
1	Контроль / Control	-	2,2 ± 0,33	8,76 ± 1,02	2,33 ± 0,25
2	Эталон / Standard	-	4,21 ± 0,43	14,22 ± 1,78	4,25 ± 0,25
3	0,5 кВ/см / 0.5 kV/cm	90	4,72 ± 0,35	16,23 ± 1,75	5,16 ± 0,5
4		180	4,81 ± 0,42	16,83 ± 1,85	5,22 ± 0,45
5		270	4,8 ± 0,43	15,23 ± 1,68	5,21 ± 0,35
6	1,0 кВ/см / 1.0 kV/cm	90	4,82 ± 0,54	15,56 ± 1,45	5,18 ± 0,25
7		180	4,9 ± 0,65	16,68 ± 1,36	5,23 ± 0,3
8		270	4,9 ± 0,54	15,32 ± 1,25	5,19 ± 0,3
9	1,5 кВ/см / 1.5 kV/cm	90	4,9 ± 0,45	16,23 ± 1,45	4,44 ± 0,45
10		180	4,96 ± 0,6	16,26 ± 1,45	5,12 ± 0,2
11		270	4,92 ± 0,56	15,98 ± 1,65	4,65 ± 0,65
12	2,0 кВ/см / 2.0 kV/cm	90	4,78 ± 0,7	16,56 ± 1,68	5,12 ± 0,4
13		180	4,89 ± 0,78	17,21 ± 1,85	5,31 ± 0,5
14		270	4,83 ± 0,76	16,11 ± 1,8	5,24 ± 0,36
15	2,5 кВ/см / 2.5 kV/cm	90	4,93 ± 0,7	16,84 ± 1,75	5,22 ± 0,3
16		180	4,98 ± 0,85	17,29 ± 1,95	5,45 ± 0,35
17		270	4,9 ± 0,8	16,23 ± 1,93	5,25 ± 0,42
18	3,0 кВ/см / 3.0 kV/cm	90	5,19 ± 0,65	17,29 ± 1,45	5,55 ± 0,5
19		180	5,21 ± 0,8	17,78 ± 1,54	6,01 ± 0,45
20		270	5,11 ± 0,95	16,24 ± 1,62	5,12 ± 0,45
21	3,5 кВ/см / 3.5 kV/cm	90	5,29 ± 1,05	18,01 ± 1,56	5,44 ± 0,26
22		180	5,3 ± 1,15	18,11 ± 1,42	6,08 ± 0,4
23		270	5,2 ± 0,85	16,54 ± 1,36	5,54 ± 0,35
24	4,0 кВ/см / 4.0 kV/cm	90	5,31 ± 0,95	18,56 ± 1,95	5,34 ± 0,6
25		180	5,72 ± 1,1	19,01 ± 2,05	6,11 ± 0,72
26		270	5,31 ± 0,59	17,56 ± 2,12	5,42 ± 0,68
27	4,4 кВ/см / 4.4 kV/cm	90	5,58 ± 0,85	19,25 ± 2,45	5,83 ± 0,65
28		180	6 ± 1,25	19,4 ± 2,32	6,44 ± 0,8
29		270	5,65 ± 1,02	18,11 ± 2,16	5,46 ± 0,74
30	4,7 кВ/см / 4.7 kV/cm	90	5,833 ± 1,22	21,5 ± 2,1	6,01 ± 0,75
31		180	6,5 ± 1,26	22,5 ± 2,3	6,42 ± 0,55
32		270	6 ± 1,24	20,11 ± 2,15	6,35 ± 0,67
33	5,0 кВ/см / 5.0 kV/cm	90	5,75 ± 1,3	22,5 ± 1,95	5,16 ± 0,45
34		180	6,258 ± 1,5	22,67 ± 2,15	6,2 ± 0,54
35		270	6 ± 1,23	19,38 ± 2,1	5,47 ± 0,46
36	5,3 кВ/см / 5.3 kV/cm	90	4,692 ± 0,63	18,2 ± 1,2	5,83 ± 0,62
37		180	4,85 ± 0,59	18,4 ± 1,4	6,22 ± 0,54
38		270	4,9 ± 0,23	16,67 ± 1,25	6,01 ± 0,68
39	5,6 кВ/см / 5.6 kV/cm	90	4,42 ± 0,41	12,11 ± 0,95	3,33 ± 0,25
40		180	4,49 ± 0,44	12,99 ± 0,84	3,52 ± 0,3
41		270	4,14 ± 0,45	11,54 ± 0,75	3,12 ± 0,36

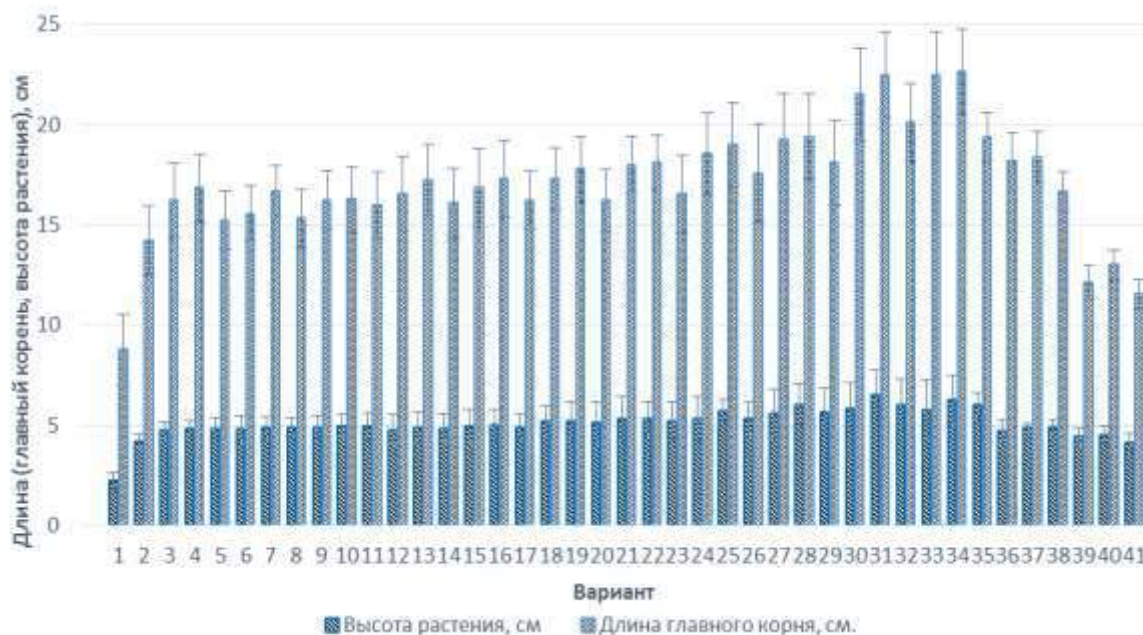


Рисунок 4 – Диаграмма отклика развития главного корня и высоты растения от режимов электростимуляции

Figure 4 – Diagram of the response of the development of the main root and the height of the plant from the modes of electrical stimulation

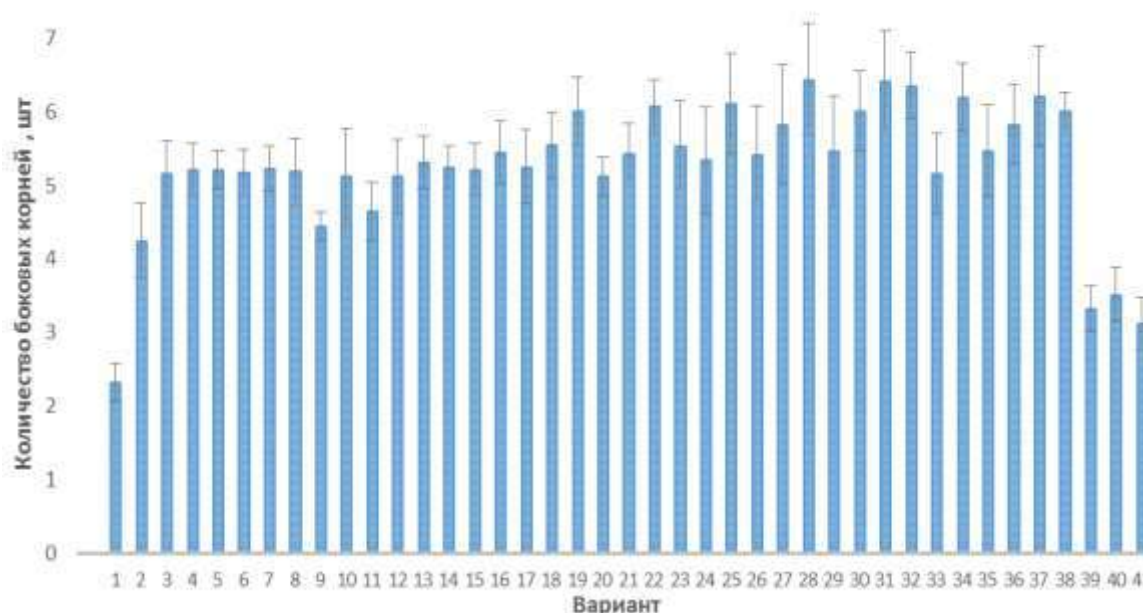


Рисунок 5 – Диаграмма отклика количества боковых корней от режимов электростимуляции

Figure 5 – Diagram of the response of the number of lateral roots from the modes of electrical stimulation

На рисунке 6 приведены данные по 41 реализованному варианту с разными соотношениями напряжённости электрического поля и экспозиции. Представлена трёхмерная визуализация зависимости высоты растения (рисунок 6а), длины главного корня (рисунок 6б), количества боковых корней (рисунок 5в) от заданных параметров, выполненная при помощи программы Statistica 10.0 на трёхмерной сетке с использованием линейной интерполяции.

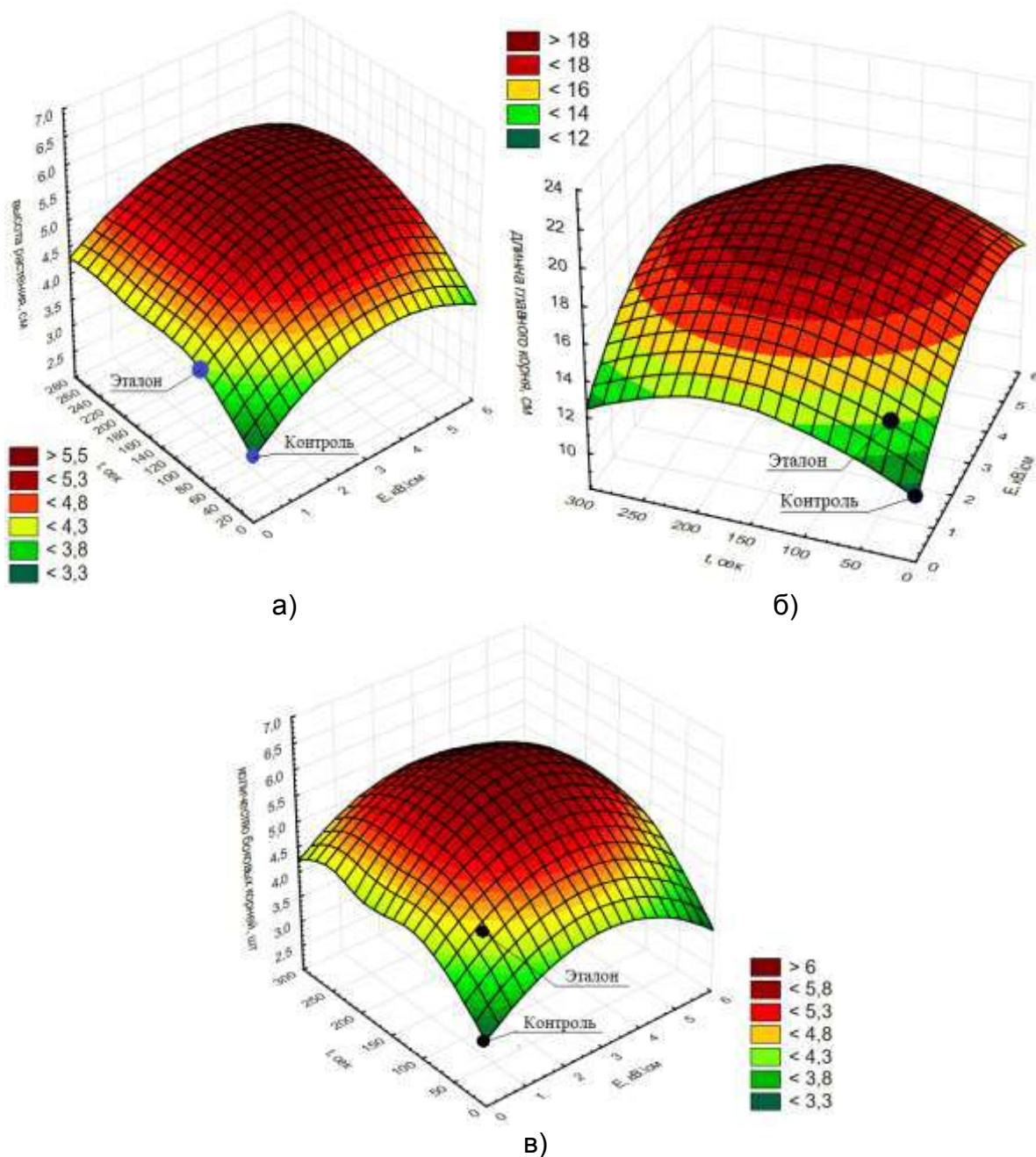


Рисунок 6 – Зависимости влияния напряженности переменного электрического поля промышленной частоты (E , кВ/см) и времени обработки (t , сек) на качественные показатели развития древесного растения: высота растения (а), длина главного корня (б) и количества боковых корней (в)

Figure 6 – The dependences of the influence of the high voltage alternating electric field intensity (E , kV/cm) and the processing time (t , s) on the qualitative indicators of the development of a woody plant: plant height (а), the length of the main root (б) and the number of lateral roots (в)

Наглядность приведенных диаграмм отклика и 3D-моделей позволяет высказать следующие качественные оценки совместного действия переменного электрического поля высокого напряжения и времени обработки:

- теоретическое представление о возможности повреждения растительной мембраны при рассчитанных значениях напряженности электрического поля подтверждается на диаграммах в виде резкого ухудшения показателей в связи с угнетающим эффектом воздействия на сам росток и наблюдается в ходе полевого опыта гибель более 50% посеянных семян;

- наиболее продуктивными режимами обработки семян в переменном электрическом поле можно считать предельные значения напряженности, которые может выдержать защитная мембрана ростка – 4,7...5,0 кВ/см с экспозицией 180 сек;

- отмечается положительный эффект развития корневой системы сеянца сосны крымской. Прирост показателей по сравнению с контрольными образцами варьируется на отметке в 2,6 раза. Количество боковых корней отвечающих за питание и надежное крепление в земле, увеличивается также в 2,75 раз. Стандартная технология, применяемая в питомнике «Нижневолжской станции по селекции древесных растений ФНЦ Агроэкологии РАН», показывает менее выраженный эффект в отличие от предлагаемой технологии, где показатели длины главного корня и количество боковых корней увеличились в 1,6 и 1,72 раза по сравнению с контролем;

- наиболее качественное развитие получает длина стебля сеянца, которая увеличивается в 2,95 раза по сравнению с контрольными образцами и в 1,54 раза по сравнению с обработанными в стимуляторе роста семенами;

- количество зелёной массы у однолетнего растения сосны крымской, взятых в обработку данных слабо отличается, поэтому в анализе не учитывались.

Выполненные полевые экспериментальные исследования по определению качественных показателей развития сеянцев древесных пород и изменение их морфометрии при электростимуляции подтверждают гипотезу о положительном влиянии переменного электрического поля промышленной частоты. Выявлены положительные результаты, которые существенно увеличивают развитие корневой системы и самого растения за счет ускорения хода биологических процессов и высвобождения дополнительной энергии для роста растения.

Заключение. Опираясь на результаты исследований, полученных при проведении полевого опыта в питомнике «Нижневолжской станции по селекции древесных растений ФНЦ Агроэкологии РАН», сделаны следующие выводы:

- воздействие переменного электрического поля промышленной частоты 50 Гц на семена сосны крымской проявляет в целом положительный эффект, увеличивая качественные показатели превышающие стандартные приемы интенсивной агротехники выращивания посадочного материала;

- семена, прошедшие электростимуляцию свыше значения напряженности электрического поля в 5,0 кВ/см, резко ухудшают развитие растения и процент выхода здоровых сеянцев.

Таким образом, целесообразно применять предпосевную обработку семян древесных культур, в частности хвойных пород, переменным электрическим полем промышленной частоты. На основе полученных результатов данных исследований совершенствуются известные, а также разрабатываются новые приёмы интенсивной агротехники выращивания посадочного материала древесных культур.

Conclusions. Based on the results of the research obtained during the field experiment in the nursery of the Lower Volga Station for the Selection of Woody Plants of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, the following conclusions were made:

- the effect of an alternating electric field of industrial frequency of 50 Hz on the seeds of Crimean pine has a generally positive effect, increasing quality indicators that exceed the standard methods of intensive agricultural techniques for growing planting material;

- seeds that have been electrically stimulated above the value of the electric field strength of 5.0 kV/cm sharply worsen the development of the plant and the percentage of yield of healthy seedlings.

Thus, it is advisable to apply pre-sowing treatment of seeds of tree crops, in particular coniferous species, with an alternating electric field of industrial frequency. On the basis of the results of these studies, the known methods of intensive agricultural technology for growing planting material of tree crops are being improved, as well as new methods are being developed.

Библиографический список

1. Ivushkin D. S., Petrukhin V. A., Volobuev S. V., Feklistov A. S., Prokofiev P. V. Woody plants seedlings irradiation lighting parameters by using LED transmitters in small-sized irradiation installations. Mathematical modeling of technical and economic systems in agriculture III-2020: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 786.
2. Kulik K. N., Barabanov A. T., Manaenkov A. S., Kulik A. K. Forecast assumption and analysis of the development of protective afforestation in the Volgograd region. Studies on Russian Economic Development. 2017. N. 28 (6). Pp. 641-647.
3. Yudaev I., Ivushkin D., Belitskaya M., Gribust I. Pre-sowing treatment of robinia pseudoacacia l. seeds with electric field of high voltage. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019. 2019. P. 012078.

4. Ivushkin D. S., Petrukhin V. A., Volobuev S. V., Feklistov A. S., Prokofiev P. V. Woody plants seedlings irradiation lighting parameters by using LED transmitters in small-sized irradiation installations. Mathematical Modeling of Technical and Economic Systems in Agriculture III-2020: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012017.
5. Баев В. И., Петрухин В. А. Стимуляция приживаемости привоев древесных растений электрическим воздействием. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2008. № 4 (12). С. 168-172.
6. Баев В. И., Петрухин В. А. Качественное описание процесса прирастания прививок растений при электрической стимуляции. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 4 (36). С. 241-245.
7. Zhao L., Liu W., Lian J., Shen M., Huo X. Effects of electric fields on Cd accumulation and photosynthesis in Zea mays seedlings. Environ Manage. 2020. Dec 15. No 276. 111328.
8. Rifna J., Ramanan Ratish, Radhakrishnan M. Emerging technology applications for improving seed germination. Trends in Food Science & Technology. 2019. No 86. Pp. 95-108.
9. Eing Ch., Bonnet S., Pacher M., Puchta H., Frey W. Effects of Nanosecond Pulsed Electric Field Exposure on Arabidopsis thaliana. Dielectrics and Electrical Insulation, IEEE Transactions on. 2019. V. 16. Pp. 1322-1328.
10. Барышева Н. Н., Пронин С. П. Метод контроля мембранного потенциала семян пшеницы и его применение для оценки всхожести. Ползуновский вестник. 2015. № 2.
11. Чумикина Л. В., Арабова Л. И., Мартынова И. В., Колпакова В. В. Изменение белкового комплекса семян тритикале при прорастании. Известия вузов. Пищевая технология. 2005. № 2-3.

References

1. Ivushkin D. S., Petrukhin V. A., Volobuev S. V., Feklistov A. S., Prokofiev P. V. Woody plants seedlings irradiation lighting parameters by using LED transmitters in small-sized irradiation installations. Mathematical modeling of technical and economic systems in agriculture III-2020: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 786.
2. Kulik K. N., Barabanov A. T., Manaenkov A. S., Kulik A. K. Forecast assumption and analysis of the development of protective afforestation in the Volgograd region. Studies on Russian Economic Development. 2017. N. 28 (6). Pp. 641-647.
3. Yudaev I., Ivushkin D., Belitskaya M., Gribust I. Pre-sowing treatment of robinia pseudoacacia l. seeds with electric field of high voltage. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019. 2019. P. 012078.
4. Ivushkin D. S., Petrukhin V. A., Volobuev S. V., Feklistov A. S., Prokofiev P. V. Woody plants seedlings irradiation lighting parameters by using LED transmitters in small-sized irradiation installations. Mathematical Modeling of Technical and Economic Systems in Agriculture III-2020: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012017.
5. Baev V. I., Petrukhin V. A. Stimulation of Survival of Scions of Woody Plants by Electrical Action. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2008. № 4 (12). Pp. 168-172.
6. Baev V. I., Petrukhin V. A. Qualitative description of the process of accretion of plant grafts during electrical stimulation. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2014. № 4 (36). Pp. 241-245.
7. Zhao L., Liu W., Lian J., Shen M., Huo X. Effects of electric fields on Cd accumulation and photosynthesis in Zea mays seedlings. Environ Manage. 2020. Dec 15. No 276. 111328.
8. Rifna J., Ramanan Ratish, Radhakrishnan M. Emerging technology applications for improving seed germination. Trends in Food Science & Technology. 2019. No 86. Pp. 95-108.
9. Eing Ch., Bonnet S., Pacher M., Puchta H., Frey W. Effects of Nanosecond Pulsed Electric Field Exposure on Arabidopsis thaliana. Dielectrics and Electrical Insulation, IEEE Transactions on. 2019. V. 16. Pp. 1322-1328.
10. Barysheva N. N., Pronin S. P. Method for Controlling the Membrane Potential of Wheat Seeds and Its Application for Germination Assessment. Polzunovskiy Vestnik. 2015. № 2.
11. Chumikina L. V., Arabova L. I., Martynova I. V., Kolpakova V. V. Changes in the protein complex of triticale seeds during germination. News of Higher Educational Institutions. Food Technology. 2005. № 2-3.

Информация об авторах

Ивушкин Денис Сергеевич, ассистент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9784-3260>, e-mail: ivushkinds@yandex.ru

Феклистов Андрей Сергеевич, ассистент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5464-1765>, e-mail: feklistov_as@mail.ru

Петрухин Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8278-0677>, e-mail: flit-land@yandex.ru

Волобуев Сергей Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: sergey-aspir14@yandex.ru

Прокофьев Петр Викторович, старший преподаватель кафедры "Электротехника и электрооборудование сельскохозяйственных предприятий", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: samen79@mail.ru

Юдаев Игорь Викторович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Применение электрической энергии», ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, улица им. Калинина, д. 13), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3435-4873>, e-mail: etsh1965@mail.ru

Author's Information

Ivushkin Denis Sergeevich, assistant of the Department "Electrical Equipment and Electrical Equipment of Agricultural Enterprises" of the Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9784-3260>, e-mail: ivushkinds@yandex.ru

Feklistov Andrey Sergeevich, assistant of the Department "Electrical Equipment and Electrical Equipment of Agricultural Enterprises" of the Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5464-1765>, e-mail: feklistov_as@mail.ru

Petrukhin Vladimir Aleksandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department "Electrical Equipment and Electrical Equipment of Agricultural Enterprises" of the Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8278-0677>, e-mail: flit-land@yandex.ru

Volobuev Sergey Vasilievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department "Electrical Equipment and Electrical Equipment of Agricultural Enterprises" of the Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: sergey-aspir14@yandex.ru

Prokofiev Petr Viktorovich, senior lecturer of the Department "Electrical Equipment and Electrical Equipment of Agricultural Enterprises" of the Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: camen79@mail.ru

Yudaev Igor Viktorovich, Doctor of Engineering sciences, professor, professor of the Department "Application of electrical energy" of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinina st., 13), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3435-4873>, e-mail: etsh1965@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-40

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES THE POWER LOAD OF THE DIESEL UNIT

Gubaidulin D. S., Shvabauer Yu. A., Gapich D. S., Fomin S. D.

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author or E-mail: Gds-08@mail.ru

Received 12.12.2023

Submitted 25.01.2024

Summary

The article presents the results of experimental studies of the working bodies of chisel tools with improved geometric characteristics. The results of experimental studies have shown that the use of working bodies with improved geometric characteristics of the working surface can reduce the total traction resistance of the tractor by 6-9%. It is noted that the effectiveness of the use of experimental working bodies decreases with an increase in the speed of movement of the unit.

Abstract

Introduction. Among the effective agrotechnical methods of soil destruction, from the point of view of environmental factors (the development of wind and water erosion), it is possible to distinguish non-dumping loosening with chisel plows. This agrotechnical technique is used, as a rule, on "heavy" soils: the value of the resistivity coefficient is 6.5 – 11 kg / cm²; the humus content is less than 2%; the reduced value of soil moisture at the time of chisel treatment (up to 12%). Of the main disadvantages of chisel processing, it should be highlighted: the significant energy intensity of the process; the complexity of using chisel tools on clogged soils and soils with low humidity due to the occurrence of the process of block formation and "porosity" of the arable layer; the appearance of the effect of cutting the soil background without crumbling it (on soils with high humidity). The desire of scientists to reduce the total cost of continuous tillage forces them to pay attention to the physical processes of interaction of the tillage tool with the soil, the study of which makes it possible to improve the geometry of the working bodies of existing tools according to energy efficiency criteria. Therefore, a comprehensive study of the energy intensity of the chiseling process by working bodies of various geometric shapes is an urgent task. **Object.** The object of the study is the energy parameters of the chisel tillage process with the OCHO-5 plow, equipped with working bodies with improved geometric characteristics of the working surface. **Materials and methods.** Theoretical research methods were based on the analysis and modeling of the physical features of the destruction and movement of the soil layer on the surface of the working organ. Experimental studies were carried out on real objects of tillage implements equipped with working bodies with different geometric characteristics of the working surface, using standard techniques. **Results and conclusions.** An analysis of the results of field studies of the energy intensity of the technological process of chiseling soil showed that the use of working bodies with improved geometric characteristics of the working surface reduces the overall traction resistance of the chisel plow: by 11% when working at speeds up to 4 km/h and by 8% when working at speeds of 4-7 km/h.

Keywords: *chisel plough, traction resistance of chisel plough, working bodies of chisel plough, hook load of tractor.*

Citation. Gubaidullin D. S., Shvabauer Yu. A., Gapich D. S., Fomin S. D. The results of experimental studies the power load of the diesel unit. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 357-365 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-40.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read the final version presented and approved it.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.316.22

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
СИЛОВОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ЧИЗЕЛЬНОГО АГРЕГАТА****Губайдулин Д. С., аспирант****Швабауэр Ю. А., аспирант****Гапич Д. С., доктор технических наук, профессор****Фомин С. Д., доктор технических наук, профессор***ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация*

Актуальность. Среди эффективных агротехнических приемов разрушения почвы, с точки зрения экологических факторов (развитие ветровой и водной эрозии), можно выделить безотвальное рыхление чизельными плугами. Данный агротехнический прием применяют, как правило, на «тяжелых» почвах: значение коэффициента удельного сопротивления $6,5 - 11 \text{ кг/см}^2$; содержание гумуса менее 2%; пониженное значение влажности почвы на момент проведения чизельной обработки (до 12%).

Из основных недостатков чизельной обработки необходимо выделить следующие: значительная энергоемкость процесса; сложность применения чизельных орудий на засорённых почвах и почвах пониженной влажностью в виду возникновения процесса глыбообразования и «порозности» пахотного слоя; возникновение эффекта резания почвенного фона без его крошения (на почвах повышенной влажностью).

Стремление ученых уменьшить суммарные затраты на сплошную обработку почвы заставляет их обращать внимание на физические процессы взаимодействия почвообрабатывающего орудия с почвой, изучение которых позволяет совершенствовать геометрию рабочих органов существующих орудий по критериям энергоэффективности. Поэтому всестороннее изучение энергоемкости процесса чизелевания рабочими органами различной геометрической формы является актуальной задачей. **Объект.** Объектом исследования являются энергетические параметры процесса чизельной обработки почвы плугом ОЧО-5, оборудованного рабочими органами с улучшенными геометрическими характеристиками рабочей поверхности. **Материалы и методы.** Теоретические методы исследования базировались на анализе и моделировании физических особенностей разрушения и перемещения почвенного пласта по поверхности рабочего органа. Экспериментальные исследования проводились на реальных объектах почвообрабатывающих орудий, оснащенных рабочими органами с различными геометрическими характеристиками рабочей поверхности, с применением стандартных методик. **Результаты и выводы.** Анализ результатов полевых исследований энергоемкости технологического процесса чизелевания почвы показал, что использование рабочих органов с улучшенными геометрическими характеристиками рабочей поверхности позволяет снизить общее тяговое сопротивление чизельного плуга: на 11% при работе на скоростях до 4 км/ч и на 8% при работе на скоростях $4-7 \text{ км/ч}$.

Ключевые слова: чизельный плуг, тяговое сопротивление чизельного плуга, рабочие органы чизельного плуга, крюковая нагрузка трактора.

Цитирование. Губайдулин Д. С., Швабауэр Ю. А., Гапич Д. С., Фомин С. Д. Результаты экспериментальных исследований силовой нагруженности чизельного агрегата. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 357-365. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-40.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Среди эффективных агротехнических приемов разрушения почвы, с точки зрения экологических факторов (развитие ветровой и водной эрозии), можно выделить безотвальное рыхление чизельными плугами [1-4]. Данный агротехнический прием применяют, как правило, на «тяжелых» почвах: значение коэффициента удельного сопротивления $6,5 - 11 \text{ кг/см}^2$; содержание гумуса менее 2%; пониженное значение влажности почвы на момент проведения чизельной обработки (до 12%).

Из основных недостатков чизельной обработки необходимо выделить следующие: значительная энергоемкость процесса; сложность применения чизельных орудий на засорённых почвах и почвах пониженной влажностью в виду возникновения процесса глыбообразования и «порозности» пахотного слоя; возникновение эффекта резания почвенного фона без его крошения (на почвах повышенной влажностью) [5-7].

Стремление ученых уменьшить суммарные затраты на сплошную обработку почвы заставляет их обращать внимание на физические процессы взаимодействия почвообрабатывающего орудия с почвой, изучение которых позволяет совершенствовать геометрию рабочих органов существующих орудий по критериям энергоэффективности [8, 9]. Поэтому всестороннее изучение энергоемкости процесса чизелевания рабочими органами различной геометрической формы является актуальной задачей.

Материалы и методы. Теоретические методы исследования базировались на анализе и моделировании физических особенностей разрушения и перемещения почвенного пласта по поверхности рабочего органа. Экспериментальные исследования проводились на реальных объектах почвообрабатывающих орудий, оснащенных рабочими органами с различными геометрическими характеристиками рабочей поверхности, с применением стандартных методик. Объектом исследования являются энергетические параметры процесса чизельной обработки почвы плугом ОЧО-5, оборудованного рабочими органами с улучшенными геометрическими характеристиками рабочей поверхности [10]. Общий вид объекта исследования и экспериментальных рабочих органов показан на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1 – Объект исследования. Работа агрегата в поле
Figure 1 – Object of research. The operation of the unit in the field



а)



б)

Рисунок 2 – Экспериментальный рабочий орган чизельного плуга; а) – модель экспериментального рабочего органа; б) – секция чизельного плуга, оборудованная экспериментальным рабочим органом

Figure 2 – Experimental working body of a chisel plow; а) – a model of an experimental working body; б) – chisel plow section equipped with an experimental working body

В процессе проведения натурных испытаний регистрировались следующие параметры: крюковая нагрузка трактора; действительная скорость движения агрегата.

Крюковая нагрузка трактора замерялась при помощи тензометрических пальцев, установленных в верхних и нижних тягах навесной системы трактора. Действительная скорость движения агрегата методом «пятого колеса».

Результаты и обсуждение. Экспериментальные исследования направлены на изучение изменения крюкового усилия чизельного агрегата, оборудованного экспериментальными рабочими органами, в сравнении с чизельным агрегатом, оборудованного серийными рабочими органами. В данных исследованиях применялись экспериментальные рабочие органы, форма поверхности которых получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами $P1 (0;24)$, $P2 (80;12)$, $P3 (168;24)$, $P4 (240;6)$ [10].

Выбор данных экспериментальных долот был определен следующими обстоятельствами:

– по сравнению с экспериментальными долотами, форма поверхности которых получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами $P1 (0;24)$, $P2 (80;18)$, $P3 (168;24)$, $P4 (240;6)$, выбранные долота, согласно работе [10], обладают меньшим тяговым сопротивлением;

– экспериментальные долота, форма поверхности которых получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами $P1 (0;24)$, $P2 (80;6)$, $P3 (168;24)$, $P4 (240;6)$, несмотря на наименьшие показатели тягового сопротивления, были нами отбракованы, по причине снижения их прочностных характеристик в зоне второго крепления к стойке секции.

На рисунке 3 представлены результаты экспериментальных исследований крюковой нагрузки чизельного агрегата на базе трактора ДТ-75М в зависимости от действительной скорости движения.

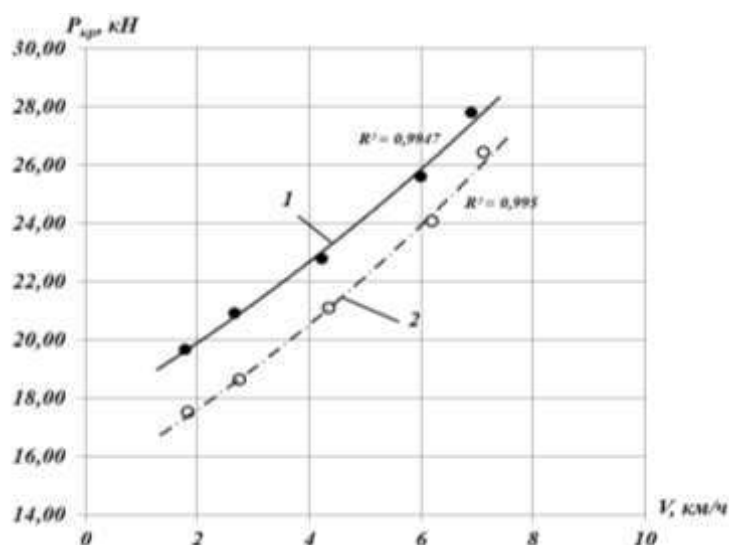


Рисунок 3 – Изменение крюкового усилия чизельного агрегата в функции скорости движения; 1 – серийные рабочие органы; 2 – экспериментальные рабочие органы. Влажность почвы 8%

Figure 3 – Change in the hook force of the chisel unit as a function of the speed of movement; 1 – serial working bodies; 2 – experimental working bodies. Soil moisture content is 8%

Анализ данных рисунка 3 показывает, что при увеличении скорости движения чизельного агрегата наблюдается рост крюковой нагрузки. Данный эффект характерен как для агрегата, оборудованного серийными рабочими органами, так и для экспериментального агрегата. При увеличении рабочей скорости движения агрегата, оборудованного серийными рабочими органами, от 1,78 до 6,9 км/ч значение крюковой нагрузки изменялось от 19,66 кН до 27,77 кН. В случае использования экспериментальных рабочих органов диапазон изменения крюкового усилия трактора составил от 17,49 до 26,39 кН при увеличении скорости движения от 1,84 до 7,13 км/ч.

Приблизительно аналогичный результат наблюдался при работе на почвенном фоне влажностью 12%, рисунок 4.

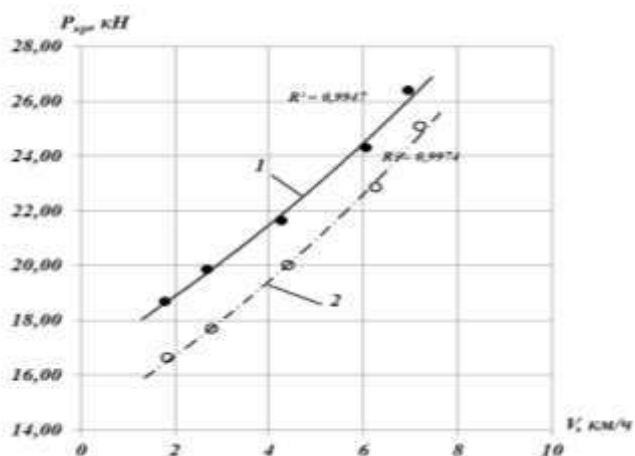


Рисунок 4 – Изменение крюкового усилия чизельного агрегата в функции скорости движения;
1 – серийные рабочие органы; 2 – экспериментальные рабочие органы. Влажность почвы 12%
Figure 4 – Change in the hook force of the chisel unit as a function of the speed of movement;
1 – serial working bodies; 2 – experimental working bodies. Soil moisture content is 12%

При увеличении рабочей скорости движения агрегата, оборудованного серийными рабочими органами, от 1,79 до 6,9 км/ч значение крюковой нагрузки изменялось от 18,67 кН до 26,38 кН. В случае использования экспериментальных рабочих органов диапазон изменения крюкового усилия трактора составил от 16,62 до 25,07 кН при увеличении скорости движения от 1,86 до 7,2 км/ч.

При работе на почвенном фоне влажностью выше 16 % эффективность применения экспериментальных рабочих органов заметно уменьшается, рисунок 5.

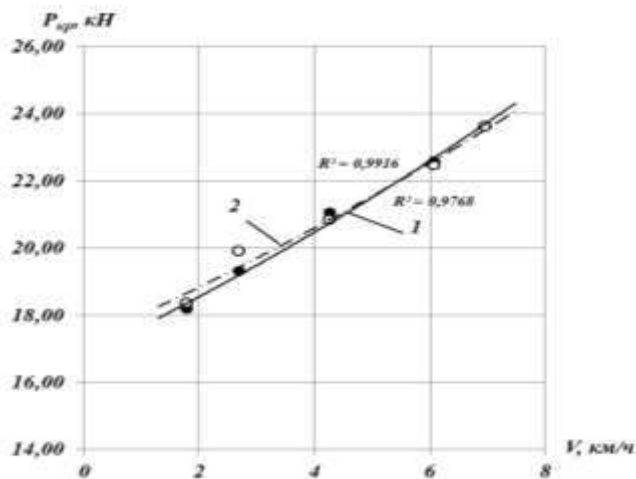


Рисунок 5 – Изменение крюкового усилия чизельного агрегата в функции скорости движения;
1 – серийные рабочие органы; 2 – экспериментальные рабочие органы. Влажность почвы 16%
Figure 5 – Change in the hook force of the chisel unit as a function of the speed of movement;
1 – serial working bodies; 2 – experimental working bodies. Soil moisture content is 16%

При увеличении рабочей скорости движения агрегата, оборудованного серийными рабочими органами, от 1,79 до 6,9 км/ч значение крюковой нагрузки изменялось от 18,67 кН до 26,38 кН. В случае использования экспериментальных рабочих органов диапазон изменения крюкового усилия трактора составил от 16,62 до 25,07 кН при увеличении скорости движения от 1,86 до 7,2 км/ч.

Выигрыш в крюковом усилии трактора можно проследить по экспериментальным данным рисунка 6, здесь приведены зависимости снижения крюкового усилия трактора за счет применения экспериментальных рабочих органов в зависимости от скорости движения. Данные представлены для почвенных фонов различной влажности.

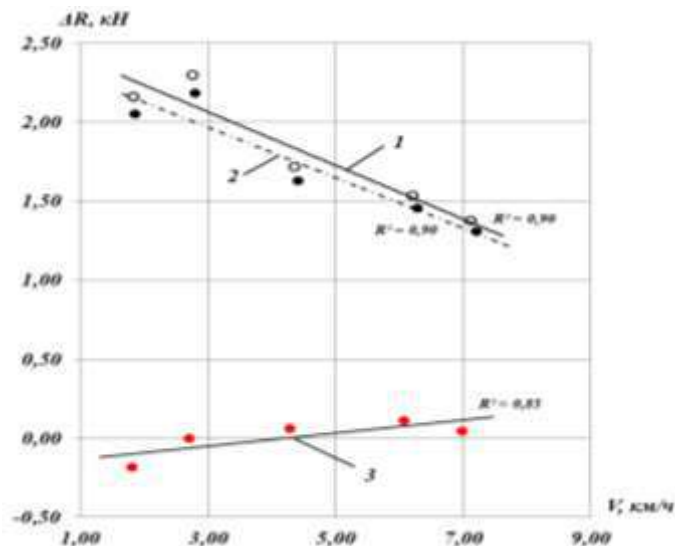


Рисунок 6 – Снижение крюкового усилия чизельного агрегата за счет применения экспериментальных рабочих органов в функции скорости движения: 1 – влажность почвы 8%; 2 – влажность почвы 12%; 3 – влажность почвы 16%

Figure 6 – Reduction of the hook force of the chisel unit due to the use of experimental working bodies in the function of movement speed: 1 – soil moisture 8%; 2 – soil moisture 12%; 3 – soil moisture 16%

Из данных рисунка 6 видно, что с увеличением скорости движения эффективность применения экспериментальных рабочих органов снижается. Так, при увеличении рабочей скорости движения от 1,78 до 6,9 км/ч эффективность применения экспериментальных рабочих органов снизилась с 11 до 8%, при влажности почвы 8-12%. Эффективность применения экспериментальных долот на почвенных фонах влажность выше 16 не подтверждена, а в некоторых случаях, наоборот, наблюдается увеличение крюкового усилия трактора. Более наглядно данный результат можно проследить на рисунках 7, 8.

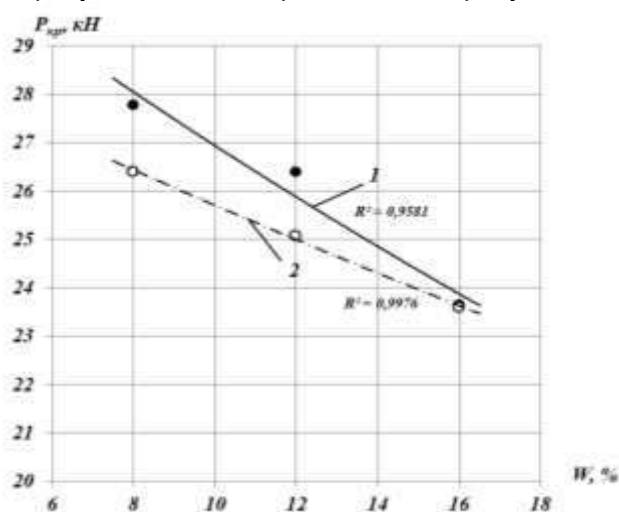


Рисунок 7 – Крюковое усилие чизельного агрегата в функции влажности почвенного фона: 1 – серийные рабочие органы; 2 – экспериментальные рабочие органы

Figure 7 – The hook force of the chisel unit in the function of soil background moisture: 1 – serial working bodies; 2 – experimental working bodies

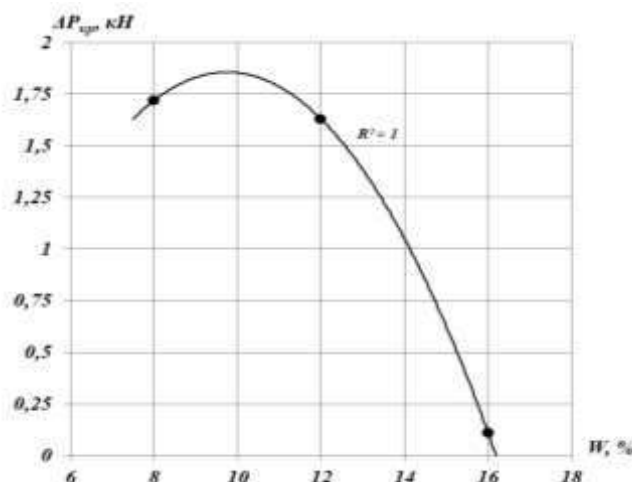


Рисунок 8 – Снижение крюкового усилия чизельного агрегата за счет применения экспериментальных рабочих органов в функции влажности почвенного фона
Figure 8 – Reduction of the hook force of the chisel unit due to the use of experimental working bodies in the function of soil background moisture

Заключение. В целом представленный материал позволяет сделать следующие выводы:

1. Использование экспериментальных долот позволяет снизить среднее значение сопротивления движению чизельного агрегата, причем наилучший результат наблюдается на скоростях до 4 км/ч. Данный эффект объясняется тем, что при работе на повышенных скоростях пласт почвы, движущийся по рабочей поверхности, не успевает полностью повторить профиль рабочего органа, что приводит к снижению доли деформаций, связанных с растяжением почвенного пласта.

2. При использовании экспериментальных долот на почвах влажностью более 16% эффективность их применения полностью отсутствует. Наблюдается, наоборот, прирост тягового сопротивления экспериментальной секции. Данный эффект вызван ростом липкости и связности почвы, что приводит к налипанию частиц почвы на вогнутую часть долота. В этом случае движение почвенного пласта происходит не по сопряжению сталь – почва, а по сопряжению почва – почва, что резко увеличивает коэффициент трения трущихся поверхностей, а следовательно, и общее тяговое сопротивление чизельной секции.

3. Общее снижение крюковой нагрузки трактора, при использовании экспериментальных рабочих органов, составило: 11% при работе на скоростях до 4 км/ч; 8% при работе на скоростях 4-7 км/ч.

Conclusions. In general, the material presented makes it possible to draw the following conclusions:

1. The use of experimental chisels allows to reduce the average value of the resistance to movement of the diesel unit. With what, the best result is observed at speeds up to 4 km / h. This effect is due to the, When working at high speeds, the soil layer, Moving on a working surface, does not have time to completely repeat the profile of the working body, which leads to a decrease in the proportion of deformations, associated with soil expansion.

2. When using experimental chisels on soils with a humidity of more than 16%, the effectiveness of their use is completely absent. On the contrary, there is an increase in the traction resistance of the experimental section. This effect is caused by an increase in stickiness and connectivity of the soil, which leads to soil particles sticking to the concave part of the chisel. In this case, the movement of the soil layer does not occur on the conjugation of steel - soil, and the soil - soil, which dramatically increases the coefficient of friction of rubbing surfaces, and therefore, and total traction resistance of the diesel section.

3. Total reduction of tractor hook load, the use of pilot working bodies, amounted to: 11% when working at speeds up to 4 km / h; 8% when working at speeds of 4-7 km / h.

Библиографический список

1. Борисенко И. Б., Пындак В. И., Новиков А. Е. Развитие чизельных почвообрабатывающих орудий и их теоретическое обоснование. Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2021. № 2. С. 12-19.

2. Борисенко И. Б., Сидоров А. Н., Мезникова М. В., Сытилин М. Н. Технологический процесс основной обработки как фактор ресурсосбережения при возделывании сельскохозяйственных культур. Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2020. С. 112-118.
3. Ayadi Ibrahim, Hatem Bentaher, Aref Maalej Soil-blade orientation effect on tillage forces determined by 3D finite element models Spanish. Journal of Agricultural Research. 2014. Pp. 941-951.
4. Barr J. B., Ucgul M., Desbiolles J. M. A., Fielke J. M. Simulating the effect of rake angle on narrow opener performance with the discrete element method. Biosystems Engineering. 2018. No 171. Pp. 1-15.
5. Dzyuba O., Dzyuba A., Polyakov A., Volokh V., Antoshchenkov R., Mykhailov A. Studying the influence of structural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. No 3 (1-99). Pp. 55-65.
6. Gabitov I., Mudarisov S., Gafurov I., Ableeva A., Negovora A., Davletshin M., Rakhimov Z., Khamaletdinov R., Martynov V., Yukhin G. Evaluation of the efficiency of mechanized technological processes of agricultural production. Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. No 13 (Specialissue10). Pp. 8338-8345.
7. Guerra A. J. T., Fullen M. A., Jorge M. D. C. O., Bezerra J. F. R., Shokr M. S. Slope processes, mass movement and soil erosion: A review. Pedosphere. 2018. No 27. P. 2741.
8. Васьков А. А., Дорохов А. С., Романенко В. Н. Применение методов начертательной геометрии для графического построения развертывающихся рабочих поверхностей плугов. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2012. № 1 (52). С. 42-44.
9. Васьков А. А., Дорохов А. С., Трушина Л. Н. Графическое построение рабочих поверхностей корпусов плугов. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2012. № 2 (53). С. 51-53.
10. Гапич Д. С., Швабауэр Ю. А., Субботин С. И., Губайдулин Д. С. Снижение тягового сопротивления чизельных орудий. Известия НВ АУК. 2023. № 4. С. 398-409.

References

1. Borisenko I. B., Pöndak V. I., Novikov A. E. The Development of Chisel Soil Processing Tools and Their Theoretical Justification. Agricultural machinery: maintenance and repair. 2021. № 2. Pp. 12-19.
2. Borisenko I. B., Sidorov A. N., Meznikova M. V., Sytilin M. N. Technological process of basic processing as a factor of resource saving in the cultivation of crops. Optimization of agricultural land use and strengthening the export potential of the agro-industrial complex of the Russian Federation on the basis of convergent technologies: materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd, 2020. Pp. 112-118.
3. Ayadi Ibrahim, Hatem Bentaher, Aref Maalej Soil-blade orientation effect on tillage forces determined by 3D finite element models Spanish. Journal of Agricultural Research. 2014. Pp. 941-951.
4. Barr J. B., Ucgul M., Desbiolles J. M. A., Fielke J. M. Simulating the effect of rake angle on narrow opener performance with the discrete element method. Biosystems Engineering. 2018. No 171. Pp. 1-15.
5. Dzyuba O., Dzyuba A., Polyakov A., Volokhov V., Antoshchenkov R., Mykhailov A. Studying the influence of structural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. No 3 (1-99). Pp. 55-65.
6. Gabitov I., Mudarisov S., Gafurov I., Ableeva A., Negovora A., Davletshin M., Rakhimov Z., Khamaletdinov R., Martynov V., Yukhin G. Evaluation of the efficiency of mechanized technological processes of agricultural production. Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. No 13 (Specialissue10). Pp. 8338-8345.
7. Guerra A. J. T., Fullen M. A., Jorge M. D. C. O., Bezerra J. F. R., Shokr M. S. Slope processes, mass movement and soil erosion: A review. Pedosphere. 2018. No 27. P. 2741.
8. Vaskov A. A., Dorokhov A. S., Romanenko V. N. Application of drawing geometry methods for graphical construction of deployable working surfaces of plows. Bulletin of Moscow State Agroengineering University. 2012. № 1 (52). Pp. 42-44.
9. Vaskov A. A., Dorokhov A. S., Trushina L. N. Graphical construction of working surfaces of plough hulls. Bulletin of Moscow State Agroengineering University. 2012. № 2 (53). Pp. 51-53.
10. Gapich D. S., Schwabauer Yu. A., Subbotin S. I., Gubaidulin D. S. Reduced traction resistance of chisel units. News of the Lower Volga agro-university complex. 2023. № 4. Pp. 398-409.

Информация об авторах

Губайдулин Данияр Саматович, аспирант кафедры "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru
Швабауэр Юрий Александрович, аспирант кафедры "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru
Гапич Дмитрий Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru
Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

Author's Information

Gubaidulin Daniyar Samatovich, Postgraduate student of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: Gds-08@mail.ru
Shvabauer Yuri Aleksandrovich, Postgraduate student of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Gapich Dmitri Sergeevich, Doctor Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Fomin Sergey Denisovich, Doctor Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-41

MODELING OF THE SURFACE OF THE WORKING BODY CHISEL PLOW

Shvabauer Yu. A., Subbotin S. I., Gapich D. S., Fomin S. D.

Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author or E-mail: Gds-08@mail.ru

Received 12.12.2023

Submitted 24.01.2024

Summary

The article presents the results of modeling and experimental studies of the working bodies of chisel tools with improved geometric characteristics. The results of experimental studies have shown that the use of working bodies with improved geometric characteristics of the working surface can reduce the total traction resistance of the tractor by 6-9%. It is noted that the effectiveness of the use of experimental working bodies decreases with an increase in the speed of movement of the unit.

Abstract

Introduction. The issues of modeling the working surfaces of tools for loosening the soil remain quite relevant. At the head of the study, the authors of the analyzed works raised the question of the essence of the conditions that ensure the minimum value of energy costs during soil loosening. The main factors determining this condition were: physical and mechanical characteristics of the processed material; high-speed modes of loosening and cutting the soil; tribotechnical characteristics of materials used for the manufacture of working bodies, and, finally, the shape of the working surface. The main part of the theoretical developments concerning the theory of the wedge and the movement of soil particles along the executive surfaces of the working bodies of tillage implements is devoted to the analysis of the relative motion of soil particles. This is explained, first of all, by the classical approach to the invariance of the movement of the treated soil layer and the working organ. There are separate theoretical calculations that contain elements of describing the kinematics of the absolute motion of soil particles in space, but their presentation is not presented in full, and a characteristic feature of such calculations is that they consider, mainly, the case when soil particles make absolute motion along trajectories normal to the executive surfaces of working bodies. Based on the conducted studies of the deformation of the soil layer, the basic principle of the relationship and mutual transition of the shapes of the surfaces of the working body was formulated: "a concave profile should be replaced by a convex profile when passing through a rectilinear shape, and vice versa. The surface shapes are formed as a combination of the shape of the longitudinal and the shape of the transverse profiles. Using this principle as a criterion condition, we propose a mathematical model for describing the surface of the working body of a chisel plow. **Object.** The object of the study is the working body of a chisel plow, made in the form of a chisel. **Materials and methods.** Theoretical research methods are based on the analysis and modeling of the physical features of the destruction and movement of the soil layer on the surface of the working organ. **Results and conclusions.** The forming curve of the surface of the chisel plow working body is obtained by conjugating the calculated parabolas, provided that they pass through the reference points belonging to the surface of the working body. The first reference point is the point P1, located on the upper boundary of the bit in its left part, the coordinates of this point P1 (0;24). The second reference point is located in the zone of the second attachment of the chisel to the gun rack, the coordinates of the point P2 (80;12). The third reference point is located on the border of the two functional zones of the chisel, the working zone and the fastening zone. The position of the point P3 is determined by the coordinates P3 (168;24). The position of the fourth reference point is assumed on the bow of the chisel. This point defines the boundaries of the existence of the working body, its coordinates are P4 (240;6). Based on the parabolic interpolation of analytically obtained parabolic lines, parametric equations of the generating curve and the surface of the simulated working body are obtained.

Keywords: chisel plough, chisel plough chisel, chisel plough working tools, chisel plough bit working surface.

Citation. Shvabauer Yu. A., Subbotin S. I., Gapich D. S., Fomin S. D. Modeling of the surface of the working body chisel plow. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 365-373 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-41.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read the final version presented and approved it.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.316.22

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ РАБОЧЕГО ОРГАНА ЧИЗЕЛЬНОГО ПЛУГА

Швабауэр Ю. А., аспирант

Субботин С. И., аспирант

Гапич Д. С., доктор технических наук, профессор

Фомин С. Д., доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Вопросы моделирования рабочих поверхностей орудий для рыхления почвы остаются достаточно актуальными. Во главу исследования авторы работ в данном направлении ставили вопрос о сущности условий, обеспечивающих минимальное значение энергетических затрат при проведении рыхления почвы. К основным факторам, определяющим данное условие были отнесены: физико-механические характеристики обрабатываемого материала; скоростные режимы рыхления и резания почвы; триботехнические характеристики материалов, применяемых для изготовления рабочих органов, и, наконец, форма рабочей поверхности.

Основная часть теоретических разработок, касающихся теории клина и перемещения частиц почвы по исполнительным поверхностям рабочих органов почвообрабатывающих орудий посвящена анализу относительного движения частиц почвы. Объясняется это, прежде всего, классическим подходом к инвариантности движения обрабатываемого почвенного пласта и рабочего органа. Имеются отдельные теоретические выкладки, которые содержат элементы описания кинематики абсолютного движения частиц почвы в пространстве, но их изложение представлено не в полном объеме, и характерной особенностью таких выкладок является то, что они рассматривают, в основном, тот случай, когда частицы почвы совершают абсолютное движение по траекториям, нормальным к исполнительным поверхностям рабочих органов.

На основании проведенных исследований деформации почвенного пласта был сформулирован основной принцип взаимосвязи и взаимоперехода форм поверхностей рабочего органа «вогнутый профиль при переходе через прямолинейную форму должен сменяться выпуклым профилем, и наоборот. Формы поверхности образуются как сочетание формы продольного и формы поперечного профилей. Используя данный принцип, как критериальное условие, нами предлагается математическая модель описания поверхности рабочего органа чизельного плуга.

Объект. Объектом исследования является рабочий орган чизельного плуга, выполненный в виде долота. **Материалы и методы.** Теоретические методы исследования базируются на анализе и моделировании физических особенностей разрушения и перемещения почвенного пласта по поверхности рабочего органа. **Результаты и выводы.** Образующая кривая линия поверхности рабочего органа чизельного плуга получена путем сопряжения расчетных парабол, при условии, что они проходят через реперные точки, принадлежащих поверхности рабочего органа. В качестве первой реперной точки принята точка Р1, находящаяся на верхней границе долота в левой её части, координаты данной точки Р1 (0;24). Вторая реперная точка находится в зоне второго крепления долота к стойке орудия, координаты точки Р2 (80;12). Третья реперная точка находится на границе двух функциональных зон долота, рабочей зоны и зоны крепления. Положение точки Р3 определяется координатами Р3 (168;24). Положение четвертой реперной точки принято на носовой части долота. Данная точка определяет границы существования рабочего органа, её координаты Р4 (240;6). На основании параболической интерполяции аналитически заданных параболических линий получены параметрические уравнения образующей кривой и поверхность моделируемого рабочего органа.

Ключевые слова: чизельный плуг, долото чизельного плуга, рабочие органы чизельного плуга, рабочая поверхность долота чизельного плуга.

Цитирование. Швабауэр Ю. А., Субботин С. И., Гапич Д. С., Фомин С. Д. Моделирование поверхности рабочего органа чизельного плуга. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 365-373. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-41.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Вопросы моделирования рабочих поверхностей орудий для рыхления почвы остаются достаточно актуальными [1, 2]. Во главу исследования авторы анализируемых работ ставили вопрос о сущности условий, обеспечивающих минимальное значение энергетических затрат при проведении рыхления почвы. К основным факторам, определя-

ющих данное условие были отнесены: физико-механические характеристики обрабатываемого материала; скоростные режимы рыхления и резания почвы; триботехнические характеристики материалов, применяемых для изготовления рабочих органов, и, наконец, форма рабочей поверхности [3, 4].

Основная часть теоретических разработок, касающихся теории клина и перемещения частиц почвы по исполнительным поверхностям рабочих органов почвообрабатывающих орудий посвящена анализу относительного движения частиц почвы [5,6]. Объясняется это, прежде всего, классическим подходом к инвариантности движения обрабатываемого почвенного пласта и рабочего органа. Имеются отдельные теоретические выкладки, которые содержат элементы описания кинематики абсолютного движения частиц почвы в пространстве, но их изложение представлено не в полном объеме, и характерной особенностью таких выкладок является то, что они рассматривают, в основном, тот случай, когда частицы почвы совершают абсолютное движение по траекториям нормальным к исполнительным поверхностям рабочих органов [7].

На основании проведенных исследований деформации почвенного пласта был сформулирован основной принцип взаимосвязи и взаимоперехода форм поверхностей рабочего органа «вогнутый профиль при переходе через прямолинейную форму должен сменяться выпуклым профилем, и наоборот. Формы поверхности образуются как сочетание формы продольного и формы поперечного профилей [8]. Используя данный принцип, как критериальное условие, нами предлагается математическая модель описания поверхности рабочего органа чизельного плуга.

Материалы и методы. Теоретические методы исследования базируются на анализе и моделировании физических особенностей разрушения и перемещения почвенного пласта по поверхности рабочего органа.

Результаты и обсуждения. В работе [9] показано, что параболическая поверхность рабочего органа может обеспечивать снижение одного из слагаемых общего тягового сопротивления рабочего органа, связанного с перемещением частицы почвы по его поверхности. Получено уравнение параболической кривой, обеспечивающей уменьшение тягового сопротивления рабочего органа при движении его в обрабатываемой среде. На основании данного уравнения построены расчетные параболические кривые при различных начальных значениях, рисунок 1.

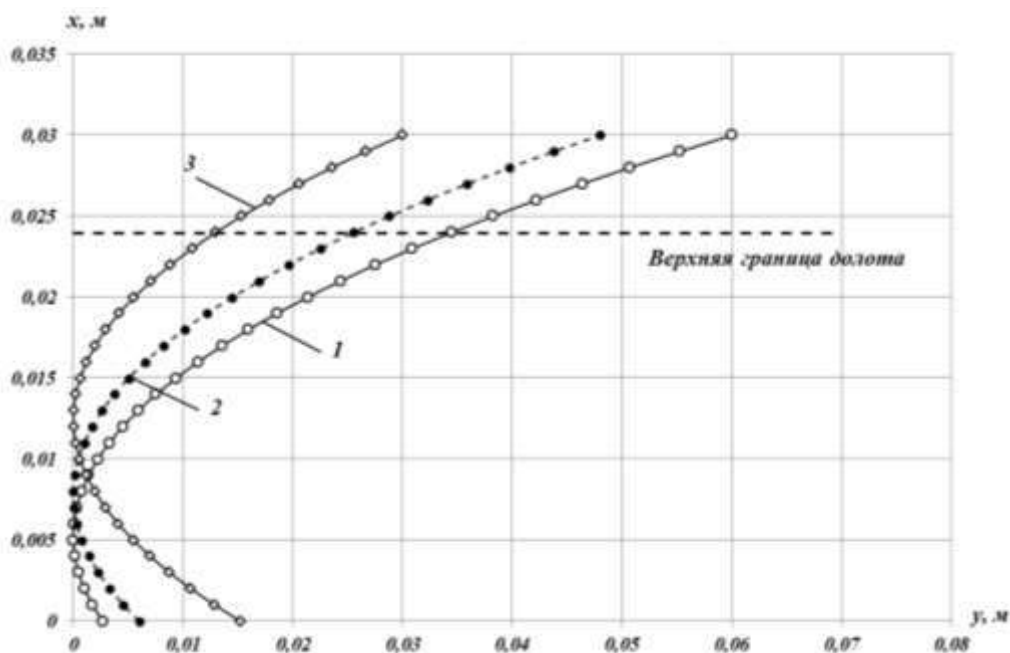


Рисунок 1 – Расчетные параболические кривые при различных значениях: 1 – расчетная кривая при $y_1=0,06$ м, 2 – расчетная кривая при $y_1=0,05$ м, 3 – расчетная кривая при $y_1=0,03$ м

Figure 1 – Calculated parabolic curves at various values: 1 – even curve at $y_1=0.06$ m, 2 – calculated curve at $y_1=0.05$ m, 3 – calculated curve at $y_1=0.03$ m

Область существования полученной параболической поверхности ограничена геометрическими размерами рабочего органа (долота), рисунок 1.

Общую образующую кривую линию можно получить путем сопряжения расчетных парабол, при условии, что они проходят через реперные точки, принадлежащих поверхности долота [10, 11]. Для определения координат реперных точек воспользуемся общим видом долота чизельного плуга, показанного на рисунке 2.

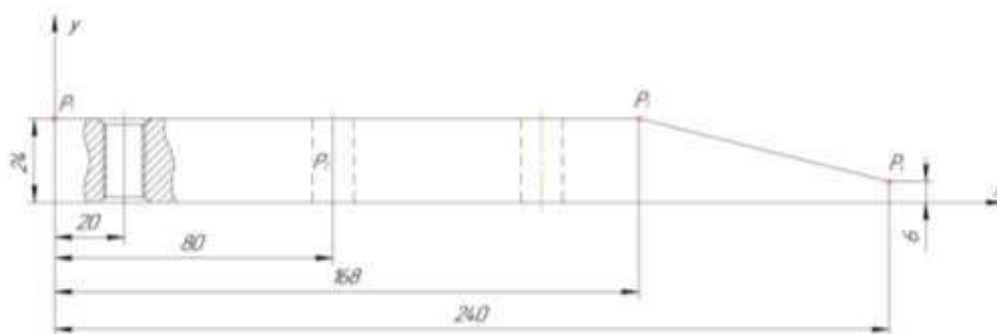


Рисунок 2 – К вопросу определения реперных точек образующей кривой линии
Figure 2 – On the Issue of Determining the Fiducial Points of the Generating Curve Line

Параболическая кривая считается определенной на заданном отрезке, если известны координаты трех её точек. Соответственно, если образующую кривую линию представить состоящей из двух сопряженных парабол, то необходимо знать координаты четырех реперных точек, принадлежащих геометрической области существования рабочего органа.

В качестве первой реперной точки предлагается принять точку P_1 , находящейся на верхней границе долота в левой её части, координаты данной точки в декартовой системе координат, согласно рисунку 2.4, определяются как $P_1(0;24)$. Вторая реперная точка находится в зоне второго крепления долота к стойке почвообрабатывающего орудия. Координата y данной точки может меняться в диапазоне от 6 до 18 мм. Минимальное значение этой координаты определено из прочностных соображений, максимальное значение областью существования переменного профиля рабочего органа. Таким образом может быть принято три положения точки P_2 , определяемых координатами $P_2(80;6)$, $P_2(80;12)$, $P_2(80;18)$. Третья реперная точка находится на границе двух функциональных зон долота. Рабочей зоны и зоны крепления. Соответственно положение точки P_3 определяется координатами $P_3(168;24)$. Положение четвертой реперной точки, согласно рисунку 2.4, целесообразно принять на носовой части долота. Данная точка будет определять границы существования рабочего органа. Соответственно положение точки P_4 определяется координатами $P_4(240;6)$. Таким образом, определены положения четырех реперных точек, через которые можно провести параболические кривые. Результат наложения расчетных кривых на определенные реперные точки показан на рисунке 3. При этом, параболы заданы четырьмя последовательными точками: первая – тремя первыми точками, вторая – тремя последними.

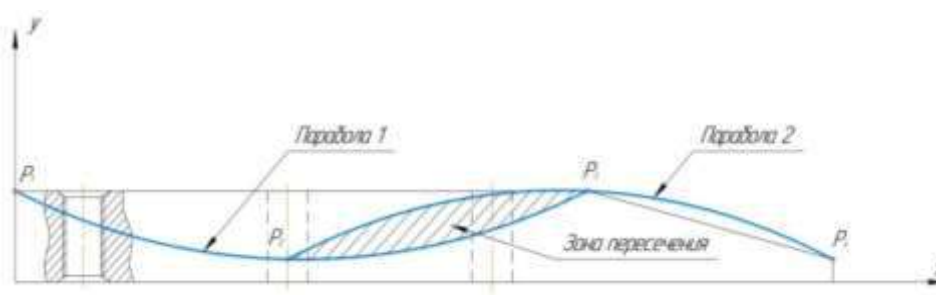


Рисунок 3 – К вопросу построения образующей кривой,
проходящей через установленные реперные точки
Figure 3 – On the problem of constructing a generating curve passing
through the established reference points

Для определения формы кривой, получаемой в зоне пересечения исследуемых парабол, воспользуемся параболической интерполяцией. Основная идея параболической интерполяции состоит в линейной интерполяции пересекающихся ветвей параболы. Пересечение парабол лежит между второй и третьей точками. Несмотря на то, что параболы – плоские кривые, их линейная интерполяция представляет собой кубическую пространственную кривую.

Параболически интерполированная кривая имеет вид

$$C(t) = (1 - t)p(r) + tq(s), \quad (1)$$

где r, s, t – параметры, $p(r), q(s)$ – параметрические параболы, проходящие через P_1, P_2, P_3 и P_2, P_3, P_4 , рисунок 3.

Параметрическое представление $p(r)$ и $q(s)$ имеет вид:

$$p(r) = [r^2 \ r \ 1][B] \quad (2)$$

$$q(s) = [s^2 \ s \ 1][D] \quad (3)$$

где $[B]$ и $[D]$ – матрицы, представляющие положение вектор – точек P_1, P_2, P_3 и P_2, P_3, P_4 соответственно. Результат интерполяции – кубическая кривая.

$$C(t) = [r^3 \ r^2 \ t \ 1][A][G] = [T][A][G], \quad (4)$$

где $[T][A]$ – матрица интерполяционных функций, а $[G]$ – геометрическая матрица вектор – точек P_1, P_2, P_3, P_4 .

Для определения $[B]$ и $[D]$, а затем $[A]$ и $[G]$, необходимо установить связь между параметрами r, s, t . Введя допущение, что r и t , а также s и t связаны линейно, получено

$$\begin{aligned} r &= k_1 t + k_2, \\ s &= k_3 t + k_4, \end{aligned} \quad (5)$$

где k_i – константы, заданных граничных условий в вектор-точках P_1, P_2, P_3, P_4 .

Предположив, что данные распределены равномерно и диапазон параметров нормализован, $0 \leq r, s, t \leq 1$. Можно записать, что

$$\begin{aligned} p(0) &= P_1, \quad p\left(\frac{1}{2}\right) = P_2, \quad p(1) = P_3, \\ q(0) &= P_2, \quad q\left(\frac{1}{2}\right) = P_3, \quad q(1) = P_4, \\ C(0) &= P_2, \quad C(1) = P_3. \end{aligned} \quad (6)$$

Основные допущения: $p(r)=P_2$ для $r = 1/2$ и $q(s)=P_3$ для $s=1/2$.

Тогда уравнения 5 примут вид

$$\begin{aligned} P_2: r &= \frac{1}{2}, t = 0 \rightarrow k_2 = 1/2 \\ P_3: r &= 1, t = 1 \rightarrow k_1 + k_2 = 1 \rightarrow k_1 = 1/2 \\ P_2: s &= 0, t = 0 \rightarrow k_4 = 0 \\ P_3: s &= \frac{1}{2}, t = 1 \rightarrow k_3 = 1/2 \end{aligned}$$

Тогда

$$r(t) = \frac{1}{2}(1 + t), \quad s(t) = \frac{1}{2}t. \quad (7)$$

Используя выражение 6 выразим из уравнения 2 матрицу $[B]$ через P_1, P_2, P_3

$$\begin{aligned} p(0) &= P_1 = [0 \ 0 \ 1][B], \\ p\left(\frac{1}{2}\right) &= P_2 = [1/4 \ 1/2 \ 1][B], \\ p(1) &= P_3 = [1 \ 1 \ 1][B]. \end{aligned} \quad (8)$$

или

$$\begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 4 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} [B] = [M][B].$$

Откуда

$$[B] = [M]^{-1} \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & -4 & 2 \\ -3 & 4 & -1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Аналогично через P_2, P_3, P_4 находится выражение $[D]$, получим

$$\begin{aligned} q(0) &= P_2 = [0 \ 0 \ 1][D], \\ q\left(\frac{1}{2}\right) &= P_3 = [1/4 \ 1/2 \ 1][D], \\ q(1) &= P_4 = [1 \ 1 \ 1][D]. \end{aligned} \quad (10)$$

или

$$[D] = [M]^{-1} \begin{bmatrix} P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & -4 & 2 \\ -3 & 4 & -1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Подставим выражение 5 в 4:

$$C(t) = (1-t)[r^2 \ r \ 1][B] + t[s^2 \ s \ 1][D]$$

Используя выражение 7, получим

$$C(t) = \left[-\frac{1}{4}(t^2 + t^2 - t - 1) \quad -\frac{1}{2}(t^2 - 1) \quad 1 - t \right] [B] + \left[\frac{t^2}{4} \quad \frac{t^2}{4} \quad t \right] [D]$$

Подставив значения $[D]$ и $[B]$ из выражений 9, 11 получим

$$\begin{aligned} C(t) &= \left[-\frac{t^3}{4} + t^2 - \frac{t}{2} \quad t^3 - t^2 - t + 1 \quad -\frac{t^3}{2} + \frac{t}{2} \right] \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} + \\ &+ \left[\frac{t^3}{2} + \frac{3}{2}t^2 + t \quad -t^3 + 2t^2 \quad \frac{t^3}{2} + \frac{t^2}{2} \right] \begin{bmatrix} P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (12)$$

При условии использования всех исходных точек P_1, P_2, P_3, P_4 выражение 12 примет вид:

$$\begin{aligned} C(t) &= \left[-\frac{t^3}{2} + t^2 - \frac{t}{2} \quad t^3 - t^2 - t + 1 \quad -\frac{t^3}{2} + \frac{t}{2} \quad 0 \right] \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix} + \\ &+ \left[0 \quad \frac{t^3}{2} - \frac{3}{2}t^2 + t \quad -t^3 + 2t^2 \quad \frac{t^3}{2} - \frac{t^2}{2} \right] \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (13)$$

В форме уравнения 4 имеем:

$$C(t) = [t^3 \ t^2 \ t \ 1][A][G] = [T][A][G], \quad (14)$$

где

$$[A] = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 2 & -5 & 4 & -1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

и

$$[G]^T = [P_1 \ P_2 \ P_3 \ P_4] \quad (15)$$

Следовательно, параболическая интерполяция сопрягаемых нами парабол в параметрическом виде будет иметь вид:

$$c(t) = \left(\frac{1}{2}\right) \begin{bmatrix} \frac{1}{27} & \frac{1}{9} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 2 & -5 & 4 & -1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 24 \\ 80 & 12 \\ 168 & 24 \\ 240 & 6 \end{bmatrix}, \quad (16)$$

Полученная кривая, для различных значений координат точки P_2 изображена на рисунке 4.

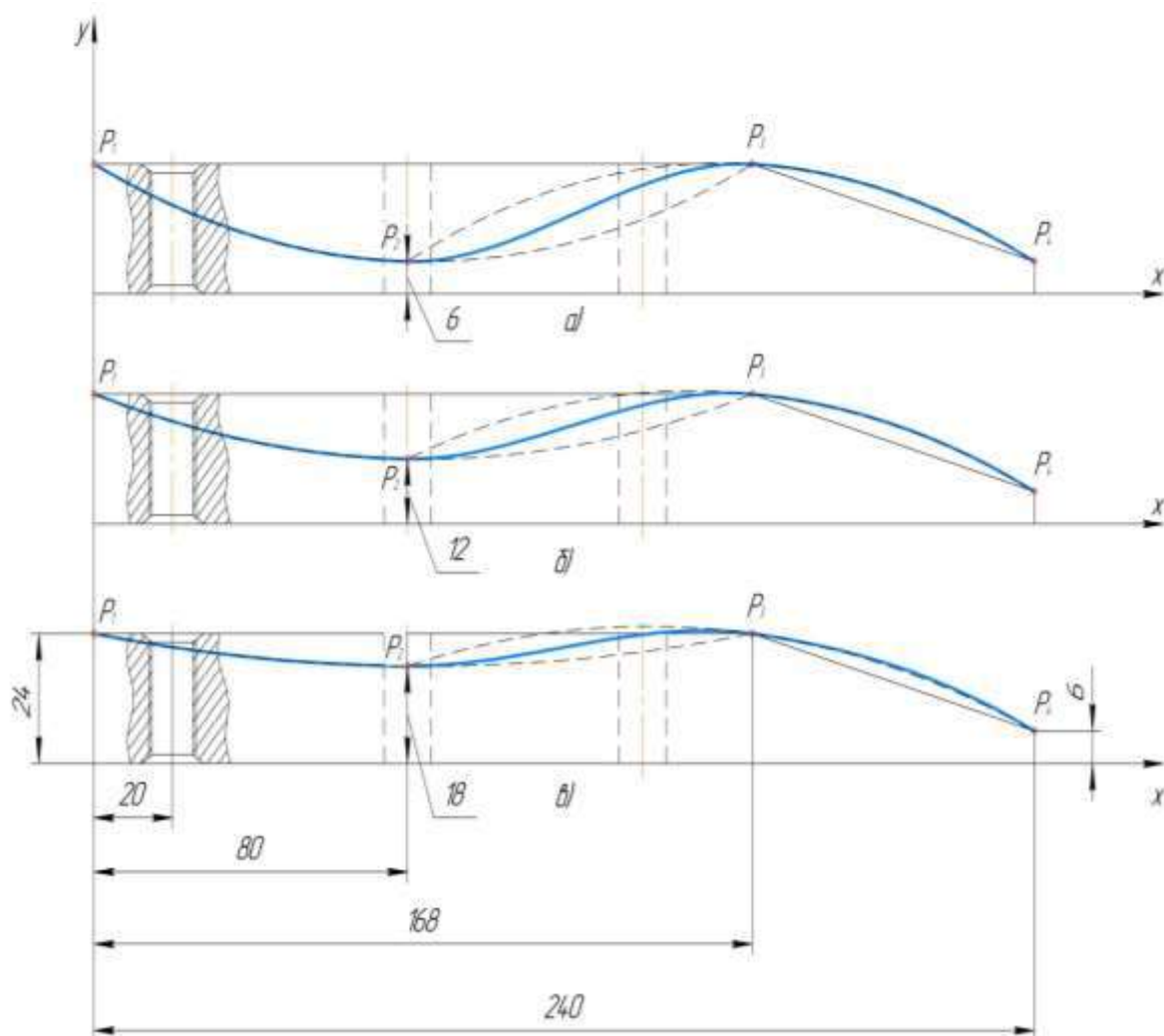


Рисунок 4 – Расчетная образующая кривая поверхности рабочего органа чизельного орудия:
а) координаты реперных точек $P_1 (0;24)$, $P_2 (80;6)$, $P_3 (168;24)$, $P_4 (240;6)$; б) координаты реперных точек $P_1 (0;24)$, $P_2 (80;12)$, $P_3 (168;24)$, $P_4 (240;6)$; в) координаты реперных точек $P_1 (0;24)$, $P_2 (80;18)$, $P_3 (168;24)$, $P_4 (240;6)$

Figure 4 – Calculated forming curve of the surface of the working body of a chisel implement:
a) coordinates of reference points $P_1 (0; 24)$, $R_2 (80; 6)$, $R_3 (168; 24)$, $R_4 (240; 6)$; b) coordinates of datum points $P_1 (0; 24)$, $R_2 (80; 12)$, $R_3 (168; 24)$, $R_4 (240; 6)$; c) coordinates of datum points $P_1 (0; 24)$, $R_2 (80; 18)$, $R_3 (168; 24)$, $R_4 (240; 6)$

Вращая полученную образующую кривую относительно продольной оси, получена поверхность моделируемого рабочего органа, рисунок 5.

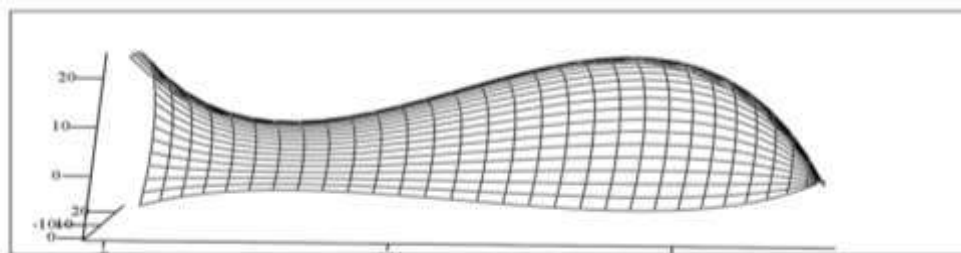


Рисунок 5 – Результаты поворота базовой линии относительно оси z на угол $\pm \frac{\pi}{2}$

Figure 5 – Results of rotation of the baseline relative to the z-axis by an angle of $\pm \frac{\pi}{2}$

Заключение. Образующая кривая линии поверхности рабочего органа чизельного плуга получена путем сопряжения расчетных парабол, при условии, что они проходят через реперные точки, принадлежащих поверхности рабочего органа. В качестве первой реперной точки принята точка P1, находящаяся на верхней границе долота в левой её части, координаты данной точки P1 (0;24). Вторая реперная точка находится в зоне второго крепления долота к стойке орудия, координаты точки P2 (80;12). Третья реперная точка находится на границе двух функциональных зон долота, рабочей зоны и зоны крепления. Положение точки P3 определяется координатами P3 (168;24). Положение четвертой реперной точки принято на носовой части долота. Данная точка определяет границы существования рабочего органа, её координаты P4 (240;6). На основании параболической интерполяции аналитически заданных параболических линий получены параметрические уравнения образующей кривой и поверхность моделируемого рабочего органа.

Conclusions. The curved line of the surface of the chisel plough is obtained by conjugating the design parabolas, provided that they pass through the reference points belonging to the surface of the working tool. The first reference point is point P1, located on the upper border of the bit in its left part, the coordinates of this point P1 (0; 24). The second datum point is located in the area of the second attachment of the bit to the gun post, the coordinates of the point P2 (80; 12). The third reference point is located at the border of the two functional zones of the bit, the working area and the attachment area. The position of the point P3 is determined by the coordinates P3 (168; 24). The position of the fourth reference point is adopted on the bow of the bit. This point defines the boundaries of the existence of the working body, its coordinates P4 (240; 6). On the basis of parabolic interpolation of analytically specified parabolic lines, parametric equations of the generating curve and the surface of the modeled working body were obtained.

Библиографический список

1. Бердышев В. Е., Цепляев А. Н., Шапоров М. Н., Харлашин А. В., Седов А. В., Цепляев В. А., Борисенко И. Б. Теория и расчет технологических параметров сельскохозяйственных машин. Волгоград, 2018.
2. Борисенко И. Б., Пындак В. И., Новиков А. Е. Развитие чизельных почвообрабатывающих орудий и их теоретическое обоснование. Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2021. № 2. С. 12-19.
3. Ayadi Ibrahim, Hatem Bentaher, Aref Maalej Soil-blade orientation effect on tillage forces determined by 3D finite element models Spanish. Journal of Agricultural Research. 2014. Pp. 941-951.
4. Barr J. B., Ucgul M., Desbiolles J. M. A., Fielke J. M. Simulating the effect of rake angle on narrow opener performance with the discrete element method. Biosystems Engineering. 2018. No 171. Pp. 1-15.
5. Новиков А. Е., Борисенко И. Б., Чамурлиев О. Г., Чамурлиев Г. О., Плющиков В. Г. Волновое разрушение закрытых почвогрунтов. Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. 2018. С. 422-427.
6. Борисенко И. Б., Сидоров А. Н., Мезникова М. В., Сытилин М. Н. Технологический процесс основной обработки как фактор ресурсосбережения при возделывании сельскохозяйственных культур. Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2020. С. 112-118.
7. Dzyuba O., Dzyuba A., Polyakov A., Volokhov V., Antoshchenkov R., Mykhailov A. Studying the influence of structural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. No 3 (1-99). Pp. 55-65.
8. Ветохин В. И. Проектирование рыхлителей почвы на основе метода отображения рациональной деформации пласта. Тракторы и с/х машины. 1994. № 1. С. 21-24.
9. Гапич Д. С., Моторин В. А., Новиков А. Е., Олейников Р. Н. Металлографические исследования легированной режущей кромки лемеха плуга. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 369-378.
10. Васьюков А. А., Дорохов А. С., Романенко В. Н. Применение методов начертательной геометрии для графического построения развертывающихся рабочих поверхностей плугов. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2012. № 1 (52). С. 42-44.

11. Васьяков А. А., Дорохов А. С., Трушина Л. Н. Графическое построение рабочих поверхностей корпусов плугов. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2012. № 2 (53). С. 51-53.

References

1. Berdyshev V. E., Tseplyaev A. N., Shaprov M. N., Kharylshin A. V., Sedov A. V., Tseplyaev V. A., Borisenko I. B. Theory and Calculation of Technological Parameters of Agricultural Machines. Volgograd, 2018.
2. Borisenko I. B., Pyndak V. I., Novikov A. E. Development of Chisel Tillage Tools and Their Theoretical Justification. Agricultural machinery: maintenance and repair. 2021. № 2. Pp. 12-19.
3. Ayadi Ibrahim, Hatem Bentaher, Aref Maalej Soil-blade orientation effect on tillage forces determined by 3D finite element models Spanish. Journal of Agricultural Research. 2014. Pp. 941-951.
4. Barr J. B., Ucgul M., Desbiolles J. M. A., Fielke J. M. Simulating the effect of rake angle on narrow opener performance with the discrete element method. Biosystems Engineering. 2018. No 171. Pp. 1-15.
5. Novikov A. E., Borisenko I. B., Chamurliev O. G., Chamurliev G. O., Plyushchikov V. G. Wave Destruction of Closed Soils. Virtual modeling, prototyping and industrial design. 2018. Pp. 422-427.
6. Borisenko I. B., Sidorov A. N., Meznikova M. V., Sytilin M. N. Technological Process of Basic Processing as a Factor of Resource Saving in the Cultivation of Agricultural Crops. Optimization of Agricultural Land Use and Strengthening of the Export Potential of the Agro-Industrial Complex of the Russian Federation on the Basis of Convergent Technologies: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd, 2020. Pp. 112-118.
7. Dzyuba O., Dzyuba A., Polyakov A., Volokhov V., Antoshchenkov R., Mykhailov A. Studying the influence of structural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. No 3 (1-99). Pp. 55-65.
8. Vetokhin V. I. Design of Soil Rippers Based on the Method of Displaying Rational Deformation of the Reservoir. Tractors and agricultural machines. 1994. № 1. Pp. 21-24.
9. Gapich D. S., Motorin V. A., Novikov A. E., Oleynikov R. N. Metallographic Studies of the Alloyed Cutting Edge of the Ploughshare. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2020. № 4 (60). Pp. 369-378.
10. Vaskov A. A., Dorokhov A. S., Romanenko V. N. Application of Descriptive Geometry Methods for Graphic Construction of Unfolding Plough Working Surfaces. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin". 2012. № 1 (52). Pp. 42-44.
11. Vaskov A. A., Dorokhov A. S., Trushina L. N. Graphic construction of working surfaces of plough bodies. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin". 2012. № 2 (53). Pp. 51-53.

Информация об авторах

Швабауэр Юрий Александрович, аспирант кафедры "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Субботин Станислав Игоревич, аспирант кафедры "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Гапич Дмитрий Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

Author's Information

Shvabauer Yuriy Aleksandrovich, PhD student of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Subbotin Stanislav Igorevich, PhD student of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Gapich Dmitry Sergeevich, Doctor Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Fomin Sergey Denisovich, Doctor Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-42

ENERGY ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF BALLASTS FOR GAS-DISCHARGE LIGHT SOURCES

Rakutko E. N., Rakutko S. A.

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production
Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: sergej1964@yandex.ru

Received 31.10.2023

Submitted 29.11.2023

Summary

The paper discusses the methodology for energy assessment of the operating efficiency of the "gas-discharge lamp + ballast" set.

Abstract

Introduction. The problem of energy saving is the most important in various sectors of the agro-industrial complex. This especially applies to optical electrical technologies. Gas-discharge lamps (GL) have long occupied their niche in lighting and irradiation installations used in various energy technology processes. As elements of an electrical circuit, GLs have a number of features that require consideration when analyzing and calculating circuits based on them. **Object** of the study is the operating patterns of the GL type LB-40 when working with ballasts of various types. **The aim** is to adapt the method of analyzing non-sinusoidal alternating current circuits for its use in irradiation installations with GL to identify energy saving reserves. **Materials and methods.** We used an electrical circuit for sequential connection of a GL and ballast of various types: active, for which resistance was used; inductive (we took ballasts of various brands), capacitive. A sinusoidal mains voltage was supplied to the input of the circuit. The instantaneous values of the operating current and voltage on the GL were recorded using an C1-82 oscilloscope. **Results and conclusions.** The resulting oscillograms of current and voltage showed a large non-sinusoidality of the current flowing through the GL with resistive and capacitive ballast. As a consequence, large pulsations of the current are observed. For inductive ballasts of two types, ABI and UBI, the current amplitude coefficient takes the value of 1.38 relative units, which is acceptable. The energy intensity of these types of ballast is 1.38 and 1.21 rel. units, respectively. The efficiency of replacing ABI ballast with UBI as an energy-saving measure is 15%.

Keywords: energy saving, optical electrical technologies, gas-discharge light sources.

Citation. Rakutko E. N., Rakutko S. A. Energy assessment of the efficiency of ballasts for gas-discharge light sources. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 373-381 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-42.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

631.371:621.327

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БАЛЛАСТОВ ДЛЯ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Ракутько Е. Н., научный сотрудник

Ракутько С. А., доктор технических наук, главный научный сотрудник

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) –
филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Актуальность. Проблема энергосбережения является важнейшей в различных отраслях АПК. Особенно это относится к оптическим электротехнологиям. Газоразрядные лампы (ГЛ) достаточно давно заняли свою нишу в осветительных и облучательных установках, применяемых в различных энерготехнологических процессах. Как элементы электрической цепи ГЛ имеют ряд особенностей, требующих учета при анализе и расчете схем на их основе. **Объект исследования** – закономерности работы ГЛ типа ЛБ-40 при ее работе с балластами различных типов. Цель – адаптация метода анализа цепей несинусоидального переменного тока для его использования в облучательных установках с ГЛ при выявлении резервов энергосбережения. **Материалы и методы.** Использовали электрическую схему последовательного включения ГЛ и балласта различных типов: активного, в качестве которого использовали сопротивление; индуктивного (брали балласты различных марок), емкостного. На вход схемы подавали синусоидальное сетевое напряжение. Фиксировали мгновенные значения рабочего тока и напряжения на лампе с помощью осциллографа С1-82. **Результаты и выводы.** Полученные осциллограммы тока и напряжений показали большую несинусоидальность тока, протекающего через ГЛ при резистивном и емкостном балласте. Как следствие, при этом наблюдаются большие пульсации тока. Для индуктивных балластов двух типов, АБИ и УБИ, коэффициент амплитуды тока принимает значение 1,38 отн.ед., что является допустимым. Энергоемкость этих типов балласта составляют 1,38 и 1,21 отн.ед. соответственно. Эффективность замены балласта АБИ на УБИ как энергосберегающего мероприятия составляет 15%.

Ключевые слова: энергосбережение, оптические электротехнологии, газоразрядные источники света.

Цитирование. Ракутько Е. Н., Ракутько С. А. Энергетическая оценка эффективности балластов для газоразрядных источников света. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 373-381. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-42.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Газоразрядные источники света, или газоразрядные лампы (ГЛ) достаточно давно заняли свою нишу в осветительных и облучательных установках, применяемых в различных энерготехнологических процессах (ЭТП). Лампы являются широко распространенными источниками оптического излучения (ОИ). Как результат постоянного инженерного поиска они постоянно совершенствуются в плане повышения эффективности генерации излучения и удельной мощности разряда [1].

Принцип действия ГЛ заключается в использовании явления возникновения потока излучения при протекании электрического тока через газовую среду. Они широко используются в промышленных и технических приложениях [2]. Процессы зажигания и стабилизации газоразрядных ламп достаточно подробно рассмотрены в различных литературных источниках [3]. Суть процесса заключается в том, что получив дополнительную энергию от протекающего тока, электроны в атомах среды, наполняющей ГЛ, переходят на более высокие орбитали. Затем возвращаются на стабильный уровень, испуская фотоны в ультрафиолетовой (УФ) части спектра. Созданное УФ излучение затем преобразуется в видимый свет с помощью возбуждения флуоресцентного покрытия на стеклянной колбе ГЛ [4]. Для излучения желательного спектра специальным образом подбирается химический состав покрытия [5].

Как элементы электрической цепи ГЛ имеют ряд особенностей, требующих учета при анализе и расчете схем на их основе. Данный тип ламп включается в сеть с помощью пускорегулирующего аппарата (ПРА), необходимый для зажигания разряда в лампе и его стабилизации. В простейшем случае ПРА представляет собой балластное сопротивление (или просто балласт). В силу того, что ПРА имеет некоторое электрическое сопротивление, а также реактивного характера их элементов, часть энергии, потребляемой схемой из сети, формирует потери, что приводит к снижению коэффициента мощности [6]. Потери необходимо учитывать при расчете электрических схем [7].

Таким образом, использование ГЛ в оптических электротехнологиях (ОЭТ), основанных на использовании оптического излучения (ОИ) для облучения животных, птицы, растений сопряжено с проблемами энергосбережения [8]. Следует так же учитывать, что на генерирование ОИ затрачивается до 20% используемой энергии [9]. Возникающие потери влияют так же на экологичность ОЭТ. Поэтому повышение энергоэкологичности применения ОЭТ является достаточно актуальным.

Теоретический подход к энергосбережению предусматривает анализ потока энергии в рассматриваемом технологическом процессе. Потери в каждом отдельном его этапе определяют общую эффективность использования энергии [10]. Такой подход позволяет спроектировать проведение отдельных энергосберегающих мероприятий, оценить их эффективность, обосновать режимы различных процессов, сформировать энергосберегающий алгоритм управления [11].

ЭТП в отраслях сельского хозяйства в целом не обладают высокой эффективностью использования энергетических ресурсов. Особенно это справедливо для ОЭТ. Однако действие энергии ОИ на живой организм не имеет альтернативы в силу уникальности производимого эффекта [12, 13]. Поэтому следует ожидать увеличения масштабов применения ОИ в сельском хозяйстве в перспективе, что выводит вопросы энерго- и ресурсосбережения в установках ОИ на первоочередной план [14].

В связи с этим изучение характеристик ГЛ и методов оценки эффективности цепей с ГЛ представляет собой важную научную и практическую задачу [15]. Оценка эффективности является необходимым этапом разработки энергосберегающих мероприятий (ЭСМ), позволяющих обеспечить меньшую энергоемкости процесса.

Целью исследования является адаптация метода анализа цепей несинусоидального переменного тока для его использования в облучательных установках с газоразрядными лампами при выявлении резервов энергосбережения.

Материалы и методы. Использовали электрическую схему последовательного включения лампы E и балласта L (рисунок 1). На вход схемы подавали синусоидальное сетевое напряжение u_c . Фиксировали рабочий ток через цепь i и рабочее напряжение u_d .

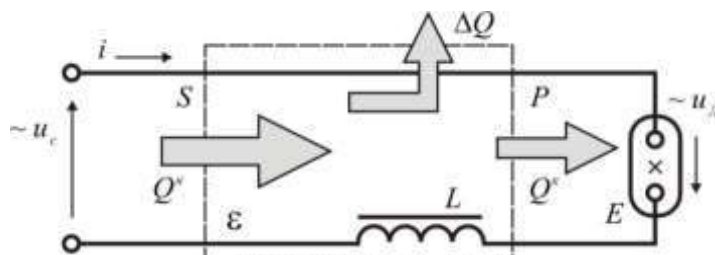


Рисунок 1 – Схема к анализу энергетической эффективности балласта
Figure 1 – Scheme for analyzing the energy efficiency of ballast

Схему включения характеризовали потребляемой энергией Q_n (полной мощностью S), которая формирует энергию потерь ΔQ и полезную энергию, передаваемую лампе Q_k (активную мощность P). В качестве основного параметра, характеризующего энергетическую эффективность балласта, использовали величину энергоемкости ε , отн.ед., вычисляемую по формуле

$$\varepsilon = \frac{Q_n}{Q_k} = \frac{S}{P}. \quad (1)$$

При анализе цепей переменного тока, в том числе с ГЛ, используют величину коэффициента мощности или коэффициента искажения.

$$\cos \varphi = \frac{1}{\varepsilon}. \quad (2)$$

Эта величина не имеет наглядной интерпретации как угол сдвига между кривыми мгновенных значений тока и напряжения на лампе, а характеризует степень отклонения кривых от синусоидальных.

ЭСМ на данном этапе преобразования энергии является выбор балласта с такими электрическими характеристиками, при которых обеспечивается меньшая энергоемкость ($\varepsilon' < \varepsilon$). Значение коэффициента эффективности ЭСМ $k^{\text{ЭСМ}}$, отн. ед., определяли по формуле

$$k^{\text{ЭСМ}} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon'}. \quad (3)$$

Величины u_d и i при работе ГЛ принимают различные мгновенные значения при изменении u_c в течение периода T .

Действующее значение тока за период определяли по формуле

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad (4)$$

Вычисляли значение коэффициента амплитуды, который характеризует форму кривой тока

$$k_a = \frac{I_m}{I}, \quad (5)$$

где I_m – амплитудное (максимальное) значение тока.

Известно, что для синусоидального тока

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad k_a = \frac{I_m}{I} = \sqrt{2}.$$

Чем больше значение k_a отличается от $\sqrt{2}$, тем больше кривая тока отличается от синусоиды. Балластное устройство должно обеспечивать выполнение условия $k_a < 1,7$. При больших значениях k_a существенно сокращается продолжительность работы ГЛ [16].

Исследовали работу лампы типа ЛБ 40 (мощностью $P=40$ Вт) с балластами различных типов: активном, в качестве которого использовали сопротивление; индуктивном (брали балласты различных марок), емкостном. Мгновенные значения величин определяли с помощью осциллографа С1-82.

Экспериментальные данные обрабатывали с использованием пакета EXCEL.

Результаты и обсуждение.

На рисунке 2 показаны усредненные (с сохранением характерных соотношений) осциллограммы мгновенных значений величин, характеризующих работу ГЛ, при работе с различными видами балластного сопротивления: а) активном; б) индуктивном; в) емкостном. Кривые получены путем анализа литературных источников и собственных измерений.

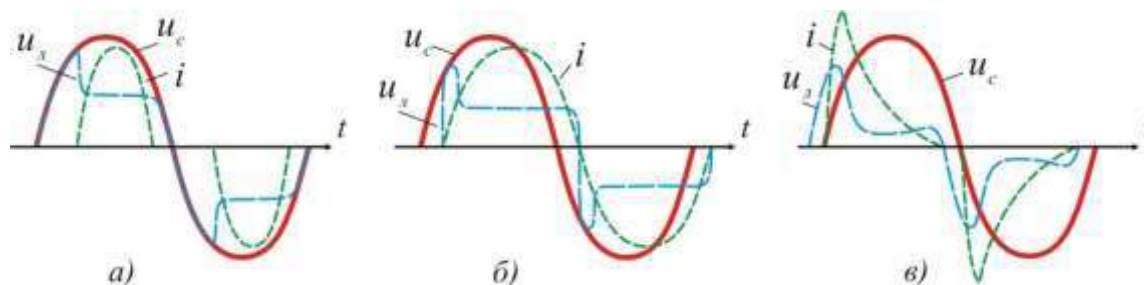


Рисунок 2 – Осциллограммы мгновенных значений величин для различных видов балласта
Figure 2 – Oscillograms of instantaneous values of quantities for various types of ballast

Выявлено, что при активном и емкостном балласте форма кривой тока существенно отличается от синусоидальной. Что бы обеспечивался нормальный срок службы ГЛ, эта кривая должна быть близка к синусоидальной. Поэтому дальнейшие измерения проводили на индуктивных балластах двух различных марок. Форма тока у них близка к синусоидальной.

На рисунке 3 показаны снятые с экрана осциллографа мгновенные значения тока i (масштаб $\mu_i = 0,01$ А/дел) и напряжения (масштаб $\mu_u = 2$ В/дел.). Кривая u соответствует балласту марки АБИ 40/220, кривая u' – балласту марки УБИ. В таблице 1 указаны мгновенные значения тока и напряжений для последующего численного анализа.

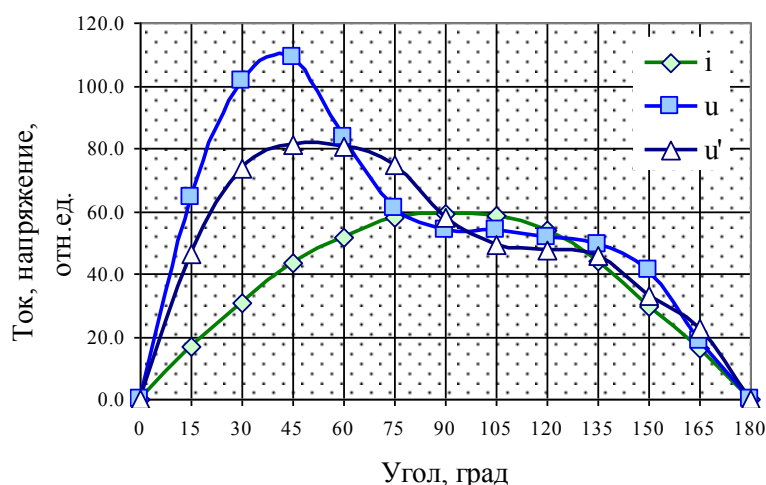


Рисунок 3 – Осциллограммы тока и напряжений для балластов различных марок
Figure 3 – Oscillograms of current and voltage for ballasts of various types

Таблица 1 – Мгновенные значения тока и напряжений
Table 1 – Instantaneous current and voltage values

k	Угол α , град / Corner α , degree	i , отн.ед. / i , Relative Units	u , отн.ед. / Relative Units	u' , отн.ед. / Relative Units	i^2	u^2	u'^2
0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	15	16,9	64,4	46,5	285,6	4140,9	2162,3
2	30	30,7	101,4	73,8	942,5	10282,0	5446,4
3	45	43,5	109,2	81,3	1892,3	11924,6	6609,7
4	60	51,8	83,3	80,9	2683,2	6930,6	6536,7
5	75	58,0	60,9	74,9	3364,0	3708,8	5602,5
6	90	59,3	54,0	58,1	3516,5	2916,0	3369,8
7	105	58,7	54,0	49,5	3445,7	2916,0	2450,3
8	120	54,0	51,8	47,6	2916,0	2678,1	2261,0
9	135	43,8	49,5	45,8	1918,4	2450,3	2093,1
10	150	29,6	41,0	33,3	876,2	1676,9	1108,9
11	165	16,3	18,8	22,4	265,7	351,6	499,5
12	180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\Sigma =$					22106,1	49975,7	38140,2

Действующие значения тока $|I|$ и напряжения $|U|$ для балласта первого типа

$$|I| = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i^2 dt} \approx \sqrt{\frac{2}{n} \sum_{k=1}^{n/2} i^2} = \sqrt{\frac{2}{24} \sum_{k=1}^{12} 22106,1^2} = 43 \text{ отн.ед.}$$

$$|U| = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u^2 dt} \approx \sqrt{\frac{2}{n} \sum_{k=1}^{n/2} u^2} = \sqrt{\frac{2}{24} \sum_{k=1}^{12} 49975,7^2} = 64,53 \text{ отн.ед.}$$

Коэффициент амплитуды

$$k_a = \frac{59,3}{43} = 1,38 \text{ отн.ед.}$$

Действующие значения тока I и напряжения U в физических единицах

$$I = |I| \cdot \mu_I = 43 \cdot 0,01 = 0,43 \text{ А}$$

$$U = |U| \cdot \mu_U = 64,53 \cdot 2 = 129,07 \text{ В}$$

Полная мощность

$$S = I \cdot U = 0,49 \cdot 129,07 = 55,4 \text{ ВА}$$

Энергоемкость балласта марки АБИ $\varepsilon = 1,38$ отн.ед. (коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,72$ отн.ед.).

Для балласта марки УБИ аналогичные вычисления провели по кривой u' . Действующее значение напряжения $|U'|$

$$|U'| = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u'^2 dt} \approx \sqrt{\frac{2}{n} \sum_{k=1}^{n/2} u'^2} = \sqrt{\frac{2}{24} \sum_{k=1}^{12} 38140,2^2} = 56,4 \text{ отн.ед.}$$

Действующее значение напряжения U' в физических единицах

$$U' = |U'| \cdot \mu_U = 112,7 \text{ В.}$$

Полная мощность

$$S' = I \cdot U' = 0,49 \cdot 112,7 = 48,4 \text{ ВА}$$

Энергоемкость балласта марки УБИ $\varepsilon' = 1,21$ отн.ед. (коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,83$ отн.ед.).

Энергосберегающим мероприятием (ЭСМ) на данном этапе преобразования энергии в облучательной установке с ГЛ является выбор ПРА с такими электрическими характеристиками, при которых обеспечивается меньшая энергоемкость.

Применение балласта марки УБИ по сравнению с балластом марки АБИ обеспечивает значение коэффициента эффективности ЭСМ

$$k^{ЭСМ} = \varepsilon / \varepsilon' = 1,15 \text{ отн.ед.}$$

Эксперименты с балластами различных типов показали существенные различия мгновенных значений токов и напряжений в цепи питания ГЛ. Рассмотрим работу с *активным* балластным сопротивлением. Кривые мгновенных значений напряжения на ГЛ и тока изменяются в соответствии с ее динамической ВАХ по определенным закономерностям. До того, как мгновенное значение сетевого напряжения не сравняется с напряжением зажигания, ток через схему практически не проходит. Затем происходит газовый пробой, лампа зажигается, и напряжение на ней остается равным напряжению горения. В момент достижения мгновенного значения сетевого напряжения величины напряжения погасания, разряд в лампе гаснет и ток в цепи прекращается. Общая продолжительность токовых пауз составляет значительную величину, что существенно ухудшает показатели работы лампы. Недостатками такой схемы является существенное отличие кривой мгновенных значений тока от синусоидальной, пониженный срок службы электродов, значительный расход электроэнергии.

Индуктивный балласт обеспечивает кривую мгновенных значений силы тока, близкую к синусоидальной. Процесс зажигания разряда происходит без заметной токовой паузы благодаря сдвигу фаз между напряжением сети и на лампе. В момент перехода тока через нулевое значение к зажимам лампы оказывается приложенным значительное мгновенное напряжение сети. При использовании такой схемы режим работы электродов облегчен, потери мощности значительно ниже. Однако индуктивный балласт дорог и материалоемок.

Емкостный балласт существенно искажает кривую тока. Применение конденсатора не позволяет ограничить максимальное значение тока. В течение полупериода изменения сетевого напряжения наблюдаются большие броски тока, после которых следуют токовые паузы. Применение такого балласта существенно снижает срок службы электродов.

Полученные экспериментально данные хорошо согласуются с известными закономерностями [17].

При любом виде балластного сопротивления отсутствует как таковой тот самый угол φ , косинус которого принято вычислять в электротехнических расчетах как коэффициент мощности. Однако активная мощность лампы P не равна произведению действующих значений тока I и напряжения на лампе U , поскольку кривые мгновенных значений этих величин несинусоидальны и отличаются по форме. Вычисление энергоемкости балласта и его коэффициента мощности возможно с применением предложенной методики.

ЭСМ в рассмотренном примере является выбор балласта с такими электрическими характеристиками, при которых обеспечивается меньшая энергоемкость. Замена балласта более старой марки АБИ ($\varepsilon = 1,38$ отн.ед.) на более современный марки УБИ ($\varepsilon' = 1,21$ отн.ед.) обеспечивает повышение энергоэффективности на 15%.

Выводы. Полученные осциллограммы токов и напряжений в цепи питания ГЛ через балласты различных типов показали большую несинусоидальность тока, протекающего через лампу при резистивном и емкостном балластах. Как следствие, при этом наблюдаются большие пульсации тока, неприемлемые в случае облучения биологических объектов.

Для индуктивных балластов двух типов, АБИ и УБИ, коэффициент амплитуды тока принимает допустимое значение 1,38 отн.ед. Энергоемкости этих типов балласта составляют 1,38 и 1,21 отн.ед. соответственно.

Эффективность замены балласта АБИ на УБИ как энергосберегающего мероприятия составляет 15%.

Conclusions. The obtained oscillograms of currents and voltages in the GL power circuit through ballasts of various types showed a large non-sinusoidal current flowing through the lamp with resistive and capacitive ballast. As a consequence, large current pulsations are observed, which are unacceptable in the case of irradiation of biological objects. For inductive ballasts of two types, ABI and UBI, the current amplitude coefficient takes on an acceptable value of 1.38 relative units. The energy intensity of these types of ballast is 1.38 and 1.21 rel. units respectively. The effectiveness of replacing ABI ballast with UBI as an energy-saving measure is 15%.

Библиографический список

1. Левченко В. А. Увеличение физического срока службы мощных газоразрядных ламп низкого давления. Прикладная физика. 2015. № 5. С. 90-94.
2. Середенко Р. А. Классификация электрических разрядов на основе различных параметров. Качество жизни населения и экология: сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2023. С. 116-119.
3. Козлов Д. Г., Савицкас Р. К. К вопросу о процессах зажигания и стабилизации функционирования газоразрядных ламп. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (45). С. 61-64.
4. Lister G., Liu Y. Low-Pressure Gas Discharge Lamps. Handbook of Advanced Lighting Technology. 2017.
5. Заварина У. А., Микаева С. А. Люминесцентные лампы. Наука. Исследования. Практика. 2020. С. 91-93.
6. Сапрыка А. В., Вендин С. В., Рощубкин П. В. Влияние вольт-амперных характеристик газоразрядных ламп на работу осветительных установок в городских электрических сетях. Научные технологии и инновации. 2019. С. 54-58.
7. Лакомов И. В., Помогаев Ю. М., Аксенов И. И. Особенности расчета электрической сети с газоразрядными лампами. Современные научно-практические решения в АПК. 2017. С. 132-135.
8. Ovchukova S. A., Kondratieva N. P., Kovalenko O. Yu. Energy Saving in Lighting Technologies of Agricultural Production. Light & Engineering. 2021. № 29 (2). Pp. 21-25.
9. Ahmed S. Electronic ballast circuit configurations for fluorescent lamps. Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies (PGSRET). 2015.
10. Ракутько С. А., Ракутько Е. Н. Моделирование и численный анализ энергоэкологичности светотехники. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13. № 3. С. 11-17.
11. Карпов В. Н., Ракутько С. А. Энергосбережение в оптических электротехнологиях АПК. Прикладная теория и частные методики. Санкт-Петербург, 2010.
12. Раджабов Р. Г., Иванова Н. В. Влияние инфракрасного облучения вымени нетелей на молочную продуктивность первотелок. Вестник Донского государственного аграрного университета. 2020. № 4-1 (38). С. 65-69.
13. Довлатов И. М., Юфеев Л. Ю. Анализ спектров поглощения электромагнитного излучения пигментами растений. Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 2 (31). С. 146-153.
14. Карпов В. Н. Практическое управление энергоэффективностью предприятия. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 55. С. 118-125.
15. Гулин С. В., Ракутько С. А. Эффективность спектростабилизирующего регулирования потока разрядных источников излучения с позиций прикладной теории энергосбережения. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2012. № 28. С. 377-383.
16. Семенов А. Д., Волков А. В. Экспериментальная апробация математической модели натриевых ламп высокого давления. Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 1. С. 136-139.
17. Малышев А. Новое - хорошо забытое старое: особенности питания бактерицидных и люминесцентных ламп и выбор ЭПРА для них. Полупроводниковая светотехника. 2021. № 6 (74). С. 26-30.

References

1. Levchenko V. A. Increasing the Physical Service Life of High-Power Low-Pressure Discharge Lamps. Applied Physics. 2015. № 5. Pp. 90-94.
2. Seredenko R. A. Classification of Electrical Discharges Based on Various Parameters. Quality of Life of the Population and Ecology: Collection of Articles of the III All-Russian Scientific and Practical Conference. Penza, 2023. Pp. 116-119.
3. Kozlov D. G., Savitskas R. K. On the Process of Ignition and Stabilization of the Functioning of Gas-Discharge Lamps. Proceedings of the Voronezh State Agrarian University. 2015. № 2 (45). Pp. 61-64.
4. Lister G., Liu Y. Low-Pressure Gas Discharge Lamps. Handbook of Advanced Lighting Technology. 2017.
5. Zavarina U. A., Mikaeva S. A. Fluorescent lamps. Science. Investigations. Practice. 2020. Pp. 91-93.
6. Sapryka A. V., Vendin S. V., Roshchubkin P. V. Influence of Volt-Ampere Characteristics of Gas-Discharge Lamps on the Operation of Lighting Installations in Urban Electric Networks. Knowledge-intensive technologies and innovations. 2019. Pp. 54-58.
7. Lakomov I. V., Pomogaev Y. M., Aksenov I. I. Features of Calculation of the Electric Network with Gas Discharge Lamps. Modern scientific and practical solutions in the agro-industrial complex. 2017. Pp. 132-135.
8. Ovchukova S. A., Kondratieva N. P., Kovalenko O. Yu. Energy Saving in Lighting Technologies of Agricultural Production. Light & Engineering. 2021. № 29 (2). Pp. 21-25.

9. Ahmed S. Electronic ballast circuit configurations for fluorescent lamps. Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies (PGSRET). 2015.
10. Rakutko S. A., Rakutko E. N. Modeling and Numerical Analysis of Energy Ecology of Light Culture. Agricultural Machinery and Technologies. 2019. V. 13. № 3. Pp. 11-17.
11. Karpov V. N., Rakutko S. A. Energy Saving in Optical Electrotechnologies of the Agro-Industrial Complex. Applied Theory and Particular Methods. St. Petersburg, 2010.
12. Radjabov R. G., Ivanova N. V. Effect of infrared irradiation of heifer udders on milk productivity of first-calf heifers. Proceedings of the Donskoi State Agrarian University. 2020. № 4-1 (38). Pp. 65-69.
13. Dovlatov I. M., Yuferev L. Y. Analysis of Absorption Spectra of Electromagnetic Radiation by Plant Pigments. Innovations in agriculture. 2019. № 2 (31). Pp. 146-153.
14. Karpov V. N. Practical management of energy efficiency of the enterprise. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. 2019. № 55. Pp. 118-125.
15. Gulín S. V., Rakutko S. A. Efficiency of Spectralizing Control of the Flow of Discharge Radiation Sources from the Standpoint of the Applied Theory of Energy Saving. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. 2012. № 28. Pp. 377-383.
16. Semenov A. D., Volkov A. V. Experimental Approbation of a Mathematical Model of High Pressure Sodium Lamps. Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. 2018. № 1. Pp. 136-139.
17. Malyshev A. New – well-forgotten old: features of nutrition of bactericidal and fluorescent lamps and the choice of EPRA for them. Semiconductor lighting engineering. 2021. № 6 (74). Pp. 26-30.

Информация об авторах

Ракутько Елена Николаевна, научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) (Российская Федерация, 196625, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филитровское ш., д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3536-9639>, e-mail: elena.rakutko@mail.ru

Ракутько Сергей Анатольевич, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) (Российская Федерация, 196625, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филитровское ш., д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>, e-mail: sergej1964@yandex.ru

Author's Information

Rakutko Elena Nikolaevna, Researcher of Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) (Russian Federation, 196625, St. Petersburg, Tyarlevo village, Filitrovskoe shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3536-9639>, e-mail: elena.rakutko@mail.ru

Rakutko Sergey Anatolyevich, Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher of Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) (Russian Federation, 196625, St. Petersburg, Tyarlevo village, Filitrovskoe shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>, e-mail: sergej1964@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-43

APPLICATION OF NON-DESTRUCTIVE TESTING METHODS FOR INSPECTION OF HYDRAULIC STRUCTURES

Istomin A. P., Solodovnikov D. A., Istomin S. A., Kovalenko I. A.

*Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences"
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: istomin-ap@vfanc.ru

Received 18.09.2023

Submitted 29.11.2023

The research was carried out within the framework of the state task FNFE-2022-0004 "Reclamation complexes: assessment, control of the state and management of processes using digital technologies"

Abstract

Introduction. A significant number of hydraulic structures (GTS) located on the territory of the Volgograd region are in an accident and inoperable condition. The unsatisfactory technical condition of the GTS has a negative impact on the security of settlements and economic facilities, the ecological condition of the territory, the integrated use of water resources of the Facility. **Object.** The object of research is the overflow dam on the Arable Erik of the Kashirinsky water tract. **Materials and methods.** The research was carried out using the GPR "Oko-3", equipped with a 2-frequency antenna unit 150 + 400 MHz. Georadiolocation survey is a non-destructive research method, which is based on the phenomenon of reflection of electromagnetic waves from surfaces on which electrical properties change. **Results and conclusions.** As a result of the georadiolocation study of the overflow dam on the Arable bridge of the Kashirinsky waterway, it was found that voids and pronounced soil decompression were not found to be critically dangerous for the hydraulic structure. The studies allowed to identify and localize inhomogeneities in the body of the dam, expressed in areas of disturbed soil structure in the body of the dam, as well as local areas of increased soil moisture. The use of non-destructive testing methods, including the use of such modern equipment as the GPR "Oko-3" with a 2-frequency antenna unit 150 + 400 MHz allows for a high degree of accuracy to carry out a survey of hydraulic structures.

Keywords: *Volga-Akhtuba floodplain, use of water resources, safety of hydraulic structures, flooding of the floodplain.*

Citation. Istomin A. P., Solodovnikov D. A., Istomin S. A., Kovalenko I. A. Application of non-destructive testing methods for inspection of hydraulic structures. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 381-392 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-43.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 502.35

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Истомин А. П., заместитель директора, руководитель центра
Солодовников Д. А., кандидат географических наук
Истомин С. А., младший научный сотрудник
Коваленко И. А., инженер-исследователь

*ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук»
г. Волгоград, Российская Федерация*

Исследования проведены в рамках государственного задания FNFE-2022-0004

**«Мелиоративные комплексы: оценка, контроль состояния и управления процессами с помощью
цифровых технологий»**

Актуальность. Значительное количество гидротехнических сооружений (ГТС), расположенных на территории Волгоградской области, находится в аварийном и неработоспособном состоянии. Неудовлетворительное техническое состояние ГТС оказывает негативное влияние на защищенность населенных пунктов и объектов экономики, экологическое состояние территории, комплексное использование водных ресурсов. **Объект.** Объектом исследований является переливная плотина на ерике Пахотный Каширинского водного тракта. **Материалы и методы.** Исследования проводились при помощи георадара «Око-3», укомплектованного 2-х-частотным антенным блоком 150+400 МГц. Георадиолокационная съемка является неразрушающим методом исследования, который основан на явлении отражения электромагнитных волн от поверхностей, на которых меняются электрические свойства. **Результаты и выводы.** В результате проведенного георадиолокационного исследования переливной плотины на ерике Пахотный Каширинского водного тракта установлено, что критически опасных для гидротехнического сооружения пустот и выраженных разуплотнений грунта не выявлено. Исследования позволили выявить и локализовать неоднородности в теле плотины, выразившиеся в участках нарушенной структуры грунта в теле плотины, а также локальных участках повышения влажности грунта. Использование методов неразрушающего контроля, в том числе с применением такого современного оборудования, как георадар «Око-3» с 2-х-частотным антенным блоком 150+400 МГц, позволяет с высокой степенью точности осуществлять обследование гидротехнических сооружений.

Ключевые слова: *Волго-Ахтубинская пойма, использование водных ресурсов, безопасность гидротехнических сооружений, обводнение поймы.*

Цитирование. Истомин А. П., Солодовников Д. А., Истомин С. А., Коваленко И. А. Применение методов неразрушающего контроля для обследования гидротехнических сооружений. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 381-392. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-43.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Большинство гидротехнических сооружений (далее – ГТС), расположенных на территории Волгоградской области, построено в середине прошлого века. По информации Администрации Волгоградской области, приведенной в государственной программе Волгоградской области "Использование и охрана водных объектов, предотвращение негативного воздействия вод на территории Волгоградской области", утвержденной постановлением Правительства Волгоградской области от 30 августа 2013 г. № 453-п, из

более чем 4,5 тысяч ГТС, в аварийном и неработоспособном состоянии находится более 1,7 тысяч сооружений. Неудовлетворительное техническое состояние ГТС оказывает негативное влияние на защищенность населенных пунктов и объектов экономики, экологическое состояние территории, комплексное использование водных ресурсов [1].

Часть ГТС, расположенных на территории Волго-Ахтубинской поймы, помимо функции защиты от негативного воздействия вод, предназначена для обеспечения захода воды во время весеннего половодья на территорию поймы и удержания ее в меженный период. Одним из таких сооружений является переливная плотина на ерике Пахотный Каширинского водного тракта. Разрушение (деформация) данной плотины спровоцирует сброс накопленной во время весеннего половодья воды порядка 6,5-8,0 млн. куб. м с Каширинского водного тракта в р. Ахтуба. Негативные последствия отразятся на обводнении северной части Волго-Ахтубинской поймы, водообеспечении ряда населенных пунктов Среднеахтубинского муниципального района, сельском хозяйстве, а также экологической и санитарно-эпидемиологической ситуации [2, 3, 4].

Функция удержания воды в руслах ериков после завершения половодья является для Волго-Ахтубинской поймы очень важной [5]. Устойчивый уровень воды в русле поддерживает уровень грунтовых вод на прилегающей территории на отметках, доступных для корневой системы деревьев [6]. Улучшаются лесорастительные условия и масштабы усыхания пойменных лесов [7]. Это, в свою очередь, снижает частоту ландшафтных пожаров [8], повышает рекреационную привлекательность территории [9] и в целом купирует тенденцию к иссушению и остепнению пойменных экосистем [10, 11].

Целью настоящей работы является оценка технического состояния и подготовка рекомендаций для принятия управленческих решений по обеспечению безопасности ГТС.

Материалы и методы. Для исследования переливной плотины на ерике Пахотный в районе х. Тутов был применен георадар «Око-3» производства ОАО «Геотех» (Россия), укомплектованный 2-х-частотным антенным блоком 150+400 МГц (рисунок 1).

Георадиолокационная съемка является неразрушающим методом исследования, который основан на явлении отражения электромагнитных волн от поверхностей, на которых меняются электрические свойства [12].

Метод позволяет решать широкий спектр прикладных задач, в частности:

- изучение геологических разрезов с определением мощностей слоев и типов пород;
- определение положения уровня грунтовых вод;
- определение толщины и типа конструктивных слоев искусственных сооружений;
- выявление дефектов строительных конструкций;
- обследование подстилающих грунтов с выделением зон разуплотнения, повышенной влажности и т.д.;
- поиск подземных коммуникаций;
- выявление инородных тел в грунте.

Наиболее важными параметрами, характеризующими возможности применения метода георадиолокации в различных средах, являются удельное затухание (Γ , [дБ/м]) и скорость распространения электромагнитных волн в среде, которые определяются ее электрическими свойствами. Первый из них определяет глубинность зондирования используемого георадара, знание второго параметра, необходимого для пересчета временной задержки отраженного импульса в глубину до отражающей границы.

Скорость распространения электромагнитной волны в среде равна:

$$V = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}} = \frac{30}{\sqrt{\varepsilon}} [\text{см/нс}];$$

V – скорость распространения электромагнитной волны в среде;

ε – относительная диэлектрическая проницаемость среды.

Основным параметром среды является ее диэлектрическая проницаемость (ε), именно по значению этого коэффициента и определяют мощность отдельных слоев, положение границ раздела и пр. [13].

При георадиорадарном зондировании георадар перемещается по обследуемой поверхности.



Рисунок 1 – Георадарная съемка объекта исследования антенным блоком АБ 150/400

Figure 1 – GPR survey of the object of study with the antenna unit AB 150/400

Электромагнитная волна в грунте отражается от границ слоев, имеющих отличные диэлектрические свойства. В состав георадара входят излучающая (источник) и приемная (приемник) антенны. Источник излучает электромагнитную волну заданной частоты в виде конечного полупериодного импульса. В каждой точке дистанции записывается трасса – зависимость амплитуды сигнала от времени прихода отражения. Набор трасс по всей дистанции составляет радарограмму [14].

В георадарах применяются сверхширокополосные сигналы, состоящие из 1-2 периодов высокочастотных колебаний (одноперіодные импульсы, или моноимпульсы). Для формирования импульсов малой длительности используется возбуждение широкополосной передающей антенны перепадом напряжения с очень короткими фронтами – ударный метод возбуждения.

Излученный передающей антенной в исследуемую среду электромагнитный импульс отражается от находящихся в ней предметов или любых неоднородностей, имеющих отличную от среды диэлектрическую проницаемость или проводимость. Такими неоднородностями могут быть пустоты, границы раздела слоев различных пород, участки с различной влажностью и т.д. [15].

Отраженный сигнал принимается приемной антенной, преобразуется в цифровой вид и запоминается для дальнейшей обработки.

При перемещении георадара по поверхности исследуемой среды на экран монитора выводится совокупность сигналов (радарограмма), по которой можно определить местонахождение, глубину залегания и протяженность объектов [16].

Результатами георадарного зондирования являются временные разрезы, записанные методом переменной плотности, на которых по горизонтали указано расстояние в метрах, а по вертикали – время прихода отраженных сигналов в наносекундах. Обработка сигналов осуществляется с помощью программы GeoScan32 [17].

Электрические свойства металлов кардинально отличаются от свойств любых грунтов, поэтому их выявление в грунте методом георадиолокации не вызывает существенных сложностей при условии нахождения металлических предметов в пределах глубины зондирования прибора и линейных размерах, превышающих разрешающую способность прибора. Бетонные конструкции в грунте также вызывают изменения в распространении электромагнитных полей. Метод георадиолокации позволяет выявлять бетонные включения в грунте, при условии, что их размер превышает разрешающую возможность прибора. Возможно также выявление подземных пустот, коммуникаций, определение глубины границ

раздела слоев с разными свойствами, определение изменений влажности грунта (в первую очередь песков). Практика изыскательских работ показывает, что метод георадиолокации хорошо подходит для задач, связанных с обследованием плотин [18, 19, 20].

Топографическая привязка георадарных профилей (точки начала и конца профиля) осуществлялась портативным приемником GPS Garmin eTrex 30х.

Результаты и обсуждения. Использование георадара «Око-3» с 2-х-частотным антенным блоком 150+400 МГц позволило выполнить исследование переливной плотины методом неразрушающего контроля.

Обе антенны георадара экранированы, что исключает поток электромагнитного излучения в верхнее полупространство прибора и подавляет отражение от объектов верхнего полупространства.

Антенна частотой 150 МГц позволяет зондировать грунты на глубину до 12 м, разрешающая способность (минимальный размер обнаруживаемых объектов) при этом составляет 0,35 м. Антенна частотой 400 МГц обеспечивает зондирование на глубину до 5 м, разрешающая способность сигнала при этом увеличивается до 0,15 м.

В настоящей работе, ввиду небольших мощностей зондируемых грунтов, основным инструментом выступала антенна 400 МГц, антенна 150 МГц выполняла функцию контрольной. Интерпретация радарограмм и визуализация полученной информации проводилась с использованием программы GeoScan32.

Всего на участках исследования выполнено 16 георадарных профилей суммарной протяженностью 668 м (рисунок 2).

Профили 1-3 расположены на дорожном полотне плотины. Профили 4-6 пересекают вымощенный бетонными плитами правый береговой склон. Профиль 7 проходит вдоль правого берегового склона. Профили 8-11 аналогично охватывают приплотинное пространство по левому берегу ерика Пахотный. Профили 12-16 пересекают поперек северо-восточный (обращенный в сторону р. Ахтуба) откос бетонной плотины. Противоположный (юго-западный, обращенный вниз по течению ерика откос) обследовать было невозможно ввиду высокого уровня воды на приплотинном участке. На момент обследования отметка уровня воды находилась на 0,5 м ниже гребня плотины.



Рисунок 2 – Схема расположения георадарных профилей
Figure 2 – Layout of GPR profiles

Для контроля и детализации участков, на которых в ходе полевого обследования выявлены признаки наличия в теле плотины неоднородностей, использовался антенный блок – бетоноскоп «Око-3» АБ-1700 с частотой 1700 МГц. Этот блок имеет глубину скани-

рования 1 м и разрешающую способность 0,03 м. С использованием данного антенного блока выполнено 13 профилей по дорожному полотну плотины, каждый протяженностью 2-3 метра (рисунок 3).



Рисунок 3 – Сканирование плотины бетоноскопом АБ-1700
Figure 3 – Scan of the dam with the AB-1700 concrete scope

Интерпретация радарограмм по профилям 1-3, проложенным по поверхности дорожного полотна плотины, показала сравнительно слабую обводненность тела плотины. Профиль № 1, расположенный на 0,5 м выше уровня воды в верхнем бьефе ГТС, показывает, что полная водонасыщенность грунтов начинается с глубины 3-3,5 м. Пустот и выраженных разуплотнений грунта не выявлено.

На общем однородном фоне выделяются следующие неоднородности:

Участки нарушенной структуры грунта в теле плотины. Имеют локальный характер, протяженность по линии профиля от 2 до 6 м метров. Неоднородности по всей ширине плотины не прослеживаются, на каждом профиле выявлено по одному такому участку (рисунки 4-6).

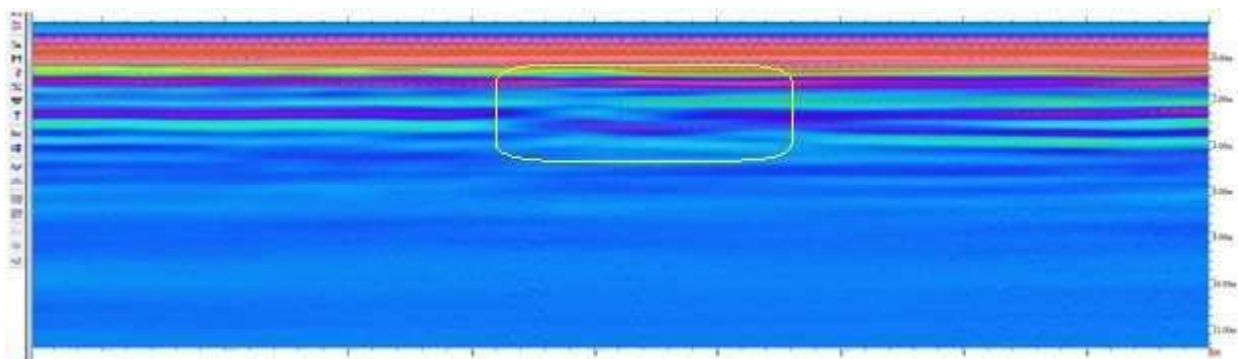


Рисунок 4 – Участок нарушенной структуры грунта на профиле 1
Figure 4 – Area of disturbed soil structure in profile 1

Расстояние 20-22 м от северо-западного конца плотины, глубина 1,8-3,3 метра (рисунок 4).

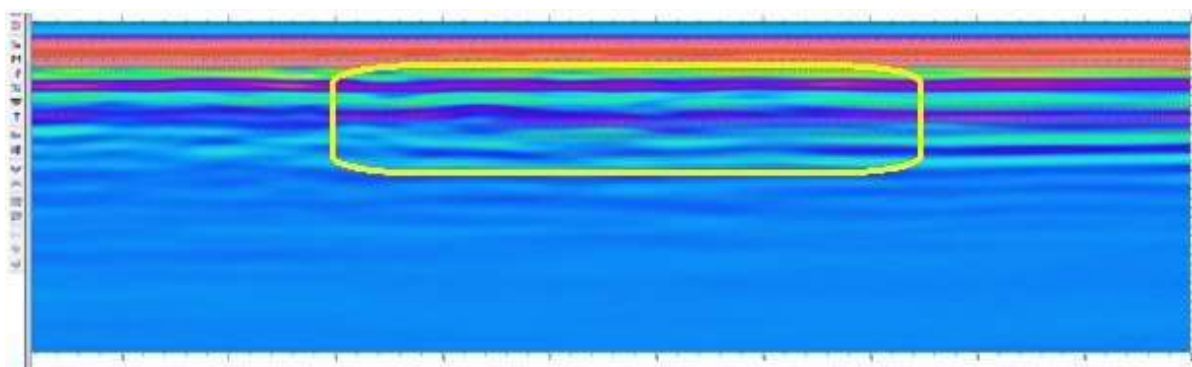


Рисунок 5 – Участок нарушенной структуры грунта на профиле 2
Figure 5 – Area of disturbed soil structure in profile 2

Расстояние 10-16 м от юго-восточного конца плотины, глубина 1,4-4,5 метра (рисунок 5).

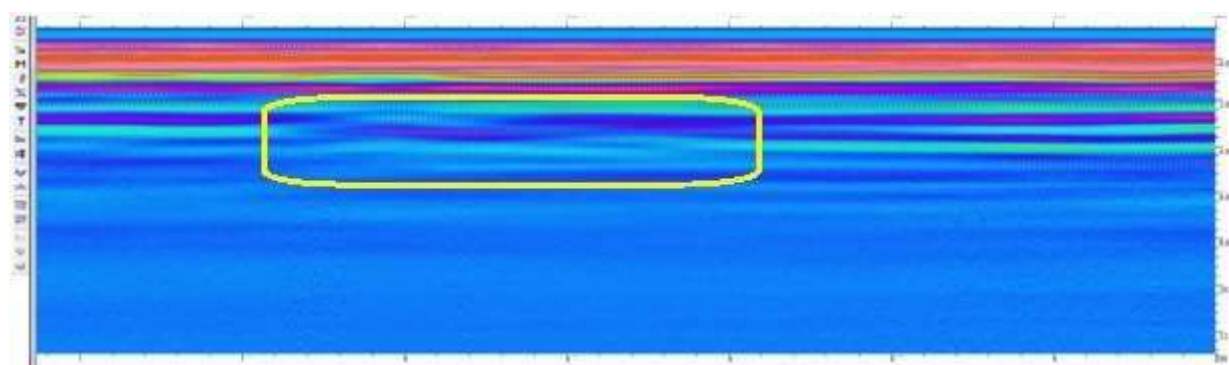


Рисунок 6 – Участок нарушенной структуры грунта на профиле 3
Figure 6 – Area of disturbed soil structure in profile 3

Расстояние 9-15 м от северо-западного конца плотины, глубина 2,0-3,0 метра (рисунок 6).

Выявленные неоднородности тела плотины при сканировании антенным блоком АБ 150/400 МГц, имеющие ширину в плане до 0,7-1 м и направленные поперек тела плотины, детально исследованы с помощью бетоноскопа АБ-1700. Часть таких зон визуальны различимы в нижней части откоса в виде протечек – фильтрации, выходящих из грунта, и свищей – выходов сосредоточенной фильтрации в виде отдельных струй воды, пробивающихся через тело плотины. Данная фильтрация прослеживается с глубины 0,3-0,9 м вниз до уровня грунтовых вод (УГВ) (рисунок 7).

Всего выявлено 11 зон фильтрации воды через тело плотины. Все они характеризуются возрастанием влажности грунта с 8-10 до 14-16%, интерпретируемым через изменение его диэлектрической проницаемости (ϵ).

Из 11-ти выявленных зон линейной фильтрации лишь три прослеживаются поперек всего полотна плотины и, очевидно, свидетельствуют о сквозных трещинах (рисунок 8). Они соответствуют участкам разгрузки фильтрующихся через тело плотины вод в виде протечек и свищей. Остальные выявлены только на одном из 3 продольных профилей дорожного полотна плотины и носят узлокальный характер.

Красные линии на рис.8 показывают зоны повышенной влажности, пересекающие поперек тело плотины; розовые точки – узлокальные повышения влажности, выявленные только на одном из трёх продольных профилей через плотину.

Сквозной участок № 1 (рисунок 8) расположен у юго-восточного окончания плотины. В нижней части откоса плотины по стыку угловых плит имеются признаки местной фильтрации, имеющей характер просачивания – капель, стекающих по откосу, и влаголюбивой растительности, развивающейся в трещине на стыке бетонных плит.

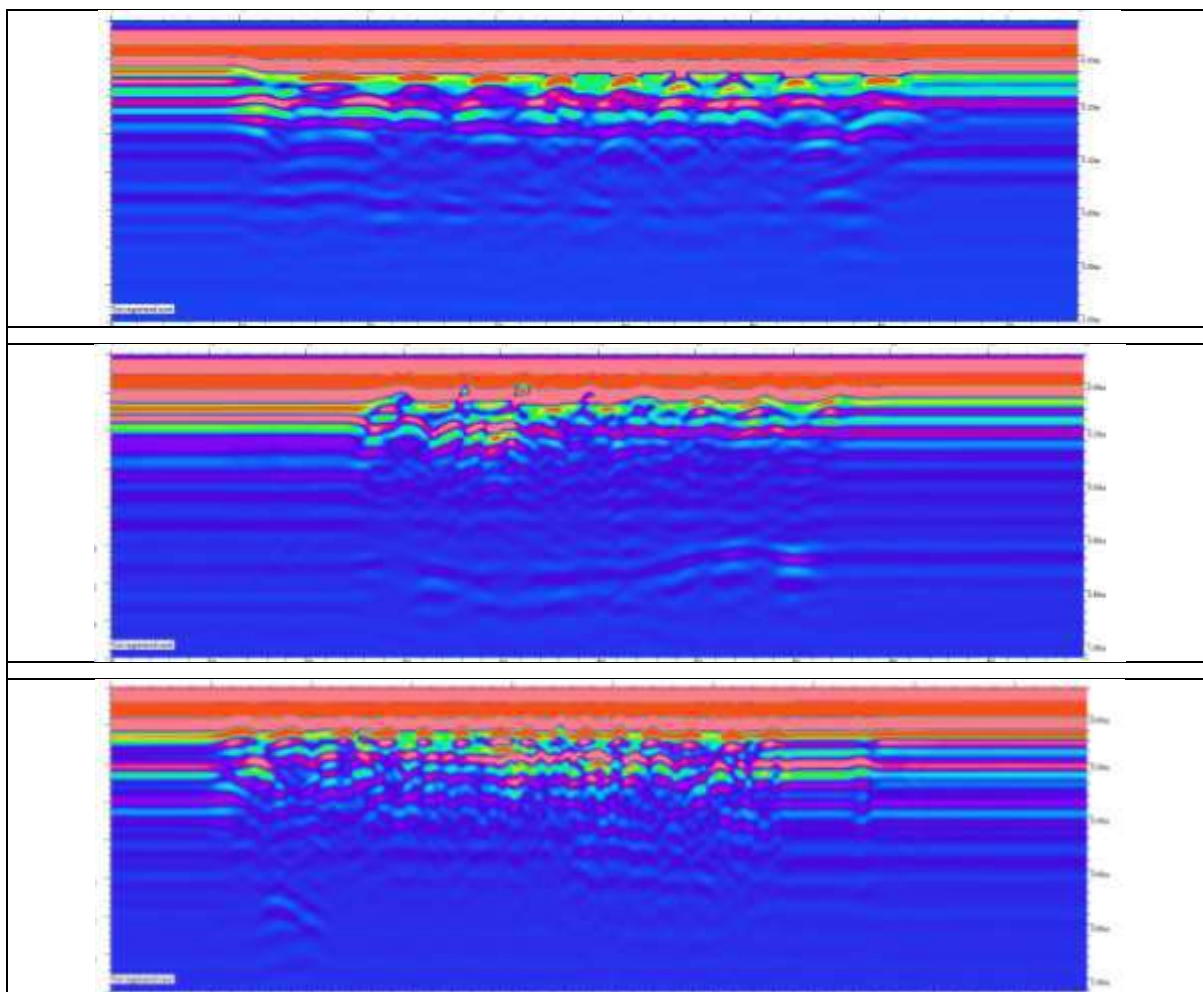


Рисунок 7 – Примеры отражения переувлажненных участков на радарограммах, полученных с использованием бетоноскопа АБ-1700

Figure 7 – Examples of reflection of waterlogged areas on radargrams obtained using the AB-1700 concrete scope



Рисунок 8 – Участки локального повышения влажности грунта, пересекающие тело плотины

Figure 8 – Areas of local soil moisture increase crossing the dam body

Сквозной участок № 2 расположен в 9-10 м от участка № 1. В нижней части откоса нижнего бьефа наблюдается свищ и истечение фильтрата из тела плотины в виде небольшого родника (рисунок 9).



Рисунок 9 – Истечение фильтрующей воды на участке № 2
Figure 9 – Filtered water outflow at site No. 2



Рисунок 10 – Полость в верхней части бетонного покрытия откоса нижнего бьефа ГТС
Figure 10 – Cavity in the upper part of the concrete pavement of the downstream slope of the GTS

Сквозной участок № 3 расположен в 10 м юго-восточнее водопропускного сооружения плотины. В нижней части откоса ему соответствует протечка (свищ).

Профили 4-11, проложенные по левому и правому береговым откосам плотины, демонстрируют строение периферии гидротехнического сооружения, выложенным железобетонными плитами. Нижняя часть этого склона подвергается воздействию поверхностного стока лишь в период пика весеннего половодья, 1-2 недели в году. Существенных неоднородностей здесь не установлено.

Проложенные профили 12-16 уточняют положение локальных зон фильтрации подземных вод на откосе ГТС. Помимо уже охарактеризованных зон фильтрации на одном из профилей выявлена пустота (полость) в верхней части бетонного покрытия. Пустота различима и визуальна (рисунок 10), георадиолокационное сканирование показало, что линейные размеры полости – около 1,5 м по длине, глубина – 0,2-0,3 м.

Заключение. В результате проведенного георадиолокационного исследования переливной плотины на ерике Пахотный Каширинского водного тракта установлено, что критически опасных для гидротехнического сооружения пустот и выраженных разуплотнений грунта не выявлено.

Интерпретация полученных радарограмм позволила выявить и локализовать неоднородности в теле плотины, выразившиеся в участках нарушенной структуры грунта в теле плотины, а также локальных участках повышения влажности грунта. Установлено три участка в юго-восточной части ГТС, которые образуют сквозные зоны повышенной влажности, пересекающие все тело плотины. Фильтрационные потоки выявленных зон повышенной влажности разгружаются в основании откоса нижнего бьефа плотины в виде протечек и свищей.

Использование методов неразрушающего контроля, в том числе с применением такого современного оборудования, как георадар «Око-3» с 2-х-частотным антенным блоком 150+400 МГц, позволяет с высокой степенью точности осуществлять обследование гидротехнических сооружений.

Комплексное определение технического состояния сооружений позволит использовать полученную информацию при принятии управленческих решений в части обеспечения безопасности гидротехнических сооружений, рационального использования водных ресурсов, развития сельскохозяйственного потенциала региона [21].

Conclusions. As a result of a georadar study of the overflow dam on the Pakhotny erik of the Kashirinsky water tract, it was established that no voids or pronounced decompaction of the soil that are critically dangerous for the hydraulic structure were identified.

The interpretation of the obtained radargrams made it possible to identify and localize inhomogeneities in the dam body, expressed in areas of disturbed soil structure in the dam body, as well as local areas of increased soil moisture. Three sections have been established in the southeastern part of the hydraulic structure, which form through zones of high humidity crossing the entire body of the dam. Filtration flows from identified zones of high humidity are discharged at the base of the downstream slope of the dam in the form of leaks and fistulas.

The use of non-destructive testing methods, including the use of such modern equipment as the Oco-3 ground penetrating radar with a 2-frequency antenna unit 150+400 MHz allows for the inspection of hydraulic structures with a high degree of accuracy.

A comprehensive determination of the technical condition of structures will make it possible to use the information obtained when making management decisions in terms of ensuring the safety of hydraulic structures, the rational use of water resources, and the development of the agricultural potential of the region.

Библиографический список

1. Фесенко В. В., Кукушкина Н. А. Анализ реализации основных целей стратегии социально-экономического развития Волгоградской области до 2025 г. Грани познания. 2023. № 1 (84). С. 85-91.
2. Беляев А., Пугачёва А., Истомин А., Межевова А., Жихарев А., Истомин С., Хренов И. Изучение современного гидрологического режима озерной системы "Чайка" на территории Волго-Ахтубинской поймы. Экология и промышленность России. 2023. № 27(7). С. 60-65.
3. Глазунов В. В., Данильев С. М., Ефимова Н. Н. Применение метода георадиолокации для оценки состояния крепления верхового откоса грунтовых плотин. Записки Горного института. 2011. Т. 194. С. 167-172.
4. Павлова В. Обводнение Волго-Ахтубинской поймы – важнейший проект по оздоровлению Волги. Гидротехника. 2020. № 2 (59). С. 36-37.
5. Филиппов О. В., Солодовников Д. А., Золотарев Д. В., Канищев С. Н. Опыт восстановления деградированных ландшафтов и водных объектов Волго-Ахтубинской поймы: гидрологический аспект. Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. 2012. № 2 (4). С. 34-43.
6. Marker B. R. Geology of megacities and urban areas. Engineering Geology for Tomorrow's Cities. Geological Society, London, Engineering Geology Special Publication. 2009. № 22. Pp. 33-48.

7. Рыбашлыкova Л. П., Лепеско В. В. Современное состояние лесного фитоценоза в Волго-Ахтубинском пойме. Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2018. Т. 4. С. 303-306.
8. Берденгалиева А. Н. Анализ горимости пойменных ландшафтов Нижней Волги по данным информационных продуктов спутникового детектирования активного горения и выгоревших площадей. ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Т. 28. № 1. С. 346-358.
9. Солодовников Д. А., Хаванская Н. М., Вишняков Н. В., Иванцова Е. А. Методические основы геофизического мониторинга грунтовых вод речных пойм. Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 3. С. 106-114.
10. Анопин В. Н., Субботина М. В., Матовникова Н. Г., Меркулова М. А. К вопросу о методах мелиоративного урболандшафтоведения. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Естественные науки. 2006. № 5. С. 154-158.
11. Onistratenko N. V., Ivantsova E. A., Denysov A. A., Solodovnikov D. A. Heavy metals in suburban ecosystems of industrial centres and ways of their reduction. Ekologia Bratislava. 2016. V. 35. № 3. Pp. 205-212.
12. Ширококов М. П., Иванов А. А., Пудова Н. Г. Применение комплекса геофизических методов для обследования состояния гидротехнических сооружений на примере грунтовой плотины в составе МГЭС (Карелия). ГеоЕвразия-2021. Геологоразведка в современных реалиях: труды IV Международной геолого-геофизической конференции и выставки. Тверь, 2021. С. 35-36.
13. Batrakov D. O., Antyufeyeva M. S., Kovalov M., Batrakova A. G. GPR data processing using the synthesized pulse method. 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering, UKRCON 2021- Proceedings. 2021. V. 3. Pp. 262-265.
14. Глазунов В. В., Данильев С. М., Ефимова Н. Н. Применение метода георадиолокации для оценки состояния крепления верхового откоса грунтовых плотин. Записки Горного института. 2011. Т. 194. С. 167-172.
15. Benedetto F., Tosti F. GPR spectral analysis for clay content evaluation by the frequency shift method. Journal of Applied Geophysics. 2013. V. 97. Pp. 89-96.
16. Кремнёв А. П., Поляков А. Н., Гусенок К. С., Мирзаев Т. А. Георадиолокационный метод контроля качества устройства цементно-грунтовых и монолитных конструкций, устраиваемых в грунте. Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2015. № 16. С. 34-39.
17. Ding L., Han B., Liu R.-Z., Zhang J.-Q. Inversion imaging method for concrete non-destructive testing based on GPR. Acta Geophysica Sinica. 2012. V. 55. № 1. Pp. 317-326.
18. Нигметов Г. М., Маклаков А. С., Ротару А. Н., Гайфуллин З. Г. Оценка технического состояния плотин с применением методов динамико-геофизических испытаний. Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. № 1 (67). С. 46-53.
19. Носкевич В. В., Горшков В. Ю., Байдилов С. В., Угрюмов И. А. Обследование состояния грунтовой плотины комплексом геофизических методов. Гидротехническое строительство. 2019. № 5. С. 30-37.
20. Фоменко Н. Е. Диагностика состояния прудовых плотин комплексом электроразведочных методов. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2015. № 1. С. 26-32.
21. Belyaev A. I., Pugacheva A. M., Korneeva E. A. Assessment of Ecosystem Services of Wetlands of the Volga-Akhtuba Floodplain. Sustainability. 2022. V. 14. 11240.

References

1. Fesenko V. V., Kukushkina N. A. Analysis of the implementation of the main goals of the strategy for the socio-economic development of the Volgograd region until 2025. Facets of knowledge. 2023. No. 1 (84). Pp. 85-91.
2. Belyaev A., Pugacheva A., Istomin A., Mezhevova A., Zhikharev A., Istomin S., Khrenov I. Study of the modern hydrological regime of the Chaika lake system on the territory of the Volga-Akhtuba floodplain. Ecology and industry of Russia. 2023. No. 27 (7). Pp. 60-65.
3. Glazunov V. V., Daniliev S. M., Efimova N. N. Application of the geo-radar method to assess the state of fastening of the upper slope of soil dams. Notes of the Mining Institute. 2011. V. 194. Pp. 167-172.
4. Pavlova V. Irrigation of the Volga-Akhtuba floodplain – the most important project for the improvement of the Volga. Hydrotechnics. 2020. No. 2 (59). Pp. 36-37.
5. Filippov O. V., Solodovnikov D. A., Zolotarev D. V., Kanishchev S. N. Experience in restoring degraded landscapes and water bodies of the Volga-Akhtuba floodplain: hydrological aspect. Bulletin of Volgograd State University. Episode 11: Natural Sciences. 2012. No. 2 (4). Pp. 34-43.
6. Marker B. R. Geology of megacities and urban areas. Engineering Geology for Tomorrow's Cities. Geological Society, London, Engineering Geology Special Publication. 2009. № 22. Pp. 33-48.
7. Rybashlykova L. P., Lepsenko V. V. Current state of forest phytocenosis in the Volga-Akhtuba floodplain. World scientific and technological trends in the socio-economic development of the agro-industrial complex and rural areas: materials of the International scientific and practical conference. Volgograd: Volgograd SAU, 2018. V. 4. Pp. 303-306.
8. Berdengalieva A. N. Analysis of the fire rate of floodplain landscapes of the Lower Volga according to information products of satellite detection of active burning and burnt areas. InterCarto. InterGIS. 2022. V. 28. No. 1. Pp. 346-358.
9. Solodovnikov D. A., Khavanskaya N. M., Vishnyakov N. V., Ivantsova E. A. Methodological principles of geophysical monitoring of groundwater in river floodplains. South of Russia: ecology, development. 2017. V. 12. No. 3. Pp. 106-114.
10. Anopin V. N., Subbotina M. V., Matovnikova N. G., Merkulova M. A. On the issue of methods of reclamation urban landscape studies. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Natural Sciences. 2006. No. 5. Pp. 154-158.
11. Onistratenko N. V., Ivantsova E. A., Denysov A. A., Solodovnikov D. A. Heavy metals in suburban ecosystems of industrial centres and ways of their reduction. Ekologia Bratislava. 2016. V. 35. No. 3. Pp. 205-212.
12. Shirobokov M. P., Ivanov A. A., Pudova N. G. Application of a complex of geophysical methods to examine the condition of hydraulic structures using the example of a soil dam as part of a small hydroelectric power station (Karelia). GeoEurasia-2021. Geological exploration in modern realities. Proceedings of the IV International Geological and Geophysical Conference and Exhibition. GeoEurasia LLC. Tver, 2021. Pp. 35-36.

13. Batrakov D. O., Antyufeyeva M. S., Kovalov M., Batrakova A. G. GPR data processing using the synthesized pulse method. 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering, UKRCON 2021- Proceedings. 2021. V. 3. Pp. 262-265.
14. Glazunov V. V., Daniliev S. M., Efimova N. N. Application of the geo-radar method to assess the state of fastening of the upper slope of soil dams. Notes of the Mining Institute. 2011. V. 194. Pp. 167-172.
15. Benedetto F., Tosti F. GPR spectral analysis for clay content evaluation by the frequency shift method. Journal of Applied Geophysics. 2013. V. 97. Pp. 89-96.
16. Kremnev A. P., Polyakov A. N., Gusenok K. S., Mirzaev T. A. GPR method for quality control of cement-soil and monolithic structures installed in the ground. Bulletin of Polotsk State University. Series F. Construction. Applied Science. 2015. No. 16. Pp. 34-39.
17. Ding L., Han B., Liu R.-Z., Zhang J.-Q. Inversion imaging method for concrete non-destructive testing based on GPR. Acta Geophysica Sinica. 2012. V. 55. No. 1. Pp. 317-326.
18. Nigmatov G. M., Maklakov A. S., Rotaru A. N., Gaifullin Z. G. Assessment of the technical condition of dams using dynamic-geophysical testing methods. Civil Safety Technologies. 2021. V. 18. No. 1 (67). Pp. 46-53.
19. Noskevich V. V., Gorshkov V. Yu., Baidikov S. V., Ugryumov I. A. Inspection of the condition of a soil dam using a complex of geophysical methods. Hydrotechnical construction. 2019. No. 5. Pp. 30-37.
20. Fomenko N. E. Diagnostics of the condition of pond dams using a complex of electrical prospecting methods. News of higher educational institutions. Geology and exploration. 2015. No. 1. Pp. 26-32.
21. Belyaev A. I., Pugacheva A. M., Korneeva E. A. Assessment of Ecosystem Services of Wetlands of the Volga-Akhtuba Floodplain. Sustainability. 2022. V. 14. 11240.

Информация об авторах

Истомин Александр Петрович, заместитель директора, руководитель Центра по защите и восстановлению малых рек и водоемов, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), e-mail: istomin-ap@vfanc.ru

Солодовников Денис Анатольевич, кандидат географических наук, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), e-mail: densolodovnikov@mail.ru

Истомин Сергей Александрович, младший научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), e-mail: istomin-s@vfanc.ru

Коваленко Иван Александрович, инженер-исследователь лаборатории эколого-мелиоративных технологий и проектирования Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), e-mail: kovalenko-i@vfanc.ru

Author's Information

Istomin Aleksander Petrovich, Deputy Director-Head of the Center for the Protection and Restoration of Small Rivers and Reservoirs of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), e-mail: istomin-ap@vfanc.ru

Solodovnikov Denis Anatolyevich, Candidate of Geographical Sciences, under an agreement with the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), e-mail: densolodovnikov@mail.ru

Istomin Sergey Aleksandrovich, Junior Researcher in the Laboratory of Hydrology of Agroforestry Landscapes of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), e-mail: istomin-s@vfanc.ru

Kovalenko Ivan Aleksandrovich, engineer-researcher of the laboratory of environmental reclamation technologies and design of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), e-mail: kovalenko-i@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-44

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF FIELD TESTS OF THE CROSS-COUNTRY ABILITY OF AN EXPERIMENTAL VEHICLE

¹Myasnikov A. S., ²Fomin S. D., ²Gapich D. S.

¹ChPOU "Gazprom College Volgograd named after. I. A. Matlashov"

²Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: fsd-58@mail.ru

Received 10.10.2023

Submitted 15.02.2024

Abstract

Introduction. In the work of an agro-industrial enterprise, transportation of agricultural goods in field conditions is an important stage of the technological process, the implementation of which arises difficulties associated with the condition and type of soil of the supporting surface, rugged terrain, which ultimately affects the increase in the time of transportation of goods, the presence of downtime in the work of the main and auxiliary

equipment, disruption or increase in deadlines for completing types of work. Increasing the mobility of movement of road freight vehicles for agriculture and increasing their cross-country ability on various soils of the supporting surface, regardless of weather conditions, is an urgent task, one of the directions for solving which is the use of vehicles with a combined method of movement – rolling and walking. To study the operation of a car with a combined mode of transportation, an experimental vehicle was designed that allows choosing a mode of transportation depending on the adhesion properties with the supporting surface. **Object.** The object of the study is a comparative analysis of the results of field tests of the support cross-country ability of an experimental vehicle on wet plowed soil, a wet dirt road, and dry loose sand. **Materials and methods.** The supporting cross-country ability of the experimental vehicle on the bases of wet plowed soil, wet dirt road and dry loose sand was determined by visual and instrumental measurement of the following indicators: the amount of current consumed by the motors, the distance traveled, the depth of the rut, and the degree of soil compaction. Based on the results of the study, dependency graphs were constructed, preferred indicators were determined, and conclusions were drawn. **Results and conclusions.** A comparative analysis of the results of field tests showed that movement by walking, compared to rolling, leaves a rut of less depth on the supporting surface, the degree of soil compaction decreases, and the current consumption of the electric motors that ensure the forward movement of the experimental vehicle decreases.

Keywords: *experimental vehicles, rolling motion, stepping motion, support cross-country ability, wet plowed soil, sodden dirt road, dry loose sand.*

Citation. Myasnikov A. S., Fomin S. D., Gapich D. S. Comparative analysis of the results of field tests of the cross-country ability of an experimental vehicle. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 392-403 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-44.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.37

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ОПОРНОЙ ПРОХОДИМОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

¹Мясников А. С., преподаватель

²Фомин С. Д., доктор технических наук, профессор

²Гапич Д. С., доктор технических наук, профессор

¹ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И. А. Матлашова»

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. В работе агропромышленного предприятия перевозка сельскохозяйственных грузов в полевых условиях является важным этапом технологического процесса, при реализации которого возникают трудности, связанные с состоянием и типом грунта опорной поверхности, переменной рельефом местности, что в итоге сказывается на увеличении сроков перевозки грузов, наличии простоев в работе основной и вспомогательной техники, срыве или увеличении сроков выполнения видов работ. Повышение мобильности передвижения автомобильных грузовых транспортных средств для сельского хозяйства и увеличение их опорной проходимости на различных грунтах вне зависимости от состояния погодных условий является актуальной задачей, одним из направлений решения которой является использование транспортных средств с комбинированным способом передвижения – качением и шаганием. Для исследования работы автомобиля с комбинированным способом передвижения сконструировано экспериментальное транспортное средство, позволяющее в зависимости от сцепных свойств с опорной поверхностью выбирать способ передвижения. **Объект.** Объектом исследования являются результаты полевых испытаний показателей опорной проходимости экспериментального транспортного средства на основаниях влажный вспаханный грунт, размокшая грунтовая дорога, сухой сыпучий песок. **Материалы и методы.** Опорная проходимость экспериментального транспортного средства на основаниях влажный вспаханный грунт, размокшая грунтовая дорога и сухой сыпучий песок определена путем визуального и приборного измерения следующих показателей: величина затрачиваемой мощности, пройденный путь, глубина колеи, степень уплотнения грунта. По результатам исследования построены графики зависимостей, определены предпочтительные показатели, сделаны выводы. **Результаты и выводы.** Проведенный сравнительный анализ результатов полевых испытаний показал, что передвижение способом шагания по сравнению с качением оставляет на опорной поверхности колею меньшей глубины, снижается степень уплотнению грунта, отсутствует буксование, затрачиваемая на деформацию грунта мощность электродвигателей экспериментального транспортного средства, уменьшается.

Ключевые слова: экспериментальные транспортные средства, движение качения, движение шагания, опорная проходимость, влажный вспаханный грунт, размокшая грунтовая дорога, сухой сыпучий песок.

Цитирование. Мясников А. С., Фомин С. Д., Гапич Д. С. Сравнительный анализ результатов полевых испытаний опорной проходимости экспериментального транспортного средства. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 392-403. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-44.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Растениеводство является ведущим направлением сельскохозяйственной отрасли страны, от результатов деятельности которой зависят показатели работы других направлений аграрного сектора [1, 2]. На результаты работы организаций, занимающихся растениеводством, влияет большое количество факторов, одни из которых зависят от деятельности человека, а другими управляет природа, которая может устанавливать, как засухи, так и вызывать обильные осадки. Для борьбы с засухами можно использовать орошение территорий, а преодолеть обильные осадки можно только выжиданием времени, которое в свою очередь значительно влияет на результаты посевных и уборочных работ, и как следствие на экономические показатели работы организации [3, 4]. Обильные осадки сильно сказываются на выполнении транспортных работ в полевых условиях, когда несущая способность опорной поверхности ухудшается, что в итоге не позволяет автомобильной технике перевозить грузы [5]. Примерами подобных ситуаций могут быть случаи в Костанайской области Казахстана в 2023 году, Волгоградской и Тамбовской области в 2022 году, Вологодской области в 2020 году, Новосибирской области 2019 году и случаи в других регионах, когда обильные осадки вызывали застревания техники в полевых условиях, не позволяли вывезти уже собранный с полей урожай, доставить груз и вовремя начать посевную или уборочную кампании [6-10]. Одним из направлений повышения эффективности работы транспортной техники является применение комбинированного способа передвижения – качением и шаганием с целью повышение ее опорной проходимости [11, 12].

Для исследования работы техники с комбинированным способом передвижения разработано экспериментальное транспортное средство, которое в 2023 году прошло полевые испытания на различных основаниях опорной поверхности приусадебного участка поселка Комсомольский Калачевского района Волгоградской области [13-17].

Материалы и методы. Для проведения испытаний опорной проходимости экспериментального транспортного средства были подготовлены зачетные участки длиной и шириной не менее двух его габаритных длин и не менее одной его ширины соответственно, причем использовались зачетные участки со следующими характеристиками [5, 14]:

- влажный грунт, вспаханный на глубину не менее 0,15 м, разравненный, относительная влажность поверхностного слоя 30-35%;
- размокшая на глубину не менее 0,05 м ровная грунтовая дорога, относительная влажность поверхностного слоя 30-35%;
- сухой сыпучий песок, глубиной не менее 0,1 м, относительная влажность поверхностного слоя до 4%.

При проведении исследований, на каждом из вышеперечисленных оснований опорной поверхности в случае отсутствия застревания экспериментального транспортного средства, в кузов клался груз массой, при котором обеспечивалось при движении качением застревание, при наступлении которого транспортное средство исследовалось на возможность дальнейшего передвижения шагающим способом.

Для удобства измерения массы груза и визуализации хода экспериментальных исследований в качестве груза используются кирпичи, масса каждого из которых составляет 5 кг (50 Н). Изначальная загрузка выбирается в зависимости от основания опорной поверхности (200 Н для вспаханного влажного грунта; 300 Н для размокшей грунтовой дороги; 250 Н для сухого сыпучего песка), при успешном прохождении испытания нагрузка увеличивается на 5 кг (50 Н) до максимальной величины загрузки равной 500 Н, что обусловлено заданными прочностными характеристиками в конструкции сборочных узлов экспериментального транспортного средства.

Параметры для исследования характера передвижения экспериментального транспортного средства фиксировались с помощью ручных измерительных инструментов и электронных вычислительных средств следующие показатели:

- затрачиваемая на деформацию грунта мощность электродвигателей движителей и механизмов, обеспечивающих перемещение движителей в вертикальной плоскости;
- масса груза, укладываемого в кузов экспериментального транспортного средства;
- пройденный путь;
- глубина колеи;
- степень уплотнения грунта до и после прохода экспериментального транспортного средства.

Для регистрации показаний электрических параметров работы электродвигателей, установленных на движителях и механизмах их перемещения в вертикальной плоскости, при движении соответственно способами качения и шагания используются следующие технические средства измерений и материалы:

- регулируемый автотрансформатор;
- трансформатор тока типа И54;
- вольтметр модели АСТВ;
- амперметр модели Д566;
- ваттметр модели Д539;
- две колодки на двенадцать/четырнадцать входов/выходов;
- набор соединительных проводов.

Регулируемый автотрансформатор предназначен для преобразования однофазного нерегулируемого напряжения промышленной частоты в однофазное регулируемое напряжение той же частоты (рисунок 1).

Трансформатор тока типа И54 служит для преобразования тока от 0,5А до 50А в ток силой 5А при точных измерениях в цепях переменного тока частотой 50Гц (рисунок 2).



Рисунок 1 – Общий вид регулируемого автотрансформатора
Figure 1 – General view of an adjustable autotransformer



Рисунок 2 – Общий вид трансформатора тока типа И54
Figure 2 – General view of current transformer type И54

Вольтметр модели АСТВ высокоточный переносной прибор с четырьмя пределами для измерения напряжения в цепях переменного тока в широком диапазоне частот, а также для поверки и настройки других измерительных приборов с низким классом точности (рисунок 3).

Амперметр модели Д566 является прибором лабораторного типа, который используют для измерения силы тока в цепях постоянного и переменного тока, а также для проверки корректности измерений менее точных приборов в цеховых и полевых условиях (рисунок 4).



Рисунок 3 – Общий вид вольтметр модели АСТВ
Figure 3 – General view of the ASTV model voltmeter



Рисунок 4 – Общий вид амперметра модели Д566
Figure 4 – General view of the ammeter model D566

Для регистрации параметров потребляемой мощности электродвигателями, установленными на движителях для движения качения и механизмах перемещения движителей в вертикальной плоскости для движения шагания, в электрическую цепь включен ваттметр модели Д539 (рисунок 5). Ваттметр Д539 предназначен для измерения активной мощности в цепях переменного тока частотой от 45 Гц до 65 Гц, а также в расширенной области частот от 65 Гц до 500 Гц включительно и в цепях постоянного тока.



Рисунок 5 – Общий вид ваттметра модели Д539
Figure 5 – General view of the wattmeter model D539

Рассмотренные выше технические средства измерения электрических параметров подключены для проведения полевых испытаний в цепь с электродвигателями, обеспечивающими движение качения и шагания, согласно рисунку 6.

Алгоритм регистрации электрических параметров происходит следующим образом:

- от сети переменного тока напряжением 220 В приходит к регулируемому автотрансформатору TV «нулевой» провод N , фазный провод L и провод заземления. В цепи регулируемый автотрансформатор выполняет функцию обеспечения выдачи напряжения величиной 220 В, а для контроля приходящего в цепь напряжения служит вольтметр PV модели АСТВ;
- приходящий к трансформатору тока ТА модели И54 потребляемый электродвигателями ток, преобразуется в ток силой 5 А и частотой 50 Гц;

- для регистрации, потребляемой электродвигателями мощности, установлен ваттметр *PW* модели Д539;
- для регистрации потребляемого электродвигателями тока, установлен амперметр *PA* модели Д566;
- в электрическую цепь для разветвления и последующего подключения нагрузки (электродвигателей) установлены клеммники *XT1*, *XT2*;
- от клеммника *XT1* выходят провода, по которым идет управляющий сигнал к трехпозиционным тумблерам *SA3-SA14* включения/выключения электродвигателей соответственно *M1-M6*, обеспечивающим движение качения, и *M7-M12* обеспечивающим перемещение движителей в вертикальной плоскости - шагающее передвижение. Выключатели *SA15-SA18* предназначены для включения в работу электродвигателей, обеспечивающих технологический процесс шагающего передвижения, но в рамках полевых испытаний рассматриваемых параметров исследований не используются;
- для запуска электродвигателей на каждом из них установлен пусковой конденсатор емкостью 2 мкФ;
- от клеммника *XT2* выходят провода, по которым идет управляющий сигнал к электродвигателям *M1-M12* для их включения в работу.

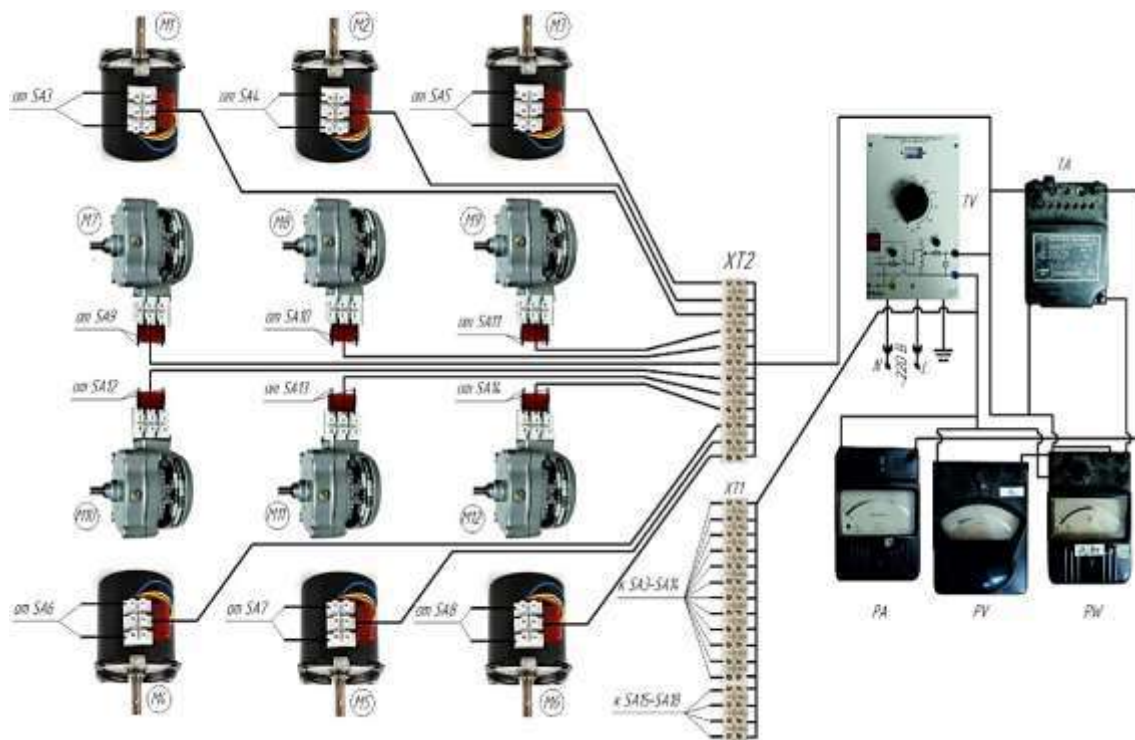


Рисунок 6 – Структурная схема подключения технических средств измерений для регистрации электрических параметров работы двигателей экспериментального транспортного средства
 TV – регулируемый автотрансформатор; TA – трансформатор тока типа И54; PA – амперметр модели Д566; PV – вольтметр модели АСТВ; PW – ваттметр модели Д539; SA3-SA18 – выключатели трехпозиционные; M1- M6 – реверсивные электродвигатели привода движителей; M7 – M12 – реверсивные электродвигатели привода механизмов перемещения движителей в вертикальной плоскости; XT1, XT2 – клеммник
 Figure 6 – Block diagram of connecting technical measuring instruments for recording electrical parameters of the engines of an experimental vehicle
 TV – adjustable autotransformer; TA – current transformer type И54; PA – ammeter model Д566; PV – voltmeter of the ASTV model; PW – Д539 wattmeter; SA3-SA18 – three-position switches; M1-M6 – reversible electric motors for driving propellers; M7 – M12 – reversible electric motors for driving motion mechanisms in the vertical plane; XT1, XT2 – terminal block

Измерение глубины образуемой колеи за задним по ходу движения экспериментального транспортного средства колесом осуществлялось металлической линейкой длиной 300 мм [9].

Для измерения пройденного пути использовалась рулетка длиной 5 метров [9].

Для определения объемного веса грунта методом режущего кольца использовалось режущее кольцо внутренним диаметром 51 мм и высотой 50 мм с заостренным снаружи краем (рисунок 7). Для взвешивания кольца с грунтом используются лабораторные электронные весы AND DX-1200 с точностью до 0,01 г (рисунок 8) (ГОСТ Р В 52048-2003. Автомобили многоцелевого назначения. Параметры проходимости и методы их определения. М.: Госстандарт России, 2003. 11 с.) [18].



Рисунок 7 – Общий вид режущего кольца
Figure 7 – General view of the cutting ring



Рисунок 8 – Лабораторные электронные весы AND DX-1200
Figure 8 – Laboratory electronic scales AND DX-1200

Результаты и обсуждение. Сравнительный анализ полученных в ходе полевых испытаний показателей является основанием для выбора параметров и способа передвижения экспериментального транспортного средства в зависимости от типа и состояния опорной поверхности, а также возможности изменения ее физико-механических свойств.

Анализ результатов изменения глубины колеи при передвижении качением экспериментального транспортного средства по различным типам оснований показал, что максимальная глубина колеи возникает на основании влажный вспаханный грунт при нагрузке 780 Н и составляет 2,5 см, причем при этой же самой нагрузке на размокшей грунтовой дороге, измерение глубины отпечатка после движения движителя по которой, определил показатель 0,9 см (рисунок 9). При передвижении способом качения по сухому сыпучему песку глубина колеи меньше чем при движении по вспаханному влажному грунту, но больше чем при размокшей грунтовой дороге.

Сравнение результатов степени уплотнения грунта различных опорных поверхностей при передвижении экспериментального транспортного средства способом качения показал, что наибольший показатель наблюдается у вспаханного влажного грунта 1,114 при нагрузке 780 Н, наименьший у размокшей грунтовой дороги – 1,013 при аналогичной нагрузке (рисунок 9).

Несмотря на то, что глубина колеи при движении движителей по сухому сыпучему песку находится по графику ближе к влажному вспаханному грунту, степень уплотнения песка лежит ближе к показателям размокшей размокшей дороги (рисунок 9). Это объясняется тем, что пористость сухого сыпучего песка по сравнению с другими типами грунтов, рассматриваемых в исследованиях, значительно их меньше, а значит, при увеличении нагрузки изменяется незначительно.

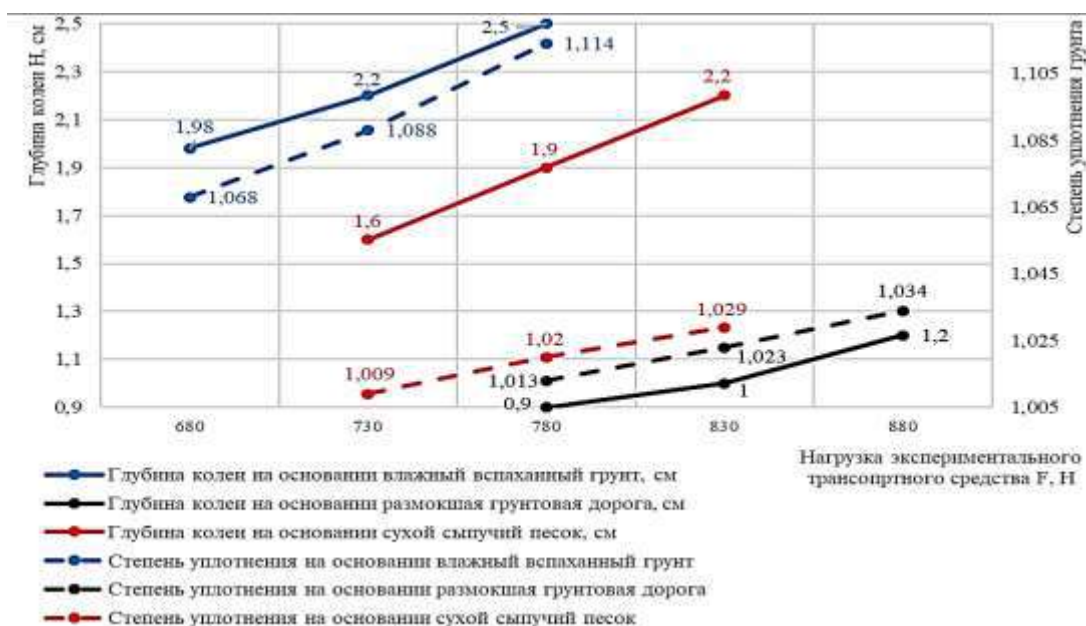


Рисунок 9 – Сравнительный анализ глубины колеи и степени уплотнения грунта при передвижении экспериментального транспортного средства способом качения на различных грунтах
Figure 9 – Comparative analysis of rut depth and degree of soil compaction when moving an experimental vehicle by rolling on various soils

Проведенный анализ результатов изменения глубины колеи при передвижении способом шагания экспериментального транспортного средства по различным типам оснований показал, что при нагрузке 960 Н, определенной как предельную по результатам прочностных расчетов элементов конструкции, максимальная глубина колеи составила 1,6 см на основании влажный вспаханный грунт, а минимальная 0,7 см наблюдается на размокшей грунтовой дороге (рисунок 10). Глубина колеи на сухом сыпучем песке близка к показателям влажного вспаханного грунта и при нагрузке 980 Н составляет 1,5 см.

Максимальная степень уплотнения грунта при передвижении шаганием наблюдается на основании влажный вспаханный грунт и при нагрузке 980 Н составляет 1,077 (рисунок 10). Показатели степени уплотнения грунта сухого сыпучего песка и размокшей грунтовой дороги практически аналогичны, причем что, глубина колеи отличается значительно. Причиной этому служит низкая пористость и высокая степень плотности песка.

Сравнительный анализ результатов изменения глубины и степени уплотнения грунта (рисунок 9, 10) при передвижении на различных типах оснований показал, что при передвижении способом качения глубина колеи и степень уплотнения грунта значительно больше чем при движении шаганием, что сказывается на повышенных энергетических затратах при преодолении сложных участков на пути следования, большей степени нарушения структуры и разрушении поверхностного плодородного слоя. Цикличность вредных воздействий является основанием ухудшения физико-механических свойств грунтов на землях сельскохозяйственного назначения, что, в конечном счете, сказывается на количестве и качестве конечной продукции и на эффективности работы отрасли в целом.

Анализ затрачиваемой электродвигателями движителей мощности на деформацию грунта при передвижении способом качения экспериментального транспортного средства на различных грунтах показал, что максимальное потребление приходится при передвижении по влажному вспаханному грунту и при нагрузке 780 Н составляет 95 Вт, а минимальное при той же нагрузке приходится на основание размокшая грунтовая дорога и составляет 82 Вт (рисунок 11). На основании сухой сыпучий песок идет чуть меньшее потребление мощности электродвигателями движителей, чем на влажном вспаханном грунте, что объясняется меньшей глубиной колеи и площадью контакта движителей с опорной поверхностью. Резкое увеличение потребления мощности на всех типах грунтов, рассматриваемых в исследовании, связано с резким ростом буксования, которое для каждого из типов грунтов увеличивается при различной нагрузке.

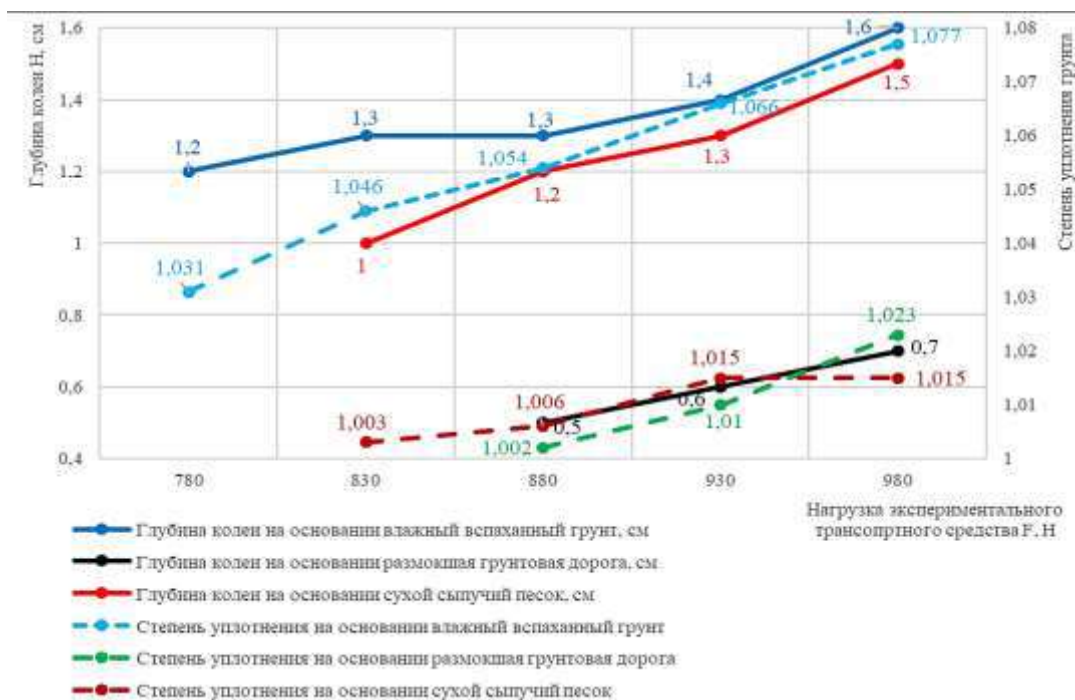


Рисунок 10 – Сравнительный анализ глубины колеи и степени уплотнения грунта при передвижении экспериментального транспортного средства способом шагания на различных грунтах
Figure 10 – Comparative analysis of rut depth and degree of soil compaction when moving an experimental vehicle by walking on various soils

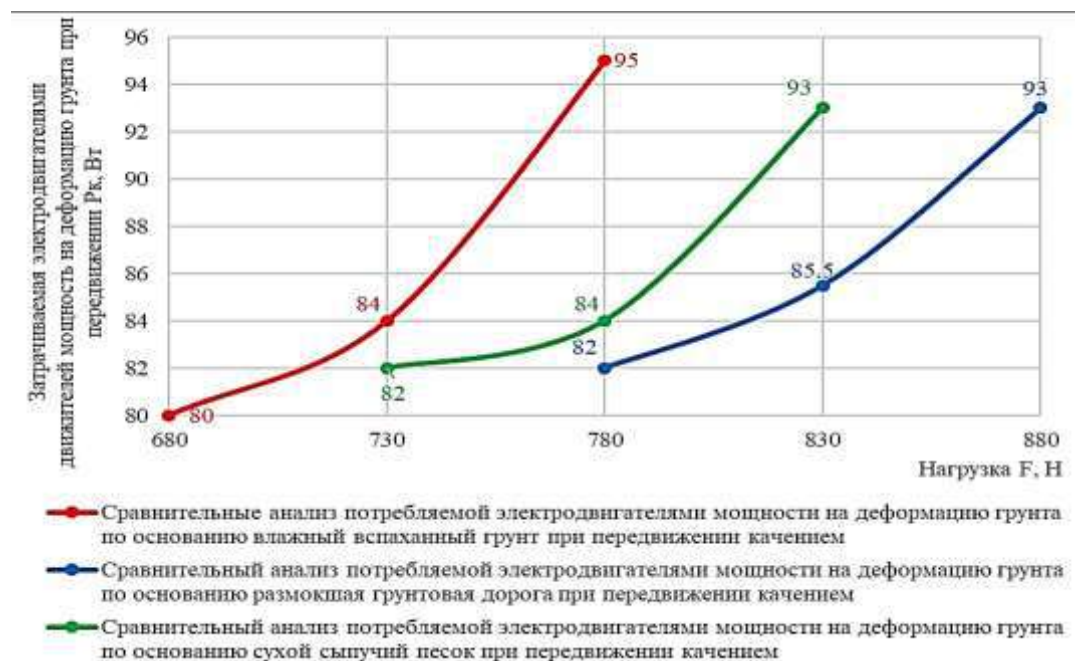


Рисунок 11 – Сравнительный анализ затрачиваемой электродвигателями движителей мощности на деформацию грунта при передвижении способом качения экспериментального транспортного средства
Figure 11 – Comparative analysis of the power expended by electric propulsion motors on soil deformation when moving by rolling an experimental vehicle

При передвижении экспериментального транспортного средства шагающим способом происходит при деформации грунтов на различных основаниях практически одинаковое потребление мощности электродвигателями, обеспечивающими перемещение движи-

телей в вертикальной плоскости (рисунок 12). При передвижении по основанию влажный вспаханный грунт потребление мощности немного выше, чем на основаниях размокая грунтовая дорога и сухой сыпучий песок, что объясняется меньшей несущей способностью и большей глубиной колеи влажного вспаханного грунта.

Сравнительный анализ затрачиваемой на деформацию грунта мощности электродвигателями, обеспечивающими передвижение экспериментального транспортного средства способами качения и шагания, показал, что максимальные значения потребления на всех типах оснований приходятся на передвижение качением, что обусловлено наличием процесса буксования, большей глубиной колеи и площадью пятна контакта движителей с опорной поверхностью.

Проведенный сравнительный анализ результатов полевых испытаний показал, что передвижение способом шагания по сравнению с качением оставляет на опорной поверхности колею меньшей глубины, снижается степень уплотнению грунта, отсутствует буксование, потребление мощности электродвигателями, обеспечивающими передвижение экспериментального транспортного средства, уменьшается.

Применение в сельскохозяйственной отрасли техники с техническими и технологическими возможностями экспериментального транспортного средства позволит расширить перечень решаемых ими целей и выполняемых задач, обеспечит повышение мобильности, маневренности и проходимости при транспортировке грузов, а также повысит эффективность производства в целом.

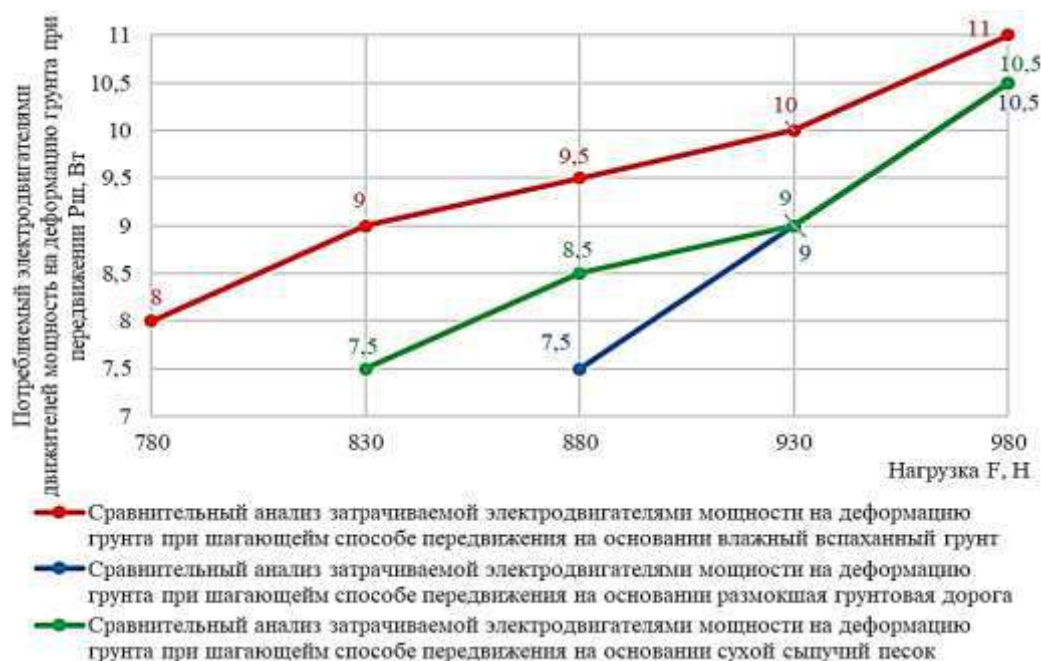


Рисунок 12 – Сравнительный анализ затрачиваемой электродвигателями, обеспечивающими перемещение движителей в вертикальной плоскости, мощности на деформацию грунта при передвижении способом шагания экспериментального транспортного средства

Figure 12 – Comparative analysis of the power expended by electric motors that ensure the movement of propulsors in the vertical plane on soil deformation when moving by walking an experimental vehicle

Заключение. Применение в сельскохозяйственной отрасли техники с техническими и технологическими возможностями экспериментального транспортного средства позволит расширить перечень решаемых ими целей и выполняемых задач, обеспечит повышение мобильности, маневренности и проходимости при транспортировке грузов, а также повысит эффективность производства в целом.

Conclusions. The use of equipment with the technical and technological capabilities of an experimental vehicle in the agricultural industry will expand the list of goals and tasks they solve, provide an increase in mobility, maneuverability and cross-country ability when transporting goods, as well as increase the efficiency of production as a whole.

Библиографический список

1. Рембалович Г. К., Успенский И. А., Голиков А. А. Анализ динамики производства картофеля в Рязанской области. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2011. № 3 (11). С. 67-70.
2. Борычев С. Н., Успенский И. А., Юхин И. А., Жуков К. А., Морозов А. Ю., Скопин В. Ю. Инновационные технические средства для транспортировки плодоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2012. № 2 (14). С. 37-40.
3. Успенский И. А., Кокорев Г. Д., Юхин И. А., Шафоростов В. А. Повышение эффективности уборочно-транспортных работ в агропромышленном комплексе на примере семечковых культур. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2018. № 4 (40). С. 148-154.
4. Рембалович Г. К., Успенский И. А., Голиков А. А., Безносюк Р. В., Ахмедов Р. К. Анализ эксплуатационно-технологических требований к картофелеуборочным машинам и показателей их работы в условиях Рязанской области. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2013. № 1 (17). С. 64-68.
5. Пехутов А.С. Технологический процесс перевозок грузов в сельском хозяйстве и его показатели. Вестник КрасГАУ. Вып. 3. Красноярск: Издательство КрасГАУ, 2008. С. 258–264.
6. Дожди и заморозки мешают волгоградским аграриям вывезти с полей тонны овощей. <https://smotrim.ru/article/3022647>.
7. Убытки из-за дождей. <http://himagroprom.ru/vestnik/1/1664/>.
8. На полях Вологодчины гибнет урожай. <https://vologda-poisk.ru/news/na-zlobu-dnya/na-polyah-vologodchiny-gibnet-urozhay/>.
9. «Тракторы тонут в поле» – полевые работы буксуют в Северном районе. <https://m.vn.ru/news-traktory-tonut-v-pole-polevye-raboty-buksuyut-v-severnom-rayone/>.
10. Работа на уметских полях остановилась из-за осадков. <https://gazetaumet.ru/news/apk/2022-10-04/rabota-na-umyotских-polyah-ostanovilas-iz-za-osadkov-140879>.
11. Belyaev A. M., Belyakov V. V., Makarov V. S. Study of efficiency of a 6x6 all-terrain vehicle in coastal zone. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. No 709 (4).
12. Belyaev A. M., Makarov V. S. Method of assessment of special wheel chassis mobility in cases of sand-gravel bases crossing. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. 194 (2).
13. Мясников А. С., Фомин С. Д. Повышение проходимости машинно-тракторных агрегатов на основе оптимизации способов передвижения. Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: мат. нац. науч.-практич. конф. Волгоград, 2021. Том III. С. 451-457.
14. Мясников А. С., Фомин С. Д. Повышение профильной проходимости транспортных средств для перевозки грузов в сельском хозяйстве. Известия НВ АУК. 2022. № 4 (68).
15. Мясников А. С., Фомин С. Д. Численное моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния конструктивных деталей и сборочных узлов экспериментального транспортного средства с комбинированным способом передвижения для АПК. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 575-587.
16. Мясников А. С., Фомин С. Д., Ярунов А. А. Полевые исследования профильной проходимости экспериментального транспортного средства для перевозки грузов в сельском хозяйстве. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 635-652.
17. Мясников А. С., Фомин С. Д. Полевые исследования опорной проходимости экспериментального транспортного средства на влажном вспаханном грунте. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 469-482.
18. Макаричев Ю. А., Иванников Ю. Н. Методы планирования эксперимента и обработки данных. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. 131 с.

References

1. Rembalovich G. K., Uspensky I. A., Golikov A. A. Analysis of potato production dynamics in the Ryazan region. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2011. No 3 (11). Pp. 67-70.
2. Borychev S. N., Uspensky I. A., Yukhin I. A., Zhukov K. A., Morozov A. Yu., Skopin V. Yu. Innovative technical means for transporting fruit and vegetable products during on-farm transportation. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2012. No 2 (14). Pp. 37-40.
3. Uspensky I. A., Kokorev G. D., Yukhin I. A., Shaforostov V. A. Improving the efficiency of harvesting and transport operations in the agro-industrial complex on the example of seed crops. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2018. No 4 (40). Pp. 148-154.
4. Rembalovich G. K., Uspensky I. A., Golikov A. A., Beznosyuk R. V., Akhmedov R. K. Analysis of operational and technological requirements for potato harvesters and their performance in the conditions of the Ryazan region. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2013. No 1 (17). Pp. 64-68.
5. Pekhutov A. S. Technological process of cargo transportation in agriculture and its indicators. Bulletin of KrasGAU. Issue 3. Krasnoyarsk: KrasGAU, 2008. Pp. 258-264.
6. Rains and frosts prevent Volgograd farmers from removing tons of vegetables from the fields. <https://smotrim.ru/article/3022647>.
7. Losses due to rains. <http://himagroprom.ru/vestnik/1/1664/>.
8. Crops are dying in the fields of Vologda region. <https://vologda-poisk.ru/news/na-zlobu-dnya/na-polyah-vologodchiny-gibnet-urozhay/>.
9. "Tractors are sinking in the field" - field work is stalling in the Northern district. <https://m.vn.ru/news-traktory-tonut-v-pole-polevye-raboty-buksuyut-v-severnom-rayone>.
10. Work on the Umet fields stopped due to precipitation. <https://gazetaumet.ru/news/apk/2022-10-04/rabota-na-umyotских-polyah-ostanovilas-iz-za-osadkov-140879>.

11. Belyaev A. M., Belyakov V. V., Makarov V. S. Study of efficiency of a 6x6 all-terrain vehicle in coastal zone. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. No 709 (4).
12. Belyaev A. M., Makarov V. S. Method of assessment of special wheel chassis mobility in cases of sand-gravel bases crossing. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018. No 194 (2).
13. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Increasing the cross-country ability of machine-tractor units based on optimization of methods of movement. Promising trends in the development of scientific research in priority areas of modernization of agriculture and rural areas in modern socio-economic conditions: mat. national Scientific and Practical Conference, Volgograd, 2021. V. III. Pp. 451-457.
14. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Increasing the profile patency of vehicles for transporting goods in agriculture. *Izvestiya NV AUK*. 2022. 4 (68).
15. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Numerical modeling and analysis of the stress-strain state of structural parts and subassemblies of an experimental vehicle with a combined mode of transportation for the agro-industrial complex. *Izvestiya Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: Science and higher professional education*. 2023. No 1 (69). Pp. 575-587.
16. Myasnikov A. S., Fomin S. D., Yaronov A. A. Field studies of the profile patency of an experimental vehicle for transporting goods in agriculture. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education*. 2023. No 3 (71). Pp. 635-652.
17. Fomin S. D., Myasnikov A. S. Field studies of the basic patency of an experimental vehicle on wet plowed soil. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education*. 2023. No 3 (71). Pp. 469-482.
18. Makarichev Yu. A., Ivannikov Yu. N. Methods of experiment planning and data processing. Samara: Samar. State Technical University Univ., 2016. 131 p.

Информация об авторах

Мясников Алексей Сергеевич, преподаватель, ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И. А. Матлашова» (Российская Федерация, 400011, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 71), e-mail: Alexey1987M@yandex.ru
Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор кафедры "Механика", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: fsd_58@mail.ru
Гапич Дмитрий Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Author's Information

Myasnikov Aleksey Sergeevich, lecturer at Gazprom College Volgograd named after I. A. Matlashov (Russian Federation, 400011, Volgograd, Universitetsky Ave., 71), e-mail: Alexey1987M@yandex.ru
Fomin Sergey Denisovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: fsd_58@mail.ru
Gapich Dmitry Sergeevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of "Power Supply and Energy Systems" Systems", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-45

GEOINFORMATION ASSESSMENT OF CLIMATIC CONDITIONS OF THE SARATOV REGION

¹Bolgov I. A., ¹Matveev S., ²Mashtakov D. A.

¹*Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

²*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov»
Saratov, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: bolgov-ia@v fanc.ru

Received 16.10.2023

Submitted 22.12.2023

The work was carried out within the framework of the implementation of the most important innovative project of national importance "Expansion of the system of climate and environmental monitoring and forecasting in the territory of the Russian Federation in order to provide adaptation solutions in the sectoral and regional sections, including combating desertification" (reg. No. 123072100084-4)

Summary

The article presents the results of geoinformation analysis of point data obtained from the weather stations of the Saratov region. The results of the study reflect the regional features of global warming. The outcomes obtained can be used to adapt agriculture to new conditions.

Abstract

Introduction. In regions with arid climate, an urgent issue is the assessment of climatic conditions and monitoring of their changes in the course of global warming. Landscapes of arid territories are the least resistant to changes in external conditions. The issue of climate monitoring is especially relevant for regions with a high share of the agricultural sector and leading positions in terms of agricultural production. With climate change without adaptation of agriculture, the efficiency of agriculture can significantly decrease. The

purpose of this study is to assess climatic features of the Saratov region, to identify dynamic characteristics which can be used to make decision in agricultural production in future. **Object.** The object research is the climate of the Saratov region. **Materials and methods.** Point data of the weather stations of the Saratov region, adjacent regions and Kazakhstan were used in research. The data was obtained using the AISORI and Weather and Climate services. Statistical data processing was performed in Microsoft Excel and Graphical Analysis. The creation of cartographic materials was carried out by the interpolation method (IDW method) in QGIS 3. Using the interpolation method gives greater accuracy of the results in comparison with global data. **Results and conclusions.** As a result of data analysis and mapping, the features of the climate dynamics of the Saratov region against the background of climate changes have been revealed. It has been established that the air temperature has been increasing everywhere at a rate of 0.038 °C per year since. It has increased by 2.17 °C over the past 57 years. Precipitation has increased by an average of 23.4 mm, but in the south-east of the region, moisture availability is decreasing from year to year.

Keywords: geoinformatics, climate dynamics, meteorological data, mapping, climatic conditions.

Citation. Bolgov I. A., Matveev S., Mashtakov D. A. Geoinformation assessment of climatic conditions of the Saratov region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 403-411 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-45.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 551.582

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Болгов И. А., инженер-исследователь

¹Матвеев Ш., лаборант-исследователь

²Маштаков Д. А., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

¹ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова»
г. Саратов, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Расширение системы климатического и экологического мониторинга и прогнозирования на территории Российской Федерации в целях обеспечения адаптационных решений в отраслевом и региональном разрезе, включая борьбу с опустыниванием» (рег. № 123072100084-4)

Актуальность. В регионах с засушливым климатом актуальными являются оценка климатических условий и мониторинг их изменений в условиях глобального потепления климата. Агроландшафты засушливых территорий неустойчивы к воздействию внешних природных условий, что обусловлено высоким уровнем антропогенной нагрузки. Мониторинг климатических условий для регионов с высокой долей аграрного сектора и лидирующими позициями по объемам сельскохозяйственного производства позволяет установить динамику изменения условий функционирования агроландшафтов. При изменении климата без адаптации агрокультуры и применения мероприятий по защите почв от деградации может существенно снизиться эффективность сельскохозяйственного производства. Целью проведенного исследования являлась оценка климатических условий Саратовской области, выявление тенденций и прогноз изменения характеристик в настоящее время, что может быть использовано для принятия решений при организации сельскохозяйственного производства. **Объект.** Объектом исследования являются климатические условия Саратовской области. **Материалы и методы.** В исследовании использовались точечные данные по метеостанциям Саратовской области, прилегающих регионов и Казахстана. Данные были получены с использованием сервисов «АИСОРИ» и «Погода и Климат». Статистическая обработка данных производилась в программах Microsoft Excel и Graphical Analysis. Интерполяция совокупности данных для разработки картографических материалов осуществлялась методом ОБР (обратно взвешенных расстояний) в геоинформационной системе QGIS 3. Применение этого метода интерполяции позволяет получить большую точность результатов по сравнению с исходными данными. **Результаты и выводы.** В результате анализа данных и картографирования были выявлены особенности динамики климата Саратовской области на фоне глобальных климатических изменений. Установлено, что с 1966 года температура воздуха повсеместно возрастает со скоростью 0,04°C/год и увеличилась за последние 57 лет на 2,17°C. Количество осадков в среднем увеличилось на 23,4 мм, однако на юго-востоке региона отмечается снижение влагообеспеченности в период исследований.

Ключевые слова: геоинформатика, динамика климата, метеорологические данные, картографирование, климатические условия.

Цитирование. Болгов И. А., Матвеев Ш., Маштаков Д. А. Геоинформационная оценка климатических условий Саратовской области. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 403-411. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-45.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи принимали непосредственное участие в планировании, выполнении исследований или анализе данного исследования. Авторы ознакомились с представленным окончательным вариантом статьи и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В условиях глобальных климатических изменений, снижения устойчивости климатических процессов, тенденции роста повторяемости неблагоприятных гидрометеорологических явлений особую значимость приобретает мониторинг климатических условий и оценка тенденций их изменений. Особенно важна эта проблема для ландшафтов с неустойчивым и недостаточным увлажнением и значительными термическими ресурсами. Такие ландшафты обладают наименьшей устойчивостью к изменениям климатических условий, характеризуются понижением гидротермических показателей, увеличением числа засух и суховеев, усилением процессов дефляции и водной эрозии, развитием процессов опустынивания ведут к падению биопродуктивности угодий. Количество осадков оказывается лимитирующим фактором, определяющим формирование различных климатических процессов, включая аномальные [1, 2, 9, 14]. К числу таких регионов относится Саратовская область, которая характеризуется засушливым континентальным климатом с высокой изменчивостью погоды от года к году, холодной малоснежной зимой, короткой засушливой весной и сухим летним периодом. Климатические особенности региона выражаются в нарастании континентальности в направлении с запада на восток, широтная зональность обуславливается нарастанием притока тепла к поверхности земли и уменьшением количества поступающей влаги с севера на юг. Этими особенностями определяется формирование на территории региона четырех природных зон, сменяющих друг друга с северо-запада на юго-восток: лесостепная, степная, сухостепная и полупустынная [5].

Большая часть территории Саратовской области – юг Правобережья и особенно левобережная часть – отличаются высокой засушливостью и относятся к зоне рискованного земледелия. Посевными площадями занято 43,05 тыс. км² или 42,5 % территории. Выращиваются в первую очередь подсолнечник, пшеница, ячмень, кукуруза, бобовые и другие зерновые и технические культуры (64.rosstat.gov.ru). По объему сбора урожая растениеводства, которое в 2022 году составило 9919,8 тыс. тонн, Саратовская область занимает шестое место среди регионов Российской Федерации по сбору зерновых и зернобобовых культур (rosstat.gov.ru). В связи с высокой степенью развития сельского хозяйства необходимо изучение климата области с учетом региональных особенностей проявления климатических изменений. Без адаптации агрокультуры к изменяющимся условиям возможно снижение показателей сельскохозяйственного производства и усиление негативного воздействия на окружающую среду [4, 8].

Для оценки состояния и динамики климата Саратовской области необходима информация с визуализацией результатов исследования в виде картографических слоев, разработанных с применением геоинформационных систем (ГИС) и открытых источников данных. Современные ГИС обладают широким спектром инструментов, позволяющих работать с несколькими видами данных одновременно, в том числе векторными, растровыми и табличными, и могут быть использованы в процессе анализа климатических данных, их обработки, обобщении и построении карт на основе полученных данных [10].

Материалы и методы. Построение модели на основе исходных данных проводилось в геоинформационной системе QGIS 3.32. В работах [6, 7] по теме исследований было выяснено, что при использовании глобальных климатических данных, таких как Climatic Research Unit Timeseries (CRU TS), погрешность результатов составляет 10-12%, поэтому в исследованиях на региональном уровне целесообразно использовать точечные данные метеостанций с последующим заполнением неизвестных значений с помощью инструмента интерполяции данных. Такой способ показывает наибольшую правдоподобность результатов. Для моделирования климатических показателей был применен метод обратно взвешенных расстояний (ОВР). Принцип его реализации состоит в том, что используется метод,

который присваивает более высокий вес точкам данных, расположенным ближе к целевому местоположению (известному значению), и меньший вес точкам данных, находящимся дальше от целевого местоположения.

Исходным материалом послужили данные о среднемесячных температурах воздуха и количестве осадков, полученные из специализированных массивов для климатических исследований «Автоматизированная информационная система обработки режимной информации (АИСОРИ)» (meteo.ru), содержащий различные метеорологические данные с более чем 500 метеостанций по России. Из них были выбраны метеостанции в пределах Саратовской области: Александров Гай, Балашов, Ершов, Новоузенск, Октябрьский Городок, Перелюб, Росташи и Саратов. Для повышения точности интерполированных данных на границах территории исследования также были отобраны ближайшие метеостанции из соседних областей: Воронежской (Калач, Каменная Степь, Воронеж), Волгоградской (Урюпинск, Фролово, Волгоград, Эльтон), Тамбовской (Тамбов), Пензенской (Пенза, Земетчино), Ульяновской (Инза), Самарской (Безенчук, Серноводск). Также использовались данные с метеостанций Казахстана: Уральск и Жалпактал. Всего были использованы данные 21 метеостанции начиная с 1966 года, заканчивая 2022 годом. Период исследования – 57 лет. Недостающие данные по российским метеостанциям и все данные по метеостанциям Казахстана получены с сервиса «Погода и Климат» (pogodaiklimat.ru). Векторный слой административных границ получен по данным проекта OpenStreetMap (data.nextgis.com). Координаты метеостанций были получены вместе с климатическими данными с сервиса АИСОРИ. Картографические материалы выполнены в системе координат WGS84. Обработка и анализ статистических материалов проводилась в программах Microsoft Excel и Graphical Analysis.

Результаты и обсуждение. В результате обработки исходных данных по метеостанциям составлены таблицы значений суммарного годового количества осадков и значений среднегодовой температуры воздуха, а также были получены среднемноголетние значения по параметрам количества осадков и температуры воздуха за период с 1966 по 2022 года. Для удобства восприятия в таблицах представлены значения за 1966, 1980, 1990, 2010, 2022 годы и среднемноголетние показатели.

В таблице 1 приведены показатели суммарного годового количества осадков и среднемноголетнее количество осадков по метеостанциям Саратовской области. Наибольшие среднемноголетние показатели характерны для метеостанций, расположенных на севере и северо-западе: Балашов, Росташи, наименьшие – на востоке и юго-востоке региона: Александров Гай, Новоузенск, Ершов. Максимальные значения годовых осадков за весь период исследования составили 810 мм и были зафиксированы в 2016 году на станции Балашов, минимальные – 168 мм в 2020 году на станции Александров Гай. Вследствие продолжительной засухи 2020 года наблюдалось иссушение почвы и, как следствие, гибель посевов озимых культур [11, 12, 13].

Таблица 1 – Значения суммарного годового количества осадков (мм) и среднемноголетнее количество осадков (мм) на метеостанциях Саратовской области с 1966 по 2022 год
Table 1 – Total annual precipitation (mm) and average long-term precipitation (mm) at the weather stations of the Saratov region from 1966 to 2022

Название станции / Name of station	1966	1980	1990	2000	2010	2022	Среднемноголетнее количество осадков / Average annual rainfall	Станд. отклонение / Standard deviation
Александров Гай / Aleksandrov Gay	183,0	436,0	449,6	321,1	283,7	340,9	319,3	77,1
Балашов / Balashov	507,0	624,0	646,9	606,0	461,7	691,0	528,6	106,2
Ершов / Ershov	247,0	418,0	550,3	489,6	340,0	523,5	386,9	83,4
Новоузенск / Novouzhensk	174,7	409,2	476,6	351,2	290,8	424,8	328,7	89,1
Октябрьский Городок / Oktyabrskiy Gorodok	400,9	482,4	695,4	571,0	395,1	602,9	440,1	97,6
Перелюб / Perelub	236,1	437,8	609,9	543,2	390,7	503,7	430,5	93,5
Росташи / Rostashy	392,7	642,8	680,8	621,0	465,3	532,3	497,3	95,9
Саратов / Saratov	339,0	506,0	651,6	647,7	486,0	738,4	471,8	111,7

В таблице 2 представлены среднегодовые и среднемноголетние температуры по метеостанциям Саратовской области. Наибольшие среднемноголетние показатели температуры характерны для юго-востока: станции Александров Гай и Новоузенск, наименьшие – для центральных, северо-восточных и северо-западных территорий: Октябрьский Городок, Перелюб, Росташи соответственно. Аномально высокая среднемноголетняя температура, фиксируемая на метеостанции Саратов, по сравнению с данными соседней станции Октябрьский Городок, расположенной на расстоянии 41 км, может быть объяснена расположением в крупной агломерации и влиянием «городского острова тепла» [3].

Максимальные значения среднегодовой температуры за весь период исследования составили 9,9°C и были зафиксированы в 2002 году на станции Саратов. Минимальные составили 2,2°C в 1976 году на станции Октябрьский Городок.

Таблица 2 – Значения среднегодовой температуры воздуха (°C) и среднемноголетняя температура воздуха (°C) на метеостанциях Саратовской области с 1966 по 2022 год
Table 2 – Average annual air temperature (°C) and average long-term air temperature (°C) for the study period of 57 years at the weather stations of the Saratov region from 1966 to 2022

Название станции / Name of station	1966	1980	1990	2000	2010	2022	Среднемноголетняя температура / Average annual temperature	Станд. отклонение / Standard deviation
Александров Гай / Aleksandrov Gay	8,1	5,7	7,8	8,6	9,0	8,6	7,3	1,2
Балашов / Balashov	6,9	4,5	6,8	6,8	8,0	7,6	6,3	1,1
Ершов / Ershov	6,6	4,6	6,4	7,2	7,6	7,2	6,1	1,2
Новоузенск / Novouzhensk	7,7	5,5	7,5	8,3	8,7	8,2	7,0	1,2
Октябрьский Городок / Oktyabrskiy Gorodok	6,0	3,9	6,0	6,2	6,9	6,9	5,5	1,1
Перелюб / Perelub	6,1	4,4	6,2	6,8	7,0	6,7	5,7	1,2
Росташи / Rostashy	6,5	4,2	6,4	6,4	7,7	7,3	5,9	1,1
Саратов / Saratov	7,3	5,5	7,2	7,5	8,3	8,0	6,9	1,3

На основе климатических данных были разработаны картосхемы пространственного распределения годового количества осадков и среднегодовой температуры Саратовской области, отражающими процесс изменения климатических показателей в динамике.

Изолинейные карты суммы осадков по годам исследований в регионе (рисунок 1) наглядно показывают пространственную закономерность уменьшения поступающих осадков в направлении с северо-запада на юго-восток. Также прослеживается тенденция увеличения количества осадков.

Для уточнения тренда количества осадков был построен график изменения суммарного годового количества осадков по годам (1966-2022), усредненного по метеостанциям Саратовской области (рисунок 2). Линейный тренд указывает на увеличение количества осадков, которое составляет 0,4 мм в год. Установлено, что за исследуемый период среднее годовое количество осадков увеличилось на 23,4 мм.

Установлен тренд на увеличение неоднородности распределения осадков на отдельных территориях в пределах области за исследуемый период, что выражается в разной скорости и направленности изменения годового количества осадков. Так, в северных и северо-западных районах наблюдается рост количества осадков, как и в среднем по области, на юго-востоке, наоборот, прослеживается снижение. Построенные линейные тренды по отдельным метеостанциям подтверждают это: на северных и северо-западных станциях фиксируется рост: Балашов – 0,8 мм/год, Росташи – 0,4 мм/год, Перелюб – 1,5 мм/год, на юго-восточных – снижение: Александров Гай – 0,4 мм/год, Новоузенск – 0,5 мм/год.

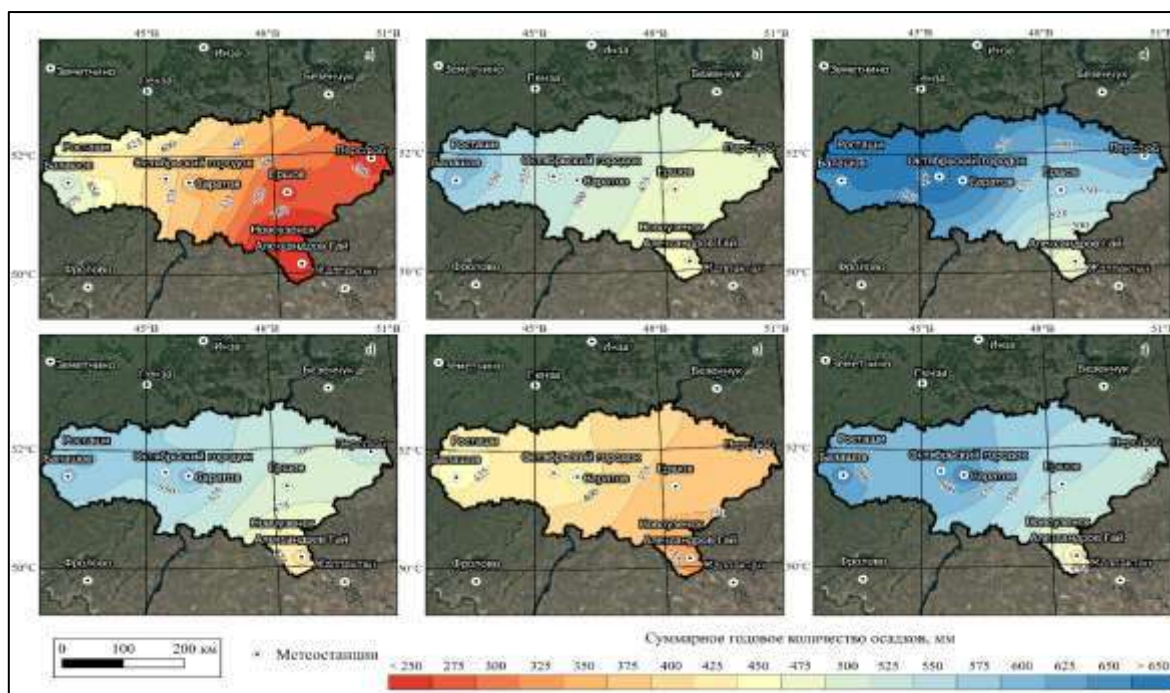


Рисунок 1 – Картограмма изменения суммарного годового количества осадков на территории Саратовской области по данным метеостанций а) 1966 год, б) 1980 год, в) 1990 год, д) 2000 год, е) 2010 год, ф) 2022 год

Figure 1 – Map of the changes of the total annual precipitation in the Saratov region according to weather station data а) 1966, б) 1980, в) 1990, д) 2000, е) 2010, ф) 2022

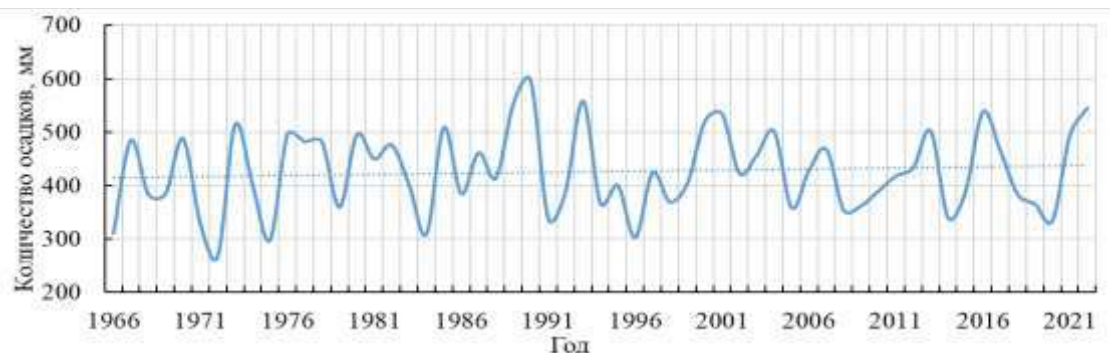


Рисунок 2 – График динамики суммарного годового количества осадков (мм) на территории Саратовской области по данным метеостанций в период с 1966 по 2022 год

Figure 2 – Graph of the dynamics of the total annual precipitation (mm) in the Saratov region according to weather station data in the period from 1966 to 2022

Карты изменения среднегодовой температуры воздуха (рисунок 3) отражают тенденцию роста температуры в направлении с севера на юг. По многолетним данным прослеживается повсеместное увеличение температуры воздуха.

Для определения тренда был построен график среднегодовой температуры воздуха, усредненной по метеостанциям области за 1966-2022 гг. (рисунок 4). Линейный тренд показывает рост со скоростью примерно $0,04^{\circ}\text{C}$ в год. За весь период исследования среднегодовая температура воздуха в Саратовской области увеличилась на $2,17^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, региональные особенности проявления глобального изменения климата в Саратовской области выражаются в повсеместном последовательном росте температуры воздуха, а также росте поступающих осадков. Наблюдается снижение устойчивости гидрометеорологических процессов, которое выражается в противоположной динамике процессов накопления осадков: на одних территориях влагообеспеченность возрастает, другие характеризуются усилением аридности территорий.

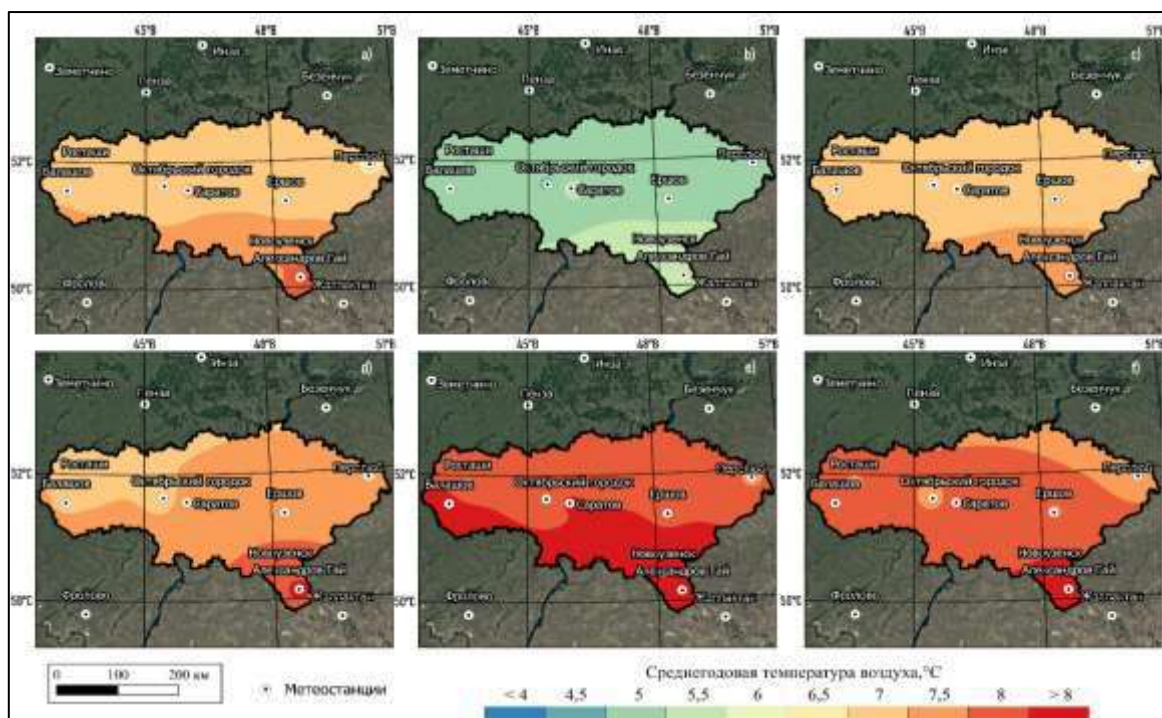


Рисунок 3 – Картосхема изменения среднегодовой температуры воздуха на территории Саратовской области по данным метеостанций а) 1966 год, б) 1980 год, в) 1990 год, д) 2000 год, е) 2010 год, ф) 2022 год

Figure 3 – Map of the changes of average annual air temperature in the Saratov region according to weather station data а) 1966, б) 1980, в) 1990, д) 2000, е) 2010, ф) 2022

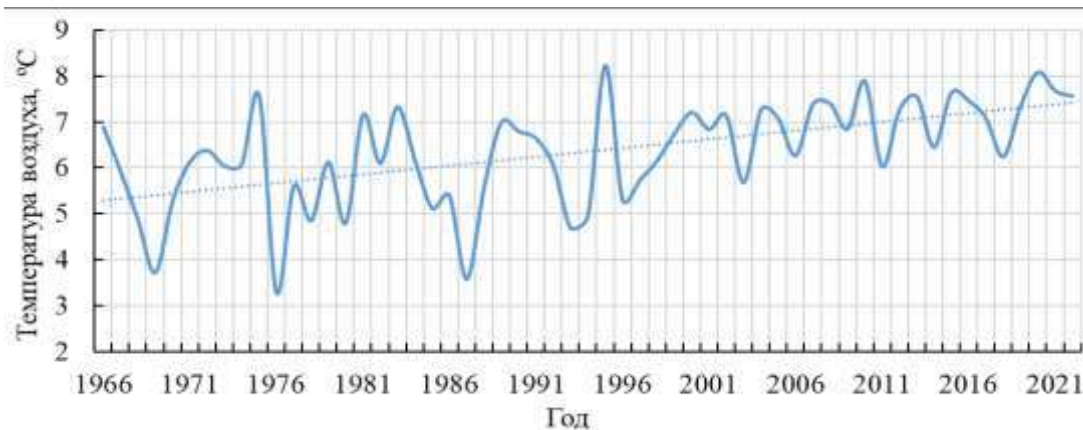


Рисунок 4 – График динамики среднегодовой температуры воздуха (°C) на территории Саратовской области по данным метеостанций в период с 1966 по 2022 год

Figure 4 – Graph of the dynamics of average annual air temperature (°C) in the Saratov region according to weather station data in the period from 1966 to 2022

Заключение. В результате исследования выявлены региональные особенности проявления климатических изменений на территории Саратовской области. Построены картосхемы, отражающие изменение температуры воздуха и количества осадков. Рассчитаны тренды климатических показателей. Климатические изменения в регионе связаны с устойчивым ростом температуры воздуха на $2,16^{\circ}\text{C}$ за последние 57 лет. Температура воздуха с 1966 года растет со скоростью примерно $0,04^{\circ}\text{C}$ в год. Также выявлен рост количества осадков на $23,4$ мм за весь исследуемый интервал, со скоростью $0,4$ мм в год. Также характерно увеличение влагообеспеченности северных и северо-западных территорий, где наблюдается положительная динамика с ростом количества осадков $0,4$ - $1,5$ мм в год. Усиливается аридность юго-востока области, где

наблюдается сокращение количества осадков 0,4-0,5 мм в год. Выявленные особенности могут быть применены для адаптации сельскохозяйственного производства под изменяющиеся условия окружающей среды.

Conclusions. As a result of the study, regional features of the phenomenon of climate change in the Saratov region have been identified. Cartograms reflecting the changes of air temperature and the amount of precipitation have been constructed. The trends of climatic indicators have been calculated. The climatic changes of region is associated with a steady increase in air temperature by 2.16°C over the past 57 years. Air temperature has been increasing at a rate of around 0.04°C per year since 1966. Growth of precipitation by 23.4 mm over the entire study period at a rate of 0.42 mm per year has been identified. It is also characterized by an increase in precipitation in the northern and north-western territories, where there is a positive trend with a rate of 0.4-1.5 mm per year. The aridity is intensifying in the south-east, where there is a decrease in precipitation of 0.4-0.5 mm per year. The identified features can be applied to optimize agricultural production in changing environmental conditions.

Библиографический список

1. Власенко М. В., Кулик А. К., Салугин А. Н. Оценка экологического состояния и потерь продуктивности аридных пастбищных экосистем Сарпинской низменности. Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 4 (81). С. 71-81.
2. Иванова Г. Ф., Левицкая Н. Г., Демакина И. И. Пространственно-временные особенности формирования засух в условиях меняющегося климата Саратовской области. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2016. Т. 16. № 4. С. 201-205.
3. Кошелева О. Ю., Шинкаренко С. С., Гордиенко О. А. и др. Сезонные и многолетние особенности температуры поверхности в городах засушливой зоны (на примере городов юго-востока европейской части России и Западного Казахстана). Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 426-439.
4. Кулик К. Н., Беляев А. И., Пугачева А. М. Роль защитного лесоразведения в борьбе с засухой и опустыниванием агроландшафтов. Аридные экосистемы. 2023. Т. 29. № 1 (94). С. 4-14.
5. Левицкая Н. Г., Демакина И. И. Современные изменения климата Саратовской области и стратегия адаптации к ним селекции и агротехнологий. Успехи современного естествознания. 2019. № 10. С. 7-12.
6. Матвеев Ш. Геоинформационный анализ основных источников климатической информации на территорию Волгоградской области. Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 81-85.
7. Матвеев Ш. Оценка точности глобальных климатических данных температур воздуха Cru TS на территории Ростовской области. Грани познания. 2022. № 3 (80). С. 88-92.
8. Прякина С. И., Ормели Е. И. Расчет индексов континентальности климата для Среднего и Нижнего Поволжья. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2017. Т. 17. № 1. С. 17-19.
9. Пугачева А. М., Беляев А. И., Трубакова К. Ю., Ромадина О. Д. Региональные изменения климата в сухих степях и их связь с засухами. Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. № 4 (93). С. 13-21.
10. Шинкаренко С. С., Барталев С. А., Берденгалиева А. Н., Дорошенко В. В. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге Европейской России в 2019-2022 гг. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 5. С. 319-327.
11. Шинкаренко С. С., Барталев С. А. Спутниковые наблюдения пыльных бурь на юге России в 2022 году. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 6. С. 293-300.
12. Эдельгериев Р. С. Х., Иванов А. Л., Донник И. М. и др. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство): Национальный доклад. М: ООО "Издательство МБА", 2021. Т. 3. 700 с.
13. Юферев В. Г., Ткаченко Н. А. Динамика осадков и температуры в летний период на территории Волгоградского Заволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 467-474.
14. Korneeva E. A., Belyaev A. I. Assessment of the Impact of Forest Reclamation Measures for the Adaptation of Agriculture to Climate Change in the South of the Russian Plain. Forests. 2023. V. 14. No 8. P. 1593.

References

1. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A. N. Assessment of the ecological state and productivity losses of arid pasture ecosystems of the Sarpinsk lowland. Arid ecosystems. 2019. Vol. 25. No 4 (81). Pp. 71-81.
2. Ivanova G. F., Levitskaya N. G., Demakina I. I. Spatial and temporal features of the formation of droughts in the changing climate of the Saratov region. News of Saratov University. A new series. Earth Science Series. 2016. V. 16. No 4. Pp. 201-205.
3. Kosheleva O. Y., Shinkarenko S. S., Gordienko O. A., etc. Seasonal and long-term features of surface temperature in the cities of the arid zone (on the example of cities in the south-east of the European part of Russia and Western Kazakhstan). Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and Higher professional education. 2021. No 3 (63). Pp. 426-439.
4. Kulik K. N., Belyaev A. I., Pugacheva A. M. The role of protective afforestation in drought and desertification management of agricultural landscapes. Arid ecosystems. 2023. Vol. 29. No 1 (94). Pp. 4-14.
5. Levitskaya N. G., Demakina I. I. Modern climate changes in the Saratov region and the strategy of adaptation of breeding and agrotechnologies to them. The achievements of modern natural science. 2019. No 10. Pp. 7-12.
6. Matveev S. Geoinformation analysis of the main sources of climatic information on the territory of the Volgograd region. Scientific and Agronomic Journal. 2022. No 3 (118). Pp. 81-85.
7. Matveev S. Assessment of the precision of global climatic data of Cru TS air temperatures on the territory of the Rostov region. Facets of cognition. 2022. No 3 (80). Pp. 88-92.

8. Pryakhina S. I., Ormeli E. I. Calculation of the continental climate indices for the Middle and Lower Volga region. *News of Saratov University. The new series. Earth Science Series*. 2017. V. 17. No 1. Pp. 17-19.
9. Pugacheva A. M., Belyaev A. I., Trubakova K. Y., Romadina O. D. Regional climate changes in dry steppes and their connection with droughts. *Arid ecosystems*. 2022. Vol. 28. No 4 (93). Pp. 13-21.
10. Shinkarenko S. S., Bartalev S. A., Berdengalieva A. N., Doroshenko V. V. Satellite monitoring of desertification processes in southern European Russia in 2019-2022. *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2022. Vol. 19. No. 5. Pp. 319-327.
11. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A. Satellite observations of dust storms in the south of Russia in 2022. *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2022. Vol. 19. No 6. Pp. 293-300.
12. Edelgeriev R. S. H., Ivanov A. L., Donnik I. M. etc. Global climate and soil cover of Russia: drought manifestations, prevention, fighting, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry): National report. Volume 3. M: IBA Publishing House LLC, 2021. 700 p.
13. Yuferev V. G., Tkachenko N. A. Dynamics of precipitation and temperature in the summer period on the territory of the Volgograd Trans-Volga region. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and Higher professional education*. 2021. No 2 (62). Pp. 467-474.
14. Korneeva E. A., Belyaev A. I. Assessment of the Impact of Forest Reclamation Measures for the Adaptation of Agriculture to Climate Change in the South of the Russian Plain. *Forests*. 2023. V. 14. No 8. P. 1593.

Информация об авторах

Болгов Иван Александрович, инженер-исследователь лаборатории «Геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов», ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: 0009-0003-3174-6382, e-mail: bolgov-ia@vfanc.ru

Матвеев Штефан, лаборант-исследователь лаборатории «Геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов», ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: 0000-0001-8873-2799, e-mail: matveev-sh@vfanc.ru

Маштаков Дмитрий Анатольевич, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова» (Российская Федерация, 410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина, 4/3), ORCID: 0000-0002-1217-3078, e-mail: topgun2308@mail.ru

Author's Information

Bolgov Ivan Aleksandrovich, research engineer of the Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 97), ORCID: 0009-0003-3174-6382, e-mail: bolgov-ia@vfanc.ru

Matveev Stefan, research assistant of the Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 97), ORCID: 0000-0001-8873-2799, e-mail: matveev-sh@vfanc.ru

Mashtakov Dmitry Anatolyevich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Forestry and Landscape Construction of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov" (Russian Federation, 410012, Saratov, Petr Stolypin Ave., 4/3), ORCID: 0000-0002-1217-3078, e-mail: topgun2308@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО /
AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

Кулик К. Н., Кошелев А. В., Шатровская М. О., Гордиенко О. А., Балкушкин Р. Н. Использование QR-кода как элемента цифровых технологий в агролесомелиорации Kulik K. N., Koshelev A. V., Shatrovskaya M. O., Gordienko O. A., Balkushkin R. N. Use of QR-code as an element of digital technologies in agroforest reclamation.....	14
Воронов С. И., Зеленов А. В. Современные технологии адаптивно-ландшафтного земледелия в реализации генетического потенциала зерновых и зернобобовых культур Voronov S. I., Zelenev A. V. Modern technologies of adaptive-landscape farming in the realization of the genetic potential of grain and leguminous crops.....	21
Апарин Б. Ф., Мингареева Е. В. Среднесрочные изменения агрегатного состава чернозема южного под влиянием лесонасаждений государственной лесополосы Пенза-Каменск Aparin B. F., Mingareeva E. V. Medium-term changes in the aggregate composition of southern chernozem under the influence of afforestation of the Penza-Kamensk state forest belt.....	31
Калмыкова Е. В., Передриенко А. И. Эколого-биологические особенности видов рода <i>Atraphaxis</i> в засушливых регионах юга России Kalmykova E. V., Peredrienko A. I. Ecological and biological features of species of the genus <i>Atraphaxis</i> in arid regions of south Russia.....	42
Медведев Г. А., Михальков Д. Е., Екатериничева Н. Г. Реакция сортов горчицы сизой на сроки посева в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области Medvedev G. A., Mikhalkov D. E., Ekaterinicheva N. G. Reaction of gray mustard varieties to sowing dates in the subzone of light chestnut soils of the Volgograd region.....	53
Толоконников В. В., Плющева Н. М. Проектирование архитектурной модели растения среднеспелого сорта сои для условий орошения Tolokonnikov V. V., Plusheva N. M. Desing of an architectural model of a mid-season soybean variety plant for irrigation conditions...	62
Вошедский Н. Н., Кульгин В. А., Целуйко О. А., Канцуров М. В. Влияние предшественника и элементов технологии возделывании на урожайность нового сорта озимой пшеницы «Былина Дона» Voshedsky N. N., Kulygin V. A., Tseluyko O. A., Kanzurov M. V. Influence of the predecessor and elements of cultivation technology on the yield of a new variety of winter wheat «Bylina Dona».....	71
Гулин А. В., Кигашпаева О. П., Мачулкина В. А., Костенко А. Н., Лаврова Л. П. Оценка новых сортов томата астраханских селекционеров на пригодность к механизированной уборке Gulin A. V., Kigashpaeva O. P., Machulkina V. A., Kostenko A. N., Lavrova L. P. Evaluation of new tomato varieties of astrakhan breeders for suitability for mechanized harvesting...	81

Кагермазов А. М., Хачидогов А. В.

Некорневые подкормки на посевах кукурузы как один из агроприемов повышения урожайности зерна

Kagermazov A. M., Khachidogov A. V.

Foliar top dressing on corn crops as one of the agricultural methods for increasing grain yield.....

89

Лытов М. Н.

Технология термокомпенсационных поливов при закладке и эксплуатации плантаций земляники на Нижней Волге

Lytov M. N.

The technology of thermal compensation irrigation during the laying and operation of strawberry plantations on the Lower Volga.....

98

Неверов А. А., Верещагина А. С.

Эффективность стимуляции семян гороха комплексными препаратами

Neverov A. A., Vereshchagina A. S.

The efficiency of pea seed stimulation with complex preparations

108

Павлюченко Н. Г., Колесникова О. И., Зимина Н. И.

Возможности использования регулятора роста растений Мелафен в виноградном питомниководстве

Pavlyuchenko N. G., Kolesnikova O. I., Zimina N. I.

Possibilities of using the plant growth regulator Melafen in grape nursery.....

115

Романов Б. В., Козлов А. А., Парамонов А. В.

Исходный селекционный материал из шарозерной пшеницы сорта Шарада

Romanov B. V., Kozlov A. A., Paramonov A. V.

The initial breeding material from the spherical Sharada wheat.....

125

Дорошенко В. В., Мелихова А. В.

Многолетняя динамика площадей открытых песков в Астраханском Заволжье по данным дистанционного зондирования

Doroshenko V. V., Melihova A. V.

Long-term dynamics of open sand areas in the Astrakhan Volga region according to remote sensing data.....

135

Романов В. А.

Влияние климатических факторов на процессы опустынивания на примере Терско-Кумской низменности

Romanov V. A.

The influence of climatic factors on desertification processes on the example of the Terek-Kuma Lowland.....

143

Кузнецова А. В., Устинова В. В.

Изучение природных и антропогенных факторов, влияющих на продукционный потенциал деградированных ранее мелиорированных земель Волгодонского района Ростовской области

Kuznetsova A. V., Ustinova V. V.

Study of natural and anthropogenic factors influencing the production potential of degraded, previously reclaimed lands of the Volgodonsk district of the Rostov region.....

149

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ / ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Шперов А. С. Результаты топкроссинга в стаде овец сальской породы Kolosov Yu. A., Chamurliiev N. G., Shperov A. S. Topcrossing results in a flock of sheep of the salsk breed.....	157
Ранделин Д. А., Новокщенова А. И., Агапова В. Н., Кравченко Ю. В., Агапов С. Ю., Брюхно О. Ю., Воронцова Е. С., Липова Е. А., Давудова Т. М. Влияние альтернативного белкового сырья «Гаприн» – продукта микробного синтеза на продуктивные качества радужной форели Randelin D. A., Novokshchenova A. I., Agapova V. N., Kravchenko Yu. V., Agapov S. Yu., Bryukhno O. Yu., Vorontsova E. S., Lipova E. A., Davudova T. M. The effect of the alternative protein raw material «Gaprin» – a product of microbiological synthesis on the productive qualities of rainbow trout.....	163
Нечитайло К. С., Сизова Е. А. Особенности межточного обмена цыплят-бройлеров при введении в рацион фульвогуматов Nechitailo K. S., Sizova E. A. Features of the intermediate metabolism of broiler chickens with the introduction of fulvohumates in the diet.....	172
Фирсов Г. М., Ряднов А. А., Ряднова Т. А., Морозова З. Ч., Будтуев О. В. Исследование неспецифических инфекций матки коров Firsov G. M., Ryadnov A. A., Ryadnova T. A., Morozova Z. Ch., Budtuev O. V. Study of non-specific infection of the uterus of cows.....	180
Чиждова Г. С., Кочарян В. Д., Ушаков М. А., Дмитриев С. С. Сравнительная эффективность водорастворимых кормовых добавок «Reasil HumicVet» и «Силимарин nSePs» на изменение показателей крови у петухов Chizhova G. S., Kocharyan V. D., Ushakov M. A., Dmitriev S. S. Comparative efficacy of water-soluble feed additives «Reasil HumicVet» and «Silymarin nSePs» on changes in blood parameters of roosters.....	188
Зазнобина Т. В., Ефимова Л. В. Возраст выбития коров-матерей и его связь с продуктивным долголетием и воспроизводительными качествами дочерей Zaznobina T. V., Efimova L. V. The cows-mothers' culling age and its relation to productive longevity and reproductive qualities of daughters.....	195
Шевченко Н. И., Гусева Ю. А., Васильев А. А., Пигина С. Ю., Николаев С. И. Альтернатива антибиотиков – антимикробные пептиды черной львинки (Hermetia Illucens) (обзор) Shevchenko N. I., Guseva Yu. A., Vasiliev A. A., Pigina S. Yu., Nikolaev S. I. Alternative to antibiotics – black soldier fly (Hermetia Illucens) antimicrobial peptides (Review).....	201
Кошчаева О. С., Лавриненко К. В., Кошчаев И. А., Рядинская А. А. Определение индекса эффективности производства при введении в рацион цыплят-бройлеров растительного экстракта с антиоксидантным действием Koshchaeva O. S., Lavrinenko K. V., Koshchaev I. A., Ryadinskaya A. A. Determination of the production efficiency index when introduction plant extract with antioxidant effect into the diet of broiler chickens.....	211

Лавриненко К. В., Кошаев И. А., Рядинская А. А., Сергеева Е. С. Влияние модифицированной янтарной кислоты на продуктивность цыплят-бройлеров Lavrinenko K. V., Koshchaev I. A., Ryadinskaya A. A., Sergeeva E. S. The effect of modified succinic acid on the productivity of broiler chickens.....	218

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ/ AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Цепляев В. А. Теоретическое обоснование кинематических параметров вычесывающей машины для удаления корнеотпрысковых сорняков Tseplyaev V. A. Theoretical substantiation of the kinematic parameters of a combing machine for removing root weeds.....	226

Овчинников А. С., Киселев А. А., Мелихов К. М., Козинская О. А. Теоретическое обоснование пропускной способности разработанного авторегулятора подачи воды в оросительный канал Ovchinnikov A. S., Kiselev A. A., Melichov K. M., Kozinskaya O. V. Theoretical justification of the throughput capacity of the developed automatic regulator for water supply to the irrigation canal.....	234

Вторый В. Ф., Второй С. В. Закономерности формирования температурно-влажностного режима воздушной среды коровника Vtoryi V. F., Vtoryi S. V. Regularities of forming the conditions of temperature and humidity in the cow barn air environment.....	241

Джаббаров Н. И., Косульников Р. А., Добринов А. В., Комоедов А. В. Сравнительная энерго-экологическая оценка почвообрабатывающих агрегатов Dzhabbarov N. I., Kosulnikov R. A., Dobrinov A. V., Komoeedov A. D. Comparative energy-ecological assessment of soil tillage machines.....	251

Овчинников А. С., Ахмедов А. Д., Липский Д. Д., Бабаев Д. Э. Обоснование основных показателей надежности и безотказности работ систем капельного полива при эксплуатации Ovchinnikov A. S., Akhmedov A. D., Lipsky D. D., Babaev D. E. Justification of the main indicators of reliability and failure-free operation of drip irrigation systems during operation.....	263

Федорова О. А., Ряднов А. И., Текушев А. Х., Чаплыгин М. Е., Ревенко В. Ю., Давыдова С. А. Анализ технического уровня машин полосного подсева трав в дернину семейства МПТД Fedorova O. A., Ryadnov A. I., Tekushev A. Kh., Chaplygin M. E., Revenko V. Yu., Davydova S. A. Analysis of the technical level of grass strip seeding machines in the turf of the MPTD family...	271

Храбров М. Ю., Майер А. В. Совершенствование системы капельно-инъекционного орошения для полива овощных культур Khrabrov M. Yu., Mayer A. V. Improvement of the drip-injection system for watering vegetable crops.....	283

Цепляев А. Н.

Результаты экспериментальных исследований сошника сеялки для посева семян сои с гидросорбентом в орошении

Tseplyaev A. N.

The results of experimental studies of the planter of the seed drill for sowing soybean seeds with a hydrosorbent in irrigation..... 289

Юдаев И. В., Тибирьков А. П., Беленков А. И.

Предпосевная стимуляция семян зерновых культур в электрическом поле высокого напряжения

Yudaev I. V., Tibirkov A. P., Belenkov A. I.

Pre-sowing stimulation of grain seeds in a high-voltage electric field..... 298

Кириченко А. С., Кириченко Е. В.

Оценка результативности внедрения объектов возобновляемой энергетики в рамках перехода к энергоэффективной экономике в аграрных субъектах Российской Федерации

Kirichenko A. S., Kirichenko E. V.

Assessment of the effectiveness of the introduction of renewable energy facilities as part of the transition to an energy-efficient economy in the agrarian regions of the Russian Federation.... 312

Лепихова В. А., Ляшенко Н. В.

Технология определения элементного состава почвогрунтов по акустическим сигналам

Lepikhova V. A., Lyashenko N. V.

Technology for determining the elemental composition of soils by acoustic signals..... 321

Майер А. В., Пенькова Р. И.

Технологический процесс водозабора с послойным водоотбором

Mayer A. V., Penkova R. I.

Technological process of water intake with layered drainage..... 330

Максимов Д. А., Брюханов А. Ю., Васильев Э. В., Папушин Э. А., Матейчик С. Н.

Информационно-аналитическая система обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственного производства

Maksimov D. A., Briukhanov A. Yu., Vasilev E. V., Papushin E. A., Mateichik S. N.

Information and analytical system to ensure environmental safety of agricultural production..... 337

Ивушкин Д. С., Феклистов А. С., Петрухин В. А., Волобуев С. В., Прокофьев П. В., Юдаев И. В.

Результаты исследований влияния электрофизического воздействия на посевные качества семян древесных пород

Ivushkin D. S., Feklistov A. S., Petrukhin V. A., Volobuev S. V., Prokofiev P. V., Yudaev I. V.

Results of studies of the effect of electrophysical action on the sowing qualities of seeds of tree species..... 346

Губайдулин Д. С., Швабауэр Ю. А., Гапич Д. С., Фомин С. Д.

Результаты экспериментальных исследований силовой нагруженности чизельного агрегата

Gubaidulin D. S., Shvabauer Yu. A., Gapich D. S., Fomin S. D.

The results of experimental studies the power load of the diesel unit..... 357

Швабауэр Ю. А., Субботин С. И., Гапич Д. С., Фомин С. Д.

Моделирование поверхности рабочего органа чизельного плуга

Shvabauer Yu. A., Subbotin S. I., Gapich D. S., Fomin S. D.

Modeling of the surface of the working body chisel plow..... 365

Ракутько Е. Н., Ракутько С. А.

Энергетическая оценка эффективности балластов для газоразрядных источников света

Rakutko E. N., Rakutko S. A.

Energy assessment of the efficiency of ballasts for gas-discharge light sources..... 373

Истомин А. П., Солодовников Д. А., Истомин С. А., Коваленко И. А.

Применение методов неразрушающего контроля для обследования гидротехнических сооружений

Istomin A. P., Solodovnikov D. A., Istomin S. A., Kovalenko I. A.

Application of non-destructive testing methods for inspection of hydraulic structures..... 381

Мясников А. С., Фомин С. Д., Гапич Д. С.

Сравнительный анализ результатов полевых испытаний опорной проходимости экспериментального транспортного средства

Myasnikov A. S., Fomin S. D., Gapich D. S.

Comparative analysis of the results of field tests of the cross-country ability of an experimental vehicle..... 392

Болгов И. А., Матвеев Ш., Маштаков Д. А.

Геоинформационная оценка климатических условий Саратовской области

Bolgov I. A., Matveev S., Mashtakov D. A.

Geoinformation assessment of climatic conditions of the Saratov region..... 403

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS..... 412

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2024

Редакция журнала в своей деятельности руководствуется принципами научности, объективности и беспристрастности

1. Содержание статьи должно соответствовать специальностям:
 - 4.1.1 Общее земледелие и растениеводство.
 - 4.1.2 Селекция, семеноводство биотехнология растений.
 - 4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.
 - 4.1.4 Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры.
 - 4.1.5 Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика.
 - 4.1.6 Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация.
 - 4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология.
 - 4.2.2 Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность.
 - 4.2.3 Инфекционные болезни и иммунология животных.
 - 4.2.4 Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства.
 - 4.2.5 Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных.
 - 4.2.6 Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство.
 - 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.
 - 4.3.2 Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.
 - 4.3.3 Пищевые системы.
2. Технический анализ рукописи осуществляется ответственным секретарем журнала, согласно требованиям для авторов, в трехдневный срок после представления рукописи в электронной форме (izvestiya-volgau@mail.ru) и передается на проверку отсутствия неправомерных и некорректных заимствований, определения объема оригинальности авторского текста в Центр наукометрического анализа международных систем индексирования (НАМСИ).
3. Проверка цитирований и ссылок на использованные источники, определение степени заимствования, обусловленного целями цитирования, объема **оригинальности** авторского текста осуществляется в трехдневный срок **по всем коллекциям** в системе Antiplagiat.ru. Допустимый объем цитирований (корректного правомерного заимствования) – не более 30 % от общего объема статьи (неправомерные заимствования не допускаются!) в соответствии с COPE.
4. Передача на рецензирование осуществляется зам. главного редактора после технического анализа и проверки оригинальности авторского текста, в течение трех дней. Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Рецензирование статьи производится **независимыми экспертами** журнала (не менее 2) в течение не более 30 дней с момента получения рукописи. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензии хранятся в издательстве и в редакции издания в течение 5 лет. При наличии существенных замечаний рукопись возвращается авторам с письменным перечислением замечаний, требующих устранения. В журнале используется двустороннее слепое рецензирование (double-blind reviewing): рецензент и автор не знают имён друг друга.
5. Повторное рецензирование осуществляется после представления варианта статьи, с устраненными замечаниями, в течение не более 30 дней. При трехкратном повторном возврате рукописи с замечаниями рецензента вопрос о ее принятии или отклонении решается на заседании редакционной коллегии.
6. Решение о публикации принимается в соответствии с Уставом редакции главным редактором на основе научных рецензий и мнения членов редколлегии. При принятии решения о публикации главный редактор руководствуется достоверностью представления данных и научной значимостью рассматриваемой работы.

7. В случае принятия решения о публикации в течение трех дней рукопись статьи передается в РИО и НТБ для корректуры и редактирования материала статьи, в том числе англоязычной части.

8. Рецензии предоставляются авторам рукописей и по запросам экспертных советов в ВАК. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ. Рукописи возврату не подлежат.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Оформление статьи должно соответствовать Межгосударственным и национальным стандартам Российской Федерации по издательскому делу.

Статья представляется в редакцию в электронной версии (в формате Word Windows), Статья должна иметь УДК (можно определить на сайте <http://teacode.com/online/udc/>). Количество авторов – не более четырех.

Статья набирается в текстовом процессоре Microsoft Word со следующими установками: поля страницы сверху, снизу – 2,4 см; слева, справа – 2,8 см. Стиль обычный. Шрифт – Arial, размер шрифта 10,5. Межстрочный интервал для текста – одинарный, для таблиц – одинарный, режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Абзацный отступ должен быть одинаковым по тексту – 1,27 см.

Рисунки, схемы, фотографии представляются в формате PDF, JPEG, TIFF с разрешением не ниже 300 dpi (сканировать таблицы, схемы, рисунки не допускается). Все рисунки должны быть четкими, надписи хорошо видны.

В статье помещаются: УДК, название статьи, инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень, звание автора (ов), аннотация, ключевые слова. Образец форматирования – на сайте журнала.

В статье следует четко выделять следующие составные части: **1 Введение (Introduction), 2 Материалы и методы (Materials and methods), 3 Результаты (Results), 4 Обсуждение (Discussion), 5 Заключение (Conclusions), 6 Библиографический список (References).**

Особое внимание следует уделить *полноте пристатейного библиографического списка* (не менее **12-15** источников, в том числе отражающих зарубежные исследования). При этом необходимо избегать **недобросовестного цитирования** (необоснованного «накручивания» цитат, а также самоцитирования), **некорректного цитирования** (неоправданного содержанием цитируемых статей). *Цитирование должно быть максимальным, но обоснованным. Недостаточное или избыточное цитирование снижает рейтинг журнала.*

В конце работы ставятся дата и подпись автора (авторов), приводятся сведения об авторе (авторах): место работы, факультет, кафедра, (отдел, научное подразделение), ученое звание, ORCID, контактные телефоны, почтовый и электронный адрес.

Авторы должны раскрывать в своей рукописи любой финансовый или какой-либо другой существенный конфликт интересов, который мог бы быть истолкованным как влияющий на результаты оценки их рукописи. Все источники финансовой поддержки должны быть раскрыты.

Рекомендуемый объем статьи: **основной текст** (без названия, авторов, аннотации, ключевых слов и библиографического списка) – от **15 тыс.** знаков с пробелами (от 2000 слов), полный текст – от 30 тыс. знаков с пробелами (от 4000 слов) (**10-12** стр.).

ОФОРМЛЕНИЕ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

Библиографические ссылки на список литературы должны быть оформлены с указанием в строке текста в квадратных скобках цифрового порядкового номера. В случае ссылки на точную цитату – необходимо дополнительно указать через запятую номера соответствующих страниц, например, [7, с. 36].

Список литературы нумеруется в порядке упоминания в тексте, он должен быть оформлен в соответствии с рекомендованным АНРИ (Ассоциацией научных редакторов и издателей) международным стандартом Vancouver Style (образец – на сайте).

**RULES OF DIRECTION, REVIEW AND PUBLICATION
OF SCIENTIFIC ARTICLES 2024**

1. The content of the article should correspond to the specialties:
 - 4.1.1 General agriculture and crop production
 - 4.1.2 Breeding, seed production, plant biotechnology
 - 4.1.3 Agrochemistry, agro-soil science, plant protection and quarantine
 - 4.1.4 Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops
 - 4.1.5 Land reclamation, water management and agrophysics
 - 4.1.6 Forestry, forestry, forest crops, agroforestry, landscaping, forest ecology and taxation
 - 4.2.1 Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology and toxicology
 - 4.2.2 Sanitation, hygiene, ecology, veterinary and sanitary expertise and biosafety
 - 4.2.3 Infectious diseases and animal immunology
 - 4.2.4 Private animal husbandry, feeding, technologies of feed preparation and production of livestock products
 - 4.2.5 Breeding, breeding, genetics and biotechnology of animals
 - 4.2.6 Fisheries, aquaculture and industrial fisheries
 - 4.3.1 Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex
 - 4.3.2 Electrical technologies, electrical equipment and power supply of agro-industrial complex
 - 4.3.3 Food systems
2. Technical analysis of the manuscript is carried out by the executive secretary of the journal, according to the requirements for the authors, within three days after the submission of the manuscript in electronic form (izvestiya-volgau@mail.ru) and is sent for verification of the absence of illegal borrowing, to determine the originality of the author's text to the Center for Scientometric Analysis International Indexing Systems (NAMSIS) (izvestplag@mail.ru).
3. Checking links to sources used, determining the degree of borrowing, the volume of originality of the author's text is carried out within three days for all collections in the AntiPlagiat.ru system. The permissible volume of citations (correct legitimate borrowing) is no more than 30% of the total volume of the article (illegal borrowing is not allowed!) In accordance with COPE.
4. Submission for review is carried out by the deputy after three days of technical analysis and verification of the originality of the author's text. The publication reviews all incoming materials that correspond to its subject with the purpose of their expert evaluation. Reviewing the article is carried out by independent experts of the journal (at least 2) within no more than 30 days from the date of receipt of the manuscript. All reviewers are recognized experts on the subject of peer-reviewed materials and have published over the past 3 years on the subject of a peer-reviewed article. Reviews are kept in the publishing house and in the editorial office of the publication for 5 years. If there are significant comments, the manuscript is returned to the authors with a written list of comments requiring elimination. The journal uses double-blind reviewing: the reviewer and the author do not know each other's names.
5. Repeated reviewing is carried out after the submission of a variant of the article, with the comments removed, for no more than 30 days. If the manuscript is returned three times with the comments of the reviewer, the question of its acceptance or rejection is decided at a meeting of the editorial board.
6. The decision to publish is made in accordance with the Editorial Charter by the editor-in-chief on the basis of scientific reviews and opinions of members of the editorial board. When deciding on publication, the editor-in-chief is guided by the reliability of the data presentation and the scientific significance of the work under consideration.
7. If a decision is made on publication within three days, the manuscript of the article is sent to RIO and NTB for proofreading and editing of the article's material, including the English-language part
8. Reviews are provided to the authors of manuscripts and at the request of expert advice at the Higher Attestation Commission. In the event of a refusal to publish an article, the editorial office sends a motivated refusal to the author. Manuscripts are non-refundable.

ARTICLE REQUIREMENTS

The paper should comply with the Interstate and National Publishing Standards of the Russian Federation.

The article is submitted to the publishing and publishing center in printed form (on A4 sheets) in 2 copies with an electronic version attached (in Word Windows format) that completely matches the paper version. The article should have UDC (can be determined on the website <http://teacode.com/online/udc/>). The number of authors is not more than four.

The article is typed in a Microsoft Word word processor with the following settings: page margins above, below – 2.4 cm; left, right – 2.8 cm. The style is normal. Font – Arial, font size 10,5. Line spacing for text – single, for tables – single, alignment mode – width, hyphenation – automatic. The indent should be the same in the text – 1.27 cm.

Drawings, diagrams, photographs are presented in PDF, JPEG, TIFF format with a resolution of at least 300 dpi (scanning tables, diagrams, drawings is not allowed).

The article contains UDC, title of the article, initials and surname of the author (s), academic degree, and title of the author (s), abstract, keywords.

The following components should be clearly distinguished in the article: 1. Introduction, 2. Materials and methods, 3. Results, 4. Discussion, 5. Conclusions, 6. References.

Particular attention should be paid to the completeness of the bibliographic list (at least 12-15 sources, including those reflecting foreign studies). At the same time, it is necessary to avoid unscrupulous quoting (unreasonable "winding up" of quotes, as well as self-quoting), incorrect quoting (unjustified by the content of cited articles).

Quoting should be maximum, but reasonable. Inadequate or excessive citation reduces the rating of the journal.

At the end of the work, the date and signature of the author (s) are put; information about the author (s) is given: place of work, faculty, department, (department, scientific unit), academic rank, ORCID, contact numbers, postal and electronic address.

Authors should disclose in their manuscript any financial or any other significant conflict of interest that could be construed as affecting the results of the evaluation of their manuscript. All sources of financial support should be disclosed.

Recommended length of the article: the main text (without title, authors, annotation, keywords and bibliographic list) – from 15 thousand characters with spaces (from 2000 words), the full text – from 30 thousand characters with spaces (from 4000 words) (10-12 pages).

REGISTRATION OF BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

Bibliographical references to the list of references must be formatted with the digital serial number indicated in the line of text in square brackets. In the case of a reference to an exact quote, you must additionally indicate the numbers of the corresponding pages, separated by commas, for example [7, p. 36].

The list of references is numbered in the order of mention in the text; it must be formatted in accordance with the international standard Vancouver Style recommended by ANRI.

******* ИЗВЕСТИЯ *******

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

№ 1 (73), 2024

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 1 (73), 2024**

Ответственный редактор – *Д. А. Шишлянникова*

Технический редактор – *Т. А. Ситникова*

Компьютерная верстка – *А. В. Харлашин*

Перевод – *Н. В. Тураева*

Реестровая запись: серия ПИ № ФС77-80865 выдано 23.04.2021

Федеральной службой по надзору в сфере в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Издается с 1997 г. Выходит 6 раз в год

Подписной индекс ПП573

Адрес издателя и редакции: 400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Электронная почта izvestiya-volgau@mail.ru

Дата выхода 29.02.2024.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 448.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе Волгоградского ГАУ «Нива»
400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Цена свободная

* * *

Proceedings

**of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
Science and higher vocational education № 1 (73), 2024**

Executive editor – *D. A. Shishlyannikova*

Technical editor – *T. A. Sitnikova*

Desktop publishing – *A. V. Kharlashin*

Translation – *N. V. Turaeva*

Registry entry: PI series no. FS77-80865 issued on 23.04.2021

Federal Service for Supervision of Communications,
Information technology and mass communications

Published since 1997. Published 6 times a year.

Subscription Index ПП573

Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26

E-mail: izvestiya-volgau@mail.ru

Release Date 29.02.2024.

Edition 1000 (first factory 100). Order 448.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price