

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 направлено 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.

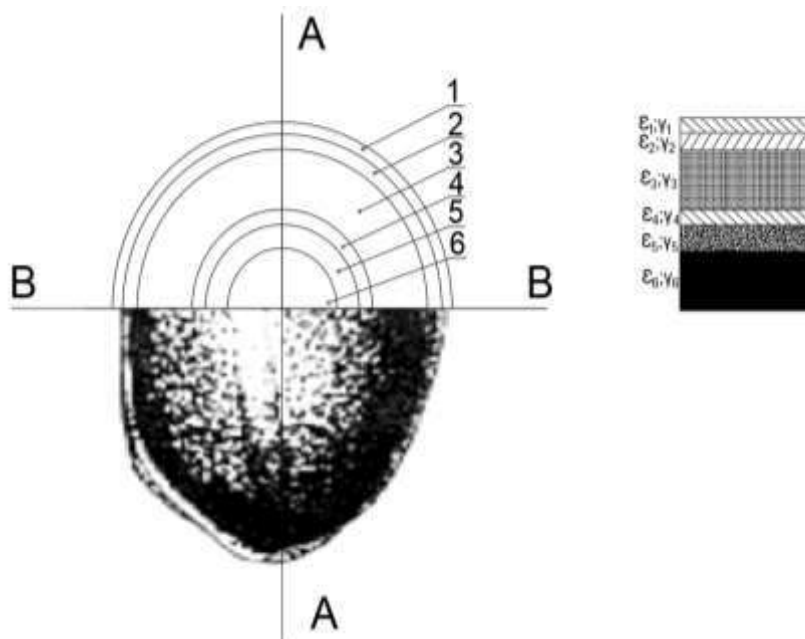


Рисунок 1 – Схема замещения семян древесных культур: 1 – кожура семени; 2 – нуцеллус (защитная пленка); 3 – эндосперм (или семядоли); 4 – защитная оболочка зародыша; 5 – питательная ткань зародыша; 6 – почечка зародыша

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).

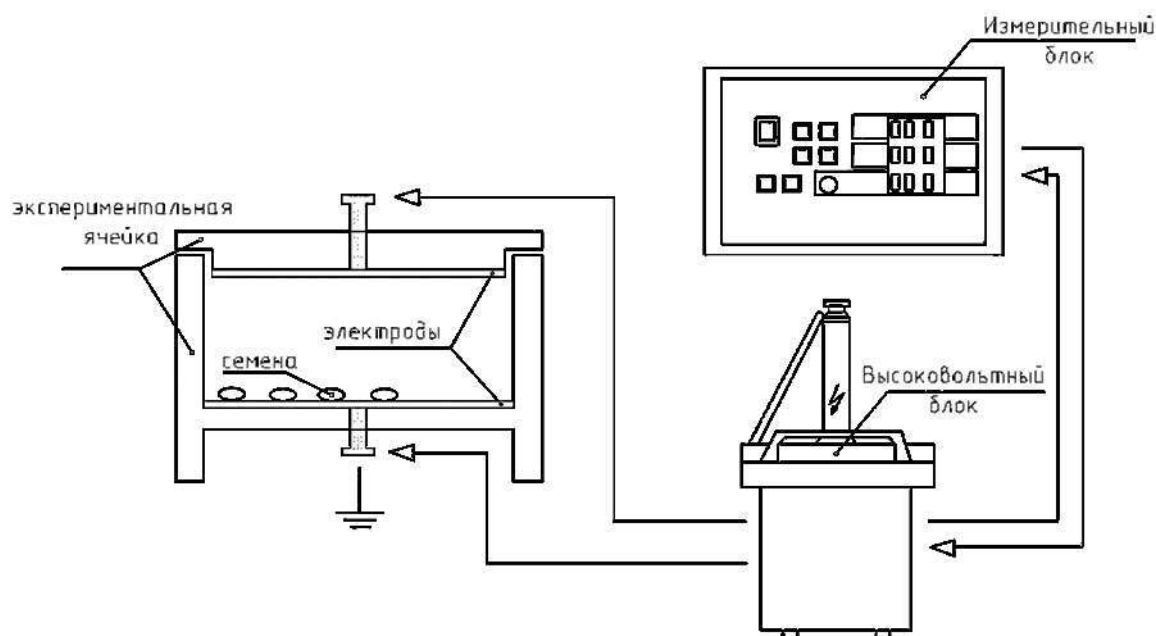


Рисунок 2 – Исследовательский комплекс для предпосевной обработки семян
Figure 2 – Research complex for pre-sowing seed treatment

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

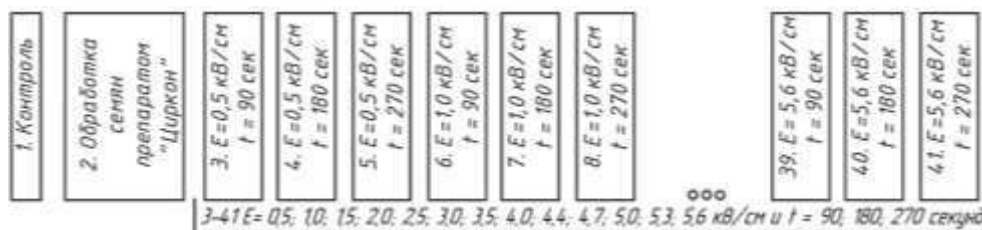


Рисунок 3 – Схема проведения опыта
Figure 3 – The scheme of the experiment

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

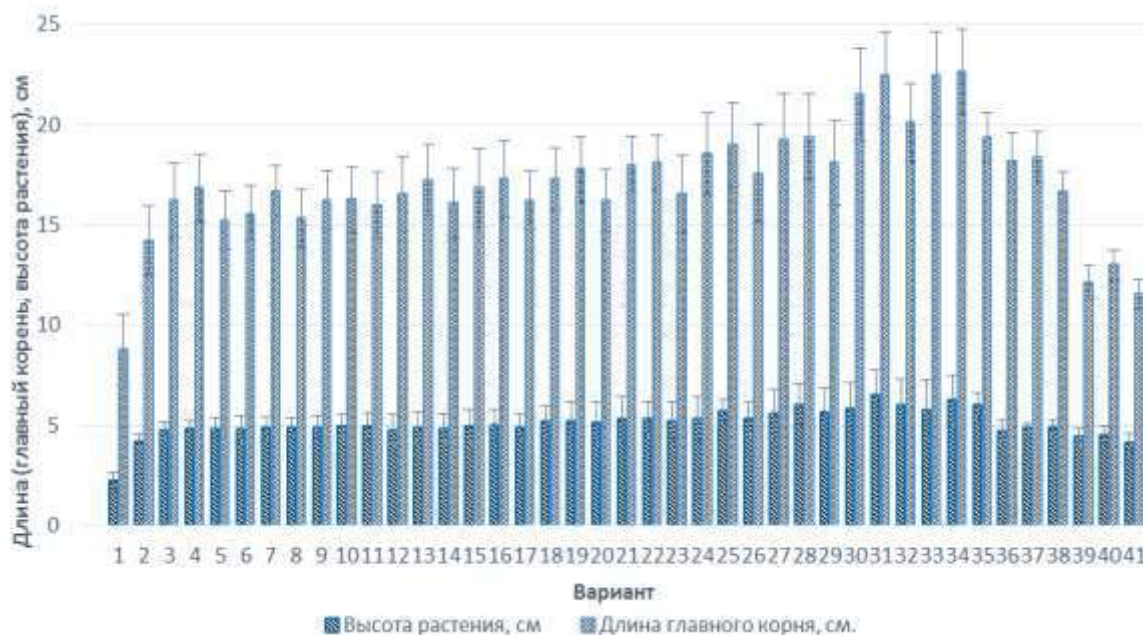


Рисунок 4 – Диаграмма отклика развития главного корня и высоты растения от режимов электростимуляции

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

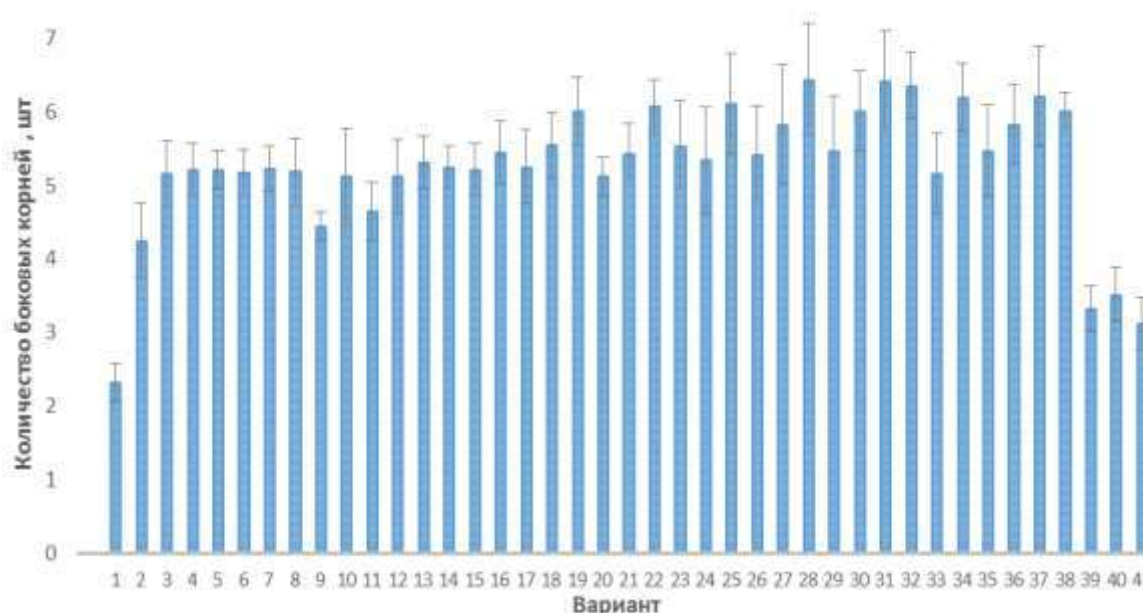


Рисунок 5 – Диаграмма отклика количества боковых корней от режимов электростимуляции

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.

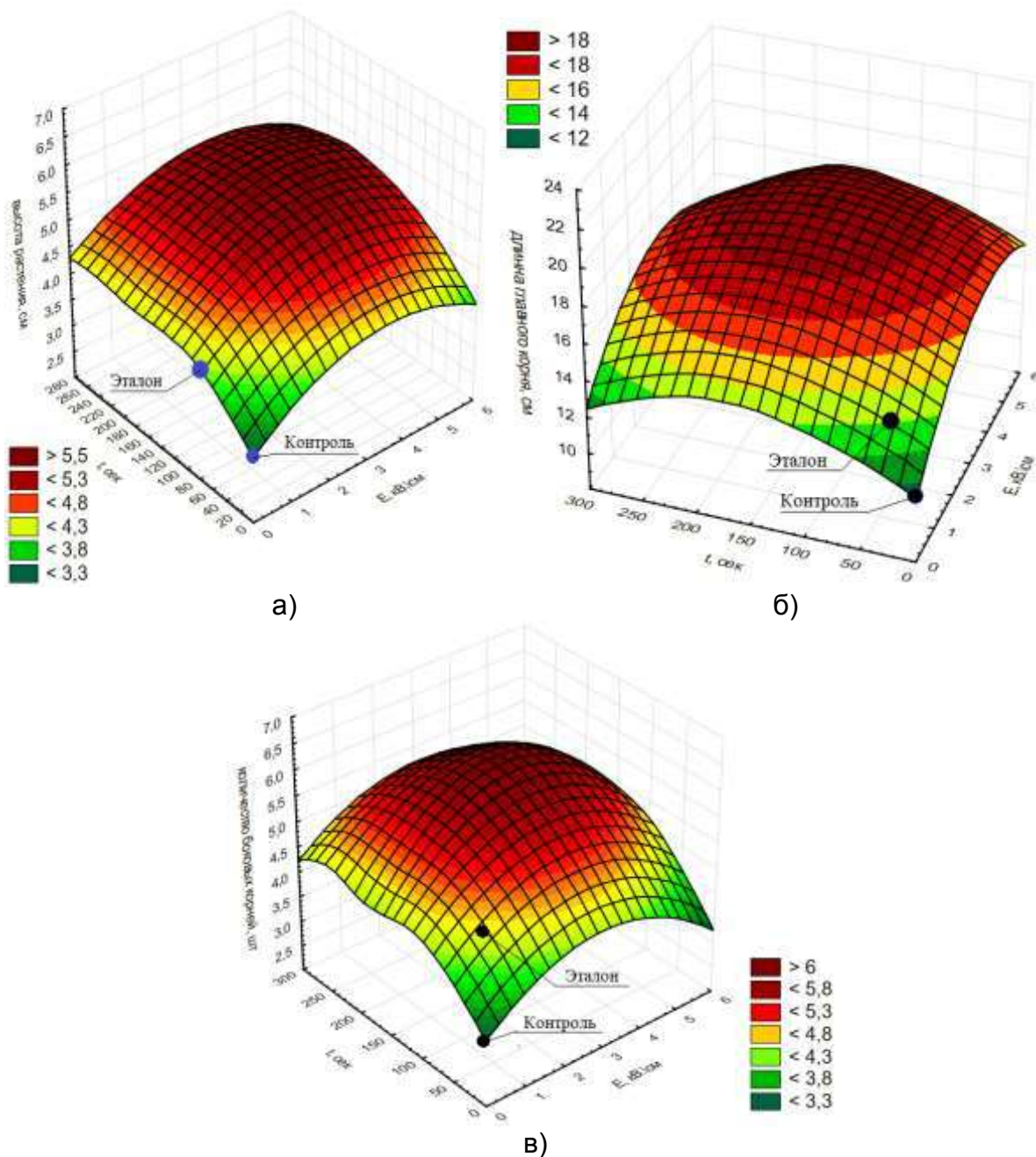


Рисунок 6 – Зависимости влияния напряженности переменного электрического поля промышленной частоты (E , кВ/см) и времени обработки (t , сек) на качественные показатели развития древесного растения: высота растения (а), длина главного корня (б) и количества боковых корней (в)

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. Чуმიкина 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.