

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., 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. Kohegura A. V., Gogolkov A. V., Winter D. E. User selection for the regions of Russia. News of the agroindustrial complex. 2018. <https://apknnews.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 grain into a single organism in the Russian Federation. http://infotechno.ru/ros-soya/dok_skorobogataya.php, 2019.
7. Tolokonnikov V. V. Vronskaya L. V. Koshkarova T. S. The influence of sowing norms on the productivity of soybeans with different maturation periods under irrigation conditions. Journal irrigated agriculture. 2022. No. 3. Pp. 21-24.
8. Focsha 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. Timoshenko V. V. Prospects for the use of moisture-retaining copolymers in the cultivation of crops in arid zones. Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference of Young Researchers dedicated to the 70th anniversary of the Volgograd State Agrarian University. Volgograd, 2014. Part I. 448 p.
10. Tseplyaev V. A., Magomedov A. M. Conditions for placing the ploughshare 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. Rathore S. S., Shekhawat K., Class A., Premi O. P., Rathore B. S., Singh V. K. Deficit Irrigation Scheduling and Superabsorbent Polymer- Hydrogel Enhance Seed Yield, Water Productivity and Economics of Indian Mustard Under Semi-Arid Ecologies. Irrigation and Drainage. 2019. № 68 (3). Pp. 531-541.
13. Kabir M. H., Ahmed K., Furukawa H. A low cost sensor based agriculture monitoring system using polymeric hydrogel. Journal of the Electrochemical Society. 2017. № 164 (5). Pp. 3107-3112.

Информация об авторе

Цепляев Алексей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (ФГБНУ ВНИИОЗ) (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), e-mail: can_volgau@mail.ru

Author's Information

Tseplyaev Aleksey Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture" (FGBNU VNIIOZ) (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva St., 9), e-mail: can_volgau@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-44

PARAMETERS OF RATIONAL INFLUENCE OF MONOCHROMATIC RADIATION ON THE SOWING QUALITIES OF CUCUMBER SEEDS

¹Yudaev I. V., ²Stepanchuk G. V., ²Yudin A. A., ²Gulyaev P. V.

¹*Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin
Krasnodar, Russian Federation*

²*Azov-Black Sea Engineering Institute of the "Don State Agrarian University"
Zernograd, Rostov region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: etsh1965@mail.ru

Received 11.03.2024

Submitted 19.04.2024

Summary

The article presents the results of a study of the treatment of cucumber seeds of the Phoenix+ variety with monochromatic yellow-orange radiation with a wavelength of 590 nm. Analysis of the results obtained revealed the presence of a positive physiological reaction in the development of seeds, the growth of sprouts and roots of seedlings, which suggests the possibility of using this kind of stimulation of vegetable seeds before sowing. Planned studies on treating seeds with monochromatic yellow-orange radiation before sowing into the soil will reveal the effect of this treatment on their yield and crop structure.

Abstract

Introduction. The intensive development of vegetable growing is directly related to the availability of healthy seed material, which makes it possible to plan for obtaining a high-quality harvest in the quantity required by the consumer. To realize the possibility of unlocking the full biological potential of cultivated crops, a variety of stimulants are used today, among which are electrophysical methods and methods for activating the internal reserves of seeds before sowing them in the ground. Such impacts, environmentally

safe and technologically effective, include pre-sowing stimulation of seed material of vegetable crops with monochromatic radiation using LEDs. **Object.** The object of research is cucumber seeds of the “Phoenix+” variety with a long shelf life (4 years). **Materials and methods.** The studies were carried out on cucumber seeds of the Phoenix+ variety with a long shelf life, which were treated with monochromatic light in the yellow-orange spectral range with a wavelength of $\lambda = 590$ nm and a duration of 60 to 300 seconds. To conduct the experiments, a research setup was assembled, and the detection of germination energy and seed germination was assessed using standard methods described in the relevant GOST. **Results and conclusions.** Treatment of cucumber seeds of the Phoenix+ variety with monochromatic yellow-orange radiation with a wavelength of 590 nm revealed the following indicators of the development of seeds, sprouts and roots of seedlings: with an irradiation duration of 180 seconds, the highest increase in germination energy is achieved – 13% over control samples, and with using seed resting, this value is 11%; seed germination without resting was 10% at the same irradiation time of 180 seconds, and with resting – 6%, relative to the control; estimating the length of the roots, it was possible to obtain an increase of 4.3 cm over the control samples, when irradiating the seeds for 180 seconds, at the same time carrying out resting, the results with irradiation for 120 and 180 seconds repeated the results of control observations, and at longer exposures they did not achieve and them; When controlling the length of the sprouts, both options gave a positive result – its increase was observed by 2.8 cm without resting and by 3.3 cm with resting, and the best processing time was 300 and 240 seconds, respectively.

Keywords: pre-sowing seed treatment, long-term cucumber seeds, monochromatic radiation of the red spectral range, seed growth energy, germination of cucumber seeds.

Citation. Yudaev I. V., Stepanchuk G. V., Yudin A. A., Gulyaev P. V. Parameters of rational influence of monochromatic radiation on the sowing qualities of cucumber seeds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 3(75). 385-396 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-03-

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 631.53.027.34

ПАРАМЕТРЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МОНОХРОМАТИЧЕСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ОГУРЦОВ

¹Юдаев И. В., доктор технических наук, профессор

²Степанчук Г. В., кандидат технических наук, доцент

²Юдин А. А., аспирант

²Гуляев П. В., кандидат технических наук, доцент

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»
г. Краснодар, Российская Федерация

²Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»
г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация

Актуальность. Интенсивное развитие овощеводства непосредственно связано с наличием здорового посевного материала, позволяющего планировать получение качественного урожая в необходимом для потребителя количестве. Для реализации возможности раскрытия полного биологического потенциала возделываемых культур сегодня используются разнообразные стимуляторы, среди которых выделяются электрофизические способы и методы активации внутренних резервов семян перед их высевом в грунт. К таким воздействиям – экологически безопасным и технологически эффективным, относится и предпосевная стимуляция семенного материала овощных культур монохроматическим излучением при помощи светодиодов. **Объект.** Объектом исследований являются семена огурца сорта «Феникс+» длительного срока хранения (4 года). **Материалы и методы.** Исследования проводились на семенах огурца сорта «Феникс+» длительного срока хранения, которые обрабатывались монохроматическим светом желто-оранжевого диапазона спектра с длиной волны $\lambda = 590$ нм и длительностью от 60 до 300 секунд. Для проведения экспериментов была собрана исследовательская установка, а выявление энергии прорастания и всхожесть семян оценивались по стандартным методикам, описываемым в соответствующем ГОСТе. **Результаты и выводы.** Обработка семян огурца сорта «Феникс+» монохроматическим желто-оранжевым излучением с длиной волны 590 нм позволила выявить следующие показатели развития семян, ростков и корней проростков: при длительности облучения в 180 секунд достигается наивысший прирост энергии прорастания – 13% над контрольными образцами, а с применением отлёжки семян, это значение составляет 11%; всхожесть семян без отлёжки составила 10% при том же времени облучения в 180 секунд, а с использованием отлёжки – 6%, по отношению к контролю; оценивая длину корней удалось получить прирост

в 4,3 см над контрольными образцами, при облучении семян в течение 180 секунд, в тоже время осуществив отлёжку, результаты при облучении в течении 120 и 180 секунд повторили результаты контрольных наблюдений, а на более длительных экспозициях не достигли и их; при контроле длины ростков оба варианта дали положительный результат – наблюдалось ее увеличение на 2,8 см без отлёжки и на 3,3 см с отлёжкой, а наилучшее время обработки составило значение 300 и 240 секунд, соответственно.

Ключевые слова: предпосевная обработка семян, семена огурца длительного срока хранения, монохроматическое излучение красного диапазона спектра, энергия роста семян, всхожесть семян огурца.

Цитирование. Юдаев И. В., Степанчук Г. В., Юдин А. А., Гуляев П. В. Параметры рационального воздействия монохроматическим излучением на посевные качества семян огурцов. *Известия НВ АУК*. 2024. 3(75). 385-396. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-44.

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. Количество произведенного качественного растительного сырья для последующей переработки и объемы готовой выращенной овощной продукции в аграрном секторе сегодня ещё не могут удовлетворить имеющийся на них спрос на продовольственном рынке, что в итоге не позволяет полноценно наполнить корзину потребителя – среднестатистического жителя страны. По данным Росстата, в 2023 году было выращено в сооружениях защищенного грунта на 1,3% овощей больше, чем в 2022 году, а на открытом грунте урожай вырос на 18%. Объем потребления овощей и бахчевых культур среднестатистическим жителем страны в 2023 году на 20% состоит из томатов; 16% приходится на капусту; 11% – на лук; по 10% – на огурцы и морковь; 5% – на свёклу; оставшиеся 28% – на другие овощные культуры. Казалось бы, эти, достаточные для положительной динамики производства овощей, показатели могут обеспечить жителя Российской Федерации полноценными «зелеными витаминами», как этого требуют нормы питания, разработанные Министерством здравоохранения. В соответствии с ними в течение года каждый гражданин России должен быть обеспечен 140 кг овощей и бахчевых культур [1]. Но пока еще эти показатели не являются реализованными в стране как по количественным значениям потребления «зеленых витаминов», так и по равномерному распределению по сезонам года и территории проживания россиян. Все это ставит перед сельским хозяйством задачи, требующие производственных, научных и не откладываемых в долгий ящик решений. Увеличить объемы производства отечественной овощной продукции, улучшить её качество и снизить затраты на выращивание, сохранить и ускорить доставку свежей продукции потребителю – все это ключевые задачи, разрешение которых невозможно без интенсивного, научно-обоснованного сопровождения развития агропромышленного комплекса страны.

Реализовать обозначенные задачи, применяя технологические и технические мероприятия на практике, можно, располагая главным первичным инструментарием современного овощеводства – семенным и посадочным материалом высокого качества в необходимом количестве, и главное – российского происхождения. Именно отсутствие семян отечественной селекции в последние два десятилетия не позволяло труженикам сельского хозяйства сделать собираемый урожай прогнозируемым и полноценным, так как он был выращен практически на 70-80% из импортных семян. Сегодня положение дел поменялось и многие научные институты и академические университеты занимаются селекцией, но пока и этого ещё не достаточно, так как необходимо сами семена заставить максимально реализовать заложенный природой в них биологический потенциал. И вот здесь на помощь приходят химические и биологические стимуляторы, физические воздействия, провоцирующие всхожесть семян и улучшающие рост и развитие растений, защищающие посевы и посадки от вредной микрофлоры и болезней, и при этом сохраняющими, не ухудшая качество выращиваемой продукции [2, 3].

И на этом фоне сегодня выгодно выделяются экологически чистые, малозэнергоёмкие и с высокими показателями технологической эффективности электрофизические способы и методы предпосевной обработки семян, которые также хорошо себя зарекомендовали и при обработке зерна перед хранением.

Основными реализуемыми способами обработки с непосредственным применением воздействий электрической и электромагнитной природы являются: обработка семян и зерна в электрическом, магнитном и электромагнитном поле; воздействие протекающего через семенной или зерновой массив постоянного, переменного и импульсного тока; облучение зерна или семян ультрафиолетовым, инфракрасным или монохроматическим когерентным излучением, лазером и др. [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Остановимся отдельно на рассмотрении процесса воздействия монохроматического излучения на семена возделываемых культур и анализе результатов такого воздействия, влияющего на рост и развитие растений.

Свет является одним из основных параметров окружающей среды, регулирующих физиологию растений на протяжении всего жизненного цикла растений, поскольку растения используют свет как источник энергии для фиксации углерода при фотосинтезе (ассимиляционная функция), а также как сигнал для активации и регулирования многих других ключевых процессов, связанных с ростом растений и их развитием (функция контроля). Поскольку жизнь растительных организмов зависит от ассимиляционной функции света, растения развили тонкие светочувствительные механизмы, позволяющие поддерживать и максимизировать фотосинтетическую производительность и приспособленность на протяжении всей жизни.

Современное сельское хозяйство эволюционировало в сторону применения передовых технологий выращивания растений в контролируемой среде, чтобы гарантировать высокую урожайность даже при наличии неблагоприятных внешних условий или в системах выращивания с высокой плотностью посадки растений. Это можно наблюдать, например, в тепличной отрасли, в фитотронах и растильнях, где свет является ключевым параметром, а точный контроль количества света (интенсивности и продолжительности) и его качества (состав длин волн) определяют возможность повысить урожайность и снизить стоимость продукции.

В последнее время значительное внимание уделяется исследованиям применения светоизлучающих диодов в качестве источника искусственного освещения для выращивания растений в контролируемых условиях с целью повышения эффективности защищенного растениеводства. Светодиодные технологии позволяют более глубоко реализовать возможности лучистой энергии в росте растений благодаря выбору конкретных длин световых волн и спектра излучения. Светодиоды разных цветов можно комбинировать для получения индивидуального спектра света с желаемой интенсивностью.

Семена, прорастание которых стимулирует световое излучение, считаются положительно фотобластическими, а те, прорастание которых подавляется светом – отрицательно фотобластическими. В определенных областях просветления действует закон взаимности, т.е. реакция прорастания зависит от падающего светового потока. Для позитивных фотобластических семян экспериментально установлено, что свет в красной области спектра ($\lambda \approx 660$ нм) в наибольшей степени эффективно стимулирует прорастание, а вот дальний красный ($\lambda \approx 730$ нм) наоборот – тормозит его. По данным Дрейпера, фотосинтез у зеленых растений имеет максимальную интенсивность для желтого света ($\lambda = 570$ нм), а по К.А. Тимирязеву – для красного света ($\lambda = 650$ нм). Многочисленные исследования также позволили обнаружить второй максимум интенсивности фотосинтеза для синего света ($\lambda = 450$ нм). Но, в качестве промежуточного заключения, следует отметить, что, вполне возможно – полученные результаты зависят от конкретных изученных видов растений [10].

Существенным действующим фактором для протекания процесса фотосинтеза является хлорофилл, характеризующийся четырьмя типами: А, В, каротин и ксантофиллы. Исследователи экспериментально обнаружили, что влияние облучения на фотосинтез, например у злаковых культур, модулируется в зависимости от плотности энергии, демонстрируя максимум для монохроматического красного и синего цветов при плотности энергии $0,5 \text{ Дж/см}^2$ и второй максимум при $1,5 \text{ Дж/см}^2$ – для красного. Анализируя представленные результаты можно предположить, что наблюдаемое стимулирующее действие красного или синего излучения на фотосинтез связано с тем, что, по крайней мере, одна из четырех форм хлорофилла проявляет максимальное поглощение при длинах волн $\lambda = 455$ и 660 нм [10].

Экспериментально изучалось влияние красной области спектра на физиологическую активность семян овощных и злаковых культур. По результатам исследований установлено, что наибольший эффект имело облучение семян монохроматическим светом этой области спектра с длиной волны $\lambda = 630\text{-}660$ нм. Проведенные опыты по изучению влияния оптического

излучения красного диапазона ($\lambda=660$ нм) на семена ячменя (*Hordeum vulgare* L.) выявили тот факт, что такая обработка активизирует прорастание и ускоряет гидролитический распад запасных веществ вследствие стимуляции ферментативной активности. Это дало возможность аргументировано говорить о том, что монохроматическое красное оптическое излучение приводит к повышению продуктивности растений ячменя [11].

Предварительную обработку монохроматическим светом конкретного излучения – белый, красный, зеленый и синий, для улучшения характеристик прорастания семян и развития рассады, изучали на четырех сортах зеленого овощного растения – базилика священного (*Ocimum tenuiflorum* L.). Спектр зеленого света, используемый для обработки семян и последующего досвечивания рассады, показал значительное улучшение ее состояния перед пересадкой её в грунт за счет уменьшения среднего времени прорастания и увеличения длины побегов. Кроме того, результаты после пересадки в грунт подтвердили преимущество использования спектра зеленого света для производства высококачественных саженцев базилика [12].

Практический интерес представляют исследования по изучению обработки длительно хранившихся семян томата (около 12 лет) красным светом в диапазоне длин волн $\lambda = 640-730$ нм. Такие семена по наблюдению овощеводов практически не могут дать всходы, если не провести некоторую предварительную их активацию перед посевом. Анализ результатов предпосевной активации семян монохроматическим светом показал, что последние имели лабораторную всхожесть 93,5-95,7%, превышающую показатели, регламентируемые ГОСТ 32592-2013. При посеве этих семян в грунт, они дали дружные всходы уже на 2-5 сутки, а выращенная из них рассада на 45 сутки характеризовалась биометрическими параметрами, практически совпадающими с параметрами растений, выращиваемых из семян с нормальным сроком годности. Отдельно был выявлен тот факт, что воздействие на семена красным светом в течение 5 минут дало больший положительный эффект по сравнению с экспозицией в 3 минуты [13].

Отдельные исследования были посвящены изучению досвечивания монохроматическим светом овощной рассады (огурец, томат, перец) и его влияния на их морфологические и физиологические свойства при низкой естественной солнечной облученности. Увеличение длительности фотосинтетической суточной освещенности привело к увеличению диаметра стеблей саженцев. Удлинение стебля огурца усиливалось при низкоинтенсивном солнечном освещении в контроле, тогда как у рассады томатов – оно снижалось. Кроме того, замена синего или красного излучения источника на излучение белого, дальнего красного и/или зеленого спектра увеличивала высоту растений огурцов и томатов. Применение облучения высокой интенсивности с плотностью потока фотонов синего $25 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ и красного – $95 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, оказалось наиболее эффективным в отношении уменьшения длины междоузлий всех овощных культур; позволило получить наиболее компактные саженцы огурцов и томатов, что является желаемым признаком для предотвращения поломки во время транспортировки и высадки в грунт; но в тоже время такие параметры, как площадь листьев и сырая масса были меньше, чем в опыте с натриевыми тепличными лампами [14].

Не часто, но исследователи изучали влияние монохроматического света на фотоморфогенез растений – от прорастания семян до развития рассады. Одно из таких исследований было посвящено влиянию различных длин волн монохроматического света на фотоморфогенез томатов. Семена проращивали в камере для выращивания при четырех обработках – 100% красный свет; 100% синий свет; 60% красный, 40% синий свет; белый свет, в течение шестнадцати дней. На ранний фотоморфогенез томата сильное влияние оказывал спектр излучения. Рост рассады под красно-синим и белым светом вызвал сопоставимые реакции, улучшая как фотосинтез, так и наращивание биомассы по сравнению с монохроматической обработкой. Чистый красный свет стимулировал удлинение гипокотыля, расширение семядолей, высоту растений и площадь листьев, но давал проростки со сниженной фотосинтетической способностью, на что указывает низкое содержание фермента *Rubisco* и незначительная фотохимическая эффективность, при фиксированном высоком тепловыделении. Монохроматический синий свет вызывал в проростках наибольшее количество фермента *Rubisco*, более компактные размеры и пониженную биомассу, в сравнении с аналогичным уровнем пигментов и фотохимической эффективности обработок

другими длинами световой волны. Недостаток синего или красного света отрицательно влиял на раннее развитие томатов, как с точки зрения морфологии, так и физиологии. Но при всем при этом синие длины волн оказались более важными, чем красные, для функциональности фотосинтетического аппарата [15].

Изучение влияния зеленого света выявило положительную реакцию на него, что сказалось на индексе площади листьев огурца, длине стебля томата, длине черешка редиса и удельной площади листьев перца по сравнению с холодным белым светом. В целом, зеленый монохроматический свет сам по себе снижал концентрацию хлорофилла в огурце, тогда как синий свет только уменьшал сухую массу, индекс площади листьев, длину стебля и черешка у томатов, огурцов, перца и редиса. Однако исследователи отметили, что реакция растений на световой спектр зависела от интенсивности света и различалась у разных видов растений [16].

Анализ данных из открытых источников специализированной и технической информации свидетельствует о положительной реакции семян и рассады овощных культур на их облучение монохроматическим светом. Поэтому, на наш взгляд, отдельного исследования заслуживает изучение именно такого влияния на семена овощных культур отечественной селекции и разного времени хранения.

Цель представленного в статье исследования состоит в том, что изучалась и анализировалась реакция семян огурца сорта «Феникс+» длительного срока хранения (4 года) на монохроматическое облучение светом желто-оранжевой части спектра длиной волны $\lambda = 590$ нм и длительностью от 60 до 300 секунд.

Материалы и методы исследований. Для экспериментальных исследований 2023 года были использованы семена урожая 2019 года. Длительное хранение, как известно, отрицательно сказывается на посевных качествах семян сельскохозяйственных культур, в том числе и овощных, поэтому особо актуальным является улучшение качества именно этого материала [17, 18].

Исследования проводились с целью определения влияния предпосевной обработки монохроматическим излучением на семена огурцов сорта «Феникс+». В экспериментах использовались многофакторные опыты, которые были полностью случайными. При проведении экспериментов учитывались все требования, описанные в публикациях, которые регламентируют методику проведения такого рода опытов. Структурная схема проведения экспериментальных исследований представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема проведения экспериментальных исследований
Figure 1 – Structural diagram of experimental research

Программа исследований включала следующие этапы их проведения:

1) отбор семян из партии проводился согласно действующему в стране ГОСТ 32592–2013 «Семена овощных, бахчевых культур, кормовых корнеплодов и кормовой капусты. Сортные и посевные качества. Общие технические условия»;

2) предварительные лабораторные опыты проводились в соответствии с методикой, указанной в научных трудах Б. А. Доспехова [19];

3) с целью равномерного распределения оптического излучения на поверхности семян использовалась светоотражающая поверхность.

4) эксперимент проводился при максимально допустимых параметрах тока и напряжения светоизлучающих диодов;

5) энергию прорастания и всхожесть в лабораторных условиях определяли по действующему в стране ГОСТ 12038-84. «Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести»;

6) контроль температурного режима осуществлялся при помощи цифрового температурного датчика DS18B20.

На первом этапе эксперимента семена обрабатывались по следующей схеме:

1. Контрольный вариант без предпосевной обработки.

2. Облучение семян видимым монохроматическим излучением с длиной волны 590 нм проводилось в интервале длительности облучения от 60 до 300 секунд с шагом в 60 секунд.

На втором этапе эксперимента, определяли энергию прорастания на третьи и всхожесть семян на седьмые сутки с использованием лабораторного термостата с постоянно поддерживаемой температурой 25°C.

На третьем этапе эксперимента на седьмые сутки определяли длину ростков и корней проростков.

На первом этапе обработка семян огурца осуществлялась лучистой энергией излучения видимой части спектра с длиной волны 590 нм, соответствующей желто-оранжевому диапазону. Устройство для обработки состоит из светодиодной матрицы с расположенными на ней девятью светодиодами, блока питания и трубки со светоотражающим материалом во внутренней части, куда помещаются семена.

Для того что бы получить максимальный световой поток, светодиодную матрицу подключали к блоку питания Mastech HY1802D, с помощью которого регулировали параметры напряжения и тока, необходимые для получения максимального светового потока монохроматического излучения. Исследовательский комплекс для предпосевной обработки семян монохроматическим излучением представлен на рисунке 2.

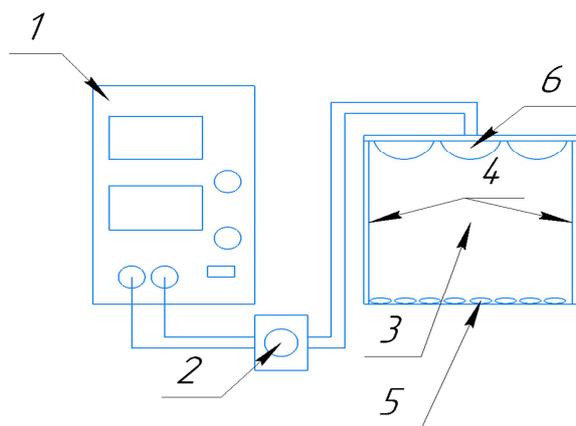


Рисунок 2 – Исследовательский комплекс для предпосевной обработки семян монохроматическим излучением

Figure 2 – Research complex for pre-sowing treatment of seeds with monochromatic radiation

Исследовательский комплекс состоит из блока питания (1) таймера для регулировки экспозиции (2), рабочей камеры (3) с внутренней отражающей поверхностью (4), в которую закладываются семена (5) и светодиодной матрицы (6).

Результаты и их обсуждение. После воздействия на семена монохроматическим излучением на третьи сутки оценивались значения энергии прорастания, представленные в виде графических зависимостей на рисунке 3.

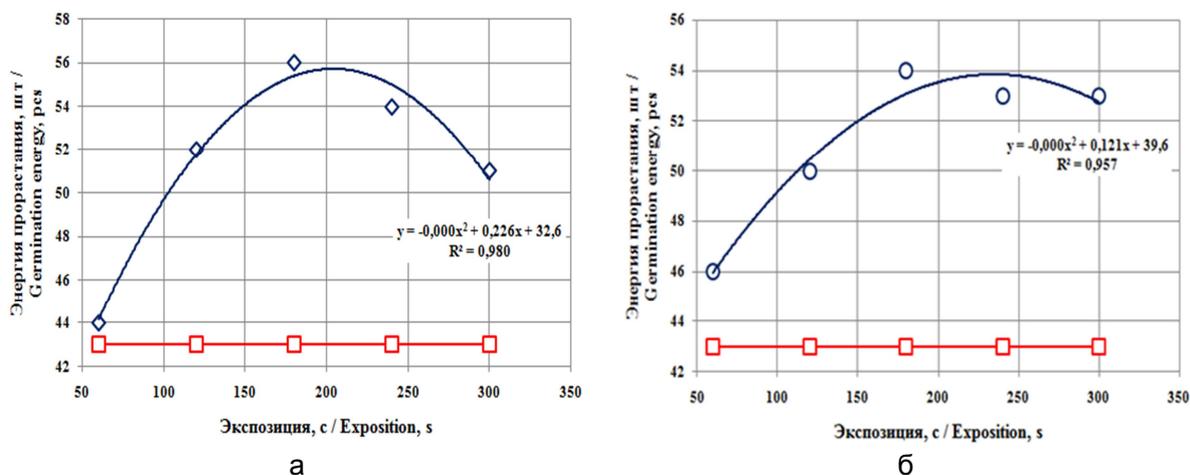


Рисунок 3 – Результаты энергии прорастания в зависимости от времени обработки и отлёжки (а – без отлёжки, б – с отлёжкой)

Figure 3 – Results of germination energy depending on the time of processing and resting (a – without resting, b – with resting)

Анализируя полученные результаты по влиянию монохроматического света желто-оранжевой части спектра (рисунок 3), можно сказать о том, что без использования отлёжки и при экспозиции в 180 секунд наблюдаются наилучшие показатели, которые характеризуются приростом энергии прорастания в 13% над контролем. Дальнейшее же увеличение времени обработки не повышало контролируемую энергию прорастания. При дополнительной отлёжке семян после обработки прирост энергии прорастания оказался несколько меньше, чем без отлёжки, и составил 11% при экспозиции в 180 секунд.

После воздействия на семена монохроматическим излучением на седьмые сутки оценивались значения всхожести, представленные в виде графических зависимостей на рисунке 4.

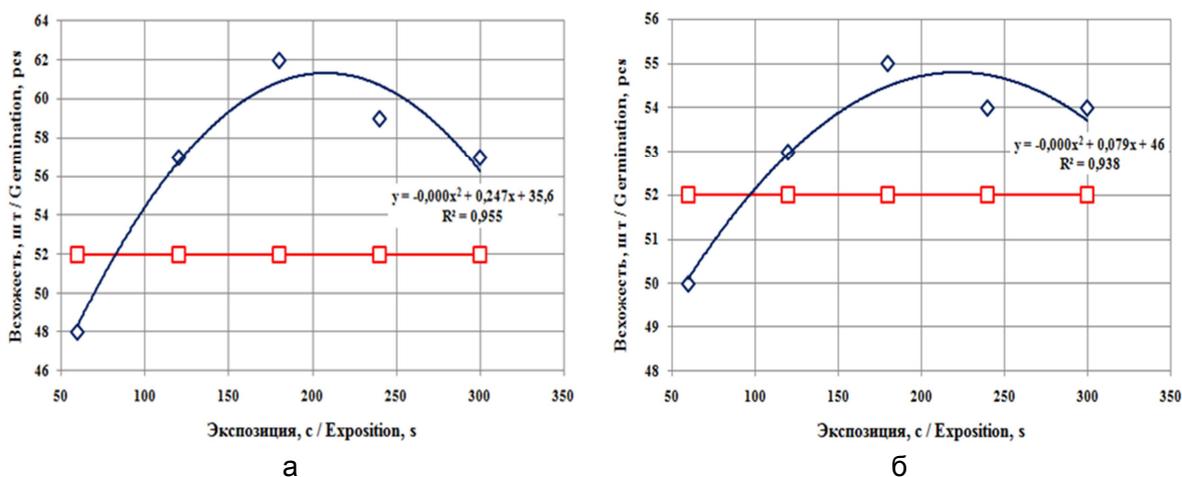


Рисунок 4 – Результаты всхожести в зависимости от времени обработки и отлёжки (а – без отлёжки, б – с отлёжкой)

Figure 4 – germination results depending on the time of processing and resting (a – without resting, b – with resting)

При анализе результатов всхожести семян (рисунок 4) можно сделать выводы схожие с результатами экспериментов по изучению энергии прорастания. Наилучшие результаты были зафиксированы в эксперименте с экспозицией без отлёжки равной 180 секунд. В этом случае прирост по отношению к контролю составил 10%. При отлёжке оптимальный показатель для экспозиции в 180 секунд составил максимальный прирост несколько меньше, всего 6%.

На седьмые сутки также оценивались значения измеренной длины корней проростков, представленные в виде графических зависимостей на рисунке 5.

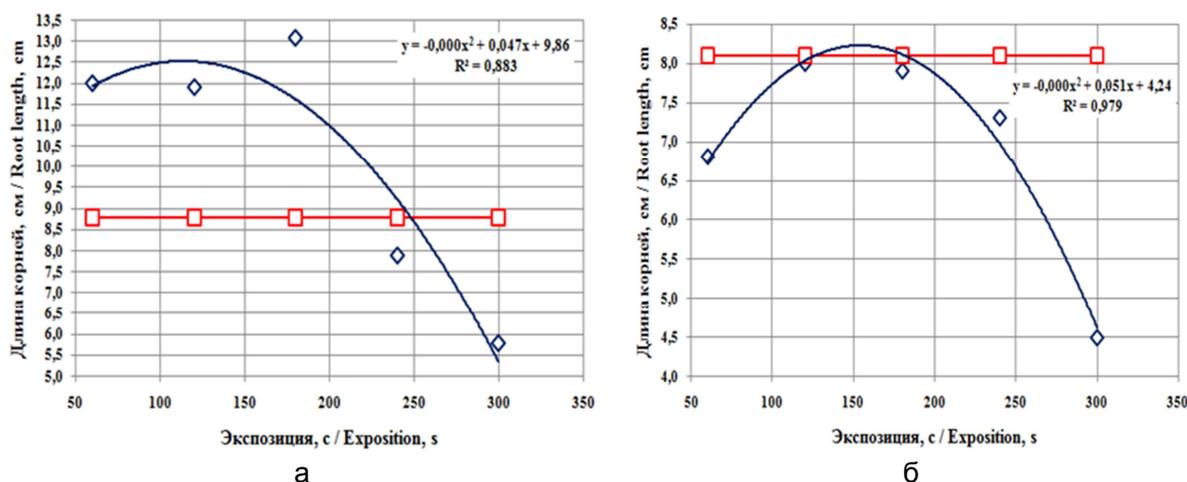


Рисунок 5 – Длина корней в зависимости от времени обработки и отлёжки (а – без отлёжки, б – с отлёжкой)

Figure 5 – Root length depending on processing and resting time (a – without resting, b – with resting)

Через семь суток после обработки монохроматическим светом желто-оранжевой части спектра, вместе с подсчётом всхожести, были измерены длина корней проростков и высота ростков. Как видно из графиков (рисунок 5), максимальная, по отношению к контролю, длина также была достигнута при обработке 180 секунд, прирост длины корней составил 4,3 см. Дальнейшее увеличение экспозиции привело к снижению показателей и сдерживанию их развития и роста. При отлёжке достигнуть явного прироста длины корней не удалось, на экспозициях в 120 и 180 секунд длина корней практически равнялась контрольным замерам, а на других длительностях воздействия была даже меньше.

На седьмые сутки оценивались и значения измеренной длины ростков, представленные в виде графических зависимостей на рисунке 6.

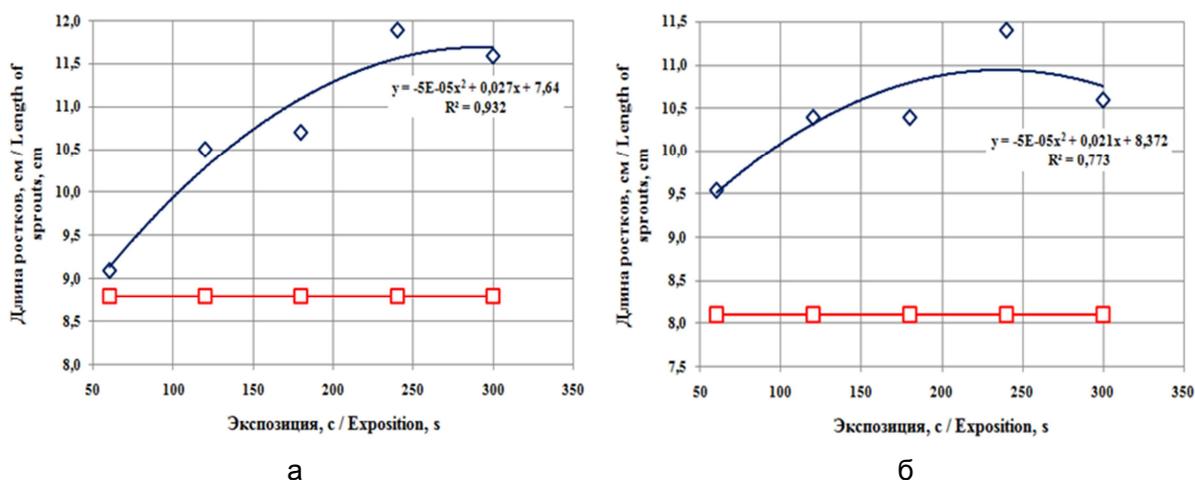


Рисунок 6 – Длина ростков в зависимости от времени обработки и отлёжки (а – без отлёжки, б – с отлёжкой)

Figure 6 – Length of sprouts depending on processing and resting time (a – without resting, b – with resting)

При обработке как с отлёжкой, так и без неё (рисунок 6) удалось получить положительный результат, максимальный прирост без отлёжки составил 2,8 см, а с отлёжкой прирост составил 3,3 см. При этом следует обратить внимание на то, что полученные показатели соответствовали длительности облучения семян 240 и 300 секунд, что отличалось от выявленных пиковых значений экспозиции в 180 секунд на предыдущих исследованиях по выявлению показателей всхожести семян и роста.

Заключение. Обработка семян огурца сорта «Феникс+» монохроматическим желто-оранжевым излучением с длиной волны 590 нм позволила выявить следующие показатели развития ростков и корней проростков:

1) при длительности облучения в 180 секунд достигается наивысший прирост энергии прорастания – 13% над контрольными образцами, а с применением отлёжки семян, этот прирост составил – 11%;

2) всхожесть семян без отлёжки составила 10% при времени облучения в 180 секунд, а с использованием отлёжки прирост составил – 6%, по отношению к контролю;

3) оценивая длину корней удалось получить прирост +4,3 см над контрольными образцами, который был также достигнут при экспозиции в 180 секунд, при дополнительной отлёжке, результаты по длительности обработки в 120 и 180 секунд повторили результаты контрольных наблюдений, а на более длительных экспозициях не достигли их;

4) при контроле длины ростков оба варианта дали положительный результат – +2,8 см без отлёжки и +3,3 см с отлёжкой, а наилучшая экспозиция в этом случае составила значение длительности облучения 300 и 240 секунд, соответственно.

Полученные результаты предполагается использовать для проведения последующих экспериментальных исследований по выявлению влияния монохроматического облучения семян желто-оранжевым светом на вегетационное развитие растений, высаженных, как в открытый, так и в защищенный грунт – проведя исследования от начала приживаемости рассады и до получения конечной продукции.

Conclusions. Treatment of cucumber seeds of the Phoenix+ variety with monochromatic yellow-orange radiation with a wavelength of 590 nm revealed the following indicators of the development of sprouts and roots of seedlings:

1) With an irradiation duration of 180 seconds, the highest increase in germination energy is achieved – 13% over control samples, and with the use of seed laying, this increase was 11%;

2) Germination of seeds without deposition was 10% with an irradiation time of 180 seconds, and with the use of deposition, the increase was 6% in relation to the control;

3) Estimating the length of the roots, it was possible to obtain an increase of +4.3 cm over the control samples, which was also achieved at an exposure of 180 seconds, with additional deposition, the results for the duration of treatment of 120 and 180 seconds repeated the results of control observations, and did not reach them at longer exposures;

4) When controlling the length of the sprouts, both variants gave a positive result – +2.8 cm without lying down and +3.3 cm with deposition, and the best exposure in this case was the value of the irradiation duration of 300 and 240 seconds, respectively.

The obtained results are supposed to be used for further experimental studies to identify the effect of monochromatic irradiation of seeds with yellow-orange light on the vegetation development of plants planted both in open and protected ground - by conducting research from the beginning of seedling survival to the final product.

Библиографический список

1. Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: приказ Минздрава РФ от 19 августа 2016 г. № 614 (ред. от 30.12.2022). https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_204200/.

2. Волхонов М. С., Мамаева И. А., Беляков М. М. Классификация и определение эффективности известных способов предпосевной обработки семян. Вестник НГИЭИ. 2022. № 8 (135). С. 7-19.

3. Бахчевников О. Н., Брагинец А. В., Нозимов К. Ш. Перспективные физические методы стимулирования прорастания семян (обзор). Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 7. С. 56-66.

4. Govindaraj M., Masilamani P., Albert A. V., et al. Effect of physical seed treatment on yield and quality of crops: A review. Agricultural Reviews. 2017. Vol. 38 (1). Pp. 1-14.

5. Ходжаев Т. А., Муллоев Н. У. Предпосевные физические методы воздействия на семена растений (обзор). Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2018. № 4. С. 54-64.

6. Biotechnology for Sustainable Agriculture: Emerging Approaches and Strategies. Ed. R. L. Singh, S. Mondal. Wood head Publishing, 2018. 424 p.

7. Таранов М. А., Гуляев П. В., Корчагин П. Т. и др. Результаты экспериментальных исследований предпосевной обработки семян подсолнечника переменным магнитным полем. АгроЭкоИнфо. 2020. № 4. С. 56-66.

8. 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.
9. Юдаев И. В., Казакова А. С., Степанчук Г. В. и др. Исследование эффективности влияния однородного электрического поля на качество семян огурцов. *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2022. Т. 69. № 2 (47). С. 25-30.
10. Siposan D. G. Effect of low-level monochromatic radiations on some morphological and physiological parameters of plants. *Laser Ther*. 2011. Vol. 20 (2). Pp. 123-133.
11. Панкова О., Фесенко А., Безпалько В. и др. Пролонгированные эффекты оптического излучения красного диапазона в период прорастания семян. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol. 17. No 7. Pp. 29-34
12. Thongtip A., Mosaleeyanon K., Korinsak S., et al. Promotion of seed germination and early plant growth by KNO₃ and light spectra in *Ocimum tenuiflorum* using a plant factory. *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. № 6995.
13. Савина О. В., Ильичев Л. Ф. Использование красного света для активации прорастания семян томата с истекшим сроком годности. *Вестник РГАТУ*. 2021. № 4. С. 104-111.
14. Garcia C., Lopez R. G. Supplemental Radiation Quality Influences Cucumber, Tomato, and Pepper Transplant Growth and Development. *HortScience*. 2020. V. 55 (6). Pp. 804-811.
15. Izzo L. G., Hay Mele B., Vitale L., et al. The role of monochromatic red and blue light in tomato early photomorphogenesis and photosynthetic traits. *Environmental and Experimental Botany*. 2020. V. 179. № 104195.
16. Snowden M. C., Cope K. R., Bugbee B. Sensitivity of Seven Diverse Species to Blue and Green Light: Interactions with Photon Flux. *PLoSOne*. 2016. V. 11 (10). e0163121.
17. Stepanchuk G. V., Yudaev I. V., Gulyaev P. V., et al. Experimental studies to identify the influence of low power monochromatic optical radiation on the seeding qualities of cucumber seeds variety feniks+. *Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. V. 659 (1). 012034.
18. Казакова А. С., Куриленко Т. К. Обоснование режимов предпосевной обработки семян ячменя в электротехнологиях на основе регистрации микрофенологических фаз их прорастания. *Вестник аграрной науки Дона*. 2018. NS 4. С. 50-56.
19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1979. 419 с.

References

1. Recommendations for rational norms of consumption of food products, meeting the modern requirements of healthy nutrition: order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated August 19, 2016 No. 614 (red. from 30.12.2022). https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_204200/.
2. Volkhonov M. S., Mamaeva I. A., Belyakov M. M. Classification and Determination of the Effectiveness of Known Methods of Pre-Sowing Seed Treatment. *Vestnik NGIEI*. 2022. № 8 (135). Pp. 7-19.
3. Bakhchevnikov O. N., Braginets A. V., Nozimov K. Sh. Perspective physical methods of stimulating seed germination (review). Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2022. V. 36. № 7. Pp. 56-66.
4. Govindaraj M., Masilamani P., Albert A. V., et al. Effect of physical seed treatment on yield and quality of crops: A review. *Agricultural Reviews*. 2017. Vol. 38 (1). Pp. 1-14.
5. Khodjaev T. A., Mulloev N. U. Pre-sowing physical methods of impact on plant seeds (review). *Bulletin of the Tajik National University. Natural Sciences Series*. 2018. № 4. Pp. 54-64.
6. *Biotechnology for Sustainable Agriculture: Emerging Approaches and Strategies*. Ed. R. L. Singh, S. Mondal. Wood head Publishing, 2018. 424 p.
7. Taranov M. A., Gulyaev P. V., Korchagin P. T., et al. Results of Experimental Studies of Pre-Sowing Treatment of Sunflower Seeds by Alternating Magnetic Field. *AgroEcolInfo*. 2020. № 4. Pp. 56-66.
8. 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.
9. Yudaev I. V., Kazakova A. S., Stepanchuk G. V., et al. Investigation of the effectiveness of the influence of a homogeneous electric field on the quality of cucumber seeds. *Electrical Technologies and Electrical Equipment in the Agro-Industrial Complex*. 2022. V. 69. № 2 (47). Pp. 25-30.
10. Siposan D. G. Effect of low-level monochromatic radiations on some morphological and physiological parameters of plants. *Laser Ther*. 2011. Vol. 20 (2). Pp. 123-133.
11. Pankova O., Fesenko A., Bezpalko V., et al. Prolonged effects of optical radiation of the red range during seed germination. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol. 17. No 7. Pp. 29-34
12. Thongtip A., Mosaleeyanon K., Korinsak S., et al. Promotion of seed germination and early plant growth by KNO₃ and light spectra in *Ocimum tenuiflorum* using a plant factory. *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. № 6995.
13. Savina O. V., Ilyichev L. F. Using Red Light to Activate Germination of Expired Tomato Seeds. *Vestnik RSATU*. 2021. № 4. Pp. 104-111.
14. Garcia C., Lopez R. G. Supplemental Radiation Quality Influences Cucumber, Tomato, and Pepper Transplant Growth and Development. *HortScience*. 2020. V. 55 (6). Pp. 804-811.
15. Izzo L. G., Hay Mele B., Vitale L., et al. The role of monochromatic red and blue light in tomato early photomorphogenesis and photosynthetic traits. *Environmental and Experimental Botany*. 2020. V. 179. № 104195.
16. Snowden M. C., Cope K. R., Bugbee B. Sensitivity of Seven Diverse Species to Blue and Green Light: Interactions with Photon Flux. *PLoSOne*. 2016. V. 11 (10). e0163121.
17. Stepanchuk G. V., Yudaev I. V., Gulyaev P. V., et al. Experimental studies to identify the influence of low power monochromatic optical radiation on the seeding qualities of cucumber seeds variety feniks+. *Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. V. 659 (1). 012034.
18. Kazakova A. S., Kurylenko T. K. Substantiation of pre-sowing treatment regimes of barley seeds in electro-technologies based on registration of microphenological phases of their germination. *Bulletin of the Agrarian Science of the Don*. 2018. NS 4. Pp. 50-56.
19. Доспехов Б. А. Методы полевого опыта. Москва: Колос, 1979. 419 с.

Информация об авторах

Юдаев Игорь Викторович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350004, г Краснодар, ул. Калинина, д. 13), e-mail: etsh1965@mail.ru

Степанчук Геннадий Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ (Российская Федерация, 346493, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 21), e-mail: g-stepanchuk@mail.ru

Юдин Андрей Александрович, аспирант, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ (Российская Федерация, 346493, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 21), e-mail: andrey-yudin-1997@mail.ru

Гуляев Павел Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Эксплуатация энергетического оборудования и электрических машин», Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ (Российская Федерация, 346493, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 21), e-mail: achgaa.el.mash@inbox.ru

Author's Information

Yudaev Igor Viktorovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Kuban State Agrarian University named after. I. T. Trubilin (Russian Federation, 350004, Krasnodar, Kalinin str., 13), e-mail: etsh1965@mail.ru

Stepanchuk Gennadiy Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Azov-Black Sea Engineering Institute of the DonSAU (Russian Federation, Rostov region, Zernograd, Lenin St., 21), e-mail: g-stepanchuk@mail.ru

Yudin Andrey Aleksandrovich, postgraduate student, Azov-Black Sea Engineering Institute of the DonSAU (Russian Federation, Rostov region, Zernograd, Lenin St., 21), e-mail: andrey-yudin-1997@mail.ru

Gulyaev Pavel Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor. Azov-Black Sea Engineering Institute of the DonSAU (Russian Federation, Rostov region, Zernograd, Lenin St., 21), e-mail: achgaa.el.mash@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-45

ANALYTICAL REVIEW OF TYPES OF ENERGY LOSSES AT PHOTOVOLTAIC POWER PLANTS

¹Daus Yu. V., ^{2,3}Panchenko V. A., ¹Slyusar M. O.

¹Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin
Krasnodar, Russian Federation

²Russian University of Transport

³Federal Scientific Agroengineering Center VIM
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: zirochka3011@gmail.com

Received 14.03.2024

Submitted 19.04.2024

Summary

The paper uses theoretical research methods: literature overview, operating experience of photovoltaic power plants, systematization of the background. For the Krasnodar Territory, energy losses at a power plant can be 10-75 kW·h/m²·year for each type of loss. The analysis of the efficiency of existing private photovoltaic power plants in the Krasnodar Territory showed that due to non-optimal spatial orientation and mutual shading of photovoltaic chains, the efficiency can be reduced to 5-11%.

Abstract

Introduction. When supplying energy to agricultural facilities, for any energy source it is important to ensure high efficiency of electrical energy generation by photovoltaic power plants and take into account all the factors that influence it. **The purpose of the study** is to analyze, systematize and evaluate the factors influencing the utilization level of the solar energy potential when converting solar energy into electrical energy at a photovoltaic power plant. **Object of study.** Operating private photovoltaic power plants in the Krasnodar Territory. **Materials and methods.** The paper uses theoretical research methods: literature overview, operating experience of photovoltaic power plants, systematization of the background. **Results and conclusions.** A photovoltaic power plant has efficiency factor of 15-18%, and additional power losses caused by both suboptimal engineering solutions and inefficient operation of the power plant lead to a significant decrease in this indicator. Energy losses in a photovoltaic plant are divided into solar and electrical energy losses. Solar energy losses include losses from shading, losses from suboptimal spatial orientation of the module, losses from degradation, heating, low efficiency of photovoltaic modules and inconsistent operation of photovoltaic groups. Losses from shading, in turn, are divided into losses from near and far shading, mutual shading of photovoltaic chains, and from pollution. Electrical losses in photovoltaic plants include losses in cables, inverters, transformers and transmission lines. These losses can also be divided conditionally into losses in the direct current circuit, alternating current circuit and losses when converting direct current to alternating current. Losses in conductors and transformers are divided into structural and variable, depending on the load. Electrical losses can be reduced during the design phase of a photovoltaic plant by selecting devices with high performance and by selecting the power of the devices to ensure their optimal loading. For the Krasnodar Territory, energy losses at a photovoltaic power plant can be 10-75 kW·h/m²·year for each type of loss. The analysis of the efficiency of existing private photovoltaic power plants in the Krasnodar Territory showed that due to non-optimal spatial orientation and mutual shading of photovoltaic chains, the installed capacity utilization factor can be reduced to 5-11%.

Keywords: intensity of solar radiation, photovoltaic plants, solar energy, energy losses.