

EDN: CVPMDF

DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-2-27-32



Научная статья

УДК 635.21



Технологии физического и химического воздействия на посадочный материал картофеля

Алексей Константинович Зиновьев¹,
аспирант, директор,
e-mail: akzinoviev@yandex.ru;

Георгий Константинович Рембалович²,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: akzinoviev@yandex.ru;

Михаил Юрьевич Костенко²,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: akzinoviev@yandex.ru

¹Коломенский аграрный колледж имени Н.Т. Козлова, г. Коломна, Российская Федерация;

²Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Коломна, Российская Федерация

Реферат. Отмечено, что в рамках усилий по обеспечению продовольственной безопасности планируется увеличить площади под посев овощей открытого грунта и картофеля. (*Цель исследования*) Изучить методы и технологии предпосадочной обработки картофеля. (*Материалы и методы*) Исследования проводили в Тульской области в условиях природного инфекционного фона на сортах картофеля Утро раннее и Рокко. Для защиты картофеля использовались фунгициды и биопрепараты с различными действующими веществами. Также изучалось влияние излучения ртутных ультрафиолетовых разрядных ламп низкого давления на изменение биопотенциала и pH картофеля и обработки магнитным полем. (*Результаты и обсуждение*) В процессе исследования уделено внимание повышению урожайности картофеля путем непосредственного воздействия магнитным полем перед посадкой. Рассмотрены особенности влияния ультрафиолетового облучения клубней на рост и урожайность картофеля. Особый акцент сделан на эффективности химических и биологических препаратов для предотвращения развития парши картофеля. Отмечено, что лучшие биометрические показатели и урожайность картофеля достигаются при воздействии магнитной индукцией 30 миллитесла. При увеличении или уменьшении дозы обработки биометрические показатели и урожайность картофеля снижаются, но остаются выше по сравнению с вариантом без обработки в магнитном поле. (*Выводы*) Применение протравителей фунгицидного действия в значительной степени ограничивает развитие парши обыкновенной. Наиболее эффективен против этой болезни картофеля препарат «Ровраль Аквафло 500». После ультрафиолетового облучения дозой 120-240 джоулей на квадратный метр усиливается вегетативный рост, увеличивается урожайность, повышается коэффициент размножения клубней. Лучшие биометрические показатели и урожайность картофеля достигаются в случае воздействия магнитной индукцией (доза обработки 0,23 джоуль-секунды на килограмм).

Ключевые слова: картофель, предпосадочная обработка, развитие корней, болезни, химические препараты, ультрафиолетовое излучение, магнитное поле, урожайность.

■ **Для цитирования:** Зиновьев А.К., Рембалович Г.К., Костенко М.Ю. Технологии физического и химического воздействия на посадочный материал картофеля // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024. Т. 18. С. 27-32. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-2-27-32. EDN: CVPMDF.

Scientific article

Technologies of Physical and Chemical Impact on Potato Planting Material

Aleksey K. Zinoviev¹,
Ph.D. student (Eng.), director,
e-mail: akzinoviev@yandex.ru;

Georgiy K. Rembalovich²,
Dr.Sc.(Eng.), professor,
e-mail: akzinoviev@yandex.ru;

Mikhail Yu. Kostenko²,
Dr.Sc.(Eng.), professor,
e-mail: akzinoviev@yandex.ru

¹Kolomna Agricultural College named after N.T. Kozlov, Kolomna, Russian Federation;

²Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russian Federation

Abstract. The paper highlights that it is planned to increase the cultivation area of open ground vegetables and potatoes for ensuring the food security. (*Research purpose*) This study aims to explore methods and technologies for pre-planting treatment of potatoes. (*Materials and methods*) The research was conducted in the Tula region where Rannee Utro (Early Morning) and Rokko potato varieties were studied under natural infectious conditions. Various fungicides and biological products containing different active ingredients were applied to protect potatoes. Additionally, the study investigated the effects of low-pressure mercury ultraviolet discharge lamps and magnetic field treatments on the biopotential and pH levels of potatoes. (*Results and discussion*) The study focuses on enhancing potato yields by applying direct magnetic field exposure before planting and investigates the impact of ultraviolet irradiation on tuber growth and productivity. Significant emphasis was placed on the efficacy of chemical and biological agents in preventing potato scab. The findings show that optimal biometric indicators and potato yields were achieved with a magnetic induction of 30 millitesla. Any deviation from this treatment dose results in reduced biometric indicators and yields, which, however, remain higher than those of the untreated controls. (*Conclusions*) The application of fungicidal disinfectants effectively curtails the development of common scab, with the highest efficacy achieved using Rovral Aquaflor 500. Post-treatment with ultraviolet radiation at a dose of 120-240 joules per square meter enhances vegetative growth, productivity, and tuber reproduction rates. The most favorable biometric indicators and yields were observed when a magnetic induction treatment dose of 0.23 joule-seconds per kilogram was applied.

Keywords: potatoes, pre-planting treatment, root development, diseases, chemicals, ultraviolet radiation, magnetic field, yield.

■ **For citation:** Zinoviev A.K., Rembalovich G.K., Kostenko M.Yu. Technologies of physical and chemical impact on potato planting material. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024. Vol. 18. N2. 27-32 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-2-27-32. EDN: CVPMDf.

Россия входит в число ведущих мировых производителей картофеля и поставляет его на мировой рынок вместе с Беларусью больше, чем страны ЕС. При этом все меньше картофеля выращивается на приусадебных участках и больше в сельскохозяйственных предприятиях.

Картофель относится к культурам, подверженным заражению, что приводит к существенному снижению урожая. В России ежегодный недобор картофеля достигает 20-25% [1]. Повышение эффективности выращивания картофеля связано с необходимостью внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий, направленных на увеличение урожайности и защиту от болезней.

В настоящее время используется достаточно большой спектр способов и технологий предпосадочной подготовки картофеля. Так, широкое распространение получила магнитная обработка клубней. По сравнению с другими электрофизическими способами воздействия это высокопроизводительный, энергосберегающий, экологичный и безопасный для обслуживающего персонала метод.

Ультрафиолетовое излучение также демонстрирует значительный потенциал по эффективности действия и широко используется для разработки новых технологий в растениеводстве [2]. Отдельного внимания заслуживает применение метода культуры апикальных меристем, который стал главным терапевтическим способом лечения и предотвращения развития вирусной инфекции [3].

В многочисленных работах акцентируется внимание на физических методах повышения всхожести и энергии прорастания семян [4]. Активизация роста семян приводит к изменению биохимическо-

го состава, фотосинтетической активности и улучшению качества продукции. В среднем культуры созревают на 2-3 дня раньше, что позволяет увеличить урожайность на 15-30% [5].

В ряде работ исследовали влияние искусственного магнитного поля на прорастание семян [6, 7]. При направленности магнитного поля от Северного полюса к Южному ускоряется рост, в частности, стеблей и корней [8, 9]. Если увеличить напряжение магнитного поля в 2-4 раза, то семена злаковых культур дают более крупные всходы. Оптимальным для роста растений считается напряжение до 1 мТл = 10 Гс [10].

Воздействие магнитного поля основано на усилении в клетке растения химических и биохимических реакций [11]. В частности, увеличение растворимости солей и кислот приводит к изменению pH и биопотенциала клетки [12]. За счет повышения проницаемости клеточных мембран ускоряется диффузия молекул и ионов. Вместе с этим более высокая концентрация минеральных элементов способствует увеличению водопоглощения семян [13]. Вследствие повышения поступления в клетку молекул кислорода и его растворимости подавляется процесс спорообразования фитопатогенных грибов [14].

В некоторых исследованиях представлены результаты применения электротехнологических методов предпосевной обработки посадочного материала: повышение урожайности и качества растительной продукции, снижение заболеваемости. Однако отмечено, что средства магнитной обработки представляют собой более простой вариант для внедрения в поточные линии предпосевной подготовки семян [15].

К перспективным методам увеличения урожайности относится УФ-облучение семян перед посадкой. Так, облучение озимой пшеницы в течение 10 мин (1882 Дж/м^2) положительно повлияло на энергию прорастания, повысилась всхожесть. УФ-обработка дозой 941 и 2823 Дж/м^2 (в течение 5 и 15 минут) привела к увеличению энергии прорастания на 0,9 и 0,5% и всхожести на 2,2 и 3,7% [16, 17].

Отмечено, что при предпосевном УФ-облучении семян, когда они находятся в состоянии свободного падения, а также в условиях вращающегося поля оптического излучения, достигается равномерность обработки [17]. При использовании лампы ЛЭ-30УФ излучение в диапазоне 302–365 нм стимулирует рост семян. Определена взаимосвязь качества семян (энергия прорастания, всхожесть, длина ростков) с факторами обработки (количество включенных ламп и норма протравителя).

Таким образом, рассмотрение возможных методов и технологий обработки картофеля, которые способствуют повышению урожайности, защите от вредителей, представляет собой актуальную научно-практическую задачу.

Цель исследования – изучить методы и технологии обработки клубней картофеля перед посадкой.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. Исследования проводились в Тульской области на угодьях КФХ «ЖАК» в условиях природного инфекционного фона на сортах картофеля Утро раннее и Рокко в 2019–2020 гг. Размер участков 37 м^2 , размещение рендомизированное, повторяемость опытов трехкратная.

Для защиты картофеля от болезней использовались фунгициды и биопрепараты с действующими веществами: «Максим 025 FS», т.к.с. (производитель Syngenta, Швейцария), активное вещество флудиоксонил, 25 г/л, норма расхода 0,75 л/т; «Ровраль Аквафло 500», к.с. (Agrecol, Польша), ипродион, 500 г/л, 0,4 л/т; «Серкадис», к.с. (BASF, Германия), флуксапироксад, 300 г/л, 0,2 л/т; «Биокомплекс-БТУ», р. (Россия), 1,5 л/т; «Триходермин», р. (НПО «БиоТехнологии», Россия), 2 л/т; «Гаупсин», р. («Защита Агро», Украина), 2 л/т; «Фитоцид», р., 1 л/т; «Гумифилд Форте Брикс» (Humintech GmbH, Германия), 0,8 л/т.

Влияние УФ-излучения исследовали при помощи специальной установки с ртутными ультрафиолетовыми разрядными лампами низкого давления (рис. 1). Применялись лампы из кварцевого стекла типа ZW23D15W(Y)-436 (производитель Jiangyin Feiyang Instrument Co., Ltd, КНР): мощность 23 Вт, ток 420 мА, напряжение на лампе 40–55 В, УФ-облученность $62\text{--}69 \text{ Вт/см}^2$ на расстоянии 1 м.

Картофель в один слой укладывали на решетку 3. Снизу и сверху на расстоянии 0,5 м установлены УФ-облучатели 2. Необходимую дозу облучения задавали по экспозиции и расстоянию до УФ-источников.

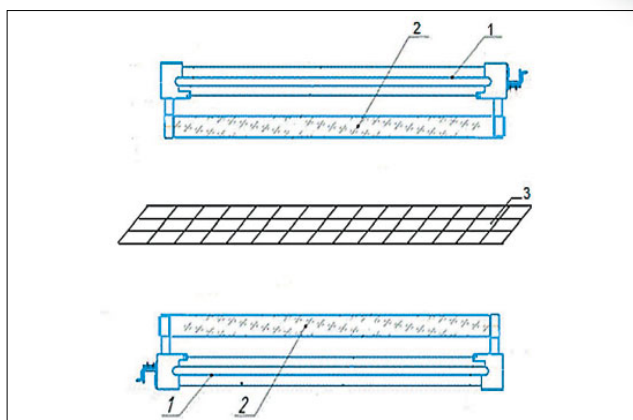


Рис. 1. Конструкция установки для УФ-облучения клубней картофеля: 1 – корпус облучателя; 2 – УФ-лампа; 3 – решетка [4]

Fig. 1. Design of the UV irradiation installation for potato tubers: 1 – irradiator body; 2 – UV-lamp; 3 – lattice [4]

При магнитной обработке экспериментальные исследования по изменению биопотенциала и pH картофеля выполнялись на разработанной лабораторной установке. Величина магнитной индукции регулировалась напряжением постоянного тока, приложенного к катушкам индукторов, и измерялась тесламетром 43205/1. Скорость движения ленты транспортера с клубнями картофеля контролировалась преобразователем частоты Delta VFD004 EL43A.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Погодные условия в период опытов были благоприятными для развития и распространения парши картофеля. Наивысшая эффективность против парши в 2019 г. наблюдалась при использовании протравителя фунгицидного действия «Ровраль Аквафло 500». На сорте картофеля Утро раннее распространение болезни составило 7,5%, поражение клубней – 5,4%, на сорте Рокко соответственно 4,1 и 2,7%. В 2020 г. наибольшая эффективность против парши на сорте Утро раннее получена с препаратом «Серкадис», развитие парши – 5,3%. На сорте Рокко самое низкое развитие парши наблюдалось при использовании препарата «Ровраль Аквафло 500» – 6,1%, распространение болезни составило 9,8%.

При обработке препаратами «Максим 025FS» было собрано больше всего здоровых клубней сорта Утро раннее – 43,5% и Рокко – 58,6%. Следовательно, предпосевная обработка клубней фунгицидами и биопрепаратами несколько ограничивает развитие парши обыкновенной. Наивысшая эффективность действия за период эксперимента отмечена при использовании препаратов «Ровраль Аквафло 500» и «Серкадис» на сорте Утро раннее.

При ультрафиолетовом облучении клубней перед посадкой ускоренно образовывались и развивались первичные корни. Отсчет времени анализа эффектов, проявляющихся под воздействием УФ-

облучения, был определен равным 7 суткам, поскольку у клубней без каких-либо обработок первичные корни начинают появляться именно к этому сроку [5]. При облучении клубней Утро раннее дозой 120 Дж/м² (схема 1) средняя длина корней была на 65% больше, чем в контрольном варианте, а при дозе 240 Дж/м² (схема 2) – на 82%. Подобная динамика наблюдалась у сорта Рокко (таблица).

Таблица		Table	
ВОЗДЕЙСТВИЕ ДОЗЫ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПРОЦЕССЫ РИЗОГЕНЕЗА КАРТОФЕЛЯ СОРТОВ УТРО РАННЕЕ И РОККО IMPACT OF ULTRAVIOLET RADIATION DOSE ON RHIZOGENESIS IN MORNING EARLY AND ROCCO POTATO VARIETIES			
Сорт картофеля	Доза облучения, Дж/м ²	Средняя длина корней после облучения, мм	
		через 3 суток	через 7 суток
Утро раннее	Контрольный образец	0	8,0±1,0
	120 (схема 1)	4	13,2±2,0
	240 (схема 2)	6	14,6±2,0
Рокко	Контрольный образец	0	5,0±1,0
	120 (схема 1)	3	8,5±2,0
	240 (схема 2)	4	9,3±2,0

Также следует отметить, что вегетационный период растений с облученными клубнями завершился на 12-14 дней раньше, чем в контрольных образцах. После сбора урожая средняя масса была больше у облученных клубней (рис. 2), их количество увеличилось. Это имеет существенное значение в первичном семеноводстве картофеля. Прирост урожая при УФ-облучении перед посадкой клубней составил в 2019 г. 15%, в 2020 г. – 12%.



Рис. 2. Масса контрольных (слева) и УФ-облученных (справа) клубней картофеля
Fig. 2. Weight of control (left) and UV-irradiated potato samples (right)

В эксперименте с УФ-излучением клубней установлено влияние энергетической дозы обработки на pH и биопотенциал картофеля. В значительной степени эти показатели изменялись при энергетической дозе обработки 0,23 Дж·с/кг, соответствующей

магнитной индукции 30 мТл (рис. 3). Полученные результаты позволили прийти к выводу, что это наиболее эффективный режим магнитной обработки.

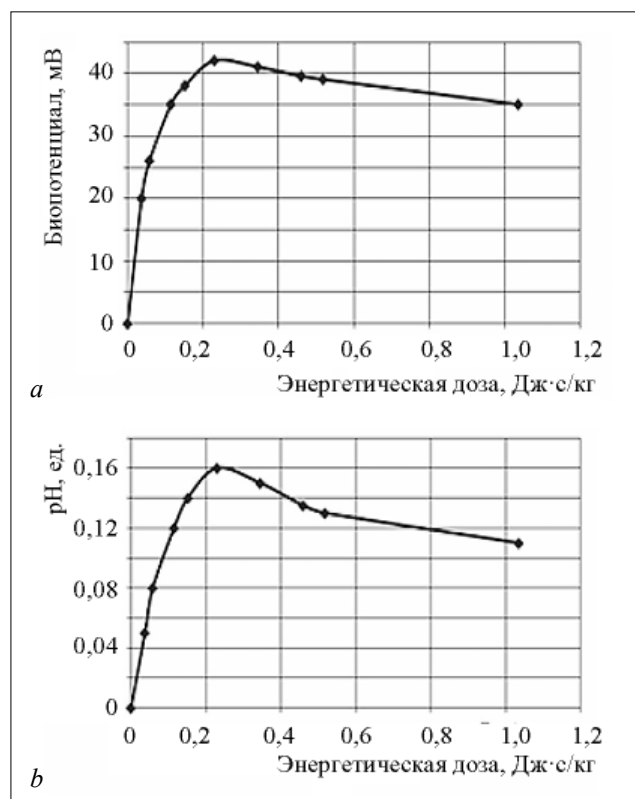


Рис. 3. Зависимость изменения биопотенциала (а) и pH (б) картофеля от энергетической дозы УФ-обработки
Fig. 3. Dependence of biopotential changes (a) and pH (b) in potatoes on the energy dose of UV treatment

Также отмечены лучшие биометрические показатели и урожайность картофеля при воздействии магнитной индукцией 30 мТл (доза обработки 0,23 Дж·с/кг). При увеличении или уменьшении такой дозы данные показатели снижаются, но остаются выше, чем у необработанного картофеля (рис. 4).

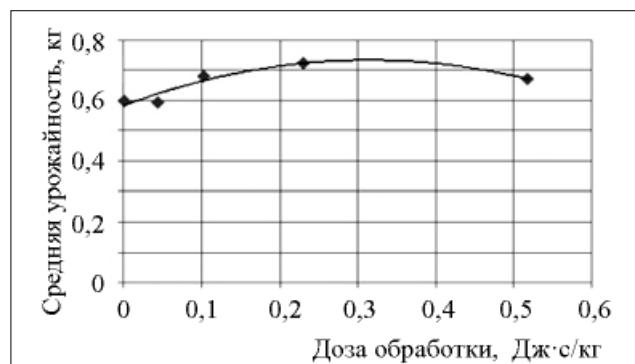


Рис. 4. Зависимость средней урожайности куста картофеля от энергетической дозы обработки
Fig. 4. Dependence of average potato bush yield on UV treatment energy dose

Выводы. Применение протравителей фунгицидного действия в значительной степени позволяет ограничить развитие парши обыкновенной на картофеле. Наиболее эффективным против болезни в 2019 г. был препарат «Ровраль Аквафло 500» (ипродион, 500 г/л) при норме расхода 0,4 л/т, а в 2020 г. – препарат «Серкадис», л.с. (флукаспироксад, 300 г/л) при норме расхода 0,2 л/т.

У растений, клубни которых перед посадкой были облучены дозой УФ-С 120-240 Дж/м², усиливается вегетативный рост, увеличивается урожайность, повышается коэффициент размножения.

Наиболее эффективным режимом магнитной предпосадочной обработки картофеля является магнитная индукция 30 мТл. Урожайность картофеля возрастает на 18-22%, а количество товарных клубней – на 17%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С., Сибирев А.В. Современное состояние технологического обеспечения производства овощных культур в Российской Федерации // *Овощи России*. 2023. №5. 5-10. DOI: 10.18619/2072-9146-2023-5-5-17.
2. Питюрина И.С., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д. Влияние предпосадочной обработки клубней на урожайность картофеля // *АгроЭкоИнфо*. 2021. №4 (46). С. 89-92. DOI: 10.51419/20214409.
3. Удалова Е.Ю. Влияние предпосадочной обработки клубней и вегетирующих растений на устойчивость к фитофторозу картофеля // *Вестник Марийского государственного университета*. 2020. Т. 6. №3 (23). С. 333-339. DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-3-333-338.
4. Смур В.В., Шпанев А.М. Эффективность предпосадочной обработки клубней картофеля на фоне высоких показателей присутствия вредных организмов // *Аграрный научный журнал*. 2021. №6. С. 34-38. DOI: 10.28983/asjy2021i6pp34-38.
5. Кауфова М.А., Дзюев Р.И. Влияние предпосадочной обработки переменным магнитным полем разных частот на всхожесть клубней картофеля // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2021. Т. 58. №3. С. 26-29. EDN: HTVVKF.
6. Скрыбин А.А. Биологическая урожайность и ее структура разных по скороспелости сортов картофеля в зависимости от предпосадочной подготовки почвы // *E-Scio*. 2022. №1 (64). С. 516-521.
7. Kozyrskiy V., Savchenko V., Sinyavsky O. Presowing processing of seeds in magnetic field. *Environmental Science, Agricultural and Food Sciences*. 2018. 576-620. DOI: 10.4018/978-1-5225-3867-7.CH024.
8. Клочков А.В., Клочкова О.С., Соломко О.Б. Проращивание семян в магнитном поле // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. №3. С. 163-168. EDN: HSTDZZ.
9. Васильева Т.И., Пурегин П.П., Путько В.Ф. Выбор параметров магнитного поля и времени экспозиции для предпосевной обработки семян культурных растений с помощью портативной магнитоплазменной установки // *Кронос: естественные и технические науки*. 2020. №5 (33). С.4-8.
10. Левина Н.С., Тертышная Ю.В., Бидей И.А., Елизарова О.В. Предпосевная обработка семян подсолнечника, сои и кукурузы низкочастотным электромагнитным излучением // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №4. С. 22-28. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-4-22-28.
11. Vasilyev A.A., Vasilyev A.N., Dzhaniybekov A.K., Normov D.A. Theoretical and experimental research on pre-sowing seed treatment. *IOP: Science and Engineering*. 2020. 791(1). 012078. DOI: 10.1088/1757-899X/791/1/012078.
12. Martinez E., Florez M., Carbonell M.V. Stimulatory effect of the magnetic treatment on the germination of cereal seeds. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2017. Vol. 2 (1). 375-381. DOI: 10.22161/IJEAB/2.1.47.
13. Kataria S., Baghel L., Guruprasad K.N. Pre-treatment of seeds with static magnetic field improves germination and early growth characteristics under salt stress in maize and soybean. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2017. Vol. 10. 83-90. DOI: 10.1016/j.bcab.2017.02.010.
14. Таранов М.А., Гуляев П.В., Корчагин П.Т. и др. Результаты экспериментальных исследований предпосевной обработки семян подсолнечника переменным магнитным полем // *АгроЭкоИнфо*. 2020. №4. DOI: 10.55618/20756704_2022_15_3_37-49.
15. Жолобова М.В., Федорищенко М.Г., Шабанов Н.И., Грачёва Н.Н. Анализ влияния предпосевной обработки семян переменным электромагнитным полем промышленной частоты (ЭМП ПЧ 50 Гц) на энергию прорастания семян среднеспелого ярового ячменя сортов вакула, виконт, ратник // *Научный журнал КубГАУ*. 2016. №118 (04). С. 1129-1138. EDN: VWPTWF.
16. Zablodskiy M., Kozyrskiy V., Zhylytsov A. et al. Electrochemical characteristics of the substrate based on animal excrement during methanogenesis with the influence of a magnetic field. *Proc. on Electronics and Nanotechnology*. 2020. 530-535. DOI: 10.1109/ELNANO50318.2020.9088763.
17. Курылева А.Г., Кондратьева Н.П. Эффективность ультрафиолетового облучения семян зерновых культур // *Пермский аграрный вестник*. 2019. №4 (28). С. 47-52. EDN: IGOKTN.
18. Газалов В.С., Пономарева Н.Е., Беленов В.Н. Оптическая система предпосевной обработки семян // *Вестник аграрной науки Дона*. 2018. №3(43). С. 21-30. EDN: YOINFR.
19. Ракутько С.А., Ракутько Е.Н., Медведев Г.В. Разработка экспериментального фитотрона и его применение в исследованиях по энергоэкологии светокультуры // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023. Т. 17. №2. С. 40-48. DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-2-40-48.

REFERENCES

1. Lobachevsky Ya.P., Dorokhov A.S., Sibirev A.V. The current state of technological support for vegetable crops production in the Russian Federation. *Vegetable Crops of Russia*. 2023. N5. 5-17 (In Russian). DOI: 10.18619/2072-9146-2023-5-5-17.
2. Pityurina I.S., Vinogradov D.V., Gogmachadze G.D. The effect of pre-planting treatment of tubers on potato yield. *AgroEcoInfo*. 2021. N 4(46). 89-92 (In Russian). DOI: 10.51419/20214409.
3. Udalova E.Yu. The effect of pre-plant treatment of tubers and vegetating plants on potato late blight resistance. *Vestnik of the Mari State University*. 2020. Vol. 6. N3. 333-338 (In Russian). DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-3-333-338.
4. Smuk V.V., Shpanev A.M. Efficiency of pre-planting treatment of potato tubers against the background of high indicators of the presence of harmful organisms. *Agrarian Scientific Journal*. 2021. N6. 34-38 (In Russian). DOI: 10.28983/asjy2021i6pp34-38.
5. Kaufova M.A., Dzuev R. Effect of pre-planting treatment with different frequency alternating magnetic field on potato tubers germination. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2021. Vol. 58-3. N26-29 (In Russian). EDN: HTVVKF.
6. Scriabin A.A. Biological yield and its structure of potato varieties of different maturity depending on pre-planting soil preparation. *E-Scio*. 2022. N1 (64). C. 516-521 (In Russian).
7. Kozyrskiy V., Savchenko V., Sinyavsky O. Presowing processing of seeds in magnetic field. *Environmental Science, Agricultural and Food Sciences*. 2018. 576-620 (In English). DOI: 10.4018/978-1-5225-3867-7.CH024.
8. Klochkov A.V., Klochkova O.S., Solomko O.B. Germination of seeds in a magnetic field. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2020. N3. 163-168 (In Russian). EDN: HSTDZZ.
9. Vasilyeva T.I., Purygin P.P., Putko V.F. The choice of magnetic field parameters and exposure time for pre-sowing treatment of seeds of cultivated plants using a portable magnetoplasma installation. *Kronos: Natural and Technical Sciences*. 2020. N5 (33). 4-8 (In Russian).
10. Levina N.S., Tertyshnaya Yu.V., Bidey I.A., Elizarova O.V. Pre-sowing treatment of sunflower, soybean and maize seeds with low-frequency electromagnetic radiation. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2018. N12(4). 22-28 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-4-22-28.
11. Vasilyev A.A., Vasilyev A.N., Dzhaniybekov A.K., Normov D.A. Theoretical and experimental research on pre-sowing seed treatment. *IOP: Science and Engineering*. 2020. 791(1). 012078 (In English). DOI: 10.1088/1757-899X/791/1/012078.
12. Martinez E., Florez M., Carbonell M.V. Stimulatory effect of the magnetic treatment on the germination of cereal seeds. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2017. Vol. 2 (1). 375-381 (In English). DOI: 10.22161/IJEAB/2.1.47.
13. Kataria S., Baghel L., Guruprasad K.N. Pre-treatment of seeds with static magnetic field improves germination and early growth characteristics under salt stress in maize and soybean. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2017. Vol. 10. 83-90 (In English). DOI: 10.1016/j.bcab.2017.02.010.
14. Taranov M.A., Gulyaev P.V., Korchagin P.T. Results of experimental studies of pre-sowing treatment of sunflower seeds with an alternating magnetic field. *AgroEcoInfo*. 2020. N4 (In Russian). DOI: 10.55618/20756704_2022_15_3_37-49.
15. Zholobova M.V., Fedorishchenko M.G., Shabanov N.I., Gracheva N.N. Analysis of the impact of preplant treating of seeds with industrial alternating electromagnetic frequency (EMF PF 50 Hz) on the germination energy of mid-ripening spring barley seeds of the varieties of vakula, vikont, ratnik. *Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2016. N118 (04). 1129-1138 (In Russian). EDN: VWPTWF.
16. Zablodskiy M., Kozyrskiy V., Zhylytsov A. et al. Electrochemical characteristics of the substrate based on animal excrement during methanogenesis with the influence of a magnetic field. *Nanotechnology*. 2020. 530-535 (In English). DOI: 10.1109/ELNANO50318.2020.9088763.
17. Kuryleva A.G., Kondratieva N.P. Effect of grain seeds UV radiation. *Perm Agrarian Journal*. 2019. N4 (28). 47-52 (In Russian). EDN: IGOKTN.
18. Gazalov V.S., Ponomaryova N.E., Belenov V.N. The optical system of presowing treatment of seed. *Don Agrarian Science Bulletin*. 2018. N3(43). 21-30 (In Russian). EDN: YOIH.
19. Rakutko S.A., Rakutko E.N., Medvedev G.V. Development of an experimental phytotron and its application in research on the energy ecology of light culture. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2023. Vol. 17. N2. 40-48 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-2-40-48.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Все авторы внести равный вклад.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

All authors contributed equally to this publication.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

04.03.2024

06.05.2024