MODES AND PARAMETERS OF COMPLEX PRE-SOWING TREATMENT OF SUNFLOWER SEEDS IN AN ELECTRIC FIELD AND BY THE GROWTH REGULATOR «ZEREBRA AGRO»

N. Y. Petrov, M. P. Aksenov, Y. I. Hanin,
S. V. Volobuev, D. S. Ivushkin

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 11.03.2021

Submitted 12.05.2021

Abstract

Introduction. The Volgograd region belongs to the zone of risky agriculture, in such conditions, additional help is needed for plants to grow and develop in the early stages. In this regard, experiments to determine the optimal modes of pre-sowing treatment of sunflower seeds in an electric field and a plant growth regulator are relevant. **Object.** The object of research is sunflower hybrids NK Neoma, LG 5550, ES Petunia. **Materials and methods.** According to the chosen experiment plan, three types of experiments were carried out. During the first experiment, the seeds were processed in an electric field of alternating voltage at a voltage of 2 to 10 kV / cm with an interval of 2 kV/cm, with a processing time of 15 to 105 seconds with an interval of 15 seconds. In the second experiment, the seeds were treated by the growth regulator «Zerebra Agro». In the third experiment, the seeds were exposed to an electric field of 4,6,8 kV/cm with subsequent treatment with a growth regulator. The treated seeds were sprouted in Petri dishes to determine the germination energy and laboratory germination rate. The seeds were processed by an electric field in the working chamber, between two parallel steel electrodes. The source of high alternating voltage was a high-voltage device SKAT-70. To apply the prepared composition of the growth regulator «Zerebra Agro» to the surface of the seeds, a pump sprayer Bertani Floris 4000 was used. **Results and discussion.** Laboratory germination and growth energy in all studied sunflower hybrids increased under the influence of an electric field of different intensity and duration of treatment. The treatment mode of 2 kV / cm with an exposure time of up to 60 seconds, did not affect germination and germination energy. With a processing time of 75...105 seconds, the laboratory germination increased by 1...2%. The electric field strength of 4 kV / cm, increased the laboratory germination relative to the control already at the treatment time of 30 seconds by 2...3%. The maximum responsiveness in the form of an increase in laboratory germination and germination energy was obtained at 6...8 kV/cm modes and an exposure time of 60...90 seconds. The processing mode of 10 kV / cm, relative to the mode of 8 kV/cm, did not show any changes in the direction of increasing the studied parameters, which allows us to conclude that it is impractical to use this mode. Seed treatment by the growth regulator «Zerebra Agro» had a positive effect on the laboratory germination and germination energy of all sunflower hybrids. The germination energy was 4% higher than the control in the NK Neoma and LG 5550 hybrids, and 6% higher in the ES Petunia hybrid. Laboratory germination exceeded the control by 4% in the NK Neoma hybrid, by 5% in the LG 5550 hybrid, and by 6% in the ES Petunia hybrid. With complex pre-sowing treatment in an electric field and a growth regulator, with 3 treatment modes-4, 6, 8 kV / cm, the maximum indicators of laboratory germination and germination energy were obtained at a voltage of 8 kV/cm and a processing time of 60...90 seconds. Laboratory germination exceeded the control in the NK Neoma hybrid by 10%, in the LG 5550 hybrid by 10%, and in the ES Petunia hybrid by 12%. The germination energy was 7% higher than the control in the NK Neoma hybrid, 8% higher in the LG 5550 hybrid, and 9% higher in the ES Petunia hybrid. **Conclusions.** The effective mode of processing sunflower seeds in an electric field of alternating voltage and by the growth regulator «Zerebra Agro» is provided at an electric field strength of 8 kV / cm, a processing time of 60 seconds, subsequent treatment of seeds by an aqueous solution of the growth regulator «Zerebra Agro», in the dosage recommended by the manufacturer for sunflower seeds. Under this regime, the laboratory germination of sunflower hybrids is 10...12% higher than the control, and the germination energy is 7...9% higher than the control.

Key words: *electric field, intensity, sunflower, germination energy, laboratory germination, growth regulator.*

Citation. Petrov N. Yu., Aksenov M. P., Khanin Yu. I., Volobuev S. V., Ivushkin D. S. Modes and parameters of complex pre-sowing treatment of sunflower seeds in an electric field and by the growth regulator Zerebra Agro. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 379-389 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-39.

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 631.53.027.33:633.854.78

РЕЖИМЫ И ПАРАМЕТРЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ И РЕГУЛЯТОРОМ РОСТА ЗЕРЕБРА АГРО

Н. Ю. Петров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

М. П. Аксенов, старший преподаватель

Ю. И. Ханин, кандидат технических наук, доцент

С. В. Волобуев, кандидат технических наук, доцент

Д. С. Ивушкин, ассистент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 11.03.2021

Дата принятия к печати 12.05.2021

Актуальность. Волгоградская область относится к зоне рискованного земледелия, в таких условиях необходима дополнительная помощь растениям в росте и развитии на ранних стадиях. В связи с этим эксперименты по определению оптимальных режимов предпосевной обработки семян подсолнечника в электрическом поле и регулятором роста растений являются актуальными. **Объект.** Объектом исследований являются гибриды подсолнечника НК Неома, ЛГ 5550, ЕС Петуния. **Материалы и методы.** По выбранному плану эксперимента были проведены три опыта. При проведении первого опыта семена подвергались обработке в электрическом поле переменного напряжения при напряженности от 2 до 10 кВ/см с интервалом 2 кВ/см, временем обработки от 15 до 105 секунд с интервалом 15 секунд. Во втором опыте семена обрабатывались регулятором роста Зеребра Агро. В третьем опыте на семена воздействовали электрическим полем напряженностью 4,6,8 кВ/см с последующей обработкой регулятором роста. Обработанные семена проращивали в чашках Петри для определения энергии прорастания и лабораторной всхожести. Семена обрабатывались электрическим полем в рабочей камере, между двух параллельно расположенных стальных электродов. Источником высокого переменного напряжения являлся высоковольтный аппарат СКАТ-70. Для нанесения приготовленного состава регулятора роста Зеребра Агро на поверхность семян использовался помповый опрыскиватель Bertani Floris 4000. **Результаты и обсуждение.** Лабораторная всхожесть и энергия прорастания у всех исследуемых гибридов подсолнечника повышалась при воздействии электрического поля различной напряженности и продолжительности обработки. Режим обработки 2 кВ/см при времени воздействия до 60 секунд на всхожесть и энергию прорастания не повлиял. При времени обработки 75...105 секунд лабораторная всхожесть повышалась на 1...2 %. Напряженность электрического поля 4 кВ/см, повышала лабораторную всхожесть относительно контроля уже при времени обработки 30 секунд на 2...3 %. Максимальная отзывчивость в виде повышения лабораторной всхожести и энергии прорастания получена при режимах 6...8 кВ/см и времени воздействия 60...90 секунд. Режим обработки – 10 кВ/см относительно режима 8 кВ/см изменений в сторону повышения исследуемых параметров не показал, что позволяет сделать вывод о нецелесообразности применения данного режима. Обработка семян регулятором роста Зеребра Агро оказала положительное влияние на лабораторную всхожесть и энергию прорастания всех гибридов подсолнечника. Энергия прорастания была выше контроля на 4 % у гибридов НК Неома и ЛГ 5550, на 6 % у гибрида ЕС Петуния. Лабораторная всхожесть превышала контроль на 4 % у гибрида НК Неома, на 5 % у гибрида ЛГ 5550, на 6 % у гибрида

ЕС Петуния. При комплексной предпосевной обработке в электрическом поле и регулятором роста, при 3 режимах обработки – 4, 6, 8 кВ/см, получены максимальные показатели лабораторной всхожести и энергии прорастания при напряженности 8 кВ/см и времени обработки 60...90 секунд. Лабораторная всхожесть превышала контроль у гибрида НК Неома на 10 %, у гибрида ЛГ 5550 – на 10 %, у гибрида ЕС Петуния – на 12 %. Энергия прорастания была выше контроля на 7 % у гибрида НК Неома, на 8 % у гибрида ЛГ 5550 и на 9 % – у гибрида ЕС Петуния. **Выводы.** Эффективный режим обработки семян подсолнечника в электрическом поле переменного напряжения и регулятором роста Зеребра Агро обеспечивается при напряженности электрического поля 8 кВ/см, времени обработки 60 секунд, последующей обработки семян водным раствором регулятора роста Зеребра Агро в дозировке, рекомендованной производителем для семян подсолнечника. При таком режиме лабораторная всхожесть у гибридов подсолнечника выше контроля на 10...12 %, энергия прорастания выше контроля на 7...9 %.

Ключевые слова: предпосевная обработка семян, обработка семян подсолнечника, регуляторы роста растений, Зеребра Агро.

Цитирование. Петров Н. Ю., Аксенов М. П., Ханин Ю. И., Волобуев С. В., Ивушкин Д. С. Режимы и параметры комплексной предпосевной обработки семян подсолнечника в электрическом поле и регулятором роста Зеребра Агро. *Известия НВ АУК*. 2021. 2 (62). 379-389. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-39.

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. Из растительных масел подсолнечное масло находится на первом месте в России по потреблению населением, доля подсолнечного масла составляет 80 % от представленного ассортимента растительных масел. Растет и производство растительного масла: в 2020 году было произведено 5900 тыс. тонн нерафинированного и 2500 тыс. рафинированного масла, показатели производства превышены по сравнению с 2019 годом на 10-11 %. Устойчивый спрос отмечается и со стороны других государств: экспортировано более 35 % произведённого в стране масла. Для обеспечения существующего и растущего спроса ежегодно в России увеличиваются посевные площади под подсолнечник, в 2020 году было засеяно 8,5 млн га. что составляет 10,7 % в структуре посевных площадей. Волгоградская область обладает агроклиматическими условиями, благоприятными для выращивания подсолнечника, ежегодно засеивается от 650 до 820 тыс. га, и регион по площадям занятым подсолнечником занимает 6 место после Саратовской области.

Кондиционные качества семенного материала играют важную роль в качестве и количестве планируемого урожая. Повышать кондиционные качества семян можно путем проведения предпосевной обработки. Существующие методы предпосевной подготовки семян условно разделены на три группы: механические, физические и химические. Механические методы применяются производителями семян, заключаются в очистке, калибровке, сортировке по фракциям и размерам. Под химическими методами подразумевается протравливание, применение стимуляторов роста, осмообработка, инкрустация. К физическим относятся: магнитные, радиационные, электрофизические [1, 2, 4, 9, 11] и др. При разном механизме действия эти методы направлены на стимуляцию в семени ростовых процессов путем внесения питательных веществ (регуляторов роста) [7, 12] выводом семени из состояния биологического покоя (электрофизический метод). Каждый из этих способов предпосевной обработки имеет свои достоинства, при

комплексном способе обработки [3, 8], применяется как регулятор роста путем нанесения на поверхность, вследствие чего воздействие электрического поля должно увеличить эффективность обработки.

Комбинированная обработка семян подсолнечника в электрическом поле переменного напряжения с последующей обработкой регулятором роста Зеребра Агро, на наш взгляд, является весьма актуальным технологическим приемом для предпосевной стимуляции семян подсолнечника, так как позволяет за счет электрофизического воздействия вывести семя из «покоя», оказать пагубное действие на патогенную микрофлору и тем самым заложить основу повышения энергии роста и всхожести семян на первоначальном этапе роста растений [5, 6, 10].

Материалы и методы. Для проведения исследований по изучению влияния электрического поля переменного напряжения и препарата Зеребра Агро были выбраны семена подсолнечника НК Неома, ЛГ 5550 и ЕС Петуния.

По выбранному плану эксперимента были проведены три опыта.

При проведении первого опыта семена подвергались обработке в электрическом поле переменного напряжения при напряженности от 2 до 10 кВ/см (фактор А) с интервалом 2 кВ/см, время обработки от 15 до 105 секунд (фактор В) с интервалом 15 секунд. Во втором опыте семена обрабатывались препаратом Зеребра Агро. В третьем опыте на семена воздействовали электрическим полем напряженностью 4,6,8 кВ/см с последующей обработкой регулятором роста. Обработанные семена проращивали в чашках Петри для определения энергии роста и лабораторной всхожести с четырехкратной повторностью.

Семена обрабатывались электрическим полем в рабочей камере, между двух параллельно расположенных стальных электродов. Нижний электрод заземлялся, на верхний подавалось напряжение. Контроль напряжения осуществлялся киловольтметром. В качестве источника высокого переменного напряжения применялся высоковольтный аппарат СКАТ-70.

Для нанесения приготовленного состава регулятора роста Зеребра Агро на поверхность семян применялся помповый опрыскиватель Bertani Floris 4000.

Результаты и обсуждение. Определение наиболее эффективных режимов обработки семян в электрическом поле требует проведения большого числа экспериментов с различной напряженностью электрического поля и временем воздействия, поэтому программа экспериментов была разделена на два этапа: первый этап – нахождение наиболее оптимальных режимов, при которых будут наибольшими изучаемые показатели (лабораторная всхожесть, энергия прорастания); второй этап – исследование нескольких вариантов наиболее эффективных режимов совместно с обработкой регулятором роста. Проведение экспериментов по данной схеме позволяет сократить количество опытов, а также определить степень воздействия на лабораторную всхожесть, энергию прорастания по отдельности (электрическое поле переменного напряжения и регулятор роста).

В проведенных опытах использовали препарат Зеребра Агро – водный раствор, содержащий 500 мг/л коллоидного серебра + 100 мг/л полигексаметилен бигуанид гидрохлорида. Расход препарата составлял 100 мл/т, расход рабочего раствора – 10 л/т.

На контроле наибольшие показатели по всхожести и энергии прорастания наблюдались у семян гибрида НК Неома (всхожесть 87 %, энергия прорастания 86 %), у семян гибрида ЛГ 5550 всхожесть составила 85 %, энергия прорастания – 83 %, у семян подсолнечника ЕС Петуния лабораторная всхожесть составляла 83 % и энергия прорастания – 80 %.

Рисунок 1 – Лабораторная всхожесть семян гибрида подсолнечника НК Неома при разной напряженности и времени обработки

Figure 1 – Laboratory germination of seeds of the sunflower hybrid NK Neoma at different intensity and processing time

Из данных рисунка 1, отображающего зависимость лабораторной всхожести семян НК Неома от времени воздействия электрического поля в интервале от 15 до 105 секунд и воздействующего фактора – напряженности электрического поля в диапазоне от 2 до 10 кВ/см, наблюдалось повышение лабораторной всхожести как в зависимости от уровня напряженности, так и от времени воздействия электрического поля переменного тока. Так, при напряженности электрического поля 2 кВ/см при времени воздействия 15, 30, 45 и 60 секунд не происходило явных изменений по всхожести относительно контроля как в сторону увеличения, так и уменьшения показателей отклика, и всхожесть находилась на уровне 87 %, как и при контрольных показателях. При длительности нахождения в электрическом поле 75 секунд показатель всхожести уже составил 88 %, а с увеличением времени воздействия до 90 и 105 секунд она повысилась до 89 %, и при дальнейшем увеличении времени обработки улучшения результатов по всхожести не наблюдалось.

При напряженности 4 кВ/см и 15 секундах воздействие влияния на семена не проявилось, всхожесть, как и при контроле, была равна 87 %, 30 секунд воздействия в отличие от напряженности 2 кВ/см повысило всхожесть до 88 %, а при 45 секундном воздействии всхожесть уже равнялась 89 % и продолжала расти с увеличением времени нахождения семян в экспериментальной ячейке, продемонстрировав максимальные показатели при 105 секундах – 91 % всхожести.

Максимальная всхожесть при напряженности электрического поля 6 кВ/см была достигнута на 90 секундах и составила 95 %, не изменилась она и на 105 секундах – все те же 95 %.

Напряженность 8 кВ/см уже при 15 секундах повышала всхожесть на 2 % выше контроля, которая составила 89 %. Максимальное значение 95 % было достигнуто при времени обработки 60 секунд. Дальнейшее увеличение времени обработки до 75, 90 и 105 секунд на процент всхожести не повлияло.

При напряженности электрического поля 10 кВ/см всхожесть при минимальном времени 15 секунд составила 89 %, а при максимальном времени 105 секунд – 95 %.

Подводя промежуточный итог, установили, что максимальное значение 95 % лабораторной всхожести было достигнуто на режимах: 6 кВ/см – 90 секунд; 8 кВ/см – 60 секунд; 10 кВ/см – 60 секунд.

В контрольном образце энергия прорастания гибрида НК Неома составляла 86 %.

Максимальные показатели по энергии прорастания для данного гибрида подсолнечника были получены на режимах обработки 6 кВ/см и 90 секунд – 92 %, дальнейшее увеличение экспозиции до 105 секунд результат не улучшило и не ухудшило. При режиме 8 кВ/см и экспозиции 60 секунд всхожесть составила 92 %, при режиме 10 кВ/см и экспозиции 45 секунд – все те же 92 %. На режимах 8 и 10 кВ, соответственно, при проведении опытов с экспозициями до 105 секунд увеличения энергии прорастания выше показателя 92 % не наблюдалось.

На рисунке 2 изображены графики зависимости лабораторной всхожести семян гибрида подсолнечника ЛГ 5550. Лабораторная всхожесть на контроле составила 85 %, энергия прорастания – 83 %.

Рисунок 2 – Лабораторная всхожесть семян гибрида подсолнечника ЛГ 5550 при разной напряженности и времени обработки

Figure 2 – Laboratory germination of sunflower hybrid seeds LG 5550 at different intensity and processing time

Максимальные показатели были получены при напряженности 6 кВ/см и экспозиции 105 секунд – 93 %, лабораторная всхожесть и 92 % энергия прорастания. Лабораторная всхожесть 93 % и энергия прорастания 91 % были максимальными показателями для режимов с напряженностью 8 кВ/см и 10 кВ/см с экспозицией от 75 до 105 секунд.

На рисунке 3 изображены графические зависимости лабораторной всхожести и энергии прорастания гибрида ЕС Петуния.

После обработки семян гибрида подсолнечника ЕС Петуния были получены следующие результаты: лабораторная всхожесть при напряженности 2 кВ/см и 15...60 секундах воздействия электрического поля не изменялась и оставалась равна контролю, то есть 83 %, экспозиция 75 секунд привела к повышению всхожести на 1 % и составила 84 %, что свидетельствует о полученной дозе, способной влиять на процессы выхода из состояния покоя семени. При экспозиции от 75 до 105 секунд уже был установлен устойчивый прирост лабораторной всхожести, который достиг значения 85 %. Эксперимент с напряженностью 4 кВ/см и экспозицией 15...30 секунд, так же, как и на 2 кВ/см с экспозицией до 60 секунд, ни положительного, ни отрицательного воздействия не оказал, лабораторная всхожесть равнялась контролю, т.е. 83 %, но уже при воздействии 45...60 секунд лабораторная всхожесть повысилась и достигла 85 %, продолжая возрастать до 87 % при времени обработки 105 секунд. На режиме с напряженностью 6 кВ/см начиная с минимальных 15 и до 105 секунд был установлен устойчивый рост показателей лабораторной всхожести от 84 % при экспозиции 15 секунд до 93 % при максимальных 105 секундах воздействия электрического поля.

Рисунок 3 – Лабораторная всхожесть семян гибрида подсолнечника ЕС Петуния при разной напряженности и времени обработки

Figure 3 – Laboratory germination of sunflower and Petunia hybrid seeds at different intensity and processing time

Эксперименты с напряженностью 8 и 10 кВ/см при экспозиции 15 секунд повышали лабораторную всхожесть до 86 %, превышая тем самым контроль (83 %) на 3 %. Максимальные показатели лабораторной всхожести 94 % были получены при значении напряженности 8 кВ/см с экспозицией 90 секунд, и при напряженности 10 кВ/см с временем обработки 90 – 105 секунд.

Энергия прорастания достигала 90 % при напряженности 6 кВ/см с экспозицией 90 секунд, при напряженности 8 кВ/см с экспозицией 60 секунд – 92 % при напряженности 10 кВ/см с экспозицией 105 секунд. На контроле энергия прорастания составила 80 %.

При проведении опытов с применением регулятора роста Зеребра Агро согласно рекомендациям производителя был приготовлен раствор: на 10 литров воды – 75...100 мл препарата. Обработку семян производили путем распыления рабочей жидкости на семена, находящиеся в пластиковой емкости, при использовании садового опрыскивателя Bertani Floris 4000, перемешивая деревянной лопаткой.

После просушивания семенной материал укладывали в чашки Петри и помещали в шкаф на проращивание.

Полученные результаты обработки семян подсолнечника гибридов НК Неома, ЛГ 5550 и ЕС Петуния – энергия прорастания и лабораторная всхожесть – представлены в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Результаты обработки семян подсолнечника регулятором роста

Table 1 – Results of sunflower seed treatment with the growth regulator

Вариант / Option	НК Неома / NK Neoma		ЛГ 5550 / LG 5550		ЕС Петуния / EU Petunia	
	энергия прорастания, % / energy germination, %	лабораторная всхожесть, % / laboratory germination, %	энергия прорастания, % / energy germination, %	лабораторная всхожесть, % / laboratory germination, %	энергия прорастания, % / energy germination, %	лабораторная всхожесть, % / laboratory germination, %
Контроль / Control	86	87	83	85	80	83
Регулятор роста / Growth Regulator	90	92	87	90	86	89

У всех трех генотипов подсолнечника было отмечено положительное действие примененного препарата, энергия прорастания на 3-и сутки после обработки и помещения в шкаф для проращивания у гибрида подсолнечника НК Неома составила 90 % при контроле 86 %, т.е. энергия прорастания увеличилась на четыре процентных пункта. У гибрида подсолнечника ЛГ 5550 также прибавка составила 4 % по отношению к контролю. Наибольший эффект получен у гибрида ЕС Петуния, энергия прорастания семян, обработанных препаратом, увеличилась на 6 % и достигла 86 % при контроле 80 %.

Лабораторная всхожесть у обработанных семян гибрида подсолнечника НК Неома препаратом Зеребра Агро равнялась 91 %, что дало прибавку к контролю 4%, составляющему 87 %, у гибрида подсолнечника ЛГ 5550 обработанные семена показали результат 90 % при контроле 85 %, прибавка 5 %, у гибрида ЕС Петуния разница лабораторной всхожести между контролем и обработанными семенами составила 6 %, соответственно лабораторная всхожесть 89 % для обработанных семян и 83 % на контроле.

Из трех исследуемых генотипов подсолнечника лучший результат применения препарата Зеребра Агро был отмечен у гибрида ЕС Петуния: энергия прорастания повышалась на 6 %, лабораторная всхожесть – на 6 %, у гибридов НК Неома и ЛГ 5550 показатели энергии прорастания и лабораторной всхожести были близки друг другу и равнялись 4 %. Следует отметить, что наибольший положительный эффект был получен у гибрида ЕС Петуния, но при этом относительно других исследуемых гибридов результаты по энергии прорастания и лабораторной всхожести были ниже на 1...3 %.

Анализируя полученные экспериментальные данные для предпосевной обработки в электрическом поле, установили, что при напряженности 2 кВ/см и экспозиции 15...75 секунд положительных изменений по всхожести и энергии роста не было установлено, что, на наш взгляд, свидетельствует о малой дозе электрического воздействия, которой недостаточно для пробуждения и стимуляции ростовых процессов. Эксперименты с напряженностью электрического поля 8 кВ/см и 10 кВ/см показали практически одинаковые результаты при всех значениях времени обработки, что позволяет сделать предположение о нерациональности использования режима с напряженностью электрического поля 10 кВ/см.

Исходя из этих соображений при проведении опытов с комплексной предпосевной обработкой, включающей воздействие электрического поля переменного напряжения с последующим полусухим протравливанием препаратом Зеребра Агро, прием начальное значение напряженности электрического поля, при котором были установлены положительные изменения стимуляции 4 кВ/см, а конечным значением – 8 кВ/см. При анализе с точки зрения экспозиции, с шагом в 15 секунд, установлено, что при таком маленьком разбросе полученные значения отличались несущественно или совсем не изменялись, поэтому для уменьшения числа экспериментов экспозиция была принята равной 30, 60 и 90 секунд.

Комплексная предпосевная обработка (электрофизическое воздействие + обработка регулятором роста), при напряженности электрического поля 4 кВ/см и экспозициях 30 и 60 секунд, увеличила всхожесть до 91 % (при контроле 88 %) и энергию прорастания до 90 % (при контроле 87 %). При этом же значении напряженности, но с экспозицией 90 секунд лабораторная всхожесть и энергия прорастания составили 92 %. При увеличении значений действующих факторов – напряженности электрического поля и времени воздействия, было отмечено заметное повышение энергии прорастания относительно контроля: так, при экспозиции 90 сек и напряженности 6 кВ/см энергия прорастания составила 95 % и превышала контроль на 9 %, а всхожесть составила 97 %, что на 9 % выше контроля. При напряженности 8 кВ/см и экспозиции 30 секунд показате-

ли лабораторной всхожести и энергии прорастания сравнялись, стали равны 95 %. С увеличением же времени обработки до 60 секунд на 2 % относительно предыдущего опыта возросла и лабораторная всхожесть, а энергия прорастания достигла 97 %. Дальнейшее увеличение экспозиции обработки до 90 секунд не повлияло на изучаемые показатели, они остались равны 97 %.

Комплексная предпосевная обработка семян гибрида подсолнечника ЛГ 5550, проводимая при напряженности электрического поля 4, 6 и 8 кВ/см с последующей обработкой регулятором роста, уже при 4 кВ/см и экспозиции 30 секунд, на 4 % увеличили лабораторную всхожесть относительно контроля (85 %), с ростом времени обработки и увеличением напряженности электрического поля, увеличивались показатели лабораторной всхожести, которые достигли 95 % при напряженности 8 кВ/см и экспозиции 60 и 90 секунд, также зафиксировано выравнивание лабораторной всхожести и энергии прорастания. На контроле энергия прорастания равнялась 83 %, а в опытах с напряженностью 8 кВ/см и экспозицией 60 и 90 секунд исследуемый показатель уже равнялся 95 %, что на 12 % выше контроля.

У гибрида ЕС Петуния при напряженности 6 кВ/см и экспозиции 90 секунд, лабораторная всхожесть относительно контроля повышалась на 10 %, а наибольший показатель – 12 % – был получен при напряженности 8 кВ/см с экспозицией 60 и 90 секунд. Энергия прорастания при данном режиме обработки увеличилась на 13 %, достигнув значения 90 %.

Статистическая обработка полученных данных двухфакторного опыта (фактор А – напряженность электрического поля, кВ/см; фактор В – экспозиция, сек) проводилась при помощи дисперсионного анализа при 5% уровне значимости.

Гибрид подсолнечника: НК Неома НСР $A_{05} = 3,64$; НСР $B_{05} = 2,68$

ЛГ 5550 НСР $A_{05} = 3,46$; НСР $B_{05} = 2,42$

ЕС Петуния НСР $A_{05} = 3,81$; НСР $B_{05} = 2,77$

Анализ данных показывает, что эффект обработки семян гибридов подсолнечника НК Неома, ЛГ 5550, ЕС Петуния при напряженности электрического поля 8 кВ/см и экспозицией 60 секунд значим на пятипроцентном уровне.

Выводы. Эффективный режим обработки семян подсолнечника в электрическом поле переменного напряжения и регулятором роста Зеребра Агро обеспечивается при напряженности электрического поля 8 кВ/см, времени обработки 60 секунд, последующей обработки семян водным раствором регулятора роста Зеребра Агро в дозировке, рекомендованной производителем для семян подсолнечника. При таком режиме лабораторная всхожесть гибрида НК Неома выше контроля на 10 %, гибрида ЛГ 5550 – на 8 %, гибрида ЕС Петуния – на 12 %.

Библиографический список

1. Бастрон А. В., Исаев А. В., Мещеряков А. В. Эффективные режимы предпосевной обработки семян рыжика в электромагнитном поле сверхвысокой частоты // Вестник АПК Ставрополя. 2019. № 1 (33). С. 4-7.
2. Бастрон А. В., Исаев А. В., Мещеряков А. В. Эффективные режимы предпосевной обработки семян рыжика в электромагнитном поле сверхвысокой частоты // Вестник АПК Ставрополя. 2019. № 1 (33). С. 4-7.
3. Беленков А. И., Аксенов М. П., Юдаев И. В. Влияние комплексной предпосевной обработки семян на фитосанитарное состояние посевов подсолнечника в зоне черноземных почв Волгоградской области // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 92-103.
4. Василенко А. А. Режимы предпосевной обработки семян масличных культур ЭМП СВЧ и устройство для их эффективного осуществления // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 169-172.

5. Исаев А. В., Бастрон А. В., Яхонтова В. С. Исследование влияния степени неравномерности нагрева семян рапса в ЭМП СВЧ на их энергию прорастания и всхожесть // Вестник КрасГАУ. 2016. № 4. С. 131-137.

6. Лукомец В. М., Тишков Н. М. Урожайность и качество семян у сортов крупноплодного подсолнечника в зависимости от густоты стояния растений // Масличные культуры. 2019. № 1 (177). С. 31-39.

7. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г., Чижиков С. А. Реакция гибридов подсолнечника на применение биологически активных веществ в подзоне южных черноземов Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 40-46.

8. Петров Н. Ю., Юдаев И. В. Повышение эффективности возделывания подсолнечника путем комплексной предпосевной обработки семян // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 378-389.

9. Стародубцева Г. П., Ливинский С. А., Любая С. И. Обоснование параметров воздействия импульсного электрического поля при предпосевной обработке семян озимой пшеницы // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 2 (26). С. 44-48.

10. Aksenov M. P. Influence of pre-sowing sunflower seeds treatment in electric field and plant growth stimulant on water consumption and yield // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. 659 012040.

11. Effect of magnetic field on germination, seedling growth and cytogenetic of onion (*Allium cepa* L.) / M. Hozayn, A. A. Amal, EL-Mahdy, H. M. H. Abdel-Rahman // African Journal of Agricultural Research. 2015. V. 10 (8). P. 849-857.

12. Matveeva N. I. Agrogenetic and chemical properties of soils in Lower Volga region in conditions of vegetable rotations // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. 659 012067.

Conclusions. The effective mode of processing sunflower seeds in an electric field of alternating voltage and with the growth regulator Zerebra Agro is provided at an electric field strength of 8 kV / cm, a processing time of 60 seconds, subsequent treatment of seeds with an aqueous solution of the growth regulator Zerebra Agro, in the dosage recommended by the manufacturer for sunflower seeds. Under this regime, the laboratory germination of the NK Neoma hybrid is 10% higher than the control, the LG 5550 hybrid is 8% higher, and the EU Petunia hybrid is 12% higher.

References

1. Bastron A. V., Isaev A. V., Mescheryakov A. V. Jeffektivnye rezhimy predposevnoj obrabotki semyan ryzhika v jlektromagnitnom pole sverhвысокой частоты // Vestnik APK Stavropol'ya. 2019. № 1 (33). P. 4-7.

2. Bastron A. V., Isaev A. V., Mescheryakov A. V. Jeffektivnye rezhimy predposevnoj obrabotki semyan ryzhika v jlektromagnitnom pole sverhвысокой частоты // Vestnik APK Stavropol'ya. 2019. № 1 (33). P. 4-7.

3. Belenkov A. I., Aksenov M. P., Yudaev I. V. Vliyanie kompleksnoj predposevnoj obrabotki semyan na fitosanitarnoe sostoyanie posevov podsolnechnika v zone chernozemnyh pochv Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № 1. P. 92-103.

4. Vasilenko A. A. Rezhimy predposevnoj obrabotki semyan maslichnyh kul'tur JeMP SVCh i ustrojstvo dlya ih jeffektivnogo osuschestvleniya // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 6 (80). P. 169-172.

5. Isaev A. V., Bastron A. V., Yahontova V. S. Issledovanie vliyaniya stepeni neravnomernosti nagreva semyan rapса v JeMP SVCh na ih jenergiyu prорastaniya i vsxozhest' // Vestnik KrasGAU. 2016. № 4. P. 131-137.

6. Lukomec V. M., Tishkov N. M. Urozhajnost' i kachestvo semyan u sortov krupnoplodnogo podsolnechnika v zavisimosti ot gустoty stoyaniya rastenij // Maslichnye kul'tury. 2019. № 1 (177). P. 31-39.

7. Medvedev G. A., Ekaterinicheva N. G., Chizhikov S. A. Reakciya gibridov podsolnechnika na primenenie biologicheskii aktivnykh veshchestv v podzone yuzhnykh chernozemov Volgogradskoi oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 4 (48). P. 40-46.

8. Petrov N. Yu., Yudaev I. V. Povyshenie jeffektivnosti vozdeystviya podsolnechnika putem kompleksnoj predposevnoj obrabotki semyan // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 4 (60). P. 378-389.

9. Starodubceva G. P., Livinskij S. A., Lyubaya S. I. Obosnovanie parametrov vozdeystviya impul'snogo jelektricheskogo polya pri predposevnoj obrabotke semyan ozimoi pshenicy // Vestnik APK Stavropol'ya. 2017. № 2 (26). P. 44-48.

10. Aksenov M. P. Influence of pre-sowing sunflower seeds treatment in electric field and plant growth stimulant on water consumption and yield // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. 659 012040.

11. Effect of magnetic field on germination, seedling growth and cytogenetic of onion (*Allium cepa* L.) / M. Hozayn, A. A. Amal, EL-Mahdy, H. M. H. Abdel-Rahman // African Journal of Agricultural Research. 2015. V. 10 (8). P. 849-857.

12. Matveeva N. I. Agrogenetic and chemical properties of soils in Lower Volga region in conditions of vegetable rotations // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. 659 012067.

Authors Information

Petrov Nikolaj YU'evich, professor kafedry «Tekhnologiya hraneniya i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii» FGBOU VO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet» (RF 400002, g. Volgograd, pr. Universitetskij, d. 26), doktor sel'skohozyajstvennykh nauk, professor

Aksenov Mihail Petrovich, starshij prepodavatel' kafedry «Teoreticheskie osnovy elektrotekhniki i elektrosnabzhenie» FGBOU VO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet» (RF 400002, g. Volgograd, pr. Universitetskij, d. 26),

ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-1619-655X> E-mail: aksenovmp@mail.ru

Hanin YUrij Ivanovich, docent kafedry «Elektrosnabzhenie i energeticheskie sistemy» FGBOU VO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet» (RF 400002, g. Volgograd, pr. Universitetskij, d. 26), kandidat tekhnicheskikh nauk

Volobuev Sergej Vasil'evich, docent kafedry «Elektrooborudovanie i elektrohozyajstvo predpriyatij APK» FGBOU VO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet» (RF 400002, g. Volgograd, pr. Universitetskij, d. 26), kandidat tekhnicheskikh nauk

Ivushkin Denis Sergeevich, assistent kafedry «Elektrooborudovanie i elektrohozyajstvo predpriyatij APK» FGBOU VO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet» (RF 400002, g. Volgograd, pr. Universitetskij, d. 26).

Информация об авторах

Петров Николай Юрьевич, профессор кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Аксенов Михаил Петрович, старший преподаватель кафедры «Электроснабжение и энергетические системы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26),

ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-1619-655X> E-mail: aksenovmp@mail.ru

Ханин Юрий Иванович, доцент кафедры «Электроснабжение и энергетические системы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат технических наук

Волобуев Сергей Васильевич, доцент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат технических наук

Ивушкин Денис Сергеевич, ассистент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26).