



УДК 633.11:537.8

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-243-1-30-34

О.М. Соболева, Е.Н. Харченко

O.M. Soboleva, E.N. Kharchenko

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ НА ВИТАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕМЯН ЯРОВЫХ И ОЗИМЫХ ЗЛАКОВ

EFFECTS OF ULTRAHIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD ON VITAL CHARACTERS OF SPRING AND WINTER CEREAL SEEDS

Ключевые слова: электромагнитное поле сверхвысокой частоты, СВЧ, предпосевная обработка, всхожесть, яровой ячмень, яровой овес, озимая тритикале, озимая мягкая пшеница, стимулирующий эффект.

Витальные показатели семенного материала важны для получения прогнозируемых урожаев товарного зерна. К экологичным и эффективным способам повышения всхожести семян относят электрофизические методы предпосевной обработки. Показаны результаты эксперимента по предпосевной обработке семян злаков в электромагнитном поле сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ). Объектами исследования служили семена яровых и озимых злаков: ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Никита; ярового овса (*Avena sativa* L.) сорта Фобос; озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Новосибирская 2; озимой тритикале (*×Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) сорта Омская. В работе изучали ЭМП СВЧ мощностью 0,14; 0,42; 0,70 кВт, экспозицией 1, 11, 21 с. После проращивания обработанных семян определяли лабораторную всхожесть. Для семян ярового ячменя сорта Никита удалось увеличить всхожесть в 2,33 раза относительно контрольных значений, что составляет 93,33%. Всхожесть семян ярового овса сорта Фобос удалось повысить с уровня 66,67 до 90,00%, т.е. в 1,35 раза. Стимуляция прорастания семян озимых (пшеницы и тритикале) под действием электромагнитного поля сверхвысокой частоты привела к повышению всхожести на 3,33% относительно первоначального уровня. Предпосевная обработка семян злаков приводит к увеличению всхожести за счет стимуляции прорастания тех семян, которые в обычных условиях не прорастают или прорастают позже. Характер влияния электромагнитного поля сверхвысокой частоты на семена яровых культур – ячменя и овса – относится к гормезису, т.е. двухфазной реакции живого организма на стрессор.

Keywords: ultrahigh frequency electromagnetic field, UHF, pre-sowing treatment, germination, spring barley, spring oats, winter triticale, winter soft wheat, stimulating effect.

Vital characters of seed material are important for obtaining predicted yields of marketable grain. Electrophysical methods of pre-sowing treatment are considered to be environmentally friendly and effective ways to increase seed germination. The findings of an experiment on pre-sowing treatment of cereal seeds in an ultrahigh frequency electromagnetic field (UHF EMF) are discussed. The research targets were seeds of spring and winter cereal crops: spring barley (*Hordeum vulgare* L.) of the Nikita variety; spring oat (*Avena sativa* L.) (Fobos variety); winter soft wheat (*Triticum aestivum* L.) (Novosibirskaya 2 variety); winter triticale (*×Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) (Omskaya variety). We studied UHF EMF with a power of 0.14; 0.42; 0.70 kW, with exposure of 1; 11; 21 sec. After sprouting of the treated seeds, laboratory germination was determined. For Nikita spring barley seeds, it was possible to increase germination 2.33 times compared to the control values; that made 93.33%. The germination rate of spring oats of the Fobos variety was increased from 66.67% to 90.00%, i.e. 1.35 times. The stimulation of sprouting of winter crop seeds (wheat and triticale) under the action of an ultrahigh frequency electromagnetic field led to germination increase by 3.33% compared to the initial level. Pre-sowing treatment of cereal seeds leads to increased germination through stimulating the germination of those seeds that normally do not germinate or germinate later. The nature of the effect of the ultrahigh frequency electromagnetic field on spring crop seeds (barley and oats) refers to hormesis, i.e. the two-phase response of a living organism to a stressor.

Соболева Ольга Михайловна, к.б.н., доцент, ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России, г. Кемерово, Российская Федерация, e-mail: meer@yandex.ru.

Харченко Елена Николаевна, к.х.н., Кузбасский ГАУ, г. Кемерово, Российская Федерация, e-mail: harchenko-en@mail.ru.

Soboleva Olga Mikhaylovna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russian Federation, e-mail: meer@yandex.ru.

Kharchenko Elena Nikolaevna, Cand. Chem. Sci., Kuzbass State Agricultural University, Kemerovo, Russian Federation, e-mail: harchenko-en@mail.ru.

Введение

Проращение семян является решающим этапом в развитии растений и может рассматриваться как определяющий фактор их продуктивности. Физиолого-биохимические метаморфозы, сопровождаемые морфологическими изменениями во время прорастания, тесно связаны с выживаемостью проростков и вегетативным ростом, которые влияют на урожайность и качество получаемой продукции растениеводства.

Качественные семена играют жизненно важную роль в увеличении сельскохозяйственного производства. На качество семян влияют многие факторы, в том числе их генетический состав, а также условия окружающей среды, преобладающие в период вегетации материнского растения. Послеуборочные работы считаются важными факторами для поддержания качества семян с точки зрения их жизнеспособности и стабильности при хранении. Ухудшение качества семян называется порчей семян, которая является необратимым и дегенеративным процессом. Порча связана с различными процессами, происходящими в семенах на клеточном уровне, и затрагивает разнообразные метаболические пути. Ухудшение качества семян приводит к снижению всхожести, но и те семена, которые в итоге все же прорастают, дают слабые всходы с низкой жизненной энергией. Впоследствии такие растения будут менее устойчивыми к различным стрессорам и патогенам. Поэтому в настоящее время исследователи уделяют особое внимание экологичным физическим и физиологическим методам предпосевной обработки семян, которые могут повысить жизнеспособность семян и силу всходов.

Воздействие такого стрессора, как электромагнитное поле (ЭМП), приводит к повышению активности ферментов, что сопровождается усилением или торможением ростовых процессов на первых стадиях развития. В результате такой обработки возникает либо стимулирующий – повышается всхожесть семян, ускоряется рост проростков, либо угнетающий эффект с противоположным действием [1]. Предпосевное облу-

чение с помощью электромагнитного излучения по-разному влияет на посевные качества семян ярового ячменя и озимой пшеницы; это влияние зависит от мощности облучения и экспозиции [2], а также от температуры нагрева семян [3]. Причем подобный эффект отмечается как в лабораторных, так и в полевых условиях: так, предпосевная обработка семян гречихи ЭМП при развитии растений в полевых условиях существенно стимулирует их рост, приводит к нарастанию зеленой биомассы, повышению урожайности семян и их качества [4]. Предварительная обработка электромагнитным полем сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) приводит к глубоким изменениям в семени, модифицируя их химический состав, активизируя *de novo* синтез ферментов, что проявляется в повышении витальных показателей семян – всхожести, энергии прорастания и скорости развития проростков [5]. Таким образом, предпосевная обработка семян ЭМП является многообещающим инструментом для устойчивого улучшения качественных характеристик семян [6].

Целью исследования стало изучение изменения всхожести семян озимых и яровых злаков под действием электромагнитного поля сверхвысокой частоты. Для достижения цели поставлены **задачи**:

- подобрать диапазон вариантов обработок ЭМП СВЧ, различающихся мощностью облучения и длительностью воздействия (экспозицией);
- изучить влияние ЭМП СВЧ на витальные характеристики злаков.

Объекты и методы

Объектами исследования служили семена яровых и озимых злаков следующих видов и сортов:

- ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Никита;
- ярового овса (*Avena sativa* L.) сорта Фобос;
- озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Новосибирская 2;

• озимой тритикале (*×Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) сорта Омская.

Схема эксперимента включала в себя следующие варианты:

1. Контроль, без обработки.
- 2, 3, 4. ЭМП СВЧ мощностью 0,14 кВт, экспозиция 1, 11, 21 с.
- 5, 6, 7. ЭМП СВЧ мощностью 0,42 кВт, экспозиция 1, 11, 21 с.
- 8, 9, 10. ЭМП СВЧ мощностью 0,70 кВт, экспозиция 1, 11, 21 с.

После обработки семена проращивали на увлажненной фильтровальной бумаге на свету в чашках Петри. На 7-е сут. определяли лабораторную всхожесть по ГОСТ 12038-84. Статистическая обработка полученных данных и построение графиков выполнены в программе Microsoft Office Excel 2010. Исследования выполнены в 3 биологических и 3 аналитических повторностях. Данные представлены в виде средних арифметических и среднеквадратичных отклонений; достоверность отличий по сравнению с контролем находили по F-критерию при уровне значимости 0,05.

Результаты и их обсуждение

Взятые для эксперимента семена обладали изначально разнокачественной vitalностью. Так, семена ярового ячменя сорта Никита имели очень низкую всхожесть – 38,50% (рис.). Проведенное электромагнитное воздействие сверхвысокими частотами практически на всех изучаемых режимах, за исключением одного (мощность 700 Вт/экспозиция 1 с) привело к увеличению всхожести. Лучшим вариантом СВЧ-обработки оказался режим со средними характеристиками ЭМП – при мощности 420 Вт и экспозиции 11 с всхожесть увеличилась в 2,33 раза и составила 93,33%. Наихудшим вариантом оказался режим СВЧ-обработки при мощности 700 Вт и экспозиции 1 с, на котором всхожесть составила 33,33%, что на 16,68% меньше контрольных значений.

Из общих тенденций графика можно отметить схожий характер реакции семян ячменя на разную экспозицию – внутри графика одной мощности средние значения продолжительности обработки (11 с) проявляют наибольший положительный эффект; остальные менее благоприятны.

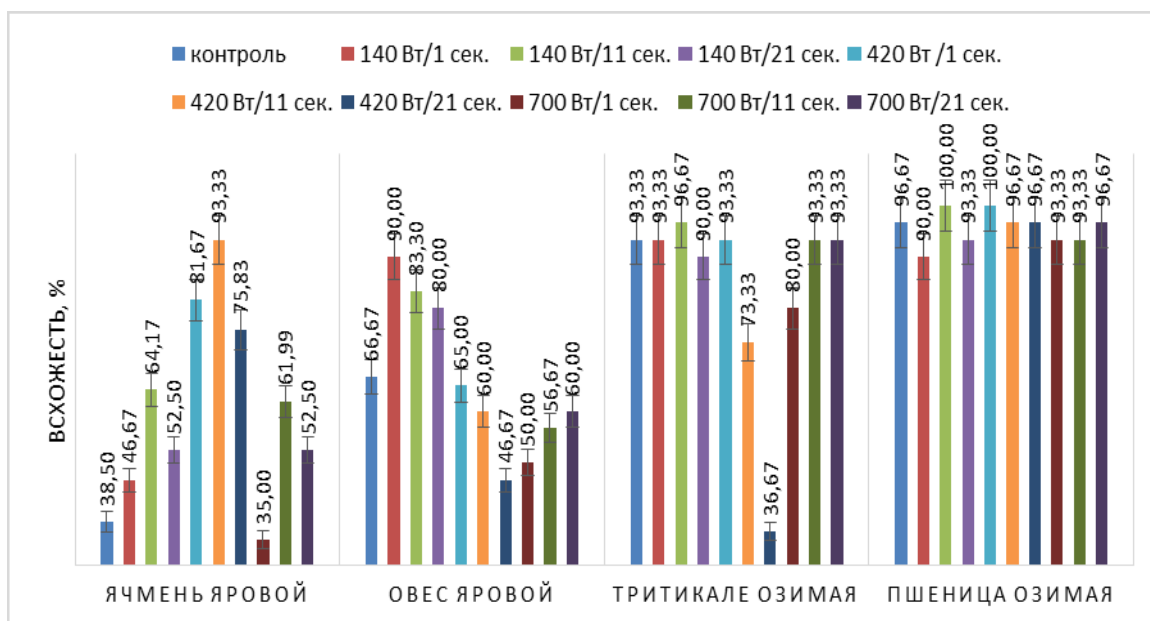


Рис. Влияние ЭМП СВЧ на всхожесть семян злаков, %

Всхожесть изучаемого образца зерна ярового овса сорта Фобос, как и ячменя, оказалась довольно низкой и составила всего 66,67%. Абсолютное большинство используемых режимов СВЧ-обработки оказались неблагоприятными для жизнеспособности зародыша семени и привели к снижению всхожести до уровня 46,67-65,00%. На этих вариантах использова-

лись средний и высокий уровни мощности ЭМП СВЧ – 420 и 700 Вт соответственно, что, видимо, является чрезмерным для данной культуры и данного сорта. Два экспериментальных режима при малой мощности 140 Вт приводят к увеличению жизнеспособности зародыша семени и повышению всхожести. Максимальный эффект стимулирующего действия ЭМП отмечается при

минимальной экспозиции. Так, при продолжительности воздействия 1 сек. удалось добиться существенного (на 35,00% по сравнению с контрольными данными) повышения всхожести, вплоть до 90,00%. Однако увеличение времени воздействия нивелирует положительный стимулирующий эффект (при средней экспозиции обработки в течение 11 с. происходит снижение витальных характеристик семени), а дальнейшее увеличение, напротив, оказывается благоприятным – при выдержке ЭМП СВЧ 21 с показатели всхожести превышают контрольные значения на 20,00%.

Обращает на себя внимание тот факт, что увеличение всхожести семян овса от режима к режиму происходит плавно и последовательно, в отличие, например, от графиков озимых культур. Самым неблагоприятным режимом СВЧ-обработки для семян овса сорта Фобос является 420 Вт/21 с – он приводит к уменьшению числа всхожих семян до минимально зафиксированных в эксперименте значений – 46,67%, что ниже контрольных значений на 30,00%. Характер выявленных зависимостей витальных показателей позволяет отнести их к немонотонным изменениям – гормезису [7]. Наши данные согласуются с выводом ученых о том, что эффект прайминга (стимулирования) какого-либо физиолого-биохимического процесса наблюдается при воздействии изучаемого стресс-фактора в виде влияния низкой интенсивности или при кратковременной обработке, в то время как высокоинтенсивная или продолжительная обработка семян растений сверхвысококалостотным излучением выражается в негативных последствиях и ухудшении роста и развития [8]. Таким образом, данный эффект в теории гормезиса объясняется наличием двухфазной реакции на внешний фактор. На практике это выражается в том, что реакция на низкую и высокую дозу одного и того же стрессора может быть разнонаправленной [9].

Очень низкий уровень вариабельности демонстрируют семена озимой пшеницы сорта Новосибирская 2 при обработке ЭМП СВЧ – на всех вариантах, включая контрольный образец, всхожесть колеблется в пределах 10% – от 90,00% (140 Вт/1 с) до 100,00% (140 Вт/11 с,

420 Вт/1 с). Таким образом, семена озимой пшеницы проявляют толерантность к изучаемому стресс-фактору.

Всхожесть исходного зерна озимой тритикале сорта Омская (контрольный вариант) составила 93,33%, она осталась неизменной на таких режимах СВЧ-обработки, как 140 Вт/1 с, 420 Вт/1 с, 700 Вт/11 с и 700 Вт/21 с. Единственный вариант – 140 Вт/11 с – привел к незначительному улучшению данного показателя – до уровня 96,67%. Остальные режимы неблагоприятно отражаются на жизнеспособности исследуемых семян – всхожесть относительно первоначальной снижается до уровня от 36,67% (420 Вт/21 с) до 90,00% (140 Вт/21 с). Таким образом, озимая тритикале сорта Омская не проявляет такую высокую отзывчивость на ЭМП СВЧ по данному параметру. В целом, можно сказать, что всхожесть остается примерно на одном и том же уровне, за исключением одного режима обработки – 420 Вт/21 с.

Заклучение

Полученные данные свидетельствуют о том, что проведенная СВЧ-обработка приводит к увеличению всхожести за счет стимуляции прорастания тех семян, которые в обычных условиях не прорастают или прорастают позже. Подобный результат объясняется неоднородностью партий семян, в которых присутствуют семена как с высокой жизнеспособностью, так и с пониженными витальными показателями. Причины этой неоднородности известны и в практике зернопроизводства практически неустранимы – пестрота эдафических условий на полях, разное качество формирующегося зерна на разных ярусах колоса, неодинаковая устойчивость к фитопатогенам и абиотическим стрессам вследствие генетической неоднородности популяции. В таких условиях электромагнитная обработка сверхвысокой частоты способна существенно – от 3,33% до 2,33 раза – увеличить всхожесть разных злаковых яровых и озимых культур, что можно использовать при производстве товарного зерна. Характер влияния электромагнитного поля сверхвысокой частоты на семена яровых культур – ячменя и овса – относится к гормезису, т.е. двухфазной реакции живого организма на стрессор.

Библиографический список

1. Korablev R.A., Belocurov V.P., Busarin E.N. (2021). Effect mechanisms of ultrahigh-frequency radiation on biological objects. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 875 012017. DOI 10.1088/1755-1315/875/1/012017.
2. Lazim, S.K.; Ramadhan, M.N. (2020). Effect of microwave and UV-C radiation on some germination parameters of barley seed using mathematical models of Gompertz and logistic: analysis study. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, v. 33, n. 2, p. 28-41. <https://doi.org/10.37077/25200860.2020.33.2.03>.
3. Bezpalko V. V. et al. Pre-sowing treatment of winter wheat and spring barley seeds with the extremely high frequencies electromagnetic field // *Ukrainian Journal of Ecology*. – 2021. – Т. 11. – №. 1. – P. 62-71.
4. Ivankov, A., et al. (2021). Changes in Agricultural Performance of Common Buckwheat Induced by Seed Treatment with Cold Plasma and Electromagnetic Field. *Applied Sciences*, 11 (10), 4391. <https://doi.org/10.3390/app11104391>.
5. Бахчевников О. Н., Брагинец А. В. Применение микроволнового излучения для предпосевной обработки семян (обзор) – Текст: непосредственный // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. – 2023. – №. 3 (71). – С. 509-526.
6. Cecchetti, D., et al. (2022). Treatment of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seeds with Electromagnetic Field Influences Germination and Phytohormone Balance Depending on Seed Size. *Agronomy*, 12 (6), 1423. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061423>.
7. Ерофеева, Е. А. Гормезис и парадоксальные эффекты у растений в условиях автотранспортного загрязнения и при действии поллютантов в эксперименте: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / Ерофеева, Елена Александровна. – Нижний Новгород, 2017. – 45 с.
8. Bondy S. C. (2023). The Hormesis Concept: Strengths and Shortcomings. *Biomolecules*, 13 (10), 1512. <https://doi.org/10.3390/biom13101512>.

References

1. Korablev R.A., Belocurov V.P., Busarin E.N. (2021). Effect mechanisms of ultrahigh-frequency radiation on biological objects. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 875 012017. DOI 10.1088/1755-1315/875/1/012017.
2. Lazim, S.K.; Ramadhan, M.N. (2020). Effect of microwave and UV-C radiation on some germination parameters of barley seed using mathematical models of Gompertz and logistic: analysis study. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, v. 33, n. 2, p. 28-41. <https://doi.org/10.37077/25200860.2020.33.2.03>.
3. Bezpalko V.V., et al. Pre-sowing treatment of winter wheat and spring barley seeds with the extremely high frequencies electromagnetic field // *Ukrainian Journal of Ecology*. – 2021. – Т. 11. – No. 1. – P. 62-71.
4. Ivankov, A., et al. (2021). Changes in Agricultural Performance of Common Buckwheat Induced by Seed Treatment with Cold Plasma and Electromagnetic Field. *Applied Sciences*, 11 (10), 4391. <https://doi.org/10.3390/app11104391>.
5. Bakhchevnikov, O.N. Primenenie mikrovolnovogo izlucheniya dlya predposevnoy obrabotki semyan (obzor) / O.N. Bakhchevnikov, A.V. Braginets // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie*. – 2023. – No. 3 (71). – S. 509-526. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-03-51.
6. Cecchetti, D., et al. (2022). Treatment of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seeds with Electromagnetic Field Influences Germination and Phytohormone Balance Depending on Seed Size. *Agronomy*, 12 (6), 1423. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061423>.
7. Erofeeva E.A. Gormezis i paradoksalnye efekty u rasteniy v usloviyakh avtotransportnogo zagryazneniya i pri deystvii pollyutantov v eksperimente: avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk. – N. Novgorod, 2017. – 45 s.
8. Bondy S. C. (2023). The Hormesis Concept: Strengths and Shortcomings. *Biomolecules*, 13 (10), 1512. <https://doi.org/10.3390/biom13101512>.

