

О ВЛИЯНИИ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА ЛИКАМЕРО

И.В. ИВАНОВ, Л.А. СОКОЛОВА, А.Р. РЫБОЧКИН, К.В. ШПАКОВ

(Калужский филиал РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Работа посвящена изучению влияния постоянного магнитного поля на прорастание семян пшеницы яровой сорта Ликамеро. В опыте изучалось воздействие северного и южного полюсов магнитов на количество и массу проростков. Индукция искусственно созданного магнитного поля в зоне расположения семян не превышала 14 мТл. Дисперсионный анализ результатов опытов показал, что с вероятностью 0,95 магнитное поле не влияет на количество проростков и не увеличивает их массу. Есть тенденция снижения массы проростков под южным полюсом магнита. В течение опыта усиление влагопоглощения при наличии магнитного поля, а также остаточная намагниченность у семян не наблюдались. Отсюда сделан вывод о нецелесообразности магнитной обработки прорастающих семян пшеницы данного сорта.

Ключевые слова: магнитное поле, магнитная индукция, проростки пшеницы яровой.

Введение

Влияние постоянного магнитного поля на живые организмы изучено слабо, поэтому в настоящее время в этой области биофизики отсутствуют общепризнанные теоретические и экспериментальные результаты [1–5].

Начиная с середины прошлого века в научной литературе периодически появляются довольно противоречивые сведения о морфологических изменениях у растений после пребывания в постоянном магнитном поле [6–13]. Одна из последних работ [14] посвящена проращиванию семян различных культур в постоянном магнитном поле. В данной работе утверждается, что увеличение биомассы культуры на пятые сутки составляет порядка 20%. Кроме того, по мнению исследователей, семена, побывавшие в магнитном поле, приобретают остаточную намагниченность, а замачивание семян в «омагниченной» воде улучшает их всхожесть. Если это действительно так, то постоянное магнитное поле может быть эффективно применено при выращивании микрорзелени, поскольку это проростки растений, содержащие максимальное количество биологически активных веществ, все шире вводимые в рацион питания человека и сельскохозяйственных животных. В связи с этим нахождение и отработка приемов, позволяющих стимулировать увеличение количества и массы проростков пищевых культур, являются актуальными [15].

В целом ткани растений являются диамагнетиками с предельно слабо выраженным диамагнетизмом: к примеру, магнитная проницаемость воды всего на 9×10^{-6} меньше единицы. Ферромагнитных частиц в растениях нет. Что же касается движущихся во внутри- и внеклеточных жидкостях ионов, то действующая на них магнитная сила (сила Лоренца) на несколько порядков меньше электрических сил, действующих на эти ионы [5]. Поэтому, на наш взгляд, влияние постоянных магнитных полей на растения в указанных источниках сильно преувеличено. Получение «омагниченной» воды тоже вызывает ряд вопросов. Поскольку молекулы воды – диполи электрические, а не магнитные (их магнитный момент предельно мал), то и упорядочивать их может только электрическое поле, причем порядок у молекул будет отнюдь

не идеальным по причине их тепловых колебаний. Магнитное поле совершенно не способно справиться с этими колебаниями. Более того, оно вообще не способно поворачивать диполи по причине непотенциальности: магнитное поле не меняет кинетическую энергию движущегося заряда, а для поворота диполя ее нужно поменять [5].

Некоторые авторы пытаются привлечь химические и квантовые принципы [13]: например, влияние магнитного поля на содержащиеся в клетках свободные радикалы, имеющие нескомпенсированный магнитный момент, и как следствие – на перекисное окисление фосфолипидов мембран как на один из путей их утилизации. Приведем другой пример: влияние постоянного магнитного поля на спин-селективные ферментные реакции синтеза АТФ в митохондриях с участием креатинкиназы и АТФазы, химическая реакционная способность которых определяется магнитным моментом ядер магния в этих ферментах.

Исходя из вышесказанного, мы решили проверить приведенные доводы экспериментально, взяв за основу схему опыта белорусских исследователей из БГСХА [14]. В нашу задачу входило определить влияние постоянного магнитного поля (северного и южного полюсов) на изменение количества и массы проростков пшеницы. Параметры прорастания оценивали в соответствии с рекомендациями, предложенными в работах [16, 17].

Материал и методика исследований

Для проверки влияния постоянного магнитного поля на всхожесть семян использовались семена яровой пшеницы сорта Ликамеро. Опыт закладывался трижды в трех вариантах с четырехкратной повторностью: первый вариант – контроль-проращивание семян в естественном геомагнитном поле Земли; второй вариант – обработка семян северным полюсом магнита; третий вариант – обработка семян южным полюсом магнита.

В каждую из 12 чашек Петри (90 × 15 мм) на сухую фильтровальную бумагу укладывалось 50 семян и дозированно добавлялось 6 мл воды. В контроле чашки не подвергались воздействию избыточного магнитного поля. На крышках чашек в опытных вариантах посередине устанавливались кольцевые ферритовые магниты в различной полярности: на 4 чашках – северным полюсом вниз, на оставшихся 4 чашках – южным полюсом вниз. Кольцевые ферритовые магниты (60 × 25 × 9 мм) обеспечивали распределение магнитной индукции в зоне расположения семян, как показано на диаграмме (рис. 1).

Замеры производились в физической лаборатории РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева измерителем остаточной намагниченности ИОН-7. Как следует из графика, величина искусственно созданного магнитного поля не превышает 14 мТл, хотя и достаточно высока по сравнению с геомагнитным полем, которое в наших широтах составляет порядка 40–50 мкТл.

Опыты проводились при следующих внешних физических параметрах окружающей среды. Температура и относительная влажность воздуха в лаборатории во время эксперимента составляли соответственно $24 \pm 2^\circ\text{C}$ и $50 \pm 2\%$. Освещенность поверхности столов с биологическим материалом не превышала 150 лк, искусственное досвечивание или затемнение не применялись. При этом для создания одинаковой освещенности проростков крышки чашек с контролем накрывались резиновыми кольцами с размерами как у кольцевых магнитов. Чашки не открывались, и вода в них не добавлялась.

Исследования проводились по стандартной методике с определением количества и массы проростков в каждой чашке на 5-е сутки после посева. Взвешивание производилось на точных лабораторных весах ВМ-512 с погрешностью 0,01 г. Полученные данные прошли математическую обработку (дисперсионный анализ) с расчетом основных статистических параметров опыта и выяснением достоверности выдвинутой гипотезы. Для этого использовалась программа Microsoft Excel [16].



Рис. 1. Распределение магнитного поля в чашке Петри на уровне расположения семян

Результаты и их обсуждение

Результаты трех опытов (в марте-апреле, в мае и июне 2022 г.) представлены в таблице 1.

Дисперсионный анализ количества проростков во всех опытах показал несущественные различия между вариантами. Увеличение массы проростков на чашку Петри под воздействием северного полюса магнита также является несущественным, поскольку разности между средними значениями вариантов опыта меньше наименьшей существенной разности (HCP_{05}).

В двух опытах наблюдалось незначительное (менее 5%), но в рамках математической обработки существенное снижение массы проростков на чашку Петри под действием южного полюса магнита. Практически опыт с вероятностью 0,95 показал, что магнитное поле не увеличивает массу проростков пшеницы сорта Ликамеро. Есть тенденция снижения массы проростков под южным полюсом магнита.

Таблица 1

Результаты воздействия магнитного поля на проростки пшеницы яровой сорта Ликамеро (средние данные на чашку Петри)

Даты	28.03.–2.04.2022 г.		23.05.–28.05.2022 г.		8.06.–13.06.2022 г.	
Вариант/параметры проростков	Количество проростков, шт.	Масса проростков, г	Количество проростков, шт.	Масса проростков, г	Количество проростков, шт.	Масса проростков, г
1 Контроль	37,50	4,28	45,00	5,30	48,00	5,64
2 Север	37,00	4,18	44,50	5,21	47,00	5,49
3 Юг	36,50	4,12	44,25	5,04	48,00	5,42
HCP_{05}	2,61	0,26	3,19	0,24	3,11	0,20

Стоит дополнить, что ускоренного влагопоглощения при наличии магнитного поля у проростков не было: на 5-е сутки относительная влажность воздуха в каждой чашке составляла около 100%, на что указывали небольшие капли воды

на внутренней поверхности крышек. Кроме того, остаточной намагниченности у побывавших в магнитном поле семян пшеницы мы не обнаружили.

Несмотря на то, что в работе [14] проведены исследования с проращиванием семян большого разнообразия культур, на наш взгляд, недостатком является однократная повторность для каждой культуры: одна чашка Петри – контроль, вторая и третья – обработка северным и южным полюсами соответственно. Для проращивания отбиралось по 100 шт. семян, а для крупносемянных культур – по 50 шт. Для проведения достоверной статистической обработки этого явно недостаточно [16].

Выводы

Проведенный трехкратно опыт по исследованию влияния искусственного постоянного магнитного поля на прорастание семян яровой пшеницы дал отрицательный результат по сравнению с результатом белорусских исследователей. Мы проводили опыт по схеме опыта в БГСХА так, что параметры чашек Петри и магнитного поля были аналогичными [14].

Полученная на 5-е сутки биомасса проростков, а также их количество в контроле и при обработке северным полюсом постоянного магнита в наших опытах по результатам математической обработки отличались незначительно. По этой причине сделан вывод о том, что магнитное поле не увеличивает всхожесть семян и накопление массы проростков пшеницы яровой сорта Ликамеро при обработке северным полюсом, а при обработке южным полюсом прослеживается тенденция уменьшения массы проростков. Поэтому, на наш взгляд, магнитная обработка прорастающих семян пшеницы данного сорта является нецелесообразной.

Библиографический список

1. *Новицкий Ю.И.* Реакция биологических систем на магнитные поля. – М.: Наука, 1978. – 273 с.
2. *Бинги В.Н., Савин А.В.* Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы // *Успехи физических наук.* – 2003. – Т. 173, № 3. – С. 265–300.
3. *Бинги В.Н.* Принципы электромагнитной биофизики. – М.: Физматлит, 2011. – 591 с.
4. *Гак Е.З.* Магнитные поля и водные электролиты – в природе, научных исследованиях, технологиях. – СПб.: Элмор, 2013. – 535 с.
5. *Иванов И.В.* Основы физики и биофизики. – СПб.: Лань, 2012. – 208 с.
6. *Богатина Н.И., Литвин В.М., Травкин М.П.* Влияние магнитного поля на скорость роста проростков пшеницы Мироновская-808 // *Электронная обработка материалов.* – 1983. – № 2. – С. 80–83.
7. *Серегина М.Т., Павлова Н.А., Алимова З.И.* Биологическое действие магнитного поля на рост, развитие и продуктивность растений озимых зерновых культур // *Электронная обработка материалов.* – 1991. – № 1. – С. 67–71.
8. *Козырский В.В., Савченко В.В., Синявский А.Ю.* Влияние предпосевной обработки в магнитном поле на посевные качества семян сельскохозяйственных культур // *Вестник ВИЭСХ.* – 2017 – № 2. – С. 132–136.
9. *Савченко В.В., Синявский А.Ю.* Влияние предпосевной обработки в магнитном поле на посевные качества семян кукурузы // *Инновации в сельском хозяйстве.* – 2017. – № 3. – С. 20–24.
10. *Сидорцов И.Г.* Повышение эффективности воздействия постоянного магнитного поля на семена зерновых культур при их предпосевной обработке: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Черноград, 2008. – 19 с.

11. Шалатонин В.И., Верещако Г.Г. Влияние униполярного магнитного поля на биологические объекты // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2016. – № 7. – С. 234–238.
12. Клочков А.В., Емельяненко А.А., Федосов К.С. Параметры индукции при объемном расположении магнитов // Вестник Барановичского государственного университета. – Серия «Технические науки». – 2021. – № 1. – С. 10–18.
13. Новицкий Ю.И., Новицкая Г.В., Молоканов Д.Р., Сердюков Ю.А., Юсупова И.У. Влияние слабого постоянного магнитного поля на состав и содержание липидов в листьях салата // Известия РАН. – Серия «Биологическая». – 2015. – № 5. – С. 487–494.
14. Клочков А.В., Клочкова О.С., Соломко О.Б. Проращивание семян в магнитном поле // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3. – С. 163–168.
15. Соколова Л.А., Васильева В.А. Влияние нормы высева и субстратов на выращивание микрозелени редьки масличной // Аграрная наука. – 2021. – № 6. – С. 65–68.
16. Кирюшин Б.Д., Усманов Р.Р., Васильев И.П. Основы научных исследований в агрономии. – М.: КолосС, 2009. – 398 с.
17. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Методы исследования и параметры // Известия ТСХА. – 2017. – № 2. – С. 5–19.

ON THE EFFECT OF A CONSTANT MAGNETIC FIELD
ON THE GERMINATION OF SPRING WHEAT SEEDS
OF THE LIKAMERO VARIETY

I.V. IVANOV, L.A. SOKOLOVA, A.R. RYBOCHKIN, K.V. SHPAKOV

(Kaluga branch of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

This work is devoted to the study of the effect of a constant magnetic field on the germination of spring wheat seeds of the Lycamero variety. In the experiment, the effect of the north and south poles of magnets on the number and mass of seedlings was studied. The induction of the artificially created magnetic field in the seed location area did not exceed 14 mT. The dispersion analysis of the experimental results showed that, with a probability of 0.95, the magnetic field does not affect the number of seedlings and does not increase their mass. There is a tendency to decrease the mass of seedlings under the south pole of the magnet. During the experiment, increased moisture absorption in the presence of a magnetic field, as well as residual magnetization in seeds was not observed. For this reason, it is concluded that magnetic treatment of germinating wheat seeds of this variety is impractical.

Key words: *magnetic field, magnetic induction, spring wheat seedlings.*

References

1. Novitskiy Yu.I. Reaktsiya biologicheskikh sistem na magnitnye polya [Response of biological systems to magnetic fields]. М.: Nauka, 1978: 273. (In Rus.)
2. Bingi V.N., Savin A.V. Fizicheskie problemy deystviya slabykh magnitnykh poley na biologicheskie sistemy [Physical problems of the action of weak magnetic fields on biological systems]. Uspekhi fizicheskikh nauk. 2003; 173 (3): 265–300. (In Rus.)
3. Bingi V.N. Printsipy elektromagnitnoi biofiziki [Principles of electromagnetic biophysics]. М.: Fizmatlit, 2011: 591. (In Rus.)

4. *Gak E.Z.* Magnitnye polya i vodnye elektrolity – v prirode, nauchnykh issledovaniyakh, tekhnologiyakh [Magnetic fields and aqueous electrolytes – in nature, scientific research, technology]. S-Pb.: Elmor, 2013: 535. (In Rus.)

5. *Ivanov I.V.* Osnovy fiziki i biofiziki [Fundamentals of Physics and Biophysics]. S-Pb.: Lan', 2012: 208. (In Rus.)

6. *Bogatina N.I., Litvin V.M., Travkin M.P.* Vliyanie magnitnogo polya na skorost' rosta prorostkov pshenitsy Mironovskaya-808 [Effect of magnetic field on growth rate of Mironovskaya-808 wheat seedlings]. *Electronnaya obrabotka materialov.* 1983; 2: 80–83. (In Rus.)

7. *Seregina M.T., Pavlova N.A., Alimova Z.I.* Biologicheskoe deystvie magnitnogo polya na rost, razvitiye i produktivnost' rasteniy ozimnykh zernovykh kul'tur [Biological effect of magnetic field on growth, development and productivity of plants of winter cereal crops]. *Electronnaya obrabotka materialov.* 1991; 1: 67–71. (In Rus.)

8. *Kozyrskiy V.V., Savchenko V.V., Sinyavskiy A.Yu.* Vliyanie predposevnoy obrabotki v magnitnom pole na posevnye kachestva semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Effect of pre-sowing treatment in a magnetic field on the sowing qualities of the seeds of agricultural crops]. *Vestnik VIESKh.* 2017; 2: 132–136. (In Rus.)

9. *Savchenko V.V., Sinyavskiy A.Yu.* Vliyanie predposevnoi obrabotki v magnitnom pole na posevnye kachestva semyan kukuruzy [Effect of pre-sowing treatment in a magnetic field on the seeding quality of maize seeds]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve.* 2017; 3: 20–24. (In Rus.)

10. *Sidortsov I.G.* Povyshenie effektivnosti vozdeystviya postoyannogo magnitnogo polya na semena zernovykh kul'tur pri ikh predposevnoy obrabotke. Avtoref dis. kand. tehn. nauk [Increasing the effectiveness of permanent magnetic field effect on the seeds of cereal crops during their pre-sowing treatment. PhD (Eng) thesis]. *Zernograd,* 2008: 19. (In Rus.)

11. *Shalatonin V.I., Vereshchako G.G.* Vliyanie unipolyarnogo magnitnogo polya na biologicheskie ob"ekty [Effect of unipolar magnetic field on biological objects]. *Doklady Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki.* 2016; 7: 234–238. (In Rus.)

12. *Klochkov A.V., Emel'yanenko A.A., Fedosov K.S.* Parametry induksii pri ob"emnom raspolozhenii magnetov [Induction parameters in case of volumetric arrangement of magnets]. *Vestnik Baranovichskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya tekhnicheskie nauki.* 2021; 1: 10–18. (In Rus.)

13. *Novitskiy Yu.I., Novitskaya G.V., Molokanov D.R., Serdyukov Yu.A., Yusupova I.U.* Vliyanie slabogo postoyannogo magnitnogo polya na sostav i sodержanie lipidov v listyakh salata [Effect of weak constant magnetic field on the composition and content of lipids in lettuce leaves]. *Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya.* 2015; 5: 487–494. (In Rus.)

14. *Klochkov A.V., Klochkova O.S., Solomko O.B.* Prorashchivanie semyan v magnitnom pole [Seed germination in a magnetic field]. *Vestnik Baranovichskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii.* 2020; 3: 163–168. (In Rus.)

15. *Sokolova L.A., Vasil'yeva V.A.* Vliyanie normy vyseva i substratov na vyrashchivanie mikrozeleni red'ki maslichnoy [Effect of seeding rate and substrates on cultivation of oil radish microgreens]. *Agrarnaya nauka.* 2021; 6: 65–68. (In Rus.)

16. *Kiryushin B.D., Usmanov R.R., Vasil'ev I.P.* Osnovy nauchnykh issledovaniy v agronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. M.: Kolos S, 2009: 398. (In Rus.)

17. *Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R.* Kinetika prorastaniya semyan. Metody issledovaniya i parametry [Kinetics of seed germination. Research methods and parameters]. *Izvestiya TSKhA.* 2017; 2: 5–19. (In Rus.)

Иванов Игорь Владимирович, канд. физ. – мат. наук, доцент кафедры механизации сельскохозяйственного производства Калужского филиала ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (248007, Российская Федерация, г. Калуга, ул. Вишневого, 27; тел.: (4842) 72–50–22; e-mail: mcxa_iv@inbox.ru)

Соколова Лариса Александровна, канд. биол. наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров Калужского филиала ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязев (248007, Российская Федерация, г. Калуга, ул. Вишневого, 27; тел.: (4842) 72–50–22; e-mail: chaika12@gmail.com)

Рыбочкин Антон Русланович, студент кафедры механизации сельскохозяйственного производства Калужского филиала ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (248007, Российская Федерация, г. Калуга, ул. Вишневого, 27; e-mail: megusta300500@gmail.com)

Шпаков Кирилл Викторович, студент кафедры механизации сельскохозяйственного производства Калужского филиала ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязев (248007, Российская Федерация, г. Калуга, ул. Вишневого, 27; e-mail: shpakov.kirill2k2@yandex.ru)

Igor' V. Ivanov, PhD (Phys and Math), Associate Professor of the Department of Mechanization of Agricultural Production, Kaluga branch of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (27 Vishnevskogo Str., Kaluga, 248007, Russian Federation; phone: (4842) 72–50–22; E-mail: mcxa_iv@inbox.ru)

Larisa A. Sokolova, PhD (Bio), Associate Professor of the Department of Land Management and Cadastre, Kaluga branch of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (27 Vishnevskogo str., Kaluga, 248007, Russian Federation; phone: (4842) 72–50–22; E-mail: chaika12@gmail.com)

Anton R. Rybochkin, student, the Department of Mechanization of Agricultural Production, Kaluga branch of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (27 Vishnevskogo str., Kaluga, 248007, Russian Federation; E-mail: megusta300500@gmail.com)

Kirill V. Shpakov, student, the Department of Mechanization of Agricultural Production, Kaluga branch of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (27 Vishnevskogo str., Kaluga, 248007, Russian Federation; E-mail: shpakov.kirill2k2@yandex.ru)