

УДК 577.359

**ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРЕДПОСЕВНОЙ  
МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ**

© 2023 Т. И. Васильева<sup>1</sup>, Н. А. Роденко<sup>1,2</sup>, В. А. Глуценков<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,  
г. Самара, Россия

<sup>2</sup> Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 15.02.2023

Известно, что предварительная обработка семян растений электромагнитным полем низкой интенсивности способствует повышению энергии прорастания и увеличению всхожести семян. Представляет интерес оценить влияние импульсного магнитного поля (ИМП) высокой напряженности на сельскохозяйственные культуры. В рамках данной работы предполагается оценить влияние ИМП на всхожесть семян пшеницы мягкой *Triticum aestivum*. В работе применялись импульсные магнитные поля с характеристиками, используемыми в технике при выполнении операций штамповки, сборки, сварки и других (напряженность магнитного поля  $H=(0,03\div 0,16) 10^6$  А/м, частота разрядного тока  $f=40\div 71$  кГц. Контрольная партия семян не подвергалась обработке импульсным магнитным полем. После воздействия ИМП производилось выращивание растений в условиях гидропоники. Семена проращивались в течение 3-х дней в темноте, затем на свету в течение 11 дней. На пятый, седьмой, девятый и одиннадцатый дни отбирались пробы листьев и корней для оценки биометрических показателей. В результате выполненных поисковых исследований, было установлено неоднозначное влияние ИМП на стимуляцию развития проростков пшеницы. При определенных параметрах ИМП было зафиксировано увеличение всхожести семян в 2 раза после их обработки ИМП, что определяет перспективность данного научного направления. Требуются дальнейшие углубленные исследования в направлении взаимодействия ИМП с семенами растений, что даст возможность приблизиться к пониманию причин механизма магнитно-импульсного воздействия.

*Ключевые слова:* предпосевная обработка, импульсное магнитное поле, всхожесть, биометрические показатели, пшеница мягкая (*Triticum aestivum*).

DOI: 10.37313/2782-6562-2023-2-1-3-10

EDN: TEBQVM

*Список используемых сокращений:* ИМП – импульсное магнитное поле.

**ВВЕДЕНИЕ**

Существует необходимость повышения качества семян через стимулирование их всхожести. Для этой цели используются различные факторы физического воздействия на посевной материал, оказывающие в дальнейшем влияние на морфологические характеристики растений, на сроки их созревания [1].

*Васильева Татьяна Ивановна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии, биотехнологии и биоинженерии Самарского университета.*

*E-mail: vastaty@rambler.ru*

*Роденко Наталья Алексеевна, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории «Биоинженерия» Самарского федерального исследовательского центра РАН. E-mail: t.rodenko@mail.ru*

*Глуценков Владимир Александрович, кандидат технических наук, профессор, заведующий лабораторией «Биоинженерия» Самарского федерального исследовательского центра РАН. E-mail: vgl@ssau.ru*

Проблеме предпосевной обработки семян растений различными физическими факторами с целью стимуляции их развития и увеличения урожайности посвящено достаточно большое количество научных работ [2-6], где показано более сорока видов такого воздействия, в том числе магнитными полями [7-9]. Цель обработки семян магнитным полем их стимуляция, приводящая к повышению всхожести, росту энергии прорастания, усилению обмена веществ в растениях, что влечет за собой улучшение качества продукции, ускорение созревания, увеличение урожайности на 15-30% [10-12]. Описание влияния искусственных магнитных полей на прорастание семян можно найти в работах. Так, сухие семена пшеницы после их предварительного намагничивания прорастают более интенсивно, чем обычные. Магнитное поле в два раза ускоряет прорастание семян овса, ячменя, льна, ржи и кукурузы. В магнитном поле у растений усиливается дыхание листьев, быстрее растут стебли

и корни. Установлено, что при напряжённости магнитного поля в четыре раза превышающем естественное земное, семена злаков дают более крупные всходы, все клетки которых увеличены в размерах. Был отмечен положительный стимулирующий эффект прорастания семян зерновых, зернобобовых и масленичных и других растений при применении магнитного поля с индукцией  $B=8-10$  мТл [13]. В импульсном магнитном поле у семян ириса мечевидного происходит увеличение всхожести до 44% слабо прорастающих семян [14]

Целью данной работы было оценить влияние импульсного магнитного поля высокой напряженности на изменение прорастания семян пшеницы мягкой *Triticum aestivum*.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Воздействие импульсным магнитным поле на семена пшеницы мягкой *Triticum aestivum* проводили в стандартном пенициллиновом флаконе при этом материал пенициллинового флакона является магнетопрозрачным. Флакон с семенами помещался в индуктор-катушку, после чего проводилась обработка семян ИМП на магнитно-импульсной установке (рисунок 1) [15,16].

Эксперименты по обработке семян проводились на магнитно-импульсных установках,

параметры которых представлены в таблице 1.

В экспериментах растения пшеницы мягкой выращивались на чашках Петри в условиях гидропоники, при комнатной температуре, оптимальной освещенности и продолжительности светового дня. Субстратом являлась фильтровальная бумага. Растения поливались дистиллированной водой для исключения влияния растворенных в ней солей на рост и развитие растений [17]. Проращивание семян осуществляли в течение 3-х дней в темноте, а затем на свету в течение 11 дней. На пятый, седьмой, девятый и одиннадцатый дни отбирались пробы листьев и корней для оценки биометрических показателей.

Статистическую обработку полученных данных проводили стандартным способом с помощью t-критерия Стьюдента. Статистически значимыми считали различия с уровнем  $p < 0,05$  [18].

Программа экспериментов включала в себя воздействие ИМП на семена пшеницы мягкой импульсным магнитным полем с параметрами, представленными в таблице 2.

Для замеров параметров магнитно-импульсного воздействия на семена пшеницы был создан экспериментальный стенд, который включал в себя: датчик замеров тока (пояс Роговского) и датчи напряженности магнитного поля (датчик Холла), осциллограф, магнитно-импульсную установку с индуктором. Величины

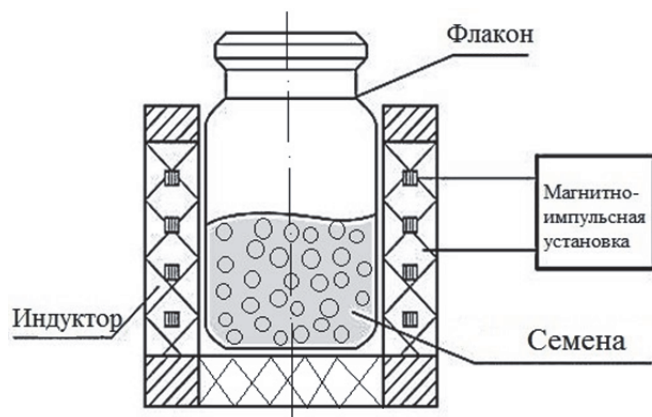


Рис. 1. Схема воздействия ИМП на семена пшеницы мягкой

Таблица 1. Параметры используемых магнитно-импульсных установок

Запасаемая энергия, $W_{min...W_{max}}$ , кДж	Напряжение разряда, $U$ , кV	Собственная частота разрядного тока, $f$ , кГц	Емкость $C_0$ , мкф	Индуктивность $L_0$ , мкГн
МИУ-15				
0,05...19,3	1...20	55	100	0,09
МИУ-10				
0,02...9,9	1...19,5	95	50	0,05

Таблица 2. Параметры воздействия ИМП на семена растений

Магнитно-импульсная установка	W энергия, кДж	H напряженность 10 <sup>6</sup> , А/м	f частота разрядного контура, кГц	n количество импульсов, шт
МИУ-15	0,05	0,03	40	1 и 5
	0,20	0,06		
	0,45	0,09		
МИУ-10	0,02	0,16	71	

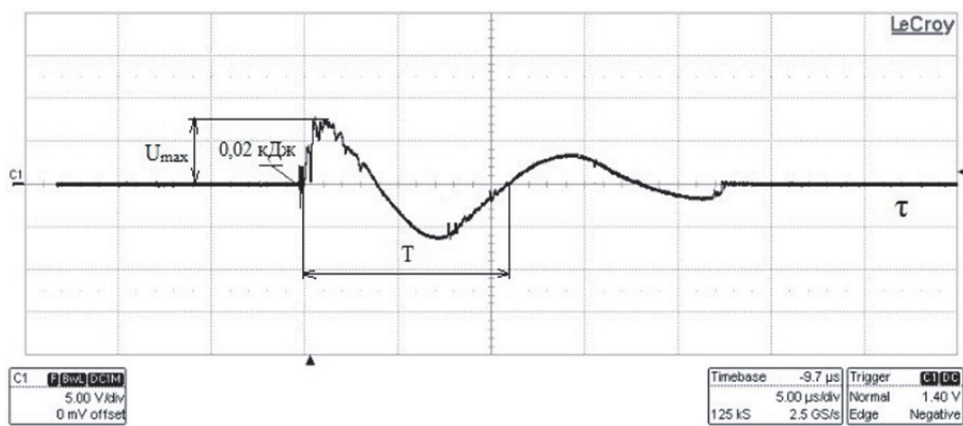


Рис. 2. Осциллограмма напряженности магнитного поля при воздействии с энергией W=0,02 кДж

напряженности магнитного поля H и частотные характеристики f получены после обработки осциллограмм токовых кривых (рисунок 2).

При вычислении величины напряженности магнитного поля учитывался коэффициент преобразования  $S_n \left( \frac{\text{А} \cdot \text{кГц}}{\text{м} \cdot \text{В}} \right)$  от индуктивного датчика импульсного магнитного поля. По осциллограмме определялась максимальная амплитуда сигнала  $U_{\text{max}}$  (В), производился расчет частоты разряда по формуле  $f = \frac{1}{T}$  (кГц). Расчет величины напряженности магнитного поля H (А/м) осуществлялся по следующей формуле:  $H = \frac{S_n \cdot U_{\text{max}}}{f}$  (А/м).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам проведенного эксперимента по обработке ИМП семян пшеницы мягкой *Triticum aestivum* были получены изменения биометрических показателей листьев и корней проростков пшеницы в зависимости от интенсивности магнитно-импульсного воздействия (табл. 3 и 4).

При обработке семян ИМП с напряженностью магнитного поля  $H=0,03 \cdot 10^6$  А/м было обна-

ружено: достоверное снижение длины листьев проростков пшеницы относительно контроля на 16%, при n=1, снижение длины листьев на 22% при n=5, снижение длины корней проростков при воздействии ИМП при n=5 на 32%.

После предпосевной обработки ИМП семян пшеницы мягкой *Triticum aestivum* при напряженности магнитного поля  $H=0,06 \cdot 10^6$  А/м (увеличении напряженности в 2 раза) обнаружены также отклонения в длине листьев относительно контроля в сторону уменьшения на 16%. При этом длина корней снижалась относительно контроля на 32% при количестве импульсов n=1 и n=5.

После предпосевной обработки ИМП при напряженности  $H=0,09 \cdot 10^6$  А/м с n=1 и n=5 было зафиксировано стимулирующее действие на длину листьев проростков на 18-20% относительно контроля и зафиксировано ингибирующее действие на рост корней на 40 и 47% соответственно.

На следующем этапе исследования при дальнейшем увеличении напряженности магнитного поля до  $H=0,16 \cdot 10^6$  А/м производилась обработка ИМП семян пшеницы при более высокой частоте  $f=71$  кГц с количеством импульсов n=1 и n=5, были получены следующие результаты, представленные на рисунках 3 и 4.

**Таблица 3.** Влияние предпосевной обработки ИМП с различными характеристиками на биометрические показатели листьев проростков пшеницы

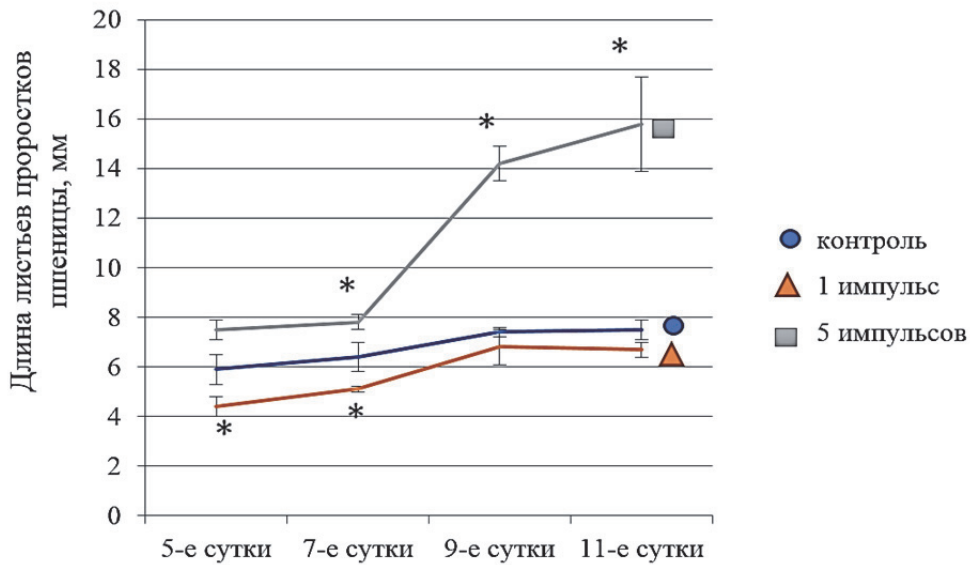
Параметры ИМП		Биометрические показатели листьев, мм			
С воздействием ИМП		5-е сутки	7-е сутки	9-е сутки	11-е сутки
Число импульсов n, шт	Напряженность Н·10 <sup>6</sup> , А/м				
1	0,03	6,1 ±0,4	10,3 ±0,5*	12,4 ±0,4*	16,4 ±0,2*
	0,06	5,8 ±0,3	11,5 ±0,4	15,6 ±0,5*	16,4 ±0,6*
	0,09	6,2 ±0,2	11,0 ±0,4*	16,8 ±0,5*	22,8 ±0,4*
5	0,03	2,7 ±0,2*	6,3 ±0,4*	12,4 ±0,5*	15,1 ±0,3*
	0,06	5,4 ±0,3	10,6 ±0,5*	16,5 ±0,4*	20,1 ±0,5
	0,09	5,4 ±0,5	11,8 ±0,5	18,5 ±0,5*	23,2 ±0,4*
Контроль (без воздействия ИМП)		5,7 ±0,4	11,8 ±0,3	13,9 ±0,4	19,4 ±0,4

Примечание: \* - отличие от контроля достоверно с уровнем значимости p<0,05

**Таблица 4.** Влияние предпосевной обработки ИМП с различными характеристиками на биометрические показатели корней проростков пшеницы

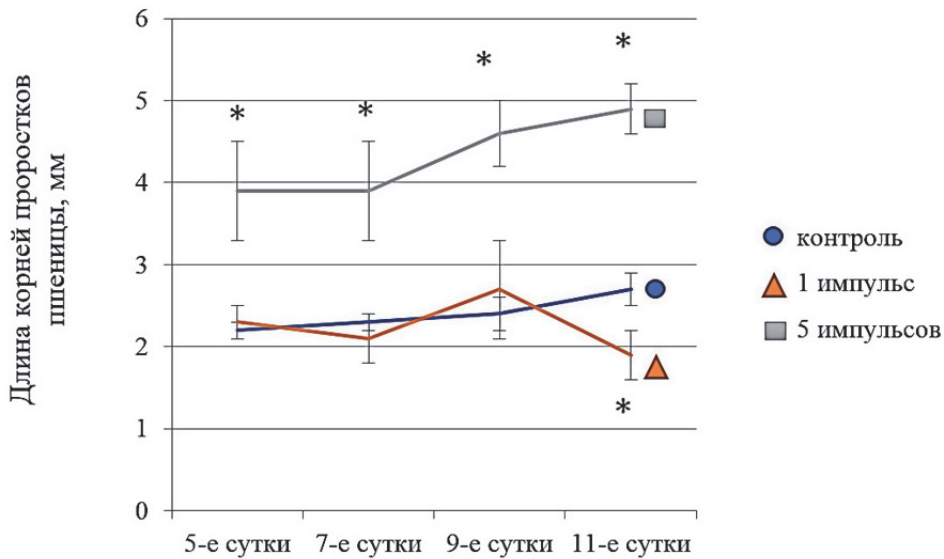
Параметры ИМП		Биометрические показатели корней, мм			
С воздействием ИМП		5-е сутки	7-е сутки	9-е сутки	11-е сутки
Число импульсов n, шт	Напряженность Н, А/м				
1	0,03	7,6 ±0,3*	8,5 ±0,3*	9,6 ±0,4*	12,0 ±0,4
	0,06	6,2 ±0,4	6,8 ±0,4	7,2 ±0,4	8,6 ±0,4*
	0,09	5,6 ±0,5	6,1 ±0,3	6,4 ±0,4	6,7 ±0,3*
5	0,03	2,1 ±0,3*	2,8 ±0,4*	7,4 ±0,4	7,6 ±0,5*
	0,03	6,2 ±0,3	6,64 ±0,3	7,0 ±0,4	8,7 ±0,5*
	0,09	6,5 ±0,4	6,8 ±0,3	7,0 ±0,4	7,66 ±0,4*
Контроль (без воздействия ИМП)		6,0 ±0,4	6,3 ±0,3	6,8 ±0,3	12,7 ±0,3

Примечание: \* - отличие от контроля достоверно с уровнем значимости p<0,05



\* - отличие от контроля достоверно с уровнем значимости  $p < 0,05$

**Рис. 3.** Влияние предпосевной обработки ИМП семян пшеницы мягкой *Triticum aestivum* при  $H=0,16 \cdot 10^6$  А/м,  $f=71$  кГц и  $n=1 \div 5$  на биометрические показатели листьев проростков пшеницы



\* - отличие от контроля достоверно с уровнем значимости  $p < 0,05$

**Рис. 4.** Влияние предпосевной обработки ИМП семян пшеницы мягкой *Triticum aestivum* при  $H=0,16 \cdot 10^6$  А/м,  $f=71$  кГц и  $n=1 \div 5$  на длину корней проростков пшеницы

Из приведенного рисунка видно, что на напряженности магнитного поля  $H=0,16 \cdot 10^6$  А/м количестве импульсов  $n=1$  происходило снижение длины листьев проростков пшеницы незначительно относительно контроля только (на 5-е и 7-е сутки), а затем при количестве импульсов  $n=5$  было зафиксировано достоверное увеличение длины листьев проростков пшеницы в 2 раза на протяжении всего эксперимента.

При этом при  $n=1$  длина корней проростков пшеницы относительно контроля практически не отличалась от контроля. Однако при обработке семян пшеницы с количеством импульсов

$n=5$ , наблюдалось достоверное увеличение длины корней проростков пшеницы в 1,8 раза относительно контроля в течение всего эксперимента (рисунок 4).

## ВЫВОДЫ

При обработке семян пшеницы мягкой *Triticum aestivum* ИМП при  $H=0,03 \cdot 10^6$  А/м и  $H=0,06 \cdot 10^6$  А/м с частотой  $f=40$  кГц происходило снижение длины листьев и корней проростков пшеницы, а при напряженности магнитного поля  $H=0,09 \cdot 10^6$  А/м при той же частоте независимо от количества импульсов наблюдалась

активация роста листьев проростков пшеницы.

При воздействии ИМП с другой более высокой частотной характеристикой с  $f=71$  кГц при напряженности магнитного поля  $H=0,16 \cdot 10^6$  А/м отмечалось стимулирующее действие ИМП на листья и корни проростков пшеницы. Важно отметить, что наиболее выраженное стимулирующее действие наблюдалось при наибольшем количестве импульсов  $n=5$ .

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухопалова, Т.П. Совершенствование приемов предпосевной обработки почвы и посева при выращивании льна-долгунца / Т.П. Сухопалова // Международный аграрный журнал. – 2000. – №4. – С.36-38.
2. Кальясова, Е.А. Изменение активности и изоферментного состава супероксиддисмутазы в растениях гороха посевного под действием импульсного магнитного поля / Е.А. Кальясова, Ю.В. Синицына, Е.В. Берестова, А.П. Веселов // Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине: научные труды VIII Международного конгресса. – Санкт-Петербург, 2018. – С.45.
3. Нижарадзе, Т.С. Влияние предпосевной обработки семян на водный режим и устойчивость к септориозу твердой яровой пшеницы в лесостепи Самарской области / Т.С. Нижарадзе, Р.Г. Кирсанов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – №3 (83). – С. 62-65.
4. Донецких, В.И. Современные технические средства магнитно-импульсной обработки для повышения эффективности способов размножения плодовых культур / В.И. Донецких, М.Т. Упадышев, Г.Ю. Упадышева // Инновации в сельском хозяйстве. – 2018. – №2 (27). – С. 132-138.
5. Бъядовский, И.А. Действие импульсного магнитного поля на процессы адаптации и вегетативного развития микрорастений клоновых подвоев яблони *Malus Mill* / И.А. Бъядовский, М.Т. Упадышев. Плодоводство и ягодоводство России. – 2022. – Т.68. №7. – С. 7-14.
6. Богатина, Н. И. Влияние магнитного поля на скорость роста проростков пшеницы Мироновская-808 / Н. И. Богатина, В. М. Литвин, М. П. Травкин // Электронная обработка материалов. – 1985. – № 2. – С. 80-83.
7. Трифонова, М.Ф. Физические факторы в растениеводстве / М. Ф. Трифонова, О. В. Бляндур, А. М. Соловьев. – Москва: Колос, 1998. – 351 с.
8. Новицкий, Ю. И. К вопросу об ориентации корней в геомагнитном поле / Ю.И. Новицкий, М.П. Травкин // Химия. Ботаника. Зоология: Материалы научно-методической конференции. – Белгород, 1970. – С. 73-76.
9. Дубров, А. П. Геомагнитное поле и жизнь. – Ленинград.: Гидрометеиздат, 1974. – 176 с.
10. Нормов, Д. А. Электроозонирование в сельском хозяйстве / Д.А. Нормов, Д.А. Овсянников. – Краснодар, 2008. – 311 с.
11. Сидорцов, И. Г. Повышение эффективности воздействия постоянного магнитного поля на семена зерновых культур при их предпосевной обработке: автореферат кандидата технических наук / И.Г. Сидорцов. – зерноград, 2008. – 19 с.
12. Новицкий, Ю.И. Реакция растений на магнитные поля / Ю.И. Новицкий - М.: Наука, 1978. – С. 119-130.
13. Клочков, А.В. Проращивание семян в магнитном поле. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии / А.В. Клочков, О.С. Клочкова, О.Б. Соломко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – №3. – С.163-168.
14. Сорокопудова, О.А. Стимуляция всхожести семян *Iris ensata Thunb* магнитными импульсами с изменяемой частотой / О.А. Сорокопудова, В.И. Донецких, З.В. Долганова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия, биология, фармация. – 2016. – №2. – С. 98-101.
15. Глуценков, В.А. Технология Магнитно-Импульсной обработки материалов / В.А. Глуценков, В.Ф. Карпучин. – Самара: Издательский дом Федоров, 2014. – 193 с.
16. Юсупов, Р.Ю. Энергетические установки для магнитно-импульсной обработки материалов / Р.Ю. Юсупов, В.А. Глуценков. – Самара: Издательский дом Фёдоров, 2013. – 123 с.
17. Чесноков, В. А. Выращивание растений без почвы / В.А. Чесноков, Е.Н. Базырина. – Ленинград: Издательство Ленинградского университета, 1960. – 169 с.
18. Фролов, Ю. П. Математические методы в биологии. ЭВМ и программирование: Теоретические основы и практикум / Ю. П. Фролов – Самара: Самарский университет, 1997. – 205 с.

## EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF PRE-SOWING MAGNETIC-PULSED TREATMENT OF SOFT WHEAT SEEDS

© 2023 T. I. Vasilyeva<sup>1</sup>, N. A. Rodenko<sup>1,2</sup>, V. A. Glushchenkov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov, Samara, Russia

<sup>2</sup>Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Samara, Russia

It is known that seed pretreatment of plants by low intensity electromagnetic field contributes to an increase in germination energy and seed germination. It is of interest to evaluate the effect of high intensity pulsed magnetic field (PMF) on agricultural crops. This work intends to evaluate the effect of PMF on germination of soft wheat *Triticum aestivum* seeds. Pulsed magnetic fields with the characteristics used in machinery for stamping, assembling, welding, and other operations were applied in this work (intensity of magnetic field  $H=(0,03\div 0,16) \cdot 10^6$  A/m, frequency of discharge current  $f=40\div 71$  kHz). The control batch of seeds was not treated with a pulsed magnetic field. After exposure to PMF, plants were grown under hydroponic conditions. The seeds were germinated for 3 days in the dark, then in the light for 11 days. On the fifth, seventh, ninth and eleventh days, leaf and root samples were taken for biometric evaluation. As a result of the exploratory studies carried out, an ambiguous effect of PMF on the stimulation of wheat seedling development was found. Under certain parameters of PMF, a 2-fold increase in seed germination after treatment with PMF was recorded, which determines the prospects of this research area. Further in-depth studies on the interaction of PMF with plant seeds are required, which will provide an opportunity to get closer to understanding the causes of the mechanism of magnetic-impulse action.

**Key words:** pre-sowing treatment, pulsed magnetic field, germination, biometric indicators, soft wheat (*Triticum aestivum*).

DOI: 10.37313/2782-6562-2023-2-1-3-10

EDN: TEBQVM

*List of used abbreviations:* PMF - pulsed magnetic field.

### REFERENCES

1. *Suhopalova, T.P.* Sovershenstvovanie priemov predposevnoj obrabotki pochvy i poseva pri vyrashchivanii l'na-dolgunca / T.P. Suhopalova // *Mezhdunarodnyj agrarnyj zhurnal*. – 2000. – №4. – S.36-38.
2. *Kal'jasova, E.A.* Izmenenie aktivnosti i izofermentnogo sostava superoksiddismutazy v rasteniyah goroha posevnogo pod dejstviem impul'snogo magnitnogo polya / E.A. Kal'jasova, Yu.V. Sinicya, E.V. Berestova, A.P. Veselov // *Slabye i sverhslabye polya i izlucheniya v biologii i medicine: nauchnye trudy VIII Mezhdunarodnogo kongressa*. – Sankt-Peterburg, 2018. – S.45.
3. *Nizharadze, T.S.* Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan na vodnyj rezhim i ustojchivost' k septoriozu tverdoj yarovoj pshenicy v lesostepi Samarskoj oblasti / T.S. Nizharadze, R.G. Kirsanov // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2020. – №3 (83). – S. 62-65.
4. *Doneckih, V.I.* Sovremennye tekhnicheskie sredstva magnitno-impul'snoj obrabotki dlya povysheniya effektivnosti sposobov razmnozheniya plodovyh kul'tur / V.I. Doneckih, M.T. Upadyshev, G.Yu. Upadysheva // *Innovacii v sel'skom hozyajstve*. – 2018. – №2 (27). – S. 132-138.
5. *B'yadovskij, I.A.* Dejstvie impul'snogo magnitnogo polya na processy adaptacii i vegetativnogo razvitiya mikrorastenij klonovyh podvoev yabloni Malus Mill / I.A. B'yadovskij, M.T. Upadyshev. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. – 2022. – T.68. №7. – S. 7-14.
6. *Bogatina, N. I.* Vliyanie magnitnogo polya na skorost' rosta prorstkov pshenicy Mironovskaya-808 / N. I. Bogatina, V. M. Litvin, M. P. Travkin // *Elektronnaya obrabotka materialov*. – 1983. – № 2. – S. 80-83.
7. *Trifonova, M.F.* Fizicheskie faktory v rastenievodstve / M. F. Trifonova, O. V. Blyandur, A. M. Solov'ev. – Moskva: Kolos, 1998. – 351 s.
8. *Novickij, Yu. I.* K voprosu ob orientacii kornej v geomagnitnom pole / YU.I. Novickij, M.P. Travkin // *Himiya. Botanika. Zoologiya: Materialy nauchno-metodicheskoy konferencii*. – Belgorod, 1970. – S. 73-76.
9. *Dubrov, A. P.* Geomagnitnoe pole i zhizn'. – Leningrad.: Gidrometeoizdat, 1974. – 176 s.
10. *Normov, D.A.* Elektroozonirovanie v sel'skom hozyajstve / D.A. Normov, D.A. Ovsyannikov. – Krasnodar, 2008. – 311 s.
11. *Sidorcov, I.G.* Povyshenie effektivnosti vozdeystviya postoyannogo magnitnogo polya na semena zernovyh kul'tur pri ih predposevnoj obrabotke: avtoreferat kandidata tekhnicheskikh nauk / I.G. Sidorcov. – Zernograd, 2008. – 19 s.
12. *Novickij, Yu.I.* Reakciya rastenij na magnitnye polya / Yu.I. Novickij - M.: Nauka, 1978. – S. 119-130.
13. *Klochkov, A.V.* Prorashchivanie semyan v magnitnom pole. *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii / A.V. Klochkov, O.S. Klochkova, O.B. Solomko // Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2020. – №3. – S.163-168.
14. *Sorokopudova, O.A.* Stimulyaciya vskhozhesti semyan Iris ensata Thunb magnitnymi impul'sami s izmenyaemoj chastotoj / O.A. Sorokopudova, V.I. Doneckih, Z.V. Dolganova // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya, biologiya, farmaciya*. – 2016. – №2. – S. 98-101.
15. *Glushchenkov, V.A.* Tekhnologiya Magnitno-Impul'snoj obrabotki materialov / V.A. Glushchenkov,

- V.F. Karpuhin. – Samara: Izdatel'skij dom Fedorov, 2014. – 193 s.
16. *Yusupov, R.Yu.* Energeticheskie ustanovki dlya magnitno-impul'snoj obrabotki materialov / R.Yu. Yusupov, V.A. Glushchenkov. – Samara: Izdatel'skij dom Fyodorov, 2013. – 123 s.
17. *Chesnokov, V. A.* Vyrashchivanie rastenij bez pochvy / V.A. Chesnokov, E.N. Bazyrina. – Leningrad: Izdatel'stvo Leningradskogo universiteta, 1960. – 169 s.
18. *Frolov, Yu.P.* Matematicheskie metody v biologii. EVM i programmirovaniye: Teoreticheskie osnovy i praktikum / Yu. P. Frolov – Samara: Samarskij universitet, 1997. – 205 s.

---

*Tatyana Vasilyeva, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biochemistry, Biotechnology and Bioengineering, Samara University.*

*E-mail: vastaty@rambler.ru*

*Natalia Rodenko, Postgraduate Student, Junior Researcher of the Bioengineering Laboratory of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences.*

*E-mail: t.rodenko@mail.ru*

*Vladimir Glushchenkov, Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Bioengineering Laboratory of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. E-mail: vgl@ssau.ru*