

ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ (*Triticum aestivum* L.) ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Н.С. ЛЕВИНА¹, Ю.В. ТЕРТЫШНАЯ^{1, 2}, И.А. БИДЕЙ¹, О.В. ЕЛИЗАРОВА¹,
Л.С. ШИБРЯЕВА^{1, 2}

Для получения высококачественной растительной продукции актуален поиск эффективных физических биостимуляторов, повышающих продуктивность сельскохозяйственных культур. Имеется множество работ, посвященных воздействию физических факторов (электрических и магнитных полей, ультрафиолетового, инфракрасного, лазерного облучения) на семенной материал, которое способствует повышению посевных свойств, усилению фотосинтетической активности, выживаемости и урожайности. Однако остается необходимость в более детальном изучении механизма энергетического воздействия на внутреннюю структуру семени, рост и развитие растений, а также выбора установок эффективных, простых по конструкции, невысокой стоимостью и высокой надежностью. В Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ совместно с Казахским национальным аграрным университетом разработана система низкочастотного электромагнитного облучения, которая устанавливается непосредственно на технологические узлы комбайна и обрабатывает семена в процессе уборочных работ. Цель настоящего исследования — оценка влияния низкочастотного электромагнитного поля различной интенсивности и времени облучения на посевные качества семян и биометрические показатели растений яровой пшеницы. Объектом исследований были семена яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Омская 18, облученные в процессе комбайновой уборки полей в ТОО «Уланская МТС» (Республика Казахстан) в сентябре 2015 года. Обработку семян проводили с использованием системы, разработанной на базе магнитотерапевтического аппарата Алмаг-02, установленной на зерноуборочном комбайне Енисей 1200 НМ. Использовали следующие программы облучения семян: в потоке (динамический режим) при значениях магнитной индукция $B = 6$ мТл и частоте $f = 10$ Гц; в статическом режиме при 6 мТл, 3 или 16 Гц в течение 3; 6; 9 мин; в потоке при 6 мТл, 3 или 16 Гц. Облученные и отобраные из бункера необлученные семена (контроль) использовали в экспериментальных исследованиях. Энергию прорастания и всхожесть семян определяли в лабораторных условиях. Семена проращивали в термостате LP-113 («Labor Muszeripari Muevek Esztergom», Венгрия) в темноте в чашках Петри на фильтровальной бумаге. Для оценки роста и развития проростков и растений их высевали в фитотрон Vic-Terra («ФНАЦ ВИМ», Россия). Обработка семян низкочастотным электромагнитным полем в течение 9 мин в статическом режиме повышала энергию прорастания и всхожесть семян на 12-13 %. При облучении семян в потоке всхожесть оказалась ниже контрольных значений. Так, при 6 мТл, 10 Гц всхожесть у образцов уменьшилась на 4,3 % при проращивании в термостате и на 3,5 % — в фитотроне. Оказалось, что по массе и высоте полученных растений облученные образцы превосходили необлученные. При облучении семян в статическом режиме в течение 9 мин при 6 мТл, 3 и 16 Гц масса одного растения составила соответственно 0,56 и 0,59 г. Наименьшее значение массы одного растения (0,46 г) отмечали при обработке семян в потоке при 6 мТл, 16 Гц. После хранения облученных семян в лабораторных условиях в течение 3 и 7 мес показатели энергии прорастания и всхожести остались удовлетворительными. Лучший результат показали семена, обработанные в статическом режиме в течение 9 мин при 6 мТл, 3 и 16 Гц. Снижение посевных качеств семян по изученным параметрам не превысило 6 %, что указывает на сохранение эффекта магнитного поля.

Ключевые слова: пшеница, *Triticum aestivum*, семена, низкочастотное электромагнитное поле, всхожесть, энергия прорастания, фитотрон.

Семена как носители генетического и биологического потенциала сорта в значительной степени определяют количество и качество производимой продукции, чем обусловлена роль семеноводства в устойчивом развитии растениеводства в целом (1-3). Прорастание семян, когда их питательные вещества претерпевают значительные качественные изменения, — один из критических периодов онтогенеза, оказывающий влияние на все этапы роста и развития растения. В семенах происходят физико-химические и физико-биологические процессы, а также морфологические модификации, приводящие к повышению проницаемости покровов, увеличивается активность гидролитических и окислительно-восстановительных

ферментов, ускоряется клеточное деление, активизируются реакции, обеспечивающие нормальные функции зародыша (4).

При хранении семян их биоэнергетический запас истощается, что может негативно сказаться на росте, развитии и болезнеустойчивости получаемых растений. Для восстановления потенциала используются различные способы предпосевной обработки семян, улучшающие их свойства и увеличивающие урожайность растений (5-7).

В последние годы для интенсификации растениеводства в практику сельского хозяйства стали активно внедрять электрофизические методы обработки растений и семян зерновых, овощных, бобовых культур (8, 9). К физическим факторам воздействия на посевной материал можно отнести электромагнитные поля разных диапазонов (от γ -излучения до радиочастотного дециметрового диапазона), рентгеновское излучение, ультрафиолетовое и оптическое излучение (особенно лазерное красное излучение с $\lambda = 632,8$ нм), инфракрасное излучение, электрическое поле коронного разряда, ультразвуковое воздействие (10, 11).

Опубликовано около 170 работ, отражающих результаты использования различных источников для облучения семян (8). Известны исследования, в которых воздействие слабых физических факторов приводило к стимуляции урожайности и повышению качества продукции (12, 13). Например, обработка лазером повышала электропроводимость растительных тканей на 10-14 %, улучшала ионообменные процессы, усиливала проницаемость биологических мембран, водопоглощение, резервные способности и защитные реакции семян. Увеличивалась площадь листовой поверхности, кустистость и болезнеустойчивость растений (8).

Применяя электромагнитное воздействие разной частоты, можно получить прибавку урожая на 10-12 %, уничтожить семенную инфекцию, увеличить энергию прорастания и всхожесть семян (14-16), повысить сопротивляемость растений к грибным и бактериальным заболеваниям (17, 18). В работе И.В. Егоровой с соавт. (19) приводятся данные, что обработка электромагнитным полем высоких частот (ЭМП СВЧ) повышает биологическую ценность зерна пшеницы за счет увеличения содержания некоторых водорастворимых витаминов, оказывает влияние на биометрические показатели зародышевых корней. Значительное число экспериментальных работ посвящено УФ-облучению посевного материала (20-23). Отмечена высокая чувствительность растений к условиям облучения (24, 25). Так, в коротковолновой области ($\lambda = 254$ нм) происходит подавление ростовых процессов, тогда как в средневолновой ($\lambda = 313$ нм) и длинноволновой ($\lambda = 365$ нм) — их стимуляция.

В исследованиях на зерновых, овощных, кормовых культурах было обнаружено, что кратковременное воздействие высоковольтного коронного разряда приводит к ускорению прорастания семян как в лабораторных, так и в полевых условиях. Энергия прорастания увеличивается на 5-22 %, возрастает число растений, доживших до урожая. Отмечено, что в начале роста растения из обработанных семян на 5-7 сут опережают в развитии выросших из необработанных семян, и такое опережение сохраняется в течение всего вегетационного периода. Считается, что в основном на энергию прорастания и повышение полевой всхожести семян при такой обработке положительно влияет их поверхностное обеззараживание (26), которое ограничивает распространение и степень развития мучнистой росы, бурой ржавчины, корневых гнилей и других болезней.

В настоящей работе мы впервые показали, что обработка семян яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) низкочастотным электромагнитным

излучением в статическом режиме при комбайновой уборке улучшает посевные свойства и биометрические показатели растений, а также повышает качество семян после хранения в течение 7 мес (лабораторные условия). При динамическом режиме облучения посевные качества семян и морфологические показатели растений оказались несколько хуже.

Нашей целью была оценка влияния низкочастотного электромагнитного поля при разной интенсивности и времени облучения на энергию прорастания, всхожесть семян и биометрические показатели растений яровой пшеницы в процессе роста и развития в условиях фитотрона.

Методика. Семена яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Омская 18 в процессе комбайновой уборки (ТОО «Уланская МТС», Республика Казахстан, сентябрь 2015 года) обрабатывали низкочастотным электромагнитным полем, используя излучатели магнитотерапевтического аппарата Алмаг-02 («Елатомский Приборный завод», Россия), которые были установлены на зерноуборочном комбайне Енисей 1200 НМ (ОАО «Красноярский завод комбайнов», Россия).

Система позволяла облучать как движущийся поток семян, так и неподвижную семенную массу, варьируя время воздействия и характеристики электромагнитного поля. Использовали следующие программы магнитотерапевтического аппарата: обработка семян в потоке (динамический режим) при значениях магнитной индукции $B = 6$ мТл и частоте $f = 10$ Гц (программа № 7); воздействие в статическом режиме в течение 3; 6; 9 мин при $B = 6$ мТл и $f = 3$ Гц или $f = 16$ Гц (соответственно программы № 22 или № 23); обработка в потоке по программам № 22 и № 23. Пробы, облученные в потоке, отбирали из-под верхней части нории, подающей семена от зернового шнека в бункер. При статическом режиме обработки образцы, взятые из необлученного бункерного семенного вороха, насыпали тонким слоем на неподвижную поверхность и сверху укладывали излучатели.

Облученные и отобранные из бункера необлученные семена (контроль) хранили в лабораторных условиях и использовали в исследованиях. Через 3 и 7 мес определяли энергию прорастания и всхожесть семян в соответствии с ГОСТ 12038-84 (27). Семена проращивали в термостате LP-113 («Labor Muszeripari Muvek Esztergom», Венгрия) в темноте в чашках Петри на фильтровальной бумаге (повторность 4-кратная). В каждой пробе было по 100 семян. Энергию прорастания определяли на 4-е сут, всхожесть — на 7-8-е сут.

Формирование всходов, рост и развитие растений изучали в режиме реального времени в вегетационно-климатической камере (фитотроне, габаритные размеры — 3100×1700×1400 мм) Vic-Terra («ФНАЦ ВИМ», Россия) в контролируемых условиях (28). В изолированном боксе фитотрона разместили 12 контейнеров (850×1300 мм). Установка была укомплектована системой освещения, компьютерного регулирования температуры и относительной влажности воздуха, а также полива. Посев проводили 4 декабря 2015 года в 12 контейнеров, заполненных почвой (рН 6,7-7,0). Глубина заделки семян составила 3-4 см. В каждом контейнере выделяли по две бороздки с расстоянием 15 см. Через 31 сут определяли биометрические показатели растений (масса и высота побегов, длина корней).

Данные экспериментов представлены в виде средней арифметической (X) и ее стандартной ошибки (x). Для вычислений использовали программы Statistica 8.0 («Dell Software Inc.», США) и Microsoft Excel 2007.

Результаты. Низкочастотное электромагнитное облучение семян пшеницы при статических режимах повышало энергию прорастания и всхожесть на 12,7 % (рис. 1, лабораторный тест). Семена, облученные в

потоке по всем программам, имели более низкие энергию прорастания и всхожесть по сравнению с контрольными значениями.

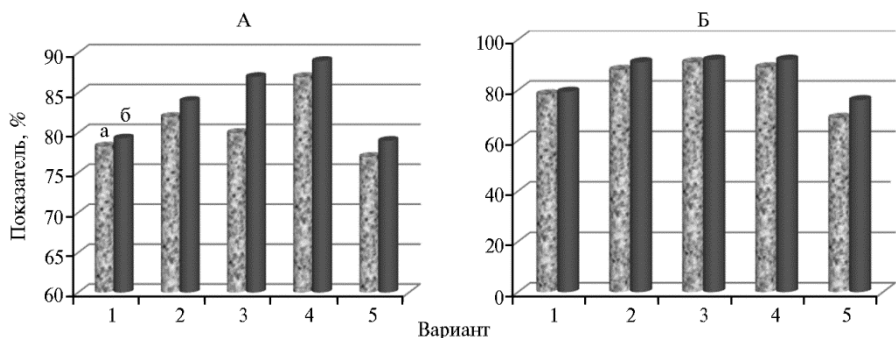


Рис. 1. Энергия прорастания (а) и всхожесть (б) семян яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Омская 18, облученных низкочастотным электромагнитным полем в статическом режиме и потоке при значениях магнитной индукция $B = 6$ мТл и частотах $f = 3$ Гц (А) и $f = 16$ Гц (Б) в течение разного времени: 1 — контроль (без обработки); 2 — 3 мин, 3 — 6 мин, 4 — 9 мин (статический режим); 5 — поток (лабораторный опыт).

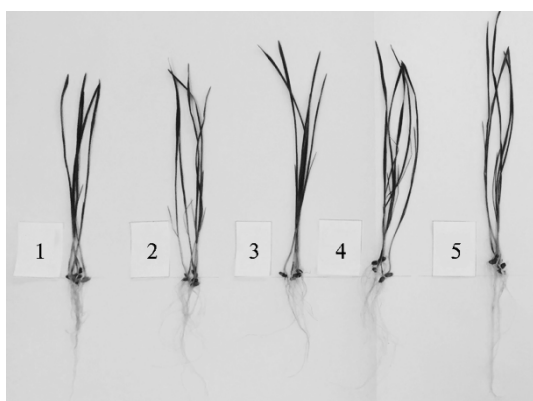


Рис. 2. Растения яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Омская 18, выросшие в фитотроне из семян, облученных низкочастотным электромагнитным полем, в начальную фазу кушения: 1, 2, 3 — контроль (без облучения), 4 и 5 — соответственно 3 и 9 мин облучения в статическом режиме при $B = 6$ мТл и $f = 3$ Гц.

Наибольшую всхожесть семян в фитотроне (89-90 %) отмечали при статическом облучении семян в течение 9 мин (6 мТл, 16 Гц). Самые ранние всходы появились на 8-е сут из семян, обработанных по программе № 23 в течение 6-9 мин. Стеблевой побег после выхода на поверхность развивал от 2 до 5 настоящих зеленых листьев и на некоторое время приостанавливал рост. В это время закладывались и формировались вторичные корни и новые стеблевые побеги, образующие разветвление главного побега. Развивалась корневая система, наступала фаза кушения (рис. 2).

Следует отметить, что корневая система растений из семян, облученных в статическом режиме, была более развита по сравнению с контролем и таковой у растений из семян, облученных в потоке.

Облучение семян пшеницы низкочастотным магнитным полем влияло на биометрические показатели выросших из них растений (табл. 1). Масса растений изменялась в зависимости от частоты импульсов и времени облучения. При использовании программы № 23 растения характеризовались большей массой, длиной корней и высотой. Так, общая масса свежесобранных растений была на 0,10-0,15 г выше аналогичных значений в варианте с облучением по программе № 22. При динамическом режиме обработки в потоке существенных различий между двумя программами не наблюдалось. Максимальную массу одного растения — 0,56 и 0,59 г получили при облучении семян в течение 9 мин по программам соответственно № 22 и № 23. Этот показатель был на 20-25 % выше, чем в контроле. Наименьшие значения общей массы (2,30-2,40 г) растений отмечали при обработке семян в потоке по всем программам (см. табл. 1).

1. Биометрические показатели в фазу кушения у растений яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Омская 18 в зависимости от режимах облучения семян низкочастотным электромагнитным полем (лабораторный опыт)

Показатель	К	П № 22				П № 23				П № 7 (п)
		время облучения, мин								
		3 (с)	6 (с)	9 (с)	(п)	3 (с)	6 (с)	9 (с)	(п)	
Общая масса растений, г	2,35	2,55	2,50	2,80	2,50	2,60	2,60	2,95	2,30	2,40
Δ, %		0,25	0,15	0,45	0,15	0,25	0,25	0,60	0,05	0,05
Масса одного растения, г	0,47	0,51	0,50	0,56	0,50	0,52	0,52	0,59	0,46	0,48
Δ, %		0,04	0,03	0,09	0,03	0,05	0,05	0,12	-0,01	0,01
Длина корней, см	2,12	2,24	3,28	2,50	3,70	3,90	3,00	4,90	3,80	3,30
Δ, %		0,12	1,16	0,36	1,58	1,78	0,88	2,78	1,68	1,18
Высота растений, см	29,0	30,2	36,6	38,5	38,0	34,7	35,0	36,4	30,2	32,7
Δ, %		1,2	7,6	9,5	9,0	5,7	6,0	7,4	1,2	3,7

Примечание. К — контроль, П — программа облучения (описание программ см. в разделе «Методика»); Δ, % — разница между показателями у растений из облученных и необлученных семян; п — облучение в потоке, с — статический режим. Относительная ошибка средних значений не превышала 5 %.

Представлялось важным узнать, сохраняется ли стимулирующий эффект электромагнитного поля при хранении семян в условиях лаборатории. Оказалось, что обработка семян низкочастотным магнитным полем положительно влияла на их качество после хранения (табл. 2).

2. Энергия прорастания и всхожесть семян яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Омская 18 после хранения в зависимости от режима их облучения низкочастотным электромагнитным полем ($X \pm x$, лабораторный опыт)

Показатель	К	П № 22				П № 23				П № 7 (п)
		время облучения, мин								
		3 (с)	6 (с)	9 (с)	п	3 (с)	6 (с)	9 (с)	п	
3 мес хранения										
Энергия прорастания (02.12.2015), %	78,3±1,2	82,0±0,9	80,0±1,1	87,0±0,8	77,0±1,2	88,0±1,2	91,0±0,8	89,0±0,9	69,0±1,3	74,0±1,4
Δ, %		3,7	1,7	8,7	-1,3	9,7	12,7	10,7	-9,3	-4,3
Всхожесть (09.12.2015), %	79,3±1,2	84,0±0,8	87,0±0,9	89,0±1,1	79,0±1,3	91,0±0,9	92,0±1,2	92,0±0,9	76,0±1,5	75,0±1,3
Δ, %		4,7	7,7	9,7	-0,3	11,7	12,7	12,7	-3,3	-4,3
7 мес хранения										
Энергия прорастания (15.04.2016), %	75,7±1,1	80,0±0,9	81,0±0,9	85,0±1,2	61,0±2,0	83,0±1,3	83,0±1,2	86,0±0,9	68,0±1,1	75,0±1,6
Δ, %		4,3	5,3	9,3	-14,7	7,3	7,3	10,3	-6,7	-0,7
Всхожесть (19.04.2016), %	77,7±1,3	84,0±1,2	85,0±0,9	88,0±1,1	66,0±1,4	86,0±0,9	86,0±0,8	89,0±1,2	69,0±1,4	76,0±1,3
Δ, %		6,3	7,3	10,3	-11,7	8,3	8,3	11,3	-8,7	-1,7

Примечание. К — контроль, П — программа облучения (описание программ см. в разделе «Методика»); Δ, % — разница между показателями у растений, выросших из облученных и необлученных семян; п — облучение в потоке, с — статический режим.

Максимальное повышение всхожести семян по сравнению с контролем (на 12,7 %) наблюдалось после 3 мес хранения в варианте с обработкой семян по программе № 23 (6 мТл, 16 Гц, 6 и 9 мин). После 7 мес хранения посевные качества семян несколько снижались по сравнению с регистрируемыми после 3 мес (см. табл. 2). Например, разница как в энергии прорастания, так и во всхожести при обработке семян по программе № 22 в статическом режиме (3-9 мин) не превысила 2,0 %. Всхожесть семян, обработанных по программе № 23, уменьшилась на 3-6 %. Следует отметить, что для семян, обработанных электромагнитным полем в потоке по программам № 22 и № 23, показатели были значительно ниже.

Таким образом, обработка семян пшеницы низкочастотным электромагнитным полем при уборке способствует увеличению энергии прорастания, всхожести, а в дальнейшем — массы, длины корней и высоты получаемых растений. Эффективность электромагнитного воздействия зависит от частоты импульсов и времени облучения семян. Наибольшее стимулирующее влияние на посевные качества семян и биометрические

показатели растений в наших опытах отмечено при обработке в течение 9 мин при электромагнитной индукции 6 мТл и частоте 16 Гц. Энергия прорастания и всхожесть семян возросли на 12-13 %, масса растений в фазу кущения увеличилась на 20-25 % по сравнению с контрольными образцами (семена без облучения). При обработке семян в потоке наблюдалось снижение их лабораторной всхожести. Выявлено положительное влияние магнитного поля на свойства семян после 3 и 7 мес хранения в лабораторных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Buchachenko A.L., Kouznetsov D.A., Arkhangel'sky S.E., Orlova M.A., Markarian A.A. Spin biochemistry: magnetic ^{24}Mg - ^{25}Mg - ^{26}Mg isotope effect in mitochondrial ADP phosphorylation. *Cell Biochem. Biophys.*, 2005, 43: 243-251 (doi: 10.1385/CBB:43:2:243).
2. Якушев В.П., Михайленко И.М., Драгавцев В.А. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожая зерновых культур в России. *Сельскохозяйственная биология*, 2015, 50(5): 550-560 (doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.550rus).
3. Demmig-Adams B., Adams W. Photoprotection in an ecological context: the remarkable complexity of thermal energy dissipation. *New Phytol.*, 2006, 172: 11-21 (doi: 10.1111/j.1469-8137.2006.01835.x).
4. Kreslavski V.D., Carpentier R., Klimov V.V., Allakhverdiev S.I. Transduction mechanisms of photoreceptor signals in plant cells (Review). *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 2009, 10: 63-80 (doi: 10.1016/j.jphotochemrev.2009.04.001).
5. Shi Q., Nie S.Q., Huang L.Q. New progression of chemical component and pharmacological studies of radix bupleuri. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae*, 2002, 8: 53-56.
6. Hirota N., Nakagawa J., Koichi K. Effects of a magnetic field on the germination of plants. *J. Appl. Phys.*, 1999, 85: 5717-5719 (doi: 10.1063/1.370262).
7. Юшкова Е.И., Павловская Н.Е., Ботуз Н.И. Рост и урожайность картофеля при обработке растений биологически активным веществом биогуруса. *Сельскохозяйственная биология*, 2013, 3: 73-76 (doi: 10.15389/agrobiology.2013.3.73rus).
8. Шибряева Л.С., Садыков Ж.С., Сполов Т.И., Жалнин Э.В., Садыкова С.Ж. Влияние воздействия разных видов излучений на зерновой материал /Под ред. Т.И. Есполова, Ж.С. Садыкова. Алматы, 2015.
9. Kreslavski V., Kobzar E., Ivanova E., Kuznetsov E. Effects of short-time red radiation and choline compounds on cytokinin content, chlorophyll accumulation, and photomorphogenesis in wheat seedlings. *Plant Growth Regul.*, 2005, 47: 9-15 (doi: 10.1007/s10725-005-0861-6).
10. Muneer S., Kim E.J., Park J.S., Lee J.H. Influence of green, red and blue light emitting diodes on multiprotein complex proteins and photosynthetic activity under different light intensities in lettuce leaves (*Lactuca sativa* L.). *Int. J. Mol. Sci.*, 2014, 15: 4657-4670 (doi: 10.3390/ijms15034657).
11. Pardo G.P., Aguilar C.H., Martinez F.R., Canseco M.M. Effects of light emitting diode high intensity on growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and broccoli (*Brassica oleracea* L.) seedlings. *Annual Research & Review in Biology*, 2014, 19: 2983-2994 (doi: 10.9734/ARRB/2014/10526).
12. Маркова С.В., Ксенз Н.В. Анализ электрических и магнитных воздействий на семена. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*, 2000, 5: 30-31.
13. Rakosy-Tican L., Augeri C.M., Morariu V.V. Influence of near null magnetic field on in vitro growth of potato and wild *Solanum* species. *Bioelectromagnetics*, 2005, 26: 548-557 (doi: 10.1002/bem.20134).
14. Sahebamei H., Abdolmaleki P., Ghanati F. Effects of magnetic field on the antioxidant enzyme activities of suspension-cultured tobacco cells. *Bioelectromagnetics*, 2007, 24: 42-47 (doi: 10.1002/bem.20262).
15. Abdolmaleki P., Ghanati F., Sahebamei H., Sarvestani A.S. Peroxidase activity, lignification and promotion of cell death in tobacco cells exposed to static magnetic field. *Environmentalist*, 2007, 27: 435-440 (doi: 10.1007/s10669-007-9080-1).
16. Alicamanoglu S., Sen A. Stimulation of growth and some biochemical parameters by magnetic field in wheat (*Triticum aestivum* L.) tissue cultures. *Afr. J. Biotechnol.*, 2011, 53: 10957-10963 (doi: 10.5897/AJB11.1479).
17. Кондратенко Е.П., Соболева О.М., Егорова И.В., Вербицкая Н.В. Моделирование признаков посевных качеств семян пшеницы под влиянием электромагнитной обработки. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*, 2014, 2: 157-162.

18. Ерохин А.И. Применение электромагнитных полей для предпосевной обработки семян. Земледелие, 2012, 5: 46-48.
19. Егорова И.В., Кондратенко Е.П., Соболева О.М., Вербицкая Н.В. Влияние обработок зерна пшеницы электромагнитным полем на содержание водорастворимых витаминов. Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы, 2014, 1: 22-23.
20. Farrukh A., Vaqar M.A., Hasan M. Photochemoprevention of ultraviolet B signaling and photocarcinogenesis. Mutation Res., 2005, 571(1-2): 153-173 (doi: 10.1016/j.mrfmmm.2004.07.019).
21. Kovács E., Keresztes Á. Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cells. Micron, 2002, 33(2): 199-210 (doi: 10.1016/S0968-4328(01)00012-9).
22. Stratmann J. Ultraviolet-B radiation co-opts defense signaling pathways. Trends Plant Sci., 2003, 8: 526-533 (doi: 10.1016/j.tplants.2003.09.011).
23. Stapleton A.E., Walbot V. Flavonoids can protect maize DNA from the induction of UV radiation damage. Plant Physiol., 1994, 105: 881-889 (doi: 10.1104/pp.105.3.881).
24. Pfeiffer A., Kunkel T., Hiltbrunner A., Neuhaus G., Wolf I., Speth V., Adam E., Nagy F., Schafer E. A cell-free system for light-dependent nuclear import of phytochrome. Plant J., 2009, 57: 680-689 (doi: 10.1111/j.1365-313X.2008.03721.x).
25. Тертышная Ю.В., Левина Н.С., Елизарова О.В. Воздействие ультрафиолетового излучения на всхожесть и ростовые процессы семян пшеницы. Сельскохозяйственные машины и технологии, 2017, 2: 31-36 (doi: 10.22314.2073-7599-2017.2.31-36).
26. Сидоренко В.М. Механизм влияния слабых магнитных полей на живой организм. Биофизика, 2001, 46(3): 500-504.
27. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М., 2011.
28. Гришин А.П. Приложения принципов синергетики для моделирования процесса орошения в фитотроне. Сельскохозяйственные машины и технологии, 2011, 5: 20-23.

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,

109428 Россия, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5,

e-mail: levina_vim@mail.ru;

²ФГБУН Институт биохимической физики

им. Н.М. Эмануэля РАН,

119334 Россия, г. Москва, ул. Косыгина, 4,

e-mail: terj@rambler.ru

Поступила в редакцию

3 августа 2016 года

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2017, V. 52, № 3, pp. 580-587

PRESOWING TREATMENT OF SEEDS OF SPRING WHEAT WITH LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD

N.S. Levina¹, Yu.V. Tertyshnaya^{1, 2}, I.A. Bidey¹, O.V. Elizarova¹, L.S. Shibryaeva^{1, 2}

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5, 1-i Institutskii proezd, Moscow, 109428 Russia, e-mail levina_vim@mail.ru;

²N.M. Emanuel Institute of Biochemical Physics RAS, Federal Agency of Scientific Organizations, 4, ul. Kosygina, Moscow, 119334 Russia, e-mail terj@rambler.ru

ORCID: Levina N.S. orcid.org/0000-0003-2922-2670

The authors declare no conflict of interests

Received August 3, 2016

doi: 10.15389/agrobiologia.2017.3.580eng

Abstract

Seeking for effective natural stimulants that enhance crop productivity is relevant to ensure high quality yield production. The influence of physical factors (e.g. electric and magnetic fields, ultraviolet, infrared, laser irradiation) on seeds which contributes to an increase in sowing properties, plant photosynthetic activity, survival and yield is in the focus for researchers. However, a more detailed study of the mechanism of energy influence on the internal seed structure, plant growth and development still remained relevant. Besides, it is necessary to develop effective, simple, reliable and low cost devices for agrophysical stimulation. The Federal Scientific Agroengineering Center VIM together with the Kazakh National Agrarian University has developed low frequency electromagnetic radiation construct which is mounted directly on combine-harvester to expose seeds to electromagnetic field during harvesting. The purpose of this study is to assess the sowing qualities of seeds and biometric indicators of the derived plants of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) variety Omskaya 18, as influenced by low frequency electromagnetic fields depending on intensity and time of irradiation. The seeds were harvested in September 2015 (Republic of Kazakhstan). The construct used was developed on the basis of the magnetotherapy apparatus Almag-02, placed on a combine-harvester Enisey 1200 NM (Russia). We compared different modes of seed exposure. These were flow treatment (a dynamic mode) at magnetic induction $B = 6$ mT and frequency $f = 10$ Hz; static treatment for 3, 6, and 9 min at 6 mT and 3 Hz/16 Hz, and flow treatment at 6 mT and 3 Hz/16 Hz. Irradi-

ated and non-irradiated seeds (control) were used in further studies. Seed germination parameters were estimated in laboratory tests. The seeds were germinated on filter paper in Petri dishes in darkness in a thermostat LP-113 (Labor Muszeripari Muek Esztergom, Hungary). To assess the growth and development of seedlings and plants we used a phytotron Vic-Terra (FSAC VIM, Russia). Treatment with low frequency electromagnetic field for 9 min in static mode increased seed germination energy and germination rate by 12-13 %. When irradiating seed flow, germination was below the control, e.g. at 6 mT, 10 Hz this parameter decreased by 4.3 % in the laboratory test and by 3.5 % in the phytotron. Plant weight and height were higher in the irradiated samples. Under static irradiation for 9 min at 6 mT, 3 Hz and 16 Hz the plant weight was 0.56 and 0.59 g, respectively. The smallest weight (0.46 g per plant) resulted from flow treatment at 6 mT, 16 Hz. After storage of treated seeds at laboratory conditions for 3 and 7 months the indicators (germination energy and germination rate) remained satisfactory. The best result was noted for seeds, processed in static mode for 9 min at 6 mT, 3 Hz/16 Hz. A decline in sowing properties did not exceed 6 %, indicating the preserving effect of the electromagnetic field.

Keywords: wheat, *Triticum aestivum*, seeds, low-frequency electromagnetic field, germination rate, germination energy, phytotron.

Научные собрания

PLANT GENOME EDITING & GENOME ENGINEERING

(3-4 July 2017, Vienna, Austria)



Organization: Vienna International Science Conferences & Events Association

The International Conference will discuss the advances in genome editing and engineering, notions, challenges, pros and cons, technologies and methods of applications of the genome editing tools like CRISPR/Cas9, TALENs, ZNFs & AAVs in plants. The case study and sessions will reveal the potential application of Genome editing tools plant biology and crop improvement. Special emphasis on CRISPR system addressing the concept, technology, challenges like off-target effects, efficiency improvement and delivery systems etc.

The research topics:

- Precision genome editing by TALEN, ZFN and others
- CRISPR-CAS9: revolution in genome editing & engineering
- Current CRISPR-CAS9 technologies and design
- Applications of CRISPR-CAS9 in plants
- Genome editing & engineering for crop improvement
- Genome editing & engineering: regulatory aspects

Information: <http://viscea.org/plant-genome-editing-genome-engineering/>

2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOOD CONTAMINANTS (ICFC2017)

(13-14 July 2017, Braga, Portugal)



Conference main topics:

Climate change and implications for food safety
Chemical contaminants: occurrence and surveillance
Emerging Chemical Contaminants in Foods
Risk Analysis and Food Safety Control Systems

Information: <http://www.icfc2017.uminho.pt/index.php/program/conference-topics>

II НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АГРАРНОЙ НАУКИ»

(11-15 сентября 2017 года, г. Ялта, Республика Крым)



Направления работы конференции:

- Животноводство и ветеринарная медицина
- Растениеводство и земледелие
- Селекция и семеноводство
- Сельскохозяйственная микробиология
- Биотехнология и физиология растений в сельском хозяйстве
- Сельскохозяйственное оборудование
- Мелиорация и управление водными ресурсами
- Информационные технологии

Контакты информация: agroconf2017@niishk.ru