

Предпосевная обработка семян подсолнечника, сои и кукурузы низкочастотным электромагнитным излучением

Нелли Семеновна Левина,

старший специалист;

Юлия Викторовна Тертышная,

кандидат химических наук, старший научный сотрудник, e-mail: moraxella@bk.ru;

Ирина Александровна Бидей,

лаборант-исследователь;

Ольга Владимировна Елизарова,

лаборант-исследователь

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Предпосевная обработка семян различными энергетическими методами применяется как эффективный способ пробуждения семенного материала. (*Цель исследования*) Рассмотреть влияние низкочастотного электромагнитного поля на посевные свойства семян подсолнечника (*Helianthus*), сои (*Glycine max*) и кукурузы (*Zea mays* L.). (*Материалы и методы*) Параметры электромагнитного поля: индукция 16 миллитесла, частота следования импульсов 16 герц; время воздействия 15 и 20 минут. Провели эксперимент в два этапа. Первый этап – определение энергии прорастания и всхожести облученных и необлученных семян, а также биометрических показателей проростков: массы стеблей и листьев, длины и массы корневой системы. Второй этап – фенологические наблюдения за ростом растений по фазам их развития в климатической камере ВИМ. (*Результаты и обсуждение*) Показали, что посевные качества семян кукурузы после 15 минут облучения выше контрольных. Определили, что энергия прорастания по сравнению с контролем увеличилась на 10 процентов, всхожесть – на 8, масса проростка – на 6,4 процента, масса стеблей и листьев – на 16, корневой системы – на 3,4 и высота стебля – на 30 процентов. Обнаружили отсутствие влияния низкочастотного электромагнитного излучения на всхожесть сои как в лабораторных условиях, так и в климатической камере. Установили, что по завершении вегетационного периода масса растений, облученных в течение 20 минут, оказалась больше контрольных значений на 20 процентов, масса корней – на 25, их длина – на 16 процентов. Определили, что обработка семян подсолнечника (*Helianthus*) низкочастотным электромагнитным полем не оказала стимулирующего действия на энергию прорастания и всхожесть, но способствовала увеличению массы растений при их выращивании в фитотроне. Рассчитали, что 15-минутное облучение семян подсолнечника перед посевом привело к увеличению массы растений на 34,9 процента; массы корневой системы – на 22; длины корней – на 3,65; диаметра корзинок – на 5,3 и их массы – на 25,3 процента. (*Выводы*) Отклик растений на энергетическое воздействие зависит от вида сельскохозяйственной культуры. Выявили, что низкочастотное магнитное излучение, не изменяя посевные свойства семян, может положительно влиять на рост и развитие растений. **Ключевые слова:** семена подсолнечника, семена сои и кукурузы, энергия прорастания, всхожесть, низкочастотное электромагнитное излучение, биометрические показатели.

■ **Для цитирования:** Левина Н.С., Тертышная Ю.В., Бидей И.А., Елизарова О.В. Предпосевная обработка семян подсолнечника, сои и кукурузы низкочастотным электромагнитным излучением // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №4. С. 22-28. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-4-22-28

Pre-sowing Treatment of Sunflower, Soybean and Maize Seeds with Low-Frequency Electromagnetic Radiation

Nelly S. Levina,

senior expert;

Yulia V. Tertyshnaya,

PhD(Chem), senior researcher,

e-mail: moraxella@bk.ru;

Irina A. Bidey,

laboratory assistant-research engineer;

Olga V. Elizarova,

laboratory assistant-research engineer

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. Pre-sowing seed treatment by various energy methods is used as an effective way of stimulating the seed material. (Research purpose) The authors have studied the effect of a low-frequency electromagnetic field on the seed properties

of sunflower (*Helianthus*), soybean (*Glycine max*) and maize (*Zea mays* L.) seeds. (Materials and methods) Parameters of the electromagnetic field: induction of 16 mT, pulse repetition rate of 16 Hertz I; exposure time of 15 and 20 minutes. The experiment has been conducted in two stages. The first stage is the determination of the germination and germination energy of irradiated and non-irradiated seeds, as well as the biometric characteristics of seedlings: the mass of stems and leaves, the length and mass of the root system. The second stage is the phenological observations of the growth and development of plants according to the phases of their development in the VIM climatic chamber. (Results and discussion) It has been shown that the sowing qualities of maize seeds after 15 min of irradiation are higher than the control ones. It has been determined that germination energy has increased by 10 percent as compared to the control sample, germination by 8 percent, seedling weight by 6.4 percent, weight of stems and leaves by 16, root system by 3.4 and stem height by 30 percent. It has been found that there is no influence of low-frequency electromagnetic radiation on the germination of soybeans both in the laboratory and in the climate chamber. It has been found that at the end of the growing season, the mass of plants irradiated for 20 minutes has turned out to be greater than the control values by 20%, the root mass by 25%, and the root length by 16%. The authors have determined that the treatment of sunflower seeds (*Helianthus*) with a low-frequency electromagnetic field has no stimulating effect on germination energy and germination capacity, but contributes to an increase in the mass of plants when they are grown in a phytotron. It has been calculated that a 15-minute irradiation of sunflower seeds before sowing resulted in an increase in the mass of plants by 34.9%; the mass of the root system – by 22%; length of roots – by 3.65%; the head (anthodium) diameter – by 5.3% and their weights – by 25.3 %. (Conclusions) The response of plants to the energy impact depends on the type of crop. It has been determined that low-frequency magnetic radiation without changing the sowing properties of seeds can positively influence the growth and development of plants.

Keywords: sunflower seeds, soybean and corn seeds, germination energy, germination, low-frequency electromagnetic radiation, biometric indicators.

■ **For citation:** Levina N.S., Tertyshnaya Yu.V., Bidey I.A., Elizarova O.V. Pre-sowing treatment of sunflower, soybean and maize seeds with low-frequency electromagnetic radiation. *Selskokhozaistvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. 12(4): 22-28. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-4-22-28. (In Russian).

Улучшение качества семенного материала и, как следствие, повышение урожайности – важнейшая задача агропромышленного комплекса России. На протяжении многих лет разрабатываются новые методы и технологии возделывания, обработки и сохранности сельскохозяйственных культур [1-3].

Поскольку при хранении семян их биоэнергетический запас истощается, предлагается использование различных энергетических воздействий для эффективного пробуждения семенного материала, здорового роста и развития растений [4-6].

В последние годы для интенсификации растениеводства в практику сельского хозяйства стали активно внедрять электрофизические методы воздействия на растения и семена зерновых, овощных, бобовых культур [7, 8]. Существуют такие физические методы воздействия на посевной материал, как электромагнитное поле различных диапазонов, γ -излучение, ультрафиолетовое, инфракрасное, лазерное излучение, электрическое поле коронного разряда, ультразвуковое воздействие [9, 10]. Во многих работах показано их воздействие на улучшение посевных качеств зерновых и овощных культур, а также повышение сохранности урожая плодово-ягодных культур [11-14]. Несмотря на положительные результаты воздействия различных видов излучения и длительные исследования одно-

значного мнения по этому поводу нет. Предлагается несколько механизмов действия: стрессовый ответ системы, влияние на фотосинтетическую активность и порфириновый отклик, изменение структуры воды и др.

В представленной авторами работе изучено влияние одного из эффективных методов облучения – низкочастотного электромагнитного поля. Полноценность работы заключается в комплексном исследовании посевных качеств семян кукурузы, сои и подсолнечника в лабораторных условиях и в ходе фенологических наблюдений в фитотроне.

Цель исследования – определение посевных свойств подсолнечника (*Helianthus*), сои (*Glycine max* L.) и кукурузы (*Zea mays* L.), а также биометрических показателей морфологических органов растений после воздействия низкочастотного электромагнитного излучения.

Материалы и методы. Для эксперимента отобрали семена сои сорта «Славия», гибрида кукурузы «Краснодарский 291-АМВ», созданного Краснодарским НИИСХ им. П.П. Лукьяненко, и подсолнечника сорта «Добрыня». Семена выдерживали в низкочастотном электромагнитном поле с индукцией 16 мТл, частотой следования импульсов 16 Гц в течение 15 и 20 мин.

Необлученные образцы семян использовали в качестве контроля. Обработка семян была прове-

дена за две недели до начала экспериментальных исследований по оценке влияния низкочастотного электромагнитного излучения на посевные свойства, рост и развитие растений.

Исследования проводили в два этапа. На первом этапе определяли энергию прорастания и всхожести облученных и необлученных семян, а также биометрические показатели проростков: массу стеблей и листьев, длину и массу корневой системы.

На втором этапе – фенологические наблюдения за ростом и развитием растений по фазам их развития в климатической камере ВИМ. В камере были установлены контейнеры размером 40×60×45 мм, заполненные почвогрунтом. Во время вегетации растений в климатической камере ежедневно наблюдали за их ростом и развитием.

Определение посевных показателей семян проводили в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ 12038-84. Проращивание семян крупносемянных культур (сои, кукурузы, подсолнечника) проводили в растильнях, наполненных увлажненным песком. Количество семян в пробе составляло 50 шт. при четырехкратной повторности. Энергию прорастания определяли на 5-е сут., всхожесть – на 8-е сут. после посева. Биометрические показатели проростков (фаза всходов) определяли у 10 растений, в фазе уборки – у всех оставшихся.

В конце вегетации растения осторожно извлекали из контейнеров вместе с корневой системой и провели замеры: высоты, массы надземной части растений и их корневой системы.

В *таблицах* представлены среднеарифметические значения величин. Относительная ошибка не превышала 3%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Кукуруза. Результаты лабораторных исследований по оценке влияния низкочастотного электромагнитного поля на посевные свойства семян гибрида кукурузы «Краснодарский 291-АМВ» и биометрические показатели проростков приведены в *таблице 1*.

Анализ полученных данных показал, что предпосевная обработка семян кукурузы низкочастотным электромагнитным полем в течение 15 и 20 мин оказала положительное влияние на процесс выхода семян из состояния покоя. Значения энергии прорастания и всхожести семян кукурузы при обработке их в течение 15 и 20 мин. возросли на 10% по сравнению с контролем.

Наиболее высокие показатели массы проростка, его зеленой массы (стебель, листья), корневой системы, а также содержание сухого вещества получены при обработке семян в течение 15 мин. Увеличение времени предпосевого воздействия на семена кукурузы до 20 мин привело к значительному снижению биометрических показателей проростков по сравнению с контролем [15].

Table 1		Таблица 1		
ОТКЛИК БИОСИСТЕМ СЕМЯН КУКУРУЗЫ И ИХ ПРОРОСТКОВ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ THE RESPONSE OF BIOSYSTEMS OF MAIZE SEEDS AND THEIR SEEDLINGS TO THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION				
Контролируемые параметры Controlled parameter	Время облучения семян (τ), мин Time of irradiation of seeds (τ), min			
	0 (Конт- роль) (Control)	15	20	
Энергия прорастания, % Energy germinations, %	85,0	95,0	95,0	
Всхожесть, % Germination, %	90,0	98,0	100,0	
Масса проростка, г Weight of seedling, g	1,266	1,347	1,181	
Зеленая масса, г Green mass, g	0,308	0,357	0,290	
Масса корней, г Mass of roots, g	0,958	0,991	0,891	
Высота растений, см Height of plants, sm	9,8	12,85	11,35	
Содержание сухого веще- ства в проростке, % Dry content in the seedling, %	86,29	86,93	86,82	

На втором этапе оценивали воздействие низкочастотного электромагнитного поля на рост и развитие растений кукурузы в условиях климатической камеры.

Во время вегетации кукурузы в климатической камере проводили ежедневные наблюдения за ростом и развитием растений (*рис. 1*). Первые всходы появились через 8 сут. после посева.



Рис. 1. Растения кукурузы (Zea mays L.) в климатической камере ВИМ

Fig. 1. The process of growing maize plants (Zea mays L.) in the climatic chamber of the VIM

По окончании вегетации провели замеры: высоту и массу растений с корневой системой; массу надземной части растений, длину и массу корней.

Биометрические показатели растений, выросших из семян, облученных низкочастотным электромагнитным полем в течение 15 мин, оказались

Table 2		Таблица 2	
БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ, ВЫРАЩЕННЫХ В КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ BIOMETRIC INDICATORS OF MORPHOLOGICAL ORGANS MAIZE PLANTS GROWN IN A CLIMATIC CHAMBER			
Контролируемые параметры Controlled parameter	Время облучения семян (τ), мин Time of irradiation of seeds (τ), min		
	0 (Конт- роль) (Control)	15	20
Высота надземной части растения, см Height of the aerial part plants, sm	78,33	81,46	74,66
Масса надземной части растения, г Mass of the aerial part plants, g	18,47	20,09	14,31
Длина корней, см Length of the roots, sm	17,55	20,56	14,44
Масса корней, г Mass of the roots, g	0,66	0,75	0,57

значительно выше аналогичных данных, полученных при 20-минутном облучении. Высота надземной части растений оказалась больше контрольных значений на 4%, масса надземной части – на 8,8, длина корней – на 17,2 и масса корней – на 13,6%.

Подсолнечник. Анализ данных, полученных в



Рис. 2. Морфологические части растений подсолнечника и семенного материала после уборки

Fig. 2. Morphological parts of plantssunflower and seeds after harvesting

Table 3		Таблица 3		
ПОСЕВНЫЕ СВОЙСТВА СЕМЯН И БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОРОСТКОВ И РАСТЕНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА				
SOWING PROPERTIES OF SEEDS AND BIOMETRIC INDICATORS OF SEEDLINGS AND SUNFLOWER PLANTS				
Контролируемые параметры Controlled parameter	Время облучения семян (τ), мин Time of irradiation of seeds (τ), min			
	0 (Конт-роль) (Control)	15	20	
Фаза всходов (лабораторные условия) The phase of germination (laboratory conditions)				
Энергия прорастания, % Germination energy, %	63,0	65,0	70,0	
Всхожесть, % Germination, %	95,0	85,0	95,0	
Масса проростков, г Weight of seedling, g	1,483	1,423	1,357	
Масса надземной части, г Mass of the aerial part plants, g	0,977	1,049	1,026	
Масса корня, г Mass of the root, g	0,513	0,374	0,331	
Высота растения, см Height of a plant, sm	9,8	12,85	11,35	
Содержание сухого вещества в проростке, % Dry content in the seedling, %	81,76	81,84	82,13	
Фаза уборки (климатическая камера) Harvesting phase (climate chamber)				
Масса растения, г Weight of a plant, g	28,05	37,83	31,15	
Высота растения, см Height of a plant, sm	108,5	108,33	114,67	
Масса корня, г Mass of the root, g	2,11	2,58	2,26	
Длина корня, см Length of the root, sm	11,5	11,92	13,17	
Диаметр корзинки, см Diameter of flower heads, sm	5,08	5,35	6,34	
Масса корзинки, г Weight of flower heads, sm	16,61	20,85	15,07	

лабораторных условиях, показал, что обработка семян в течение 15 и 20 мин не оказала стимулирующего влияния на их всхожесть и биометрические показатели проростков (табл. 3). Так, у семян, облученных в течение 15 мин наблюдали снижение всхожести на 10%, при 20-минутной обработке всхожесть семян по сравнению с контролем практически не изменилась. При облучении семян в течение 15 мин величина отклонения контролируемых параметров от контрольных значений была несколько ниже по сравнению с аналогичными данными, полученными при 20-минутном облучении семян.

Сравнение морфологических характеристик органов растений, полученных из обработанных семян, с контролем показало, что 15-минутное облучение семян перед посевом привело к увеличению

Table 4		Таблица 4		
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЕВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕМЯН СОИ СОРТА «СЛАВИЯ» DETERMINATION OF SOWING INDICATORS OF SOYBEAN SEEDS VARIETIES «SLAVIA»				
Условия выращивания Conditions cultivations	Параметры Characteristic	Время облучения семян (τ), мин Time of irradiation of seeds (τ), min		
		0 (Конт- роль) (Control)	15	20
Чашка Петри Petri dish	Энергия про- растания, % Germination energy, %	95	85	88
	Всхожесть, % Germination, %	95	92	95
Климатическая камера Climatic chamber	Всхожесть, % Germination, %	85	70	75

массы растений на 34,9%, массы корневой системы – на 22, длины корней – на 3,65, диаметра корзиночек – на 5,3 и их массы – на 25,3% (рис. 2, табл. 3). Биометрические показатели органов растений, выросших из семян, облученных в течение 20 мин, оказались значительно ниже контрольных значений. Следует отметить, что семена в корзинках всех убранных растений оказались недозрелыми.

Таким образом, предпочтительной для семян подсолнечника сорта «Добрыня» оказалась обработка низкочастотным электромагнитным полем в течение 15 мин.

Соя. «Славия» – высокопродуктивный раннеспелый сорт сои для возделывания на зерно с вегетационным периодом – 95-105 сут. Масса 1000 семян в среднем составляет 172 г. В семенах накапливается до 42% белка и до 23% масла.

Энергия прорастания семян сои определена в лабораторных условиях, их всхожесть в лабораторных условиях и в климатической камере представлена в таблице 4.

В результате обработки семян низкочастотным электромагнитным полем произошло снижение их посевных показателей как в лабораторных условиях, так и в климатической камере. Энергия прорастания семян при их облучении в течение 15 мин по отношению к контролю снизилась на 10%, всхожесть – на 3%. При 20-минутном облучении лабораторная энергия прорастания семян снизилась на 7%. Всхожесть семян в климатической камере снизилась на 15 и 10% соответственно.

Тем не менее положительная тенденция влияния облучения электромагнитным полем наблюдалась в процессе вегетации сои в фитотроне. Было заметно постепенное увеличение надземной массы рас-

Table 5		Таблица 5		
БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ СОИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ОБЛУЧЕНИЯ BIOMETRIC INDICATORS OF MORPHOLOGICAL ORGANS OF SOYBEAN PLANTS UNDER DIFFERENT IRRADIATION REGIMES				
Контролируемые параметры Controlled parameter	Время облучения семян (τ), мин Time of irradiation of seeds (τ), min			
	0 (Конт-роль) (Control)	15	20	
Масса растения, г Weight of a plant, g	2,33	2,89	2,80	
Масса надземной части растения, г Mass of the aerial part plants, g	1,81	2,26	2,15	
Масса корня, г Mass of root, g	0,52	0,63	0,65	
Высота растения, см Height of a plant, sm	49,1	44,5	57,7	
Высота стебля, см Height of a stem, sm	33,2	29,7	39,3	
Длина корня, см Length of a root, sm	15,85	14,8	18,4	
Масса 1000 семян, г The mass of 1000 seeds', g	153,0	166,0	164,0	
Толщина стебля, мм Thickness of the stem, mm	2,06	2,06	2,17	

тений по вариантам опыта, развитие коневой системы, интенсивности цветения и плодообразования. Однако внешне растения, формирующиеся из семян, облученных в течение 15 мин, по высоте были несколько ниже контроля и растений с 20-минутным облучением.

В результате низкочастотного электромагнитного воздействия на семена сои изменились биометрические показатели растений, а также качественные показатели, полученные после завершения вегетации семян (табл. 5).

Увеличение массы растений и массы 100 семян наблюдали как при 15, так и при 20-минутном низкочастотном электромагнитном воздействии, причем при $\tau=15$ мин этот показатель был выше. Однако остальные показатели были значительно ниже по сравнению с показателями после облучения $\tau=20$ мин., после 20-минутного облучения корневая система растений была более развита, отличалась большей длиной и массой корней.

Выводы

1. Предпосевная обработка семян кукурузы низкочастотным электромагнитным излучением неоднозначно повлияла на их посевные качества и формирование выросших из них растений. Облучение семян в течение 15 мин привело к увеличению энергии прорастания по сравнению с контролем на 10%,

всхожести – на 8, массы проростка – на 6,4, стеблей и листьев – на 16, корневой системы – на 3,4, высоты стебля – на 30%. При 20-минутном облучении семян хотя и наблюдалось некоторое увеличение всхожести (на 10%), однако биометрические показатели проростков, полученных в лабораторных условиях, и растений, выращенных в условиях фитотрона, были ниже по сравнению с контролем.

2. Низкочастотное электромагнитное излучение не оказало стимулирующего воздействия на посевные качества сои, 20-минутное облучение семян привело к увеличению в конце вегетационного периода массы растений на 20%, массы корней – на 25, их длины – на 16%.

3. Обработка семян подсолнечника низкочастот-

ным электромагнитным полем не оказала стимулирующего действия на энергию прорастания и всхожесть семян, однако дала положительный результат в фазе уборки растений. Сравнение морфологических характеристик органов растений, полученных из облученных семян и выращенных в условиях фитотрона, с контрольными показателями показало, что 15-минутное облучение семян перед посевом привело к увеличению массы растений на 34,9%; массы корневой системы – на 22; длины корней – на 3,65; диаметра корзинок – на 5,3 и их массы – на 25,3%; биометрические показатели органов растений, выросших из семян, облученных в течение 20 мин, оказались значительно ниже контрольных значений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Зюлин А.Н. Разработка и внедрение высокоэффективных, ресурсо- и энергосберегающих технологий и технических средств послеуборочной обработки зерна и подготовки семян // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2009. N1. С. 2-9.
2. Yakushev V.P., Mikhailenko I.M., Dragavtsev V.A. Reserves of agrotechnologies and breeding for cereal yield increasing in the russian federation // *Agricultural Biology*. 2015. 50. N5. pp. 550-560. (In English)
3. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Курбанов Р.К. Модернизация технологий транспортирования селекционного урожая // *Вестник сельскохозяйственной науки*. 2017. N2. С. 6-8.
4. Павлов С.А., Дадыко А.Н. Особенности сушки зерна при использовании топочных блоков на твердом топливе // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. N4. С. 9-13.
5. Тертышная Ю.В., Левина Н.С., Елизарова О.В. Воздействие ультрафиолетового излучения на всхожесть и ростовые процессы семян пшеницы // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. N2. С. 31-36.
6. Тертышная Ю.В., Левина Н.С. Влияние спектрального состава света на развитие сельскохозяйственных культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2016. N5. С. 24-29.
7. Кутырёв А.И., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Ценч Ю.С. Магнитно-импульсная обработка семян земляники садовой // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. N5. С. 9-15.
8. Rakosy-Tican L., Aurori C.M., Morariu V.V. Influence of near null magnetic field on in vitro growth of potato and wild Solanum species. // *Bioelectromagnetics*. 2005. 26.

pp. 548-557. (In English)

9. Sahebamei H., Abdolmaleki P., Ghanati F. Effects of magnetic field on the antioxidant enzyme activities of suspension-cultured tobacco cells // *Bioelectromagnetics*. 2007. 24. pp. 42-47. (In English)

10. 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. pp. 435-440. (In English)

11. 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. N1. С. 22-23.

12. Hirota N., Nakagawa J., Koichi K. Effects of a magnetic field on the germination of Plants. *J. Appl. Phys.* 1999. 85. pp. 5717-5719. (In English)

13. Левина Н.С., Тертышная Ю.В., Бидей И.А., Елизарова О.В., Шибряева Л.С. Посевные качества семян мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при разных режимах воздействия низкочастотным магнитным полем // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52. N3. С. 580-587.

14. Сыроватка В.И., Иванов Ю.А., Кононов В.П., Попов В.Д. Рекомендации по заготовке и использованию высоковлажного фуражного зерна. М.: Россельхозакадемия. 2006. 130 с.

15. Alicamanoglu S., Sen A. Stimulation of growth and some biochemical parameters by magnetic field in wheat (*Triticum aestivum* L.) tissue cultures. // *Afr. J. Biotechn.* 2011. 53. pp. 10957-10963. (In English)

REFERENCES

1. Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu., Zyulin A.N. Razrabotka i vnedreniye vysokoeffektivnykh, resurso- i energo-

sberegayushchikh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv posleuborochnoy obrabotki zerna i podgotovki semyan

[Development and introduction of highly effective, resource and energy-saving technologies and technical means of post-harvest grain processing and seed preparation] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2009. N1: 2-9. (In Russian)

2. Yakushev V.P., Mikhailenko I.M., Dragavtsev V.A. Reserves of agrotechnologies and breeding for cereal yield increasing in the Russian Federation // *Agricultural Biology*. 2015. 50: N5: 550-560. (In English)

3. Izmaylov A. Yu., Evtushenko N. E., Kurbanov R. K. Modernizatsiya tekhnologiy transportirovaniya selektsionnogo uroznya [Modernization of technologies for transporting harvested selection crops] // *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 2017. N2: 6-8. (In Russian)

4. Pavlov S. A., Dadyco A. N. Osobennosti syshki zerna pri ispolzovanii topochnykh blokov na tverdom toplive [Features of grain drying when using combustion blocks on solid fuel] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017. N4: 9-13. (In Russian)

5. Tertyshnaya Yu. V., Levina N. S., Elizarova O. V. Vozdeystvie ultrafioletovogo izlucheniya na vshozhest' i rostovye protsessy semyan pshenitsy [Influence of ultraviolet radiation on the germination and growth processes of wheat seeds] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016. N5: 24-29. (In Russian)

6. Tertyshnaya Yu.V., Levina N.S. Vliyanie spektralnogo sostava sveta na razvitie selskokhozyaystvennykh kultur [Influence of spectral composition of light on the development of farm crops] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016. N5: 24-29. (In Russian)

7. Kutyrov A.I., Khort D.O., Filippov R.A., Tsench Yr.S. Magnitno-impul'snaya obrabotka semyan zemlyaniki sadovoy [Magnetic-pulse treatment of strawberry seeds] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017. N5: 9-15. (In Russian)

8. Rakosy-Tican L., Aurori 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. (In English)

9. 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. (In English)

10. 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. (In English)

11. Egorova I. V., Kondratenko E. P., Soboleva O. M., Verbitskaya N. B. Vliyanie obrabotok zerna pshenitsy elektromagnitnym polem na sodержanie vodorastvorimyykh vitaminov [Influence of wheat grain processing with an electromagnetic field on the content of water-soluble vitamins] // *Razionalnoe pitaniye, pischevie dobavki i biostimulyatory*. 2014. N1: 22-23. (In Russian)

12. Hirota N., Nakagawa J., Koichi K. Effects of a magnetic field on the germination of Plants. *J. Appl. Phys.* 1999. 85: 5717-5719. (In English)

13. Levina N.S., Tertyshnaya Yu.V., Bidey I.A., Yelizarova O.V., Shibryayeva L.S. Posevnyye kachestva semyan myagkoy yarovoy pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) pri raznykh rezhimakh vozdeystviya nizkochastotnym magnitnym polem [Sowing qualities of seeds of soft spring wheat (*Triticum aestivum* L.) under different exposure modes to a low-frequency magnetic field] // *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2017. 52: N3: 580-587. (In Russian)

14. Syrovatka V.I., Ivanov Yu.A., Kononov V.P., Popov V.D. Rekomendatsii po zagotovke i ispol'zovaniyu vysokovlazhnogo furazhnogo zerna [Recommendations on harvesting and use of high-moisture feed grain]. Moscow: Rossel'khozakademiya, 2006. 130. (In Russian)

15. Alicamanoglu S., Sen A. Stimulation of growth and some biochemical parameters by magnetic field in wheat (*Triticum aestivum* L.) tissue cultures. // *Afr. J. Biotechn.* 2011. 53: 10957-10963. (In English)

Статья поступила в редакцию 27.04.2018

**The paper was submitted
to the Editorial Office on 27.04.2018**

Статья принята к публикации 07.06.2018

**The paper was accepted
for publication on 07.06.2018**

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.