

fertiliser spreaders], *Zapiski Leningradskogo SKhI*, Vol. 174, 1973, pp. 10–15. (In Russian)

7. Chernovolov V.A., Taranov M.A., Lukhanin V.A., Khizhnyak V.I., Nesmiyan A.Yu., Ponomarenko I.G., Strogij B.N., Shchirov V.V., Avramenko F.V., Ermolin A.Yu., Kucherenko D.A. Razbrasyvatel' mineral'nykh udobrenij [Mineral fertilizer spreader], pat. 2492616 PF, MPK A01C17/00, patentoobladatel' Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, No 2012118727/13; yayavl. 04.05.2012, opubl. 20.09.2013, Byul. No 26. (In Russian)

8. Chernovolov V.A., Sherstov S.A., Kravchenko V.A., Kravchenko L.V., Nesmiyan A.Ju., Khizhnyak V.I. Rational parameter calculation method for devices with horizontal rotation

axis to disseminate mineral fertilizers and seeds, *Amazonia investiga*, 2018, Vol. 7, Num. 17, pp. 88–95.

9. Inns F.M., Reese A.R. The theory of the centrifugal distributor. II. Motion on the disc., ofcentrefeed. I. *Agricultural engineering research*, 1962, Vol. 7, No 4.

10. Chernovolov V.A., Lukhanin V.A., Uzhakhov T.M. Metodika optimizacii parametrov czentrobezhnogo apparata dlya raspredeleniya mineral'nykh udobrenij [Method of optimization of parameters of the centrifugal device for distribution of mineral fertilizers], *Sovershenstvovanie tekhnicheskikh sredstv v rastenievodstve: mezhvuzovskij sbornik nauchnykh trudov*, Zernograd, 2010, pp. 27–34. (In Russian)

Сведения об авторах

Луханин Владимир Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технический сервис в агропромышленном комплексе», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» в г. Зернограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: +7-928-988-95-74. E-mail: Luhanin_Vladimir@mail.ru.

Ковалев Владислав Валерьевич – магистр по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» в г. Зернограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: +7-951-511-08-96. E-mail: Kovalev-96@mail.ru.

Information about the authors

Lukhanin Vladimir Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Technical service in the agro-industrial complex department, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation). Phone: +7-928-988-95-74. E-mail: Luhanin_Vladimir@mail.ru.

Kovalev Vladislav Valerievich – master student in the course of training «Agroengineering», Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the FSBE HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation). Phone: +7-951-511-08-96. E-mail: Kovalev-96@mail.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.53.027:633.16:581.142

ОБРАБОТКА СЕМЯН ЯЧМЕНЯ ПЕРЕД ПОСЕВОМ В ПЕРЕМЕННОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

© 2018 г. А.С. Казакова, С.Ю. Майборода, И.В. Юдаев, В.Ю. Донцова

Предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур позволяет получать более равномерные всходы и сформировать посевы с заданной густотой стояния растений. Применение для данной цели обработки семян в переменном электрическом поле (ПЭП) является экологически безопасным способом такой предпосевной обработки. В связи с этим целью исследования явилось изучение влияния предпосевной обработки семян ячменя в ПЭП напряженностью 5 кВ/см на их посевные качества и мощность проростков. Объектом исследования служили семена трех коммерческих сортов ярового ячменя местной (ростовской) селекции. Семена были получены в питомнике размножения Агротехнологического центра Азово-Черноморского инженерного института. В процессе исследования определяли всхожесть семян и энергию прорастания, а также число корешков, длину самого длинного корешка и длину ростка. Контрольные семена имели высокую всхожесть, поэтому обработка их в ПЭП не оказала влияния на всхожесть, но существенно повысила энергию прорастания – на 25–37%. При проращивании обработанных в ПЭП семян были получены проростки, у которых число корешков по сравнению с контролем было на 10% больше. Длина самого длинного корешка проростка у двух сортов увеличилась на 53 и 55%, а у одного – на 13%. Длина ростка – очень отзывчивый на обработку признак: у изученных сортов она возросла на 51–55%. Частотный анализ распределения корешков по длине в контроле и после обработки позволил выявить общие закономерности и сортовые особенности. По результатам проведенных исследований был сделан вывод о целесообразности предпосевной обработки семян ярового ячменя с высокой всхожестью, так как это повышает энергию прорастания и приводит к формированию более мощных проростков.

Ключевые слова: переменное электрическое поле, семена, ячмень, предпосевная обработка, всхожесть, энергия прорастания, проросток, корешок, росток.

Pre-sowing treatment of seeds of agricultural crops allows to obtain more equal sprouts and to form crops with a given density of standing plants. For this purpose, application seeds treatment in an alternating electric field (AEF) is an environmentally safe way of such pre-sowing treatment. In this regard, the aim of the research was to study the effect of pre-sowing treatment of barley seeds in AEF with intensity of 5 kV/cm on their sowing qualities and power of sprouts. The object of the research was the seeds of three commercial varieties of spring barley of local (Rostov) selection. The seeds were obtained in the seedling nursery of the Agrotechnological

center of the Azov-Black Sea Engineering Institute. During the study, the seed germination and germination energy, as well as the number of roots, the length of the longest root and the length of the germ were determined. Control seeds had high germination, so their treatment in AEF had no effect on germination, but significantly increased the germination energy – by 25–37%. When sprouting seeds treated in AEF, sprouts were obtained, in which the number of roots compared with the control was 10% more. The length of the longest root of the seedling in two varieties increased by 53 and 55% and one – by 13%. The length of the germ is very responsive to the treatment of a sign: in the studied varieties it increased by 51–55%. Frequency analysis of the distribution of roots along the length in the control and after processing revealed common patterns and varietal characteristics. According to the results of the research, it was concluded that it is reasonable to pre-treat seeds of spring barley with high germination, as this increases the energy of germination and leads to the formation of more powerful sprouts.

Keywords: alternating electric field, seeds, barley, pre-sowing treatment, germination, germination energy, seedling, root, sprout.

Введение. Широкие перспективы в повышении продуктивности зерновых и других культур, их устойчивости к болезням, стимулировании роста, а также качества собираемого урожая открывает применение физических методов в предпосевной обработке семян. Среди них особое место занимают технологии с использованием магнитных [1, 2] и электрических [5] полей.

Предпосевная обработка семян экологически безопасными электрофизическими методами повышает их лабораторную и полевую всхожесть [3, 7], ускоряет темпы начального роста растений [8, 12], интенсивность корнеобразования и кущения и повышает урожайность [3]. В процессе обработки семян электрическими полями происходит их поверхностное обеззараживание [3, 6].

На семенах ячменя было изучено влияние поля коронного разряда [10] на стимуляцию их прорастания и на перенос энергии на семена. Показано, что в оптимальных дозах обработка семян в поле коронного разряда повышает жизнеспособность, лабораторную и полевую всхожесть. Достоверное повышение изученных параметров было получено только на первой фракции семян из сепаратора. Авторы делают вывод, что эффект зависит не только от воздействующего фактора, но и от семян, а перенос энергии на семена в результате обработки зависит также и от электрических свойств семян.

На семенах лука было изучено влияние напряженности электрического поля, продолжительности его воздействия на посевные качества семян и урожайность [11]. Авторы показали, что стимулирующий эффект на всхожесть, скорость прорастания, линейные размеры и массу проростков оказывало воздействие электрического поля напряженностью от 2 до 9 кВ/см при экспозиции 15–45 минут. А на семенах бобов было установлено, что положительный эффект от стимуляции в электрическом поле напряженностью 6 кВ/см усиливался в течение 3–5 дней после обработки [9].

Однако применение ПЭП для предпосевной обработки семян ярового ячменя современных коммерческих сортов местной селекции не было изучено, также не было выявлено, за счет чего проявляется положительный эффект обработки.

Цель исследований – оценить эффективность применения кратковременного воздействия переменного электрического поля для предпосевной обработки семян коммерческих сортов ярового ячменя местной селекции и выявить механизм стимулирующего действия.

Объектом исследований служили семена трех коммерческих сортов ярового ячменя – Рубикон, Мамлюк и Вакула. Эти сорта ячменя адаптированы к условиям юга Ростовской области. Семена были получены на полях учебно-опытного фермерского хозяйства АЧИИ в питомнике конкурсного сортоиспытания по принятой в зоне технологии в 2017 году. Исследования были проведены весной 2018 года, что соответствует нормальному временному интервалу между уборкой и высевом семян ячменя в производстве.

Методы исследований. Предпосевную обработку семян в переменном электрическом поле (ПЭП) напряженностью 5 кВ/см проводили на лабораторной установке в течение 20 секунд (далее просто обработка), оставляли обработанные семена на 4 суток для отлежки, а затем на 5-е сутки закладывали на прорастание. Контролем в опытах служили необработанные семена.

Семена проращивали в рулонах фильтровальной бумаги согласно ГОСТ 12038-84 [4] на дистиллированной воде при +20 °С. Энергию прорастания семян определяли через трое, а всхожесть – через семь суток от посева. Анализировали по 100 штук семян в четырех повторностях.

Линейные размеры проростка: через 7 суток проращивания семян определяли линейные размеры проростков: длину ростка, а также длину самого длинного корешка (далее просто корешка). Число зародышевых корешков подсчитывали, учитывая все растущие корешки. В анализ отбирали 350–390 проростков.

Статистическую обработку результатов исследований проводили с применением пакета статистических программ Excel. Достоверность различий сравниваемых пар значений оценивали по t-критерию Стьюдента на 5-процентном уровне значимости.

Результаты исследований. *Всхожесть семян.* Семена взятых для изучения сортов ярового ячменя были получены в один год и имели одинаковую всхожесть, их обработка практически не дала увеличения всхожести (кроме сорта Мамлюк, семена которого после обработки повысили всхожесть на 1%), что свидетельствует о прорастании в контроле всех жизнеспособных семян (таблица 1). Зато энергия прорастания, которая соответствует числу проросших через трое суток семян, в результате обработки существенно возросла – от 25 до 37%.

Анализируя данные увеличения энергии прорастания, можно предположить, что семена изученных сортов разнились по механизмам отзывчивости.

Таблица 1 – Влияние предпосевной обработки семян ярового ячменя в переменном электрическом поле на их всхожесть

Сорт	Всхожесть семян, %			Энергия прорастания		
	Контроль, %	Обработка		Контроль, %	Обработка	
		%	± K, %		%	± K, %
Вакула	97	97	0	46	83	+37
Рубикон	97	97	0	48	77	+29
Мамлюк	96	97	1	48	73	+25
\bar{x}	96	97	0,3	47	78	+30,3
S	2,2	0		22,5	5	
S \bar{x}	0,64	0		6,5	1,3	
V, %	2	0		2,4	6,5	

Либо сорта отличаются по отзывчивости (механизму) всех семян на обработку, либо в изученных партиях семян было разное количество жизнеспособных, но несколько ослабленных семян.

Таким образом, по результатам определения посевных качеств семян ячменя можно заключить, что их предпосевная обработка в ПЭП целесообразна, а семена используемых в производстве сортов отзывчивы на обработку.

Мощность проростков. Полученные после семи суток проращивания семян проростки оценили по числу сформированных корешков, а также по длине самого длинного корешка и ростка (таблица 2).

Число корешков является довольно консервативным признаком и мало подвержено изменениям, однако обработка семян в ПЭП все-таки приводит к некоторому увеличению их числа: у сортов Вакула и Рубикон число корешков увеличилось на 10%, а у сорта Мамлюк этот признак под влиянием обработки не изменился.

Таблица 2 – Влияние предпосевной обработки семян ярового ячменя в переменном электрическом поле на число корешков, длину самого длинного корешка и ростка

Сорт	Статистические характеристики	Вариант опыта	
		контроль	обработка
Число корешков			
Вакула	Ср. значение, шт.	5,0	5,1
	Пределы, шт.	2–7	2–6
	Квар., %	21,3	14,9
Рубикон	Ср. значение, шт.	6,1	6,6
	Пределы, шт.	4–8	5–8
	Квар., %	19,8	10,8
Мамлюк	Ср. значение, шт.	6	6
	Пределы, шт.	3–8	4–8
	Квар., %	41,9	33,6
Длина самого длинного корешка			
Вакула	Ср. значение, см	7,2	10,9
	Пределы, см	1–14	3,5–16
	Квар., %	19	16,9
Рубикон	Ср. значение, см	11,1	12,6
	Пределы, см	2,3–17,8	1,3–20,5
	Квар., %	19	17,1
Мамлюк	Ср. значение, см	7	10,2
	Пределы, см	1,3–11,6	1,5–16
	Квар., %	46	84,5
Длина ростка			
Вакула	Ср. значение, см	5,8	9,0
	Пределы, см	0,5–9	1,6–13,2
	Квар., %	30,2	23,3
Рубикон	Ср. значение, см	5,7	8,7
	Пределы, см	2,4–8,5	3,6–12,7
	Квар., %	23,8	25,8
Мамлюк	Ср. значение, см	5,3	8,0
	Пределы, см	2,5–8,4	3,2–12,3
	Квар., %	55,7	57,1

Характерно, что вследствие обработки варьируемое число корешков (Квар.) у всех сортов существенно уменьшается, следовательно, обработка стимулирует рост заложенных в зародыше корешков (пять штук), а также формирование и рост дополнительных корешков – от одного до трех. При этом эти процессы синхронизируются у прорастающих семян.

Длина самого длинного корешка – важный признак полученного проростка, так как от его длины зависит способность растения получать воду из нижележащих влажных слоев почвы, что особенно важно в условиях развивающейся после посева весенней почвенной засухи. Реакция на обработку длины корешка имела разный характер: у сортов Вакула и Мамлюк средние значения длины корешка возросли на 53,6% и 55,2%, соответственно, а у сорта Рубикон – только на 13,5%.

Длина ростка – очень отзывчивый на обработку признак: у сортов Вакула, Рубикон и Мамлюк она возросла на 55,2%, 52,6% и 51%, соответственно. Такая однотипная реакция проростков на обработку будет ускорять вынос на поверхность ростка и переход растения к автотрофному типу питания.

Частотный анализ длины корешка. Для выявления механизмов ответной реакции сортов ячменя

изученных сортов по длине корешка провели частотный анализ распределения корешков по длине (рисунок).

На рисунке представлены частоты распределения корешка по длине у 7-суточных проростков трех сортов ярового ячменя, полученных после проращивания в оптимальных условиях контрольных и обработанных семян. В целом реакция семян изученных сортов на обработку однотипная – происходит возрастание доли длинных корешков и кривая распределения в варианте с обработкой сдвигается вправо. Однако оказалось, что при этом проявляются и сортовые особенности.

У сорта Вакула кривые распределения проростков по длине корешка имеют форму нормального распределения в контроле и опыте и практически одинаковые значения частот, а обработка приводит просто к сдвигу кривой распределения в сторону высоких значений. Доля проростков с максимальными значениями длины 8–10 см в контроле и 10–12 см в опыте составляет 45,5 и 46,3%, соответственно. Такая форма кривых и такой сдвиг кривой варианта с обработкой могут свидетельствовать, что семена сорта Вакула представлены единой фракцией, семена которой обладают пропорциональной реакцией на влияние ПЭП.

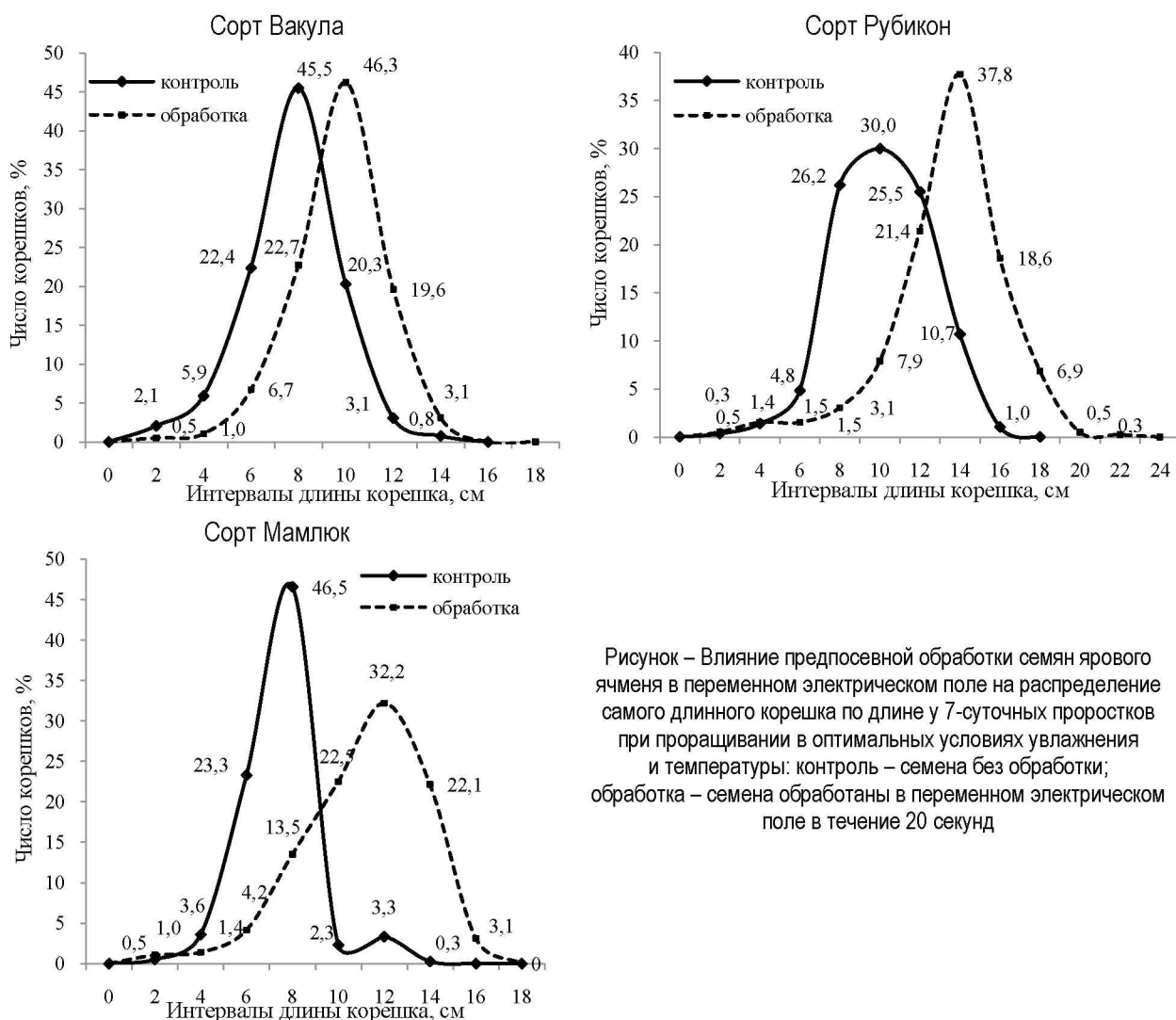


Рисунок – Влияние предпосевной обработки семян ярового ячменя в переменном электрическом поле на распределение самого длинного корешка по длине у 7-суточных проростков при проращивании в оптимальных условиях увлажнения и температуры: контроль – семена без обработки; обработка – семена обработаны в переменном электрическом поле в течение 20 секунд

У сорта Мамлюк кривая распределения корешков по длине имеет практически правильную форму в контроле с максимумом в интервале 8–10 см и со значением 46,5% и еще небольшой максимум в области длинных корешков – 12–14 см. После обработки семян кривая распределения сдвигается вправо и ее максимум приходится на область 12–14 см, но при этом значения этого максимума существенно снижаются – 32,2%. Часть семян составляет фракцию с максимумом 8–10 см, которая слабо отреагировала на обработку. Можно заключить, что семена сорта Мамлюк представляют собой смесь нескольких фракций, у которых реакция на обработку разная.

У сорта Рубикон кривая распределения корешков по длине в контроле ниже кривой в опыте, она имеет пологую вершину, максимум кривой находится в области 10–12 см. Кривая распределения корешков по длине в опыте имеет правильную форму, ее максимум находится в интервале 12–14 см.

Выводы

Предпосевная обработка семян ярового ячменя коммерческих сортов Вакула, Рубикон и Мамлюк в переменном электрическом поле целесообразна, так как она приводит к увеличению всхожести, энергии прорастания, возрастанию числа зародышевых корешков, удлинению самого длинного корешка и роста.

Частотный анализ распределения длины самого длинного корешка выявил сортовые особенности реакции на обработку в ПЭП. Это может быть пропорциональная реакция у всех семян, что проявляется на графике аккуратным сдвигом в сторону большей длины корешка (сорт Вакула), может быть разная по степени у отдельных фракций единой партии семян положительная реакция на обработку, что отражается на графике сдвигом кривой в сторону больших значений (сорта Рубикон и Мамлюк).

Эффект предпосевной обработки семян ярового ячменя по-разному проявляется на семенах изученных сортов, что свидетельствует о наличии индивидуальных особенностей реакции каждого генотипа, а не об условиях года репродукции. Это можно утверждать, так как семена трех сортов были выращены на одном поле по единой технологии, убраны в один день, очищены на одной семяочистительной машине, а затем досушены в лабораторных условиях и хранились в одинаковой таре. Поэтому в методологическом плане надо с осторожностью экстраполировать данные механизмов отзывчивости на предпосевную обработку семян, полученные на одном сорте, на всю культуру в целом.

Литература

1. Особенности прорастания семян ярового ячменя, обработанных переменным электромагнитным полем промышленной частоты [Электронный ресурс] / А.С. Казакова, С.Ю. Майборода, И.С. Татьяначенко, Л.А. Кулешова // Современная техника и технологии. – 2016. – № 6. URL: <http://technology.snauka.ru/2016/06/10145> (дата обращения 22.06.2016).
2. Кутис, С.Д. Электромагнитные технологии в растениеводстве. Ч. I: Электромагнитная обработка семян и поса-

дочного материала / С.Д. Кутис, Т.Л. Кутис. – М.: Издательские решения, 2017. – 15 с.

3. Ниязов, А.М. Предпосевная обработка семян ячменя в электростатическом поле: автореф. дис. канд. техн. наук / А.М. Ниязов. – Ижевск, 2011. – 20 с.

4. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: Введен 01.07.86. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – С. 34–38.

5. Тибирьков, А.П. Электрофизическая обработка семян – новый агроприем при возделывании ярового ячменя на юге России / А.П. Тибирьков, И.В. Юдаев // Фундаментальные исследования [Электронный ресурс]. – 2015. – № 2 (ч. 22). – С. 4930–4933.

6. Влияние импульсного электрического поля на микрофлору семян сельскохозяйственных культур / А.Г. Хныкина, Е.И. Рубцова, Г.П. Стародубцева, Ю.А. Безгина // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7612> (дата обращения: 05.03.2019).

7. Шмигель, В. Инновационный способ предпосевной обработки семян в электрическом поле / В. Шмигель // Аграрные Известия. – 2016. – № 10 (117). – С. 72–74.

8. An, Y.Q. Transcriptional regulatory programs underlying barley germination and regulatory functions of gibberellins and abscisic acid BMC / Y.Q. An, L. Lin // Plant Biol. – 2011. – № 11. – P. 105.

9. Hanafy, M.S. Effect of 50 Hz 6 kV/m electric field on the protein molecular structure and the growth characteristics of the broad bean / M.S. Hanafy, G. Husein, E. Abdelmoty // Physics of the Alive. – 2005. – № 13 (2). – P. 41–54.

10. Lynikiene, S. Effect of Electrical Field on Barley Seed Germination Stimulation / S. Lynikiene, A. Pozeliene // Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. – Manuscript FP 03 007. August, 2003.

11. Molamofrad, F. The Effect of Electric Field on Seed Germination and Growth Parameters of Onion Seeds (*Allium cepa*) / Forough Molamofrad, M. Lotfi, J. Khazaei, R. Tavakkol-Afshari and A.A. Shaieghi-Akmal // Advanced Crop Science. 2013. – № 3(4). – P. 291–298.

12. Zhenguo, Ma. Cell signaling mechanisms and metabolic regulation of germination and dormancy in barley seeds / Zhenguo Ma, N.V. Bykova, AbirU. Igamberdiev. // The Crop Journal. – 2017. – V. 5. – P. 459–477.

References

1. Kasakova A.S., Majboroda S.Yu., Tat'yanchenko I.S., Kuleshova L.A. Osobennosti prorastaniya semyan yarovogo yachmenya, obrabotannykh peremennym elektromagnitnym polem promyshlennoj chastoty [Features of germination of spring barley seeds treated with an alternating electromagnetic field of industrial frequency] [Elektronnyj resurs], *Sovremennaya tekhnika i tekhnologii*, 2016, No 6. URL: <http://technology.snauka.ru/2016/06/10145> (data obrashheniya 22.06.2016). (In Russian)
2. Kutis S.D., Kutis T.L. Elektromagnitnye tekhnologii v rastenievodstve. Ch. I: Elektromagnitnaya obrabotka semyan i posadochnogo materiala [Electromagnetic technologies in crop production. Part I. Electromagnetic treatment of seeds and planting material], M., Izdatel'skie resheniya, 2017, 15 p. (In Russian)
3. Niyazov A.M. Predposevnaya obrabotka semyan yachmenya v elektrosticheskom pole: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk [Pre-sowing treatment of barley seeds in an electrostatic field], Izhensk, 2011, 20 p. (In Russian)
4. GOST 12038-84. Semena sel'skokhozyajstvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti [Seeds of agricultural

crops. Methods for determination of germination], Vveden 01.07.86. – М., ИПК Изд-во стандартов, 2004, pp. 34–38. (In Russian)

5. Tibirkov A.P., Yudaev I.V. Elektrofizicheskaya obrabotka semyan – novyj agropriem pri vozdeystvovanii yarovogo yachmenya na yuge Rossii [Electrophysical treatment of seeds – a new agricultural practice in the cultivation of spring barley in the South of Russia], *Fundamental'nye issledovaniya* [Elektronnyj resurs], 2015, No 2 (ch. 22), pp. 4930–4933. (In Russian)

6. Khnykina A.G., Rubczova E.I., Starodubceva G.P., Bezgina Yu.A. Vliyaniye impul'snogo elektricheskogo polya na mikofloru semyan sel'skokhozyajstvennykh kul'tur [The influence of a pulsed electric field on the mycoflora of seeds of agricultural crops], *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2012, No 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7612> (data obrashcheniya: 05.03.2019). (In Russian)

7. Shmigel' V. Innovacionnyj sposob predposevnoj obrabotki semyan v elektricheskom pole [Innovative method of pre-sowing seed treatment in the electric field], *Agrarnyye Izvestiya*, 2016, No 10 (117), pp. 72–74. (In Russian)

8. An Y.Q., Lin L. Transcriptional regulatory programs underlying barley germination and regulatory functions of gibberellin and abscisic acid BMC, *Plant Biol.* 2011, 11, pp. 105.

9. Hanafy M.S., Husein G., Abdelmoty E. Effect of 50 Hz 6 kV/m electric field on the protein molecular structure and the growth characteristics of the broad bean, *Physics of the Alive*, 2005, 13(2), pp. 41–54.

10. Lynikiene S., Lynikiene S., Pozeliene A. Effect of Electrical Field on Barley Seed Germination Stimulation *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development*, Manuscript FP 03 007, August, 2003.

11. Molamofrad F., Lotfi M., Khazaei J., Tavakkol-Afshari R., Shaiegani-Akmal A.A. The Effect of Electric Field on Seed Germination and Growth Parameters of Onion Seeds (*Allium cepa*), *Advanced Crop Science*, 2013, 3(4), pp. 291–298.

12. Zhenguo Ma, Bykova N.V., Igamberdiev Abir U. Cell-signaling mechanisms and metabolic regulation of germination and dormancy in barley seeds, *The Crop Journal*, 2017, V. 5, pp. 459–477.

Сведения об авторах

Казакова Алия Сабировна – доктор биологических наук, профессор кафедры «Агрономия и селекция сельскохозяйственных культур», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрной университет» в г. Зернограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: 8 (863-59) 35-9-96. E-mail: Kasakova@inbox.ru.

Юдаев Игорь Викторович – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрной университет» в г. Зернограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: +7-963-594-11-61; +7-905-397-64-17. E-mail: etsh1965@mail.ru.

Майборода Светлана Юрьевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Агрономия и селекция сельскохозяйственных культур», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрной университет» в г. Зернограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: 8 (863-59) 41-5-02. E-mail: koziaeva@mail.ru.

Донцова Валентина Юрьевна – аспирантка 2-го года очной формы обучения; направление подготовки: 06.06.01 «Биологические науки»; профиль подготовки: «Физиология и биохимия растений», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрной университет» в г. Зернограде (Ростовская область, Российская Федерация).

Information about the authors

Kasakova Aliya Sabirovna – Doctor of Biological Sciences, professor of the Agronomy and crop breeding department, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation). Phone: 8 (863-59) 35-9-96. E-mail: Kasakova@inbox.ru.

Yudaev Igor Viktorovich – Doctor of Technical Sciences, professor, deputy director of scientific work, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University». Phone: +7-963-594-11-61; +7-905-397-64-17. E-mail: etsh1965@mail.ru.

Mayboroda Svetlana Yurievna – Candidate of Biological Sciences, associate professor of the Agronomy and crop breeding department, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation). Phone: 8 (863-59) 41-5-02. E-mail: koziaeva@mail.ru.

Dontsova Valentina Yurievna – postgraduate student of the 2nd year of full-time education; course of training: 06.06.01 «Biological Sciences»; profile of training «Physiology and biochemistry of plants». Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.53.027:633.16:581.142

УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАСУХЕ ПРОРАСТАЮЩИХ СЕМЯН ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ, ОБРАБОТАННЫХ В ПЕРЕМЕННОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

© 2018 г. А.С. Казакова, Л.А. Кулешова

В работе изучено влияние предпосевной обработки семян ярового ячменя переменным электромагнитным полем промышленной частоты (ПЭМП ПЧ) на их всхожесть и параметры проростков при проращивании в условиях дефицита влаги. Объектом исследования явились 20 сортов, линий и разных партий семян одного сорта ярового ячменя, полученных в один