

УДК 631.53.027:633.16:581.142

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛЯЦИИ СТАРЫХ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

© 2019 г. А.С. Казакова, С.Ю. Майборода, И.В. Юдаев

При длительном хранении семена ячменя сохраняют высокие посевные качества в течение 7–8 лет, а затем начинают постепенно терять всхожесть, что затрудняет получение полноценных растений в полевых условиях. Целью данного исследования явилось изучение возможности применения предпосевной стимуляции старых семян ярового ячменя, которые хранились на протяжении разного времени. Объектом исследований служили семена ярового ячменя сорта Мамлюк, которые хранились в естественных условиях на протяжении 11, 4 и 1 года. Семена подвергали воздействию переменного электрического поля (ПЭП) напряженностью 5 кВ/см на специально изготовленной лабораторной установке в течение 20 секунд, оставляли для отлежки на 4 суток, а затем закладывали их на проращивание. Изучили посевные качества семян и мощность проростков при проращивании в оптимальных условиях. Показано, что хранение семян ячменя в течение 5 лет не приводит к существенным изменениям всхожести, энергии прорастания и линейных размеров проростка. Хранение семян в течение 12 лет приводит к исчезновению их фракции, способной прорасти за трое суток, к снижению общей всхожести с 98% до 40%. При этом длина корешка снижается на 7,7%, ростка – на 67%. Электростимуляция свежих и хранившихся 5 лет семян дает увеличение всхожести, энергии прорастания и линейных размеров проростка на близкие величины. Электростимуляция старых семян увеличивает всхожесть только на 4%, но при этом существенно возрастает длина корешка – на 43,1%, что сравнимо с эффектом обработки свежих семян. Сделан вывод о целесообразности применения электростимуляции старых семян перед посевом.

Ключевые слова: электростимуляция, семена, ячмень, всхожесть, энергия прорастания, проросток, корешок, росток, линейные размеры.

During long-term storage, barley seeds retain high sowing qualities for 7–8 years of storage, and then begin to gradually lose germination. The aim of this study was to research the possibility of using pre-sowing stimulation of old seeds of spring barley, which were stored for different times. The object of the research was the seeds of spring barley varieties Mamluk, which were stored in natural conditions for 11, 4 and 1 years. The seeds were exposed to an alternating electric field (AEF) of 5 kV/cm intensity on a specially manu-

factured laboratory unit for 20 seconds, left for resting for 4 days, and then set them in for germination. We studied the sowing qualities of seeds and the power of sprouts during germination under optimal conditions. It is shown that the storage of barley seeds for 5 years does not lead to significant changes in germination, germination energy, and linear sizes of the shoot. Storage of seeds for 12 years leads to the disappearance of their fraction that can germinate in three days, to a decrease in total germination from 98% to 40%. In this case, the length of the radicle is reduced by 7,7%, the sprout – by 67%. Electrical stimulation of fresh and stored seeds for 5 years gives an increase in germination, germination energy and linear sizes of the shoot by close values. Electrical stimulation of old seeds increases germination by only 4%, but significantly increases the length of the radicle – by 43,1%, which is comparable to the effect of processing fresh seeds. It was concluded that the expediency of the use of electrical stimulation of old seeds before sowing.

Keywords: electrical stimulation, seeds, barley, germination, germination energy, shoot, radicle, sprout, linear dimensions.

Введение. Сохранение семенами высоких посевных кондиций при их длительном хранении в коллекциях селекционных учреждений или в национальных хранилищах является залогом поддержания биоразнообразия сельскохозяйственных культур, что важно для создания селекционным путём новых сортов и гибридов, устойчивых к неблагоприятным условиям возделывания [3, 8]. Причинами старения семян, по мнению многих исследователей, являются различные процессы: разрушение хромосом [10], потеря митохондриями дыхательной активности [9, 11], увеличение проницаемости биомембран [9], образование токсичных продуктов за счет нарушения обмена [1], разрушение гормонов, углеводов [5] и самоокисление запасных липидов, необходимых для прорастания [6, 9], денатурация белков.

Семена ярового ячменя, хранящиеся в оптимальных условиях, начинают ускоренно терять всхожесть через 6–8 лет [7]. При этом в них уменьшается массовая доля запасных соединений и возрастает доля продуктов их гидролиза, в липидном комплексе зерна возрастает доля структурных липидов, свободных жирных кислот, повышается активность ферментов класса гидролаз и снижается активность оксидоредуктаз [1].

Для улучшения посевных качеств семян применяют различные способы предпосевной обработки семян, в том числе и обработку семян в переменном электрическом поле [4]. Обработке подлежат, как правило, семена, предназначенные для товарных посевов, но отсутствуют сведения о реакции на предпосевную обработку старых семян, которые долго хранились и частично потеряли всхожесть.

Цель исследования – изучение возможности применения предпосевной стимуляции старых семян

ярового ячменя с целью повышения их всхожести и получения более мощных проростков.

Объектом исследования служили семена ярового ячменя сорта Мамлюк, которые хранились в естественных условиях на протяжении 11 лет (старые семена), 4 (4-летние) и 1 года (свежие семена). Семена были выращены на полях учебно-опытного фермерского хозяйства АЧИИ по принятой в зоне технологии.

Методика исследований. Обработку семян в переменном электрическом поле (ПЭП) напряженностью 5 кВ/см проводили на лабораторной установке в течение 20 секунд. Затем семена оставляли для отлежки, а на 5-е сутки их закладывали на проращивание.

Проращивали семена в рулонах фильтровальной бумаги по ГОСТ 12038-84 [2] на дистиллированной воде при +20 °С. Всхожесть семян определяли через 7 суток, энергию прорастания – через 3 суток.

Линейные размеры проростков. Через 7 суток проращивания определяли длину самого длинного корешка (далее просто корешка) и длину ростка у 100 проростков.

Статистическая обработка полученных экспериментальных данных была проведена с помощью пакета программ Excel.

Результаты исследований. Посевные качества семян определяли у семян разных лет репродукции, которые хранились в естественных условиях в герметичных пластмассовых контейнерах. Исследования были проведены в 2018 году, так что семена урожая 2007 года хранились 11 лет, семена 2014 года – 4 года, а семена 2017 года – один год. В таблице 1 представлены результаты определения всхожести и энергии прорастания семян ячменя.

Таблица 1 – Влияние предпосевной обработки семян ярового ячменя сорта Мамлюк в электрическом поле на всхожесть и энергию прорастания: контроль – семена без обработки; обработка – семена подвергли воздействию переменного электрического поля напряженностью 5 кВ/см в течение 20 секунд

Продолжительность хранения семян	Энергия прорастания			Всхожесть		
	Контроль, %	Обработка		Контроль, %	Обработка	
		%	± K, %		%	± K, %
11	0	0	0	40	44	+4
4	48	73	+25	93	94	+1
1	48	90	+42	96	97	+1

Всхожесть свежих и 4-летних семян отличается на три процента, что свидетельствует о начавшихся в последних деструктивных процессах. Энергия прорас-

тания этих двух партий семян имеет одинаковое значение (48%), так как, очевидно, сильные быстро прорастающие семена за четыре года хранения не по-

страдали. Предпосевная стимуляция свежих и 4-летних семян увеличила их всхожесть только на один процент, что могло бы привести к выводу о нецелесообразности предпосевной обработки в ПЭП. Однако энергия прорастания выросла на 42% у свежих и на 25% у 4-летних семян. Это очень положительный эффект электростимуляции, так как наличие быстро прорастающих семян в условиях нарастающей весенней почвенной засухи будет обеспечивать получение дружных полных всходов и заданного стеблестоя.

Всхожесть старых семян составила всего 40% (исходная всхожесть этих семян после уборки была 98%). Надо отметить, что энергия прорастания у старых

семян имеет нулевые значения как в контрольном, так и в опытных вариантах, что является следствием отсутствия семян, способных быстро поглощать воду и прорастать за трое суток. После воздействия ПЭП всхожесть этих семян возросла на 4%. Следовательно, через 11 лет хранения семян в естественных условиях (при комнатной температуре) происходят существенные изменения в зародыше, которые приводят к его гибели.

Через семь суток проращивания семян оценили полученные проростки по числу образовавшихся зародышевых корешков, а также по длине самого длинного корешка и длине ростка (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние предпосевной обработки семян ярового ячменя сорта Мамлюк в электрическом поле на число корешков и линейные размеры проростков

Продолжительность хранения семян, лет	Число корешков			Длина корешка			Длина ростка		
	контроль, штук	обработка		контроль, см	обработка		контроль, см	обработка	
		штук	% от к		см	% от к		см	% от к
11	4,8	5,1	106,3	6,5	9,3	143,1	3,0	3,4	113,3
4	5,8	6	103,4	6,8	8,9	130,9	4,8	7,1	147,9
1	6,0	6,0	100	7,0	10,4	148,6	5,0	7,3	146

В процессе хранения семян число корешков проростка снижается. А число корешков у свежих семян в контроле и после обработки семян в ПЭП остается постоянным. Электростимуляция семян приводит к незначительному увеличению числа корешков. Длина корешка является очень важным признаком, который отражает способность растущего растения достигать влажного слоя почвы в условиях весенней почвенной засухи после посева. В контрольном варианте наблюдается снижение длины корешка и длины ростка по мере хранения семян. После обработки в ПЭП длина корешка существенно возрастает: от 30,9% у 4-летних

семян до 48,6% – у свежих. Длина ростка также возрастет почти в полтора раза у свежих и 4-летних семян, и только на 13,3% у старых. Следовательно, в процессе длительного хранения ткани зародышевых корешков дольше остаются жизнеспособными, чем ткани зародышевой почечки.

Дополнительную информацию о направленности ростовых процессов в прорастающих семенах и растущих проростках может дать анализ полученных экспериментальных данных, например, длина проростка целиком и соотношение длин корешка и ростка (таблица 3).

Таблица 3 – Длина 7-суточного проростка ярового ячменя сорта Мамлюк и соотношение его линейных размеров в зависимости от предпосевной обработки семян в переменном электрическом поле

Продолжительность хранения семян, лет	Длина проростка (корешок + росток), см		Соотношение длины «корешок/росток»	
	контроль	обработка	контроль	обработка
11	9,5	12,7	2,2	2,7
4	11,6	16	1,4	1,3
1	12	17,7	1,4	2,1

Длина проростка целиком имеет максимальные значения у свежих семян и снижается по мере их хранения. Разница между длиной проростка у свежих и старых семян возрастает в два раза после электростимуляции (2,5 см в контроле и 5 см после обработки), что свидетельствует о более высокой отзывчивости на обработку свежих семян. Соотношение длины корешка и ростка в контроле имеет одинаковые значения у свежих и 4-летних семян, но после обработки длина корешка у проростков из свежих семян возрастает больше, чем длина ростка. У старых семян соотношение длины корешка и ростка и в контроле и в опыте имеет самые высокие значения, что подтвер-

ждает сделанный нами ранее вывод о большей жизнеспособности тканей зародышевого корешка по сравнению с тканями зародышевой почечки.

Выводы. В селекционных учреждениях и в хранилищах генофонда сельскохозяйственных культур семена хранят без пересева продолжительное время, в результате чего они теряют всхожесть. Поэтому разработка и применение методов предпосевной стимуляции старых семян в переменном электрическом поле имеет большое практическое значение.

Наибольшее повреждение в процессе длительного хранения семян ячменя (более 10 лет) получают ткани зародышевой почечки.

В ответ на предпосевную обработку переменным электрическим полем всхожесть свежих и старых семян возрастает незначительно, но зато существенно возрастает энергия прорастания.

Длина самого длинного корешка у проростков, полученных из свежих и старых семян, возрастает на 30–48%, что обеспечивает ему постоянный контакт с влажными слоями почвы в условиях нарастающей весенней почвенной засухи.

Литература

1. Савчук, Т.Е. Физиолого-биохимические изменения в зерновках пивоваренного ячменя при хранении: автореф. дис. канд. техн. наук / Т.Е. Савчук; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2003. – 21 с.
2. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Введен 01.07.86. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – С. 34–38.
3. Сторожева, Н.Н. Влияние длительного хранения семян сельскохозяйственных культур в условиях толщи многолетнемерзлых грунтов на жизнеспособность и фенотипическую изменчивость растений: автореф. дис. канд. с.-х. наук / Н.Н. Сторожева; Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства СО РАСХН. – Якутск, 2006. – 22 с.
4. Тибирьков, А.П. Электрофизическая обработка семян – новый агроприем при возделывании ярового ячменя на юге России [Электронный ресурс] / А.П. Тибирьков, И.В. Юдаев // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 2 (22). – С. 4930–4933.
5. Braccini, A.L. Mecanismos de deterioração das sementes: aspectos bioquímicos e fisiológicos / A.L. Braccini, M.C.L. Braccini, C.A. Scapim // *Informativo ABRATES*. – 2001. – Vol. 11. – No 1. – P. 10–15.
6. Borges Corte, V. Alterations in the lipid and soluble sugar content of melanoxylobrauna seeds during natural and accelerated ageing / V. Borges Corte, E. E. de Lima e Borges, J. F. de Carvalho Gonçalves, M.S. Silva // *Rev. bras. Sementes*. – 2010. – Vol. 32. – No 3. – P. 152–162.
7. Nagel 1, M. Longevity of seeds – intraspecific differences in the Gaterslebenebank collections / M. Nagel 1, M.A. Rehman Arif, M. Rosenhauer, A. Börner // *Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkauffleute Österreichs*, 2009. – P. 179–182.
8. Narayana Murthy, U.M. Mechanisms of seed ageing under different storage conditions for *Vignaradiata* (L.) Wilczek: lipid peroxidation, sugar hydrolysis, Maillard reactions and their relationship to glass state transition / U.M. Narayana Murthy, P.P. Kumar, W.Q. Sun. // *J. Exp. Bot.* – 2003. – No 54 (384). – P. 1057–1067.
9. Marcos Filho, J.M. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas / J.M. Marcos Filho. – Piracicaba: FEALQ, 2005. – 495 p.
10. Murata, M. Mitotic Chromosomal Aberrations in Barley Induced by Accelerated Seed Aging / M. Murata, T. Tsuchiya // *Barley Genetics Newsletter*. – 2005. – Vol. 8, II. Research notes. – P. 79–82.
11. Research Progress on Plant Seed Aging and Mitochondria / Q. Tian, X. Xin, X. Lu, X. Chen, J. Zhang // *Journal of*

Plant Genetic Resources. – 2012. – Vol. 13. – No 2. – P. 283–287.

Referens

1. Savchuk T.E. Fiziologo-biokhimicheskiye izmeneniya v zernovkakh pivovarennogo yachmenya pri khraneni: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk [Physiological and biochemical changes in the brewer's barley grains during storage: abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences], T.E. Savchuk, Kubanskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet, Krasnodar, 2003, 21 p. (In Russian)
2. GOST 12038-84. Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti. Vveden 01.07.86. GOST 12038-84; Introduced 07/01/86 [GOST 12038-84. Crop seeds. Methods for determining the germination: Introduced 07/01/86.], M., IPK Izd-vo standartov, 2004, pp. 34–38. (In Russian)
3. Storozheva N.N. Vliyaniye dlitel'nogo khraneniya se-myan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v usloviyakh tolshchi mnogoletnemerzlykh gruntov na zhiznesposobnost' i fenotipicheskuyu izmenchivost' rasteniy: avtoref. dis. kand. s.-kh. nauk [Influence of long storage of seeds of agricultural crops in the conditions of a thickness of permafrost soils on viability and phenotypic variability of plants: dissertation of the candidate of agricultural sciences] / N.N. Storozhev; Yakutskiy nauchno-issledovatel'skiy institute sel'skogo khozyaystva SO RASKHN, Yakutsk, 2006. – 22 p. (In Russian)
4. Tibirkov A.P. Elektrofizicheskaya obrabotka se-myan – novyy agropriyem pri vzdelyvanii yarovogo yachmenya na yuge Rossii [Electrophysical seed treatment – a new agricultural technology in the cultivation of spring barley in southern Russia] [Electronic resource] / A.P. Tibirkov, I.V. Yudaev // *Fundamentalnyye issledovaniya*, 2015, No 2 (22), pp. 4930–4933. (In Russian)
5. Braccini A.L., Braccini M.C.L., Scapim C.A. Mecanismos de deterioração das sementes: aspectos bioquímicos e fisiológicos, *Informativo ABRATES*, 2001, Vol. 11, No 1, pp. 10–15.
6. V. Borges Corte, E.E. de Lima e Borges, J. F. de Carvalho Gonçalves, M.S. Silva. Alterations in the lipid and soluble sugar content of melanoxylobrauna seeds during natural and accelerated ageing, *Rev. bras. Sementes*, 2010, Vol. 32, No 3, pp. 152–162.
7. Nagel 1, M. Longevity of seeds – intraspecific differences in the Gaterslebenebank collections / M. Nagel 1, M.A. Rehman Arif, M. Rosenhauer, A. Börner // *Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkauffleute Österreichs*, 2009, pp. 179–182.
8. Narayana Murthy U.M., Kumar P.P., Sun W.Q. Mechanisms of seed ageing under different storage conditions for *Vignaradiata* (L.) Wilczek: lipid peroxidation, sugar hydrolysis, Maillard reactions and their relationship to glass state transition, *J. Exp. Bot.*, 2003, No 54 (384), pp. 1057–1067.
9. Marcos Filho, J.M. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. – Piracicaba: FEALQ, 2005, 495 p.
10. Murata M., Tsuchiya T. Mitotic Chromosomal Aberrations in Barley Induced by Accelerated Seed Aging, *Barley Genetics Newsletter*, 2005, Vol. 8, II, Research notes, pp. 79–82.
11. Tian Q., Xin X., Lu X., Chen X., Zhang J. Research Progress on Plant Seed Aging and Mitochondria, *Journal of Plant Genetic Resources*, 2012, Vol. 13, No 2, pp. 283–287.

Сведения об авторах

Касакова 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 (86359) 35-9-96. E-mail: Kasakova@inbox.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 (86359) 41-5-02. E-mail: koziaeva@mail.ru.

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

Information about the authors

Kazakova Aliya Sabirovna – Doctor of Biological Sciences, professor of the Selection and seed production of agricultural crops department, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation). Phone: 8 (86359) 35-9-96. E-mail: Kasakova@inbox.ru.

Mayboroda Svetlana Yurievna – Candidate of Biological Sciences, associate professor of the Selection and seed production of agricultural crops department, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation). Phone: 8 (86359) 41-5-02. E-mail: koziaeva@mail.ru.

Yudaev Igor Viktorovich – Doctor of Technical Sciences, professor of the Heat power engineering and information control systems department, deputy director of scientific work, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov Region, Russian Federation). Phone: +7-905-397-64-17. E-mail: etsh1965@mail.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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