



ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Научная статья/Research Article

УДК 633.13:631.52

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-148-155

**Вадим Игоревич Полонский¹, Алена Владимировна Сумина^{2✉},
Сергей Александрович Герасимов³**

^{1,2}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

²Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан, Республика Хакасия, Россия

³Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

¹vadim.polonskiy@mail.ru

²alenasumina@list.ru

³g-s-a2009@yandex.ru

ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ ЯЧМЕНЯ НА АДАПТИВНОСТЬ ПО СОДЕРЖАНИЮ МАСЛА В ЗЕРНЕ В УСЛОВИЯХ ХАКАСИИ

Цель работы – определение показателей адаптивности сортов ячменя, выращенных в условиях Республики Хакасия, и выявление возможной связи между содержанием масла в зерне образцов ячменя и уровнем их стабильности по данному биохимическому признаку. В работе были использованы 6 образцов пленчатого ячменя, выращенных в течение двух лет на территории Бейского и Алтайского районов Республики Хакасии. Погодные условия в течение вегетационного периода достоверно различались как по годам, так и по пунктам исследования. Содержание масла в зерне ячменя определяли известным химическим методом в аппарате Сокслета по ГОСТ 29033-91. У образцов ячменя по данному признаку вычисляли два параметра экологической пластичности образцов (коэффициент вариации C_v и показатель стрессоустойчивости d) и три параметра стабильности образцов (показатель уровня и стабильности сорта ПУСС, параметр гомеостатичности $Нот$ и показатель селекционной ценности сорта C_s). Определено, что минимальной величиной пластичности и максимальным значением стабильности (и соответственно минимальной суммой рангов) по содержанию масла в зерне для условий Хакасии отличился образец ячменя Витим. Наименее ценным по параметрам адаптивности с максимальной суммой рангов оказался образец ячменя Буян. Показано, что образцы ячменя с более высоким содержанием масла в зерне характеризовались повышенными значениями всех параметров стабильности по этому признаку, причем указанная положительная связь была статистически доказана для параметра C_s . Найденный результат может свидетельствовать в пользу того, что селекция ячменя на максимальную стабильность образцов по признаку «содержание масла в зерне» не будет сопровождаться снижением уровня его масличности.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare L.*, ячмень пленчатый, оценка, зерно, пластичность, стабильность, содержание жира

© Полонский В.И., Сумина А.В., Герасимов С.А., 2022

Вестник КрасГАУ. 2022. № 6. С. 148–155.

Bulliten KrasSAU. 2022;(6):148–155.

Для цитирования: Полонский В.И., Сумина А.В., Герасимов С.А. Оценка образцов ячменя на адаптивность по содержанию масла в зерне в условиях Хакасии // Вестник КрасГАУ. 2022. № 6. С. 148–155. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-148-155.

Vadim Igorevich Polonsky¹, Alena Vladimirovna Sumina²✉, Sergei Alexandrovich Gerasimov³

^{1,2}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

²Khakass State University named after N.F. Katanov, Abakan, Republic of Khakassia, Russia

³Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture – a separate subdivision of the Federal Research Center of the KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

¹vadim.polonskiy@mail.ru

²alenasumina@list.ru

³g-s-a2009@yandex.ru

BARLEY SAMPLES EVALUATION FOR ADAPTABILITY IN GRAIN OIL CONTENT UNDER THE KHAKASSIA CONDITIONS

The aim of the study is to determine the indicators of adaptability of barley varieties grown in the conditions of the Republic of Khakassia, and to identify a possible relationship between the oil content in the grain of barley samples and the level of their stability for this biochemical trait. In the work, 6 samples of hulled barley were used, grown for two years on the territory of the Beisky and Altai Regions of the Republic of Khakassia. Weather conditions during the growing season significantly differed both by years and by study points. The oil content in barley grain was carried out by a known chemical method in a Soxhlet apparatus according to GOST 29033-91. For barley accessions, two parameters of ecological plasticity of accessions (coefficient of variation Cv and stress resistance index d) and three stability parameters of accessions (indicator of the level and stability of the variety PUSS, the homeostatic parameter Hom, and the index of the breeding value of the variety Cs) were calculated for this trait. It was determined that the minimum value of plasticity and the maximum value of stability (and, accordingly, the minimum sum of ranks) in terms of oil content in the grain for the conditions of Khakassia was distinguished by the Vitim barley sample. The Buyan barley sample turned out to be the least valuable in terms of adaptability with the maximum sum of ranks. It was shown that barley samples with a higher oil content in the grain were characterized by increased values of all stability parameters for this trait, and the indicated positive relationship was statistically proven for the Cs parameter. The found result may testify in favor of the fact that the selection of barley for the maximum stability of samples on the basis of "oil content in the grain" will not be accompanied by a decrease in its oil content.

Keywords: *Hordeum vulgare L., hulled barley, evaluation, grain, plasticity, stability, fat content*

For citation: Polonsky V.I., Sumina A.V., Gerasimov S.A. Barley samples evaluation for adaptability in grain oil content under the Khakassia conditions // Bulliten KrasSAU. 2022;(6): 148–155. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-148-155.

Введение. Отличительной особенностью живых организмов является их способность к адаптации, поэтому изучение адаптивности культурных растений имеет важное значение для рациональной организации сельского хозяйства, особенно для регионов России с контрастными погодными условиями, к которым относится и Республика Хакасия. Н.И. Вавилов в своих работах обращал внимание на важность изучения приспособленности сорта к конкрет-

ным агроклиматическим условиям среды. При помощи показателя адаптивности (приспособленности) возможно проиллюстрировать все многообразие связей сорта с окружающей средой, он представляет собой единство таких противоположностей, как пластичность (изменчивость) и стабильность (устойчивость) [1].

Важнейший признак зерновой продукции – ее качество. Это комплексный критерий, включающий различные свойства, начиная от органи-

лептических и биохимических показателей зерна и заканчивая его пригодностью для хранения и транспортировки. Отрасли перерабатывающего комплекса в зависимости от специализации предъявляют в зерновому сырью различные требования. Например, сорта ячменя могут быть продовольственного, кормового и пивоваренного направления. Кроме того, относительно недавно зерно ячменя было официально признано сырьем, подходящим для получения функциональных продуктов питания, что связано с высоким содержанием в нем полезного для здоровья человека полисахарида β -глюкана [2]. Как культурный злак ячмень является хорошим источником белка, антиоксидантов, витаминов [3–5]. Кроме того, он содержит ценное по химическому составу пищевое масло, в состав которого помимо полиненасыщенных жирных кислот входят минорные соединения, такие как токоферолы и токотриенолы (витамин Е). Последние, как известно, находятся главным образом в зародыше зерна [6] и играют весьма важную роль в поддержании здоровья человека, включая профилактику сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [7]. По содержанию токотриенолов масло ячменя является абсолютным лидером среди растительных масел [8, 9].

Современные сельхозпроизводители отдают предпочтение сортам с высокой адаптивностью, пластичностью и устойчивостью к биотическим факторам. Как правило, вышеуказанные сорта созданы в местных или приближенных к ним условиях. Для территории Республики Хакасия крайне важна оценка адаптивности выращиваемых сортов, что связано с варьированием температурного режима и осадков в течение вегетационного периода, проявляющегося в поздних весенних (третья декада мая), ранних осенних (вторая-третья декада августа) заморозках, а также неравномерности распределения осадков. Использование сортов ячменя, адаптированных к различным условиям выращивания и способных максимально реализовать потенциал продуктивности, может повысить стабильность сборов зерна надлежащего качества по годам [10–12].

Анализ научных публикаций в части изучения адаптивности образцов ячменя показал, что в литературе приводятся в основном данные о показателях пластичности и стабильности по

величине урожайности и массы 1000 зерен [11, 13, 14]. Сведений о варьировании содержания ценных химических веществ, в частности масла, в зерне ячменя в различных условиях его выращивания в литературе встречается недостаточно [15–17].

Цель исследования – определение показателей адаптивности сортов ячменя, выращенных в условиях Республики Хакасия, и выявление связи между содержанием масла в зерне образцов ячменя и уровнем их стабильности по данному биохимическому признаку.

Задачи: выполнить расчеты значений показателей пластичности и стабильности образцов ячменя по содержанию масла в зерне; оценить образцы ячменя по уровню адаптивности, содержанию масла в зерне; провести корреляционный анализ связи между средним содержанием масла в зерне образцов ячменя и уровнем их пластичности и стабильности по указанному признаку.

Объект и методы. Объектом исследования были выбраны 6 образцов пленчатого ячменя, выращенного в течение двух вегетационных периодов на территории Бейского и Алтайского районов Республики Хакасия. Агроклиматические условия выращивания ячменя существенно различались как по годам, так и по пунктам исследования.

После уборки растений в каждом образце ячменя определяли содержание масла в зерне по стандартному методу [18]. Лабораторные анализы были проведены в ФГУ ГСАС «Хакасская» (г. Абакан). Повторность определения содержания масла в зерне трехкратная. По указанному хозяйственно ценному признаку образцов ячменя вычисляли 5 параметров адаптивности, которые были разделены на две группы. Первая группа объединяла показатели экологической пластичности образцов: коэффициент вариации C_v [19] и показатель стрессоустойчивости d [20]. Во вторую группу вошли параметры стабильности образцов: показатель уровня и стабильности сорта ПУСС [10], параметр гомеостатичности Hom [21] и показатель селекционной ценности сорта C_s [21]. В исследовании использовали прием ранжирования образцов по уровню их адаптивности, и для оценок последней вычисляли суммы рангов.

Статистическую обработку данных проводили с помощью стандартных компьютерных программ Microsoft Excel. Достоверность результатов оценивали при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Результаты вычисления пяти показателей адаптивности образцов ячменя по содержанию масла в зерне

представлены в таблице 1, из которой можно видеть, что при выращивании в условиях Хакасии минимальным значением пластичности и максимальным уровнем стабильности по содержанию масла в зерне ячменя отличался образец Витим. Наименее ценным по параметрам адаптивности оказался образец ячменя Буян.

Таблица 1

Среднее содержание масла в зерне, показатели адаптивности и результаты ранжирования различных образцов ячменя по этому признаку

Образец	X, %	Показатель адаптивности					Сумма рангов
		Cv, %	d	Hom	ПУСС, %	Cs	
Ача (ст.)	2,13	$\frac{13,6}{3}$	$\frac{-0,70}{4}$	$\frac{0,22}{3}$	$\frac{100,0}{3}$	$\frac{1,53}{3}$	16
Буян	2,01	$\frac{21,4}{6}$	$\frac{-1,01}{6}$	$\frac{0,09}{6}$	$\frac{57,3}{6}$	$\frac{1,25}{5}$	29
Витим	2,35	$\frac{11,1}{1}$	$\frac{-0,51}{2}$	$\frac{0,42}{1}$	$\frac{150,8}{1}$	$\frac{1,90}{1}$	6
Дыгын	1,59	$\frac{12,6}{2}$	$\frac{-0,43}{1}$	$\frac{0,29}{2}$	$\frac{60,8}{5}$	$\frac{1,19}{6}$	16
Омский 85	1,96	$\frac{14,3}{4}$	$\frac{-0,69}{3}$	$\frac{0,20}{4}$	$\frac{81,5}{4}$	$\frac{1,37}{4}$	19
Паллидум 4759	2,42	$\frac{16,5}{5}$	$\frac{-0,91}{5}$	$\frac{0,16}{5}$	$\frac{107,6}{2}$	$\frac{1,65}{2}$	19
Коэффициент корреляции Спирмена		0,913	0,764	0,913*	0,810	0,662	–

Примечание. Приведены двухлетние данные для условий Бейского и Алтайского районов Республики Хакасии; ст. – образец-стандарт; X – среднее содержание масла в зерне; Cv – коэффициент вариации; d – показатель стрессоустойчивости; Hom – параметр гомеостатичности; ПУСС – показатель уровня и стабильности сорта; SF – фактор стабильности; Cs – показатель селекционной ценности сорта; числитель – показатели адаптивности образцов; знаменатель – значения рангов; (*) – величины коэффициентов корреляции Спирмена существенны при $p \leq 0,05$.

Полученные результаты подтверждают установленную рядом исследователей значительную разницу в содержании масла в зерне ячменя как между генотипами [22–23], так и в зависимости от условий внешней среды [24].

В данной работе в качестве критериев оценки адаптивности образцов ячменя были выбраны следующие: минимальная пластичность (наименьшие значения Cv, d) и максимальная стабильность (наибольшие величины Hom, ПУСС и Cs) уровня изучаемого биохимического признака по условиям выращивания. В соответствии с этим высшие ранги присуждали образцам ячменя, которые обладали наименьшим варьированием изучаемого признака. Как пока-

зали результаты, представленные в таблице 1, по минимальной сумме рангов выделился образец Витим.

В проведенном исследовании было установлено наличие четкого совпадения данных ранжирования образцов ячменя по их адаптивности, определяемых на основе различных параметров пластичности и стабильности. Этот результат доказан на основе полученных высоких значений коэффициентов корреляции Спирмена между рангами по отдельным параметрам адаптивности и суммой рангов (см. табл. 1). Зарегистрированный эффект позволяет высказать предположение, что практически все используемые здесь параметры адаптивности по со-

держанию масла в зерне дают одному и тому же образцу ячменя близкие оценки. Иначе говоря, повышенный уровень пластичности каждого об-

разца почти всегда предполагает меньшую величину его стабильности и наоборот.

Таблица 2

Корреляционная связь между средними величинами содержания масла в зерне образцов ячменя, выращенных в разных условиях, и показателями их адаптивности по этому признаку

Cv	d	Hom	ПУСС	Cs
0,036	-0,394	0,064	0,778	0,861*

*Значения коэффициентов корреляции существенны при $p \leq 0,05$.

Значения коэффициентов корреляции между средними уровнями содержания масла в зерне, с одной стороны, и показателями адаптивности образцов по указанному биохимическому признаку, с другой, представлены в таблице 2. Как видно из приведенных результатов, связь между величиной масличности зерна и параметром стрессоустойчивости d по данному признаку была отрицательной. Корреляция между рассматриваемым биохимическим признаком и всеми показателями стабильности была положительной, причем она была высокой для большинства показателей и статистически доказанной для параметра Cs . Выявленная в настоящей работе тенденция говорит в пользу того, что успешная селекция ячменя на минимальную пластичность и максимальную стабильность образцов по признаку «содержание масла в зерне» не будет, по-видимому, сопровождаться снижением уровня масличности зерна.

знаку «содержание масла в зерне» не будет, по-видимому, сопровождаться снижением масличности зерна.

Список источников

Заключение

1. Наименьшей величиной пластичности и наибольшим значением стабильности (и соответственно минимальной суммой рангов) по содержанию масла в зерне ячменя отличался образец ячменя Витим.

2. Образцы ячменя с повышенным содержанием масла в зерне характеризовались более высокими значениями параметров стабильности по этому признаку, причем эта связь была статистически доказана для показателя селекционной ценности сорта Cs . Зафиксированная тенденция свидетельствует, что успешная селекция ячменя на минимальную пластичность и максимальную стабильность образцов по при-

1. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 5. С. 617–626.
2. Harland J. Authorised EU health claims for barley and oat beta-glucans // In: Foods, Nutrients and Food Ingredients with Authorised EU Health Claims. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2014. P. 25–45. DOI: 10.1533/9780857098481.2.25.
3. Martínez-Subirà M., Romero M.P., Puig E., Macià A., Romagosa I., Moralejo M. Purple, high β -glucan, hullless barley as valuable ingredient for functional food // LWT – Food Science and Technology. 2020. V. 131. No. 9. P. 109582. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109582.
4. Loskutov I.G., Khlestkina E.K. Wheat, Barley, and Oat Breeding for Health Benefit Components in Grain // Plants. 2021. V. 10. No 1. P. 86. DOI: 10.3390/plants10010086.
5. Šterna V., Zute S., Jansone I., Kantane I. Chemical Composition of Covered and Naked Spring Barley Varieties and Their Potential for Food Production // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2017. V. 67. No. 2. P. 151–158. DOI: 10.1515/pjfn-2016-0019.
6. Moreau R.A., Wayns K.E., Flores R.A., Hicks K.B. Tocopherols and Tocotrienols in Barley Oil Prepared from Germ and Other Fractions from Scarification and Sieving of

- Hulless Barley // *Cereal Chemistry*. 2007. V. 84. No. 6. P. 587–592.
7. *Shahidi F., De Camargo A.C.* Tocopherols and Tocotrienols in Common and Emerging Dietary Sources: Occurrence, Applications, and Health Benefits // *International Journal of Molecular Sciences*. 2016. V. 17. No. 10. P. 1745. DOI: 10.3390/ijms17101745.
 8. *Moreau R.A., Flores R.A., Hicks K.B.* Composition of Functional Lipids in Hulled and Hulless Barley in Fractions Obtained by Scarification and in Barley Oil // *Cereal Chemistry*. 2007. V. 84. No. 1. P. 1–5.
 9. *Moreau R.A.* Barley Oil // In: *Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils*. Editors R.A. Moreau, A. Kamal-Eldin, AOCS-Press, Urbana-Illinois, 2009. P. 455–478.
 10. *Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И.* Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна // *Вестник сельскохозяйственной науки*. 1985. № 1. С. 66–73.
 11. Стрессоустойчивость сортов ячменя различного агроэкологического происхождения для условий резко континентального климата / *О.А. Юсова [и др.]* // *Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. Т. 181, Вып. 4. С. 44–55. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-44-55.
 12. *Левакова О.В.* Селекционная работа по созданию адаптированных к Нечерноземной зоне РФ сортов ярового ячменя и перспективы развития данной культуры в Рязанской области // *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 1 (73). С. 14–19. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-14-19.
 13. Адаптивность нового сорта ячменя ярового Омский 101 / *П.Н. Николаев [и др.]* // *Вестник НГАУ*. 2019. № 3 (52). С. 48–58.
 14. *Серебренников Ю.И.* Пластичность и стабильность ярового ячменя по урожаю зерна и массе 1000 зерен // *Вестник НГАУ*. 2020. № 2(55). С. 50–59. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-50-59.
 15. Оценка образцов ячменя на содержание β-глюканов в зерне и другие ценные признаки в условиях Восточной Сибири / *В.И. Полонский [и др.]* // *Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2021. Т. 182, Вып. 1. С. 48–58. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-48-58.
 16. *Tomasi I., Sileoni V., Marconi O., Bonciarelli U., Guiducci M., Maranghi S., Perretti G.* Effect of Growth Conditions and Genotype on Barley Yield and β-Glucan Content of Kernels and Malt // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2019. V. 67. No. 22. P. 6324–6335. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b00891.
 17. *Kumar A., Verma R.P.S., Singh A., Sharma H.K., Devi G.* Barley landraces: Ecological heritage for edaphic stress adaptations and sustainable production // *Environmental and Sustainability Indicators*. 2020. V. 6. P. 100035. DOI: 10.1016/j.indic.2020.100035.
 18. ГОСТ 29033-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира. М.: Изд-во стандартов, 1992.
 19. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.
 20. *Rossielle A.A., Hemblin J.* Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // *Crop Science*. 1981. V. 21. No. 6. P. 27–29.
 21. *Хангильдин В.В., Литвиненко Н.А.* Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // *Научно-технический бюллетень Всесоюзного селекционно-генетического института*. 1981. № 1. С. 8–14.
 22. *Ehrenbergerová J., Belcrediová N., Prýma J., Vaculová K., Newman C.W.* Effect of cultivar, year grown, and cropping system on the content of tocopherols and tocotrienols in grains of hulled and hulless barley // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2006. V. 61. No. 3. P. 145–150. DOI: 10.1007/s11130-006-0024-6.
 23. *Badea A., Carter A., Legge W.G., Swallow K., Johnston S.P., Izydorczyk M.S.* Tocols and oil content in whole grain, brewer's spent grain, and pearling fractions of malting, feed, and food barley genotypes // *Cereal Chemistry*. 2018. V. 95. No. 6. P. 779–789. DOI: 10.1002/cche.10093.
 24. *Griffey C., Brooks W., Kurantz M., Thomason W., Taylor F., Obert D., Moreau R., Flores R., Sohn M., Hicks K.* Grain composition of Virginia winter barley and implications for use in feed, food, and biofuels production // *Journal of Cereal Science*. 2010. V. 51. No. 1. P. 41–49. DOI: 10.1016/j.jcs.2009.09.004.

References

- Rybas' I.A. Povyshenie adaptivnosti v selekcii zernovyh kul'tur // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. T. 51, № 5. S. 617–626.
- Harland J. Authorised EU health claims for barley and oat beta-glucans // In: Foods, Nutrients and Food Ingredients with Authorised EU Health Claims. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2014. P. 25–45. DOI: 10.1533/9780857098481.2.25.
- Martínez-Subirà M., Romero M.P., Puig E., Macià A., Romagosa I., Moralejo M. Purple, high β -glucan, hullless barley as valuable ingredient for functional food // LWT – Food Science and Technology. 2020. V. 131. No. 9. P. 109582. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109582.
- Loskutov I.G., Khlestkina E.K. Wheat, Barley, and Oat Breeding for Health Benefit Components in Grain // Plants. 2021. V. 10. No 1. P. 86. DOI: 10.3390/plants10010086.
- Šterna V., Zute S., Jansone I., Kantane I. Chemical Composition of Covered and Naked Spring Barley Varieties and Their Potential for Food Production // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2017. V. 67. No. 2. P. 151–158. DOI: 10.1515/pjfn-2016-0019.
- Moreau R.A., Wayns K.E., Flores R.A., Hicks K.B. Tocopherols and Tocotrienols in Barley Oil Prepared from Germ and Other Fractions from Scarification and Sieving of Hullless Barley // Cereal Chemistry. 2007. V. 84. No. 6. P. 587–592.
- Shahidi F., De Camargo A.C. Tocopherols and Tocotrienols in Common and Emerging Dietary Sources: Occurrence, Applications, and Health Benefits // International Journal of Molecular Sciences. 2016. V. 17. No. 10. P. 1745. DOI: 10.3390/ijms17101745.
- Moreau R.A., Flores R.A., Hicks K.B. Composition of Functional Lipids in Hulled and Hullless Barley in Fractions Obtained by Scarification and in Barley Oil // Cereal Chemistry. 2007. V. 84. No. 1. P. 1–5.
- Moreau R.A. Barley Oil // In: Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils. Editors R.A. Moreau, A. Kamal-Eldin, AOCS-Press, Urbana-Illinois, 2009. P. 455–478.
- Nettevich E.D., Morgunov A.I., Maksimenko M.I. Povyshenie `effektivnosti` otbora yarovoj pshenicy na stabil'nost', urozhajnost' i kachestvo zerna // Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 1985. № 1. S. 66–73.
- Stressoustojchivost' sortov yachmenya razlichnogo agro`ekologicheskogo proishozhdeniya dlya uslovij rezko kontinental'nogo klimata / O.A. Yusova [i dr.] // Tr. po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2020. T. 181, Vyp. 4. S. 44–55. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-44-55.
- Levakova O.V. Selekcionnaya rabota po sozdaniyu adaptirovannyh k Nechernozemnoj zone RF sortov yarovogo yachmenya i perspektivy razvitiya dannoj kul'tury v Ryazanskoj oblasti // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № 1 (73). S. 14–19. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-14-19.
- Adaptivnost' novogo sorta yachmenya yarovogo Omskij 101 / P.N. Nikolaev [i dr.] // Vestnik NGAU. 2019. № 3 (52). S. 48–58.
- Serebrennikov Yu.I. Plastichnost' i stabil'nost' yarovogo yachmenya po urozhayu zerna i masse 1000 zeren // Vestnik NGAU. 2020. № 2(55). S. 50–59. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-50-59.
- Ocenka obrazcov yachmenya na sodержanie β -glyukanov v zerne i drugie cennye priznaki v usloviyah Vostochnoj Sibiri / V.I. Polonskij [i dr.] // Tr. po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2021. T. 182, Vyp. 1. S. 48–58. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-48-58.
- Tomasi I., Sileoni V., Marconi O., Bonciarelli U., Guiducci M., Maranghi S., Perretti G. Effect of Growth Conditions and Genotype on Barley Yield and β -Glucan Content of Kernels and Malt // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2019. V. 67. No. 22. P. 6324–6335. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b00891.
- Kumar A., Verma R.P.S., Singh A., Sharma H.K., Devi G. Barley landraces: Ecological heritage for edaphic stress adaptations and sustainable production // Environmental and Sustainability Indicators. 2020. V. 6. P. 100035. DOI: 10.1016/j.indic.2020.100035.
- GOST 29033-91. Zerno i produkty ego pererabotki. Metod opredeleniya zhira. M.: Izdvo standartov, 1992.

19. *Dospehov B.A.* Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat, 1985. 352 s.
20. *Rossielle A.A., Hemblin J.* Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // *Crop Science*. 1981. V. 21. No. 6. P. 27–29.
21. *Hangil'din V.V., Litvinenko N.A.* Gomeostaticnost' i adaptivnost' sortov ozimoy pshe-nicy // *Nauchno-tehnicheskij byulleten' Vse-soyuznogo selekcionno-geneticheskogo instituta*. 1981. No 1. S. 8–14.
22. *Ehrenbergerová J., Belcrediová N., Prýma J., Vaculová K., Newman C.W.* Effect of cultivar, year grown, and cropping system on the content of tocopherols and tocotrienols in grains of hulled and hullless barley // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2006. V. 61. No. 3. P. 145–150. DOI: 10.1007/s11130-006-0024-6.
23. *Badea A., Carter A., Legge W.G., Swallow K., Johnston S.P., Izydorczyk M.S.* Tocols and oil content in whole grain, brewer's spent grain, and pearling fractions of malting, feed, and food barley genotypes // *Cereal Chemistry*. 2018. V. 95. No. 6. P. 779–789. DOI: 10.1002/cche.10093.
24. *Griffey C., Brooks W., Kurantz M., Thomason W., Taylor F., Obert D., Moreau R., Flores R., Sohn M., Hicks K.* Grain composition of Virginia winter barley and implications for use in feed, food, and biofuels production // *Journal of Cereal Science*. 2010. V. 51. No. 1. P. 41–49. DOI: 10.1016/j.jcs.2009.09.004.

Статья принята к публикации 01.04.2022 / The article accepted for publication 01.04.2022.

Информация об авторах:

Вадим Игоревич Полонский¹, профессор кафедры ландшафтной архитектуры, ботаники, агроэкологии; профессор кафедры биофизики Института фундаментальной биологии и биотехнологии; доктор биологических наук, профессор

Алена Владимировна Сумина², доцент кафедры химии и геоэкологии; докторант кафедры ландшафтной архитектуры и ботаники; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Сергей Александрович Герасимов³, заведующий лабораторией селекции серых хлебов, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Vadim Igorevich Polonsky¹, Professor at the Department of Landscape Architecture, Botany, Agroecology; Professor at the Department of Biophysics of the Institute of Fundamental Biology and Biotechnology; Doctor of Biological Sciences, Professor

Alena Vladimirovna Sumina², Associate Professor at the Department of Chemistry and Geoecology; Doctoral Student at the Department of Landscape Architecture and Botany; Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Sergei Alexandrovich Gerasimov³, Head of the Laboratory for the Selection of Brown Bread, Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences

