



Морфология и биохимия растений Morphology and biochemistry of plants


DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-2-153-162

EDN HKGMZH

УДК 633.13:631.52

Научная статья / Research article

Адаптивность образцов ячменя по содержанию жира в зерне в условиях Красноярской лесостепи

В.И. Полонский^{1,2} , А.В. Сумина³  , С.А. Герасимов⁴ ¹Красноярский государственный аграрный университет,
г. Красноярск, Российская Федерация²Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Российская Федерация³Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова,
г. Абакан, Российская Федерация⁴Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — обособленное
подразделение ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный
центр СО РАН», г. Красноярск, Российская Федерация
 alenasumina@list.ru

Аннотация. Проведено исследование с целью выявления и анализа возможной связи между содержанием жира в зерне образцов ячменя и уровнем их стабильности по данному биохимическому признаку. В работе использовались по 15 образцов пленчатого ячменя, которые были выращены в течение трех лет в условиях Красноярской лесостепи (ОПХ «Минино», Емельяновский район Красноярского края). Климатические условия по годам исследования существенно различались по температурному режиму и количеству осадков в течение вегетационного периода. После уборки растений в зерне ячменя измеряли содержание жира химическим методом по ГОСТ 13496.15–97. Вычисляли два параметра экологической пластичности образцов (коэффициент вариации C_v и показатель стрессоустойчивости d) и четыре параметра стабильности образцов (показатель уровня и стабильности сорта ПУСС, параметр гомеостатичности $Ном$, фактор стабильности SF и показатель селекционной ценности сорта C_s). Установлено, что наименьшей величиной пластичности и наибольшим значением стабильности, а соответственно, минимальной

© Полонский В.И., Сумина А.В., Герасимов С.А., 2023

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

суммой рангов по содержанию жира в зерне для условий Красноярской лесостепи отличились образцы ячменя Симон и Паллидум 4727. Наименее ценными по параметрам адаптивности с максимальной суммой рангов оказались образцы ячменя Г 18619, Г 19589 и Дыгын. Показано, что образцы ячменя с более высоким содержанием жира в зерне характеризовались повышенными значениями всех параметров стабильности по этому признаку, причем указанная положительная связь была статистически доказана для параметра Cs. Полученный результат может говорить в пользу того, что при успешной селекции ячменя на максимальную стабильность образцов по признаку содержания жира в зерне не будет снижаться уровень его масличности.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare* L., пленчатый ячмень, масло, показатель пластичности, стабильность сортов

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 9 марта 2022 г., принята к публикации 27 февраля 2023 г.

Для цитирования: Полонский В.И., Сумина А.В., Герасимов С.А. Адаптивность образцов ячменя по содержанию жира в зерне в условиях Красноярской лесостепи // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2023. Т. 18. № 2. С. 153–162. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-2-153-162


Adaptability of barley varieties in terms of fat content in grain under conditions of Krasnoyarsk forest-steppe

Vadim I. Polonsky^{1,2} , Alena V. Sumina³  , Sergey A. Gerasimov⁴ 

¹Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russian Federation

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

³Khakassian State University named after N.F. Katanov,
Abakan, Russian Federation

⁴Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture, affiliated to Krasnoyarsk Scientific Center,
Siberian Branch of the RAS, Krasnoyarsk, Russian Federation
 alenasumina@list.ru

Abstract. The aim of the study was to analyze possible relationship between fat content in grain of barley varieties and level of their stability for this biochemical trait. The work involved 15 varieties of hulled barley, which were grown for three years in conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe ('Minino' farm, Emelyanovsky district, the Krasnoyarsk Territory). Climatic conditions in the research years differed significantly in terms of temperature and precipitation during the growing season. After harvesting plants, fat content in barley grain was measured by the chemical method according to GOST 13496.15–97. For barley varieties, two parameters of ecological plasticity (coefficient of variation; stress resistance index) and four stability parameters (indicator of level and stability of variety; homeostatic parameter; stability factor; index of selection value of variety) were calculated according to the indicated biochemical trait. It was found that Simon and Pallidum 4727 had the lowest value of plasticity and the highest value of stability (and, accordingly, the minimum sum of ranks) in terms of fat content in grain for the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. G 18619, G 19589 and Dygyn were least valuable in terms of adaptability parameters with the maximum sum of ranks. It was shown that barley varieties with a higher fat content in 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 result

obtained shows that through the successful selection of barley for the maximum stability of ‘grain fat content’ trait, oil content will not decrease.

Key words: *Hordeum vulgare* L., hulled barley, oil content, plasticity, stability

Conflicts of interest. The author declares no conflicts of interest.

Article history: Received: 9 March 2022. Accepted: 27 February 2023.

For citation: Polonsky VI, Sumina AV, Gerasimov SA. Adaptability of barley varieties in terms of fat content in grain under conditions of Krasnoyarsk forest-steppe. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2023; 18(2):153—162. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-2-153-162

Введение

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) — одна из важнейших кормовых и продовольственных зерновых культур, в последнее время привлек к себе внимание многих исследователей и специалистов пищевых производств, так как зерно ячменя было официально признано сырьем, подходящим для получения функциональных продуктов питания. Выявлено, что оно содержит большое количество весьма полезного для здоровья человека полисахарида β -глюкана [1]. Кроме того, как культурный злак ячмень является хорошим источником белка, антиоксидантов, витаминов и жира [2–4].

Как известно, сегодня на планете регистрируется заметное изменение климата. Поэтому, по мнению ряда авторов, на современном этапе селекции следует учитывать стабильность сортов сельскохозяйственных культур, в частности ячменя, по элементам продуктивности и качеству урожая. При этом важно обладать информацией не только об уровне адаптивности того или иного сорта по качеству урожая, но и иметь представление о возможных связях между показателями качества зерна образцов и уровнем их стабильности по этим признакам. Использование сортов ячменя, адаптированных к различным условиям выращивания и способных максимально реализовать потенциал продуктивности, может повысить стабильность сборов зерна надлежащего качества по годам [5–7].

В литературных источниках по адаптивности образцов ячменя приводятся в основном данные о показателях пластичности и стабильности по величине урожайности и массы 1000 зерен [6–9]. Сведений о варьировании содержания других ценных химических веществ, в частности жира, в зерне ячменя в различных условиях его выращивания в литературе встречается недостаточно [10–12].

Цель исследования — анализ связи между содержанием жира в зерне образцов ячменя и уровнем их стабильности по данному биохимическому признаку.

Материалы и методы исследования

В проведенном исследовании выращивали по 15 образцов пленчатого ячменя в течение трех лет на опытных полях Красноярского НИИ сельского хозяйства СО РАН, расположенных в ОПХ «Минино» (Емельяновский район Красноярского

края). Согласно данным лабораторных исследований, почвенные условия в ОПХ «Минино» представлены обыкновенным маломощным и среднемощным черноземами с проявлением эрозионных процессов. По гранулометрическому составу почвы тяжелосуглинистые. Содержание в них гумуса составляет 4,2 %, реакция почвенного раствора рН — 6,2. Условия выращивания ячменя в указанном пункте существенно различались в разные годы по обеспеченности осадками и режимам среднесуточных температур.

После уборки растений в каждом образце ячменя определяли содержание жира в зерне. Этот химический показатель исследовали, используя аппарат Сокслета, по ГОСТ 13496.15–97 [13], который заключается в экстракции сырого жира из зерна диэтиловым эфиром с последующим удалением последнего, высушиванием и взвешиванием извлеченного жира. Лабораторные анализы были проведены в ФГУ ГСАС «Хакасская» (г. Абакан). Повторность определения содержания жира 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^1 и показатель стрессоустойчивости d [14]. Во вторую группу вошли параметры стабильности образцов: показатель уровня и стабильности сорта ПУСС [5], параметр гомеостатичности Hom [15] и показатель селекционной ценности сорта Cs [15]. 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 исследования и обсуждение

Результаты вычисления пяти показателей адаптивности образцов ячменя по содержанию жира в зерне представлены в табл. 1. Судя по приведенным данным, различные погодные условия, складывающиеся в разные годы изучения ячменя, приводили к варьированию содержания жира в зерне, что отразилось в значениях показателей адаптивности образцов. Можно видеть, что при выращивании в условиях Красноярской лесостепи минимальным значением пластичности и максимальным уровнем стабильности по содержанию жира в зерне ячменя отличались образцы Симон и Паллидум 4727. Наименее ценные по параметрам адаптивности оказались образцы ячменя Г 18619, Г 19589 и Дыгын.

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропром-издат, 1985. 351 с.

Таблица 1

Среднее содержание жира в зерне, показатели адаптивности и результаты ранжирования различных образцов ячменя по этому признаку. Трехлетние данные для условий ОПХ «Минино» Красноярского края

Название образца	X, %	Показатели адаптивности					Сумма рангов
		Cv, %	d	Hom	ПУСС, %	Cs	
Паллидум 4727	2,40	<u>3,3</u> 2	<u>-0,15</u> 2	<u>4,80</u> 2	<u>283,3</u> 2	<u>2,26</u> 1	9
Г 19921	2,13	<u>11,7</u> 7	<u>-0,46</u> 5	<u>0,39</u> 7	<u>64,4</u> 11	<u>1,70</u> 13	43
Симон	2,29	<u>2,2</u> 1	<u>-0,09</u> 1	<u>11,67</u> 1	<u>400,9</u> 1	<u>2,20</u> 2	6
Бархатный	2,26	<u>12,4</u> 8	<u>-0,54</u> 10	<u>0,34</u> 8	<u>68,7</u> 9	<u>1,76</u> 9	44
Паллидум 4759	2,37	<u>13,1</u> 9	<u>-0,58</u> 13	<u>0,31</u> 9,5	<u>71,6</u> 7	<u>1,87</u> 6,5	45
Г 20752	2,35	<u>10,6</u> 5	<u>-0,50</u> 7	<u>0,44</u> 6	<u>86,5</u> 5	<u>1,90</u> 5	28
Витим	2,11	<u>13,7</u> 12	<u>-0,53</u> 8,5	<u>0,29</u> 12	<u>54,0</u> 14	<u>1,62</u> 14	60,5
Г 18619	2,41	<u>17,8</u> 15	<u>-0,77</u> 15	<u>0,18</u> 15	<u>54,3</u> 13	<u>1,71</u> 11,5	69,5
Г 19589	2,36	<u>16,1</u> 14	<u>-0,70</u> 14	<u>0,21</u> 14	<u>57,7</u> 12	<u>1,72</u> 10	64
Дыгын	2,02	<u>15,3</u> 13	<u>-0,53</u> 8,5	<u>0,25</u> 13	<u>44,3</u> 15	<u>1,54</u> 15	64,5
Медикум 4771	2,06	<u>10,2</u> 4	<u>-0,40</u> 4	<u>0,51</u> 4	<u>69,4</u> 8	<u>1,71</u> 11,5	31,5
Омский 96	2,29	<u>13,5</u> 11	<u>-0,55</u> 11	<u>0,31</u> 9,5	<u>64,6</u> 10	<u>1,79</u> 8	49,5
КМ 564	2,40	<u>13,3</u> 10	<u>-0,57</u> 12	<u>0,32</u> 11	<u>72,0</u> 6	<u>1,87</u> 6,5	45,5
Рикотензе 4783	2,47	<u>6,9</u> 3	<u>-0,33</u> 3	<u>1,09</u> 3	<u>147,8</u> 3	<u>2,17</u> 3	15
Красноярский 80 (st.)	2,53	<u>10,7</u> 6	<u>-0,49</u> 6	<u>0,48</u> 5	<u>100,0</u> 4	<u>2,10</u> 4	25
Коэффициент корреляции Спирмена		0,978*	0,858*	0,978*	0,935*	0,830*	—

Примечания. st. – образец-стандарт; X – среднее содержание жира 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 $p \leq 0,05$.

Table 1

Fat content in barley grain, adaptability indicators and ranking results of various barley varieties on this trait ('Minino' farm, the Krasnoyarsk Territory)

Variety	X, %	Adaptability indicators					Sum of ranks
		Cv, %	d	Hom	ILSV, %	Cs	
Pallidum 4727	2.40	<u>3.3</u> 2	<u>-0.15</u> 2	<u>4.80</u> 2	<u>283.3</u> 2	<u>2.26</u> 1	9
G 19921	2.13	<u>11.7</u> 7	<u>-0.46</u> 5	<u>0.39</u> 7	<u>64.4</u> 11	<u>1.70</u> 13	43

Ending table 1

Variety	X,%	Adaptability indicators					Sum of ranks
		Cv,%	d	Hom	ILSV,%	Cs	
Simon	2.29	<u>2.2</u> 1	<u>-0.09</u> 1	<u>11.67</u> 1	<u>400.9</u> 1	<u>2.20</u> 2	6
Velvet	2.26	<u>12.4</u> 8	<u>-0.54</u> 10	<u>0.34</u> 8	<u>68.7</u> 9	<u>1.76</u> 9	44
Pallidum 4759	2.37	<u>13.1</u> 9	<u>-0.58</u> 13	<u>0.31</u> 9.5	<u>71.6</u> 7	<u>1.87</u> 6.5	45
G 20752	2.35	<u>10.6</u> 5	<u>-0.50</u> 7	<u>0.44</u> 6	<u>86.5</u> 5	<u>1.90</u> 5	28
Vitim	2.11	<u>13.7</u> 12	<u>-0.53</u> 8.5	<u>0.29</u> 12	<u>54.0</u> 14	<u>1.62</u> 14	60,5
G 18619	2.41	<u>17.8</u> 15	<u>-0.77</u> 15	<u>0.18</u> 15	<u>54.3</u> 13	<u>1.71</u> 11.5	69,5
G 19589	2.36	<u>16.1</u> 14	<u>-0.70</u> 14	<u>0.21</u> 14	<u>57.7</u> 12	<u>1.72</u> 10	64
Dygyn	2.02	<u>15.3</u> 13	<u>-0.53</u> 8.5	<u>0.25</u> 13	<u>44.3</u> 15	<u>1.54</u> 15	64,5
Medikum 4771	2.06	<u>10.2</u> 4	<u>-0.40</u> 4	<u>0.51</u> 4	<u>69.4</u> 8	<u>1.71</u> 11.5	31,5
Omsky 96	2.29	<u>13.5</u> 11	<u>-0.55</u> 11	<u>0.31</u> 9.5	<u>64.6</u> 10	<u>1.79</u> 8	49,5
KM 564	2.40	<u>13.3</u> 10	<u>-0.57</u> 12	<u>0.32</u> 11	<u>72.0</u> 6	<u>1.87</u> 6.5	45,5
Rikotenze 4783	2.47	<u>6.9</u> 3	<u>-0.33</u> 3	<u>1.09</u> 3	<u>147.8</u> 3	<u>2.17</u> 3	15
Krasnoyarsky 80 (st.)	2.53	<u>10.7</u> 6	<u>-0.49</u> 6	<u>0.48</u> 5	<u>100.0</u> 4	<u>2.10</u> 4	25
Spearman correlation coefficient		0.978*	0.858*	0.978*	0.935*	0.830*	—

Notes. st. – standard variety; X – average fat content in grain; Cv – coefficient of variation; d – indicator of stress resistance; Hom – homeostatic parameter; ILSV – indicator of level and stability of variety; SF – stability factor; Cs – indicator of breeding value of variety; numerator – indicators of adaptability of samples; denominator – values of ranks. *The values of the Spearman correlation coefficients are significant at $p \leq 0.05$.

Полученные результаты подтверждают установленную рядом исследователей значительную разницу в содержании жира в зерне ячменя как между генотипами, так и в зависимости от условий внешней среды [16, 17].

Сегодня в литературе для практической оценки уровня пластичности и стабильности образцов сельскохозяйственных культур, в т. ч. ячменя, используется обширный набор разнообразных статистических параметров, однозначно толковать которые затруднительно. Поэтому многими исследователями применяется подход к ранжированию образцов и использованию суммы рангов для вынесения суждения об уровне адаптивности соответствующих образцов. 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 соответствие с таким методическим подходом высшие ранги присуждали образцам ячменя, которые обладали наимень-

шим варьированием изучаемого признака. Как показали результаты (см. табл. 1), по минимальной сумме рангов выделились образцы Симон и Паллидум 4727.

В исследовании 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 существенных значений коэффициентов корреляции Спирмена между рангами по отдельным параметрам адаптивности и суммой рангов (см. табл. 1). Зарегистрированный эффект позволяет предположить, что практически все используемые здесь параметры адаптивности по содержанию жира в зерне дают одному и тому же образцу ячменя близкие оценки. Иначе говоря, повышенный уровень пластичности каждого образца почти всегда предполагает меньшую величину его стабильности и наоборот.

Из приведенных значений коэффициентов корреляции между средними уровнями содержания жира в зерне, с одной стороны, и показателями адаптивности образцов по этому биохимическому признаку, с другой (табл. 2), видно, что связь между величиной масличности зерна и параметрами пластичности по признаку содержания жира в зерне была в большинстве случаев отрицательной, а корреляция между рассматриваемым биохимическим признаком и показателями стабильности была положительной, причем она была статистически доказана для параметра Cs. Зарегистрированная в нашем исследовании тенденция позволяет предположить, что успешная селекция ячменя на минимальную пластичность и максимальную стабильность образцов по признаку содержания жира в зерне не будет сопровождаться снижением уровня масличности зерна.

Таблица 2

Связь между средними величинами содержания жира в зерне образцов ячменя, выращенных в разных условиях, и показателями их адаптивности по этому признаку

Значения коэффициентов корреляции				
Cv	d	Hom	ПУСС	Cs
-0,187	-0,014	0,077	0,235	0,684*

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

Table 2

Relationship between average values of fat content in grain of barley varieties grown under different conditions and indicators of their adaptability for this trait

Correlation coefficient values				
Cv	d	Hom	ILSV	Cs
-0.187	-0.014	0.077	0.235	0.684*

Note. *Values of correlation coefficients are significant at $p \leq 0.05$.

Заключение

1. Наименьшей величиной пластичности и наибольшим значением стабильности (и, соответственно, минимальной суммой рангов) по содержанию жира в зерне ячменя отличались образцы ячменя Симон и Паллидум 4727.

2. Образцы ячменя с повышенным содержанием жира 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 о том, что успешная селекция ячменя на минимальную пластичность и максимальную стабильность образцов по признаку содержания жира в зерне не будет, по-видимому, сопровождаться снижением масличности зерна.

Библиографический список

1. *Harland J.* Authorised EU health claims for barley and oat beta-glucans // *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
2. *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
3. *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
4. *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
5. *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.
6. *Юсова О.А., Николаев П.Н., Бендина Я.Б., Сафонова И.В., Аниськов Н.И.* Стрессоустойчивость сортов ячменя различного агроэкологического происхождения для условий резко континентального климата // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. Т. 181. Вып. 4. С. 44–55. doi: 10.30901/2227-8834-2020-4-44-55
7. *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
8. *Николаев П.Н., Юсова О.А., Аниськов Н.И., Сафонова И.В.* Адаптивность нового сорта ячменя ярового Омский 101 // *Вестник НГАУ*. 2019. № 3(52). С. 48–58.
9. *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
10. *Полонский В.И., Сурин Н.А., Герасимов С.А., Липшин А.Г., Сумина А.В., Зюте С.* Оценка образцов ячменя на содержание β -глюканов в зерне и другие ценные признаки в условиях Восточной Сибири // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2021. Т. 182. № 1. С. 9–19. doi: 10.30901/2227-8834-2021-1-48-58
11. *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
12. *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
13. *Сигачева М.А., Пинчук Л.Г., Гридина С.Б.* Предпосевное озонирование семян как фактор влияния на качество зерна яровой пшеницы // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013. № 3 (101). С. 021–024.

14. Rosielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment // *Crop Science*. 1981. V. 21. No. 6. P. 943–946.
15. Хангильдин В.В., Литвиненко Н.А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // Научно-технический бюллетень Всесоюзного селекционно-генетического института. 1981. № 1. С. 8–14.
16. Reynolds W.K., Hunt C.W., Eckert J.W., Hall M.H. Evaluation of the feeding value of barley as affected by variety and location using near infrared reflectance spectroscopy // *Proceedings of Western Section of American Society of Animal Science*. 1992. V. 43. No. 3. P. 498–501.
17. 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.2009.09.00456

References

1. 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
2. Martínez-Subirà M, Romero MP, 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;131(9):109582. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109582
3. Loskutov IG, Khlestkina EK. Wheat, Barley, and Oat Breeding for Health Benefit Components in Grain. *Plants*. 2021;10(1):86. doi: 10.3390/plants10010086
4. 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;67(2):151–158. doi: 10.1515/pjfn-2016-0019
5. Nettevich ED, Morgunov AI, Maximenko MI. Improving the efficiency of spring wheat selection for stability, productivity and grain quality. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 1985;(1):66–73. (In Russ.).
6. Yusova OA, Nikolaev PN, Bendina YB, Safonova IV, Aniskov NI. Stress resistance in barley cultivars of various agroecological origin under extreme continental climate conditions. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(4):44–55. (In Russ.). doi: 10.30901/2227-8834-2020-4-44-55
7. Levakova OV. The breeding work on development of the spring barley varieties adapted to the non-black earth region of the Russian federation and the prospects for growing of the variety in the Ryazan region. *Grain economy of Russia*. 2021;(1):14–19. (In Russ.). doi: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-14-19
8. Nikolaev PN, Yusova OA, Safonova IV, Aniskov NI. Adaptivity of new variety of Omskiy 101 spring barley. *Bulletin of NSAU*. 2019;(3):48–58. (In Russ.). doi: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-48-58
9. Serebrennikov JI. Spring barley plasticity and stability in terms of grain yield and weight of 1000 grains. *Bulletin of NSAU*. 2020;(2):50–59. (In Russ.). doi: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-50-59
10. Polonskiy VI, Surin NA, Gerasimov SA, Lipshin AG, Sumina AV, Zute SA. Evaluation of barley genotypes for the content of β -glucans in grain and other valuable features in Eastern Siberia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2021;182(1):48–58. (In Russ.). doi: 10.30901/2227-8834-2021-1-48-58
11. 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;67(22):6324–6335. doi: 10.1021/acs.jafc.9b00891
12. Kumar A, Verma RPS, Singh A, Sharma HK, Devi G. Barley landraces: Ecological heritage for edaphic stress adaptations and sustainable production. *Environmental and Sustainability Indicators*. 2020;6:100035. doi: 10.1016/j.indic.2020.100035
13. Sigacheva MA, Pinchuk LG, Gridina SB. Pre-seeding seeds ozonation as an influence factor on spring wheat grain quality. *Bulletin of Altai state agricultural university*. 2013;(3):21–24. (In Russ.).
14. Rosielle AA, Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science*. 1981;21(6):943–946. doi: 10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x
15. Hangildin VV, Litvinenko NA. Homeostasis and adaptability of winter wheat varieties. *Scientific and Technical Bulletin of the All-Union Breeding and Genetics Institute*. 1981;(1):8–14. (In Russ.)
16. Reynolds WK, Hunt CW, Eckert JW, Hall MH. Evaluation of the feeding value of barley as affected by variety and location using near infrared reflectance spectroscopy. *Proceedings of Western Section of American Society of Animal Science*. 1992;43(3):498–501.

17. 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;51(1):41–49. doi: 10.1016/j.jcs.2009.09.00456

Об авторах:

Полонский Вадим Игоревич — доктор биологических наук, профессор, Красноярский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 660049, г. Красноярск, пр. Мира, д. 90; Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79; e-mail: vadim.polonskiy@mail.ru ORCID: 0000-0002-7183-0912 Scopus ID: 24338767400

Сумина Алена Владимировна — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Российская Федерация 655000, Республика Хакассия, г. Абакан, ул. Ленина, д. 90; e-mail: alenasumina@list.ru

ORCID: 0000-0002-0466-6833 Scopus ID: 57202279705

Герасимов Сергей Александрович — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», Российская Федерация, 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, д. 50; e-mail: g-s-a2009@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-1273-3212 Scopus ID: 57213175155

About authors:

Polonsky Vadim Igorevich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira ave., Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation; Siberian Federal University, 79 Svobodny ave., Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation; e-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

ORCID: 0000-0002-7183-0912 Scopus ID: 24338767400

Sumina Alena Vladimirovna — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Khakassian State University named after N.F. Katanov, 90 Lenina st., Abakan, Republic of Khakassia, 655000, Russian Federation; e-mail: alenasumina@list.ru

ORCID: 0000-0002-0466-6833 Scopus ID: 57202279705

Gerasimov Sergey Alexandrovich — Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture, Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 50 Academgorodok st., Krasnoyarsk, 660036, Russian Federation; e-mail: g-s-a2009@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-1273-3212 Scopus ID: 57213175155