

**АДАПТИВНОСТЬ ОБРАЗЦОВ ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ В-ГЛЮКАНОВ В ЗЕРНЕ И ЕГО КРУПНОСТИ В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ\***

**В.И. Полонский<sup>1,2</sup>**, доктор биологических наук, **С.А. Герасимов<sup>3</sup>**, **А.В. Сумина<sup>1,4</sup>**, кандидаты сельскохозяйственных наук, **С.А. Зюте<sup>5</sup>**, доктор сельскохозяйственных наук

<sup>1</sup>Красноярский государственный аграрный университет  
660049, Красноярск, просп. Мира, 90

<sup>2</sup>Сибирский федеральный университет  
660041, Красноярск, просп. Свободный, 79  
E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

<sup>3</sup>Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН»  
660036, Красноярск, ул. Академгородок, 50  
E-mail: g-s-a2009@yandex.ru

<sup>4</sup>Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова  
655000, Абакан, ул. Ленина, 90  
E-mail: alenasumina@list.ru

<sup>5</sup>Стендский научный центр, Институт агроресурсов и экономики,  
Дизстенде, Талсинский край LV 3258, Латвия  
E-mail: sanita.zute@arei.lv

*Исследования проводили с целью определения пластичности и стабильности образцов ячменя по содержанию  $\beta$ -глюканов в зерне и массе 1000 зерен, а также анализ связи между показателями адаптивности образцов по этим признакам. Изучали 8 образцов голозерного ячменя из коллекции ВИР, которые выращивали в условиях Восточной Сибири в течение 2016–2018 гг. Содержание  $\beta$ -глюканов измеряли на автоматическом зерновом анализаторе Infratec Analyzer1241. По каждому изучаемому признаку рассчитывали 2 параметра пластичности (коэффициент экологической вариации CV и показатель стрессоустойчивости d) и 4 показателя стабильности (параметр гомеостатичности Нот, показатель уровня и стабильности сорта ПУСС, фактор стабильности SF и показатель селекционной ценности сорта Cs). Наибольшей стабильностью по содержанию  $\beta$ -глюканов в зерне и/или массе 1000 зерен в изученной выборке отличался образец Нудум 95, превысивший в среднем по величинам этих показателей стабильности сорт-стандарт Омский голозерный 1 соответственно в 2,2 и 1,7 раза. Коэффициенты корреляции между величинами Cs по содержанию  $\beta$ -глюканов в зерне и массе 1000 зерен со средними значениями этих признаков составляли соответственно  $r=0,844$  и  $r=0,956$ . Следовательно, отбор голозерного ячменя на повышенный уровень  $\beta$ -глюканов в зерне и/или массе 1000 зерен не будет сопровождаться снижением стабильности образцов по этим признакам. Между параметрами стабильности образцов Нот и ПУСС, вычисленными для массы 1000 зерен с одной стороны и таковыми, определенными для содержания  $\beta$ -глюканов в зерне с другой, установлена существенная положительная корреляционная связь ( $r=0,752$  и  $r=0,862$ ). Этот факт свидетельствует о принципиальной возможности косвенной оценки адаптивности образцов ячменя по содержанию  $\beta$ -глюканов в зерне на основе определения их адаптивности по массе 1000 зерен.*

**ADAPTABILITY OF NAKED BARLEY ACCESSIONS IN TERMS OF THE CONTENT OF B-GLUCANS IN GRAIN AND ITS SIZE IN THE CONDITIONS OF EASTERN SIBERIA**

**Polonskiy V.I.<sup>1,2</sup>, Gerasimov S.A.<sup>3</sup>, Sumina A.V.<sup>1,4</sup>, Zute S.A.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Krasnoyarsk State Agrarian University,  
660049, Krasnoyarsk, prosp. Mira, 90

<sup>2</sup>Siberian Federal University,  
660041, Krasnoyarsk, prosp. Svobodnyi, 79  
E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

<sup>3</sup>Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture, affiliated to Krasnoyarsk Scientific Center, Siberian Branch of the RAS,  
660036, Krasnoyarsk, ul. Akademgorodok, 50  
E-mail: g-s-a2009@yandex.ru

<sup>4</sup>N.F. Katanov Khakass State University,  
655000, Abakan, ul. Lenina, 90  
E-mail: alenasumina@list.ru

<sup>5</sup>Stende Research Centre, Institute of Agricultural Resources and Economics,  
Dizstende, Talsinskii krai LV 3258, Latvia  
E-mail: sanita.zute@arei.lv

*The aim of the work is to determine the plasticity and stability of barley accessions by the content of  $\beta$ -glucans in the grain and 1000 grain weight, as well as to analyze the relationship between the adaptability of accessions according to these characteristics. We studied 8 accessions of naked barley from the VIR collection, which were grown in Eastern Siberia during 2016-2018. In each accession, 1000 grain weight and the content of  $\beta$ -glucans in them were determined. The latter was measured on an automatic grain analyzer*

\*работа выполнена согласно госзаданию ФИЦ КНЦ СО РАН, тема № FWES-2021-0039 «Изучение, подбор генетического материала для создания новых адаптивных сортов и разработка технологий первичного и промышленного семеноводства новых сортов зерновых культур».

*Infratec Analyzer1241. For each trait, 2 parameters of accession plasticity were calculated (coefficient of ecological variation CV and stress resistance index d) and 4 indicators of their stability (parameter of homeostaticity Hom, indicator of the level and stability of the CSL variety, stability factor SF and indicator of the breeding value of the Cs variety). The greatest stability in the content of  $\beta$ -glucans and 1000 grain weight in the studied accessions was distinguished by the accession Nudum 95, which exceeded these indicators of stability on average relative to the standard variety Omsk naked 1 respectively by 2.2 and 1.7 times. The correlation coefficients between the Cs index for the content of  $\beta$ -glucans in grain, as well as for 1000 grain weight and the average values of these signs had significant values, respectively,  $r=0.844$  and  $0.956$ . This means that the selection of naked barley for an increased level of  $\beta$ -glucans in the grain and/or 1000 grain weight will not be accompanied by a decrease in the stability of the accessions according to these signs. A significant positive correlation has been established between the stability parameters of Hom and CSL accessions calculated for 1000 grain weight on the one hand and those determined for the content of  $\beta$ -glucans in grain on the other hand,  $r = 0.752$  and  $0.862$ . This fact indicates the principal possibility of indirect assessment of the adaptability of barley accessions by the content of  $\beta$ -glucans in grain on the basis of determining their adaptability by 1000 grain weight.*

**Ключевые слова:** *Hordeum vulgare L*, оценка, пластичность, стабильность,  $\beta$ -глюканы, масса 1000 зерен

**Key words:** *Hordeum vulgare L*; evaluation; plasticity; stability;  $\beta$ -glucans; 1000 grain weight

В общем виде селекцию можно представить как искусственную эволюцию. При этом, по словам академика В.К. Шумного, она работает «... на продуктивность возделываемых видов, что иногда приводит к частичной потере адаптивности. В этом различия и противоречия между эволюцией и селекцией на потребности человека» [1]. Одна из актуальных задач растениеводства сегодня заключается не только в повышении урожая и его качества, но и стабильном их проявлении. Для ее решения следует попытаться снять отмеченное противоречие между эволюцией и селекцией, учитывая степень приспособленности сортов к условиям возделывания на основе оценки их адаптивного потенциала.

По результатам 13-летнего испытания в центральных районах Нечерноземной зоны различных образцов яровой и озимой пшеницы, ячменя, овса, тритикале, созданных за последние 30 лет, было установлено увеличение разрыва между минимальной и максимальной урожайностью, усиление зависимости создаваемых сортов от экологических факторов [2]. Как известно, для резко континентального климата Восточной Сибири характерно наличие неблагоприятных факторов внешней среды, проявление которых сопровождается снижением стабильности величины и качества урожая по годам выращивания. Все это свидетельствует о том, что на современном этапе селекционного процесса показателями стабильности образцов по урожайности и другим хозяйственно ценным признакам необходимо уделять пристальное внимание.

Ячмень (*Hordeum vulgare L.*) – важная зерновая культура, которая динамично набирает популярность в качестве сырья с высокимнутрицевитическим потенциалом, необходимым для изготовления функциональных продуктов здорового питания [3, 4, 5]. Это обусловлено самым высоким среди зерновых содержанием  $\beta$ -глюканов в составе клеточных стенок эндосперма и алейронового слоя зерна ячменя [6, 7]. Польза для здоровья этих уникальных полисахаридов, включая снижение

холестерина, регулирование уровня глюкозы в крови и противоараковое воздействие, широко известно [8, 9].

В последние годы в литературе появились результаты научных исследований, касающиеся содержания  $\beta$ -глюканов в зерне различных образцов ячменя, выращенных в контрастных климатических условиях [10, 11]. При этом информации об адаптивности (стабильности и пластичности) конкретных сортов ячменя по величине этого показателя в доступной литературе найти не удалось.

Цель исследования – определение пластичности и стабильности выращенных в условиях Восточной Сибири образцов голозерного ячменя по признакам «содержание  $\beta$ -глюканов в зерне», «масса 1000 зерен» и анализ связи между величинами показателей адаптивности образцов по этим хозяйственно-ценным признакам.

**Методика.** В качестве объектов исследования использовали 8 образцов голозерного ячменя из коллекции ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. Работу проводили в течение в 2016–2018 гг. [12]. Культуру выращивали на опытных полях Красноярского НИИ сельского хозяйства ФИЦ КНЦ СО РАН, расположенных в Восточной Сибири (лесостепная зона Красноярского края). Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным маломощным, характеризующимся следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 6,00 %, N-NO<sub>3</sub> (ионометрический экспресс-метод) – 31,3 мг/кг почвы, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (по Мачигину) – 5,00 мг/100 г почвы, K<sub>2</sub>O (по Мачигину) – 21,9 мг/100 г почвы, реакция почвенного раствора в водной вытяжке – нейтральная (рН – 6,2). Предшественник – чистый пар. Метеоусловия в годы исследования были контрастными: 2016 и 2017 г. – влажные (ГТК – соответственно 1,59 и 1,47); 2018 г. – засушливый (ГТК – 0,75).

После уборки урожая в каждом образце определяли массу 1000 зерен и содержание в них  $\beta$ -глюканов.

**Табл. 1. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния условий выращивания и генотипа на характеристики зерна ячменя**

Характеристика зерна	Источник варьирования	Число степеней свободы	Средний квадрат	Вклад факторов, %	F <sub>ф</sub>	F <sub>0,5</sub>
Содержание $\beta$ -глюканов	год	2	6,64	65,4	162,4	3,15
	генотип	7	3,27	32,2	80,0	2,16
	год и генотип	14	0,24	2,4	5,87	1,90
Масса 1000 зерен	год	2	141,74	18,1	210,9	3,15
	генотип	7	623,25	79,3	927,5	2,16
	год и генотип	14	20,46	2,6	30,5	1,90

**Табл. 2. Показатели адаптивности и результаты ранжирования различных образцов ячменя по содержанию β-глобулинов в зерне**

№ по каталогу ВИР	Название образца	Показатель адаптивности и ранг						Сумма рангов
		CV, %	d	Hom	ПУСС, %	SF	Cs	
30919	Омский голозерный 1 (стандарт)	10,1/4,5 <sup>1</sup>	-0,77/3	0,56/4	100,0/3	0,83/4	3,58/4	22,5
27471	Korona Laschego	8,7/2	-0,60/2	0,73/2	91,2/4	0,85/2	3,24/7	19
30167	CDC Richard	13,6/6	-1,04/6	0,27/7	55,0/8	0,76/7	2,91/8	42
31108	CDC Mc Guire	10,1/4,5	-0,80/5	0,50/5	90,1/5	0,82/5	3,36/5	29,5
30956	NS GL 1	9,9/3	-0,78/4	0,59/3	113,3/2	0,84/3	3,82/2	17
13328	Нудум 155	16,5/8	-1,67/8	0,19/8	79,2/6	0,72/8	3,63/3	41
29453	Нудум 7566	14,4/7	-1,07/7	0,28/6	64,6/7	0,77/6	3,28/6	39
31125	Нудум 95	4,9/1	-0,51/1	2,08/1	282,6/1	0,91/1	4,72/1	6
Коэффициент корреляции Спирмена		0,94*	0,93*	0,96*	0,95*	0,96*	0,63	–

<sup>1</sup>в числителе – показатели адаптивности, в знаменателе – значения рангов;  
\*величины коэффициентов корреляции Спирмена между рангами по отдельным параметрам адаптивности и суммой рангов существенны при p ≤ 0,05.

Содержание β-глобулинов измеряли на автоматическом зерновом анализаторе Infratec Analyzer 1241 с использованием 50 мл кюветы. Стандартная ошибка измерения на приборе составляла 0,3 %. Повторность определения исследуемых показателей двукратная.

По каждому из изучаемых признаков впоследствии рассчитывали шесть параметров адаптивности образцов ячменя, которые были разделены на две группы, основываясь на известном методическом подходе [13]. В первую группу вошли показатели экологической пластичности образцов, которые характеризуют способность генотипа изменять значения признака в различных условиях среды: коэффициент экологической вариации CV [14] и показатель стрессоустойчивости d, отражающий размах варьирования значений признака [15]. Во вторую группу включили параметры стабильности образцов, свидетельствующие о их способности обеспечивать устойчивый урожай в условиях действия разных экологических факторов: показатель уровня и стабильности сорта ПУСС [16], параметр гомеостатичности Hom [17], фактор стабильности SF [18] и показатель селекционной ценности сорта Cs [19]. При ранжировании образцов в соответствии с используемым критерием оценки адаптивности генотипов ячменя, за-

ключающемся в минимальной изменчивости уровня изучаемых характеристик зерна по годам выращивания, высшие ранги присваивали образцам, обладающим наименьшим их варьированием (минимальные значения CV, d) и наибольшей их стабильностью (максимальные значения Hom, ПУСС, SF и Cs).

Статистическую обработку данных проводили с использованием стандартных компьютерных программ Microsoft Excel.

**Результаты и обсуждение.** Факторы «год» и «генотип» оказывали статистически значимое влияние на изучаемые параметры зерна ( $F_{\text{факт}} > F_{0,5}$ ). При этом изменчивость признака «содержание β-глобулинов в зерне» обусловлена в основном внешними факторами, «масса 1000 зерен» – генотипом (табл. 1).

Наименьшей пластичностью и наибольшей стабильностью по содержанию β-глобулинов в зерне (табл. 2) отличался образец Нудум 95, у которого значения CV и d были меньше, чем у сорта-стандарта Омский голозерный 1 в 2,1 и 1,5 раза, величины Hom, ПУСС, SF и Cs больше соответственно в 3,7, 2,8, 1,1 и 1,3 раза. Аналогичная картина отмечена по пластичности и стабильности массы 1000 зерен (табл. 3): Нудум 95 характеризовался более низкими величинами CV и d (в 1,6 и

**Табл. 3. Показатели адаптивности и результаты ранжирования различных образцов ячменя по массе 1000 зерен**

№ по каталогу ВИР	Название образца	Показатель адаптивности и ранг						Сумма рангов
		CV, %	d	Hom	ПУСС, %	SF	Cs	
30919	Омский голозерный 1 (стандарт)	5,3/3 <sup>1</sup>	-4,7/4	1,81/3	100,0/3	0,90/3	43,4/3	19
27471	Korona Laschego	13,6/8	-8,8/8	0,28/8	22,0/8	0,78/8	26,4/8	48
30167	CDC Richard	6,5/6	-4,8/5	1,23/5	58,8/7	0,88/5,5	33,9/7	35,5
31108	CDC Mc Guire	3,7/2	-2,8/1	3,66/2	100,7/2	0,93/2	35,2/5	14
30956	NS GL 1	5,9/5	-4,6/3	1,45/4	68,2/6	0,89/4	35,1/6	28
13328	Нудум 155	7,7/7	-8,2/7	0,85/7	96,1/4	0,86/7	45,7/2	34
29453	Нудум 7566	6,7/4	-6,0/6	1,20/6	89,6/5	0,88/5,5	42,4/4	30,5
31125	Нудум 95	3,4/1	-3,2/2	4,81/1	208,7/1	0,94/1	49,2/1	7
Коэффициент корреляции Спирмена		0,96*	0,89*	0,95*	0,93*	0,97*	0,71	–

<sup>1</sup>в числителе – показатели адаптивности, в знаменателе – значения рангов;  
\*величины коэффициентов корреляции Спирмена между рангами по отдельным параметрам адаптивности и суммой рангов существенны при p ≤ 0,05.

**Табл. 4. Связь между средними величинами содержания  $\beta$ -глюканов в зерне, массы 1000 зерен образцов ячменя и показателями их адаптивности по этим признакам**

Признак	Значения коэффициентов корреляции					
	CV	d	Ном	ПУСС	SF	Cs
Содержание $\beta$ -глюканов	-0,120	-0,224	0,503	0,661	0,137	0,844*
Масса 1000 зерен	-0,436	0,014	0,293	0,716*	0,398	0,956*

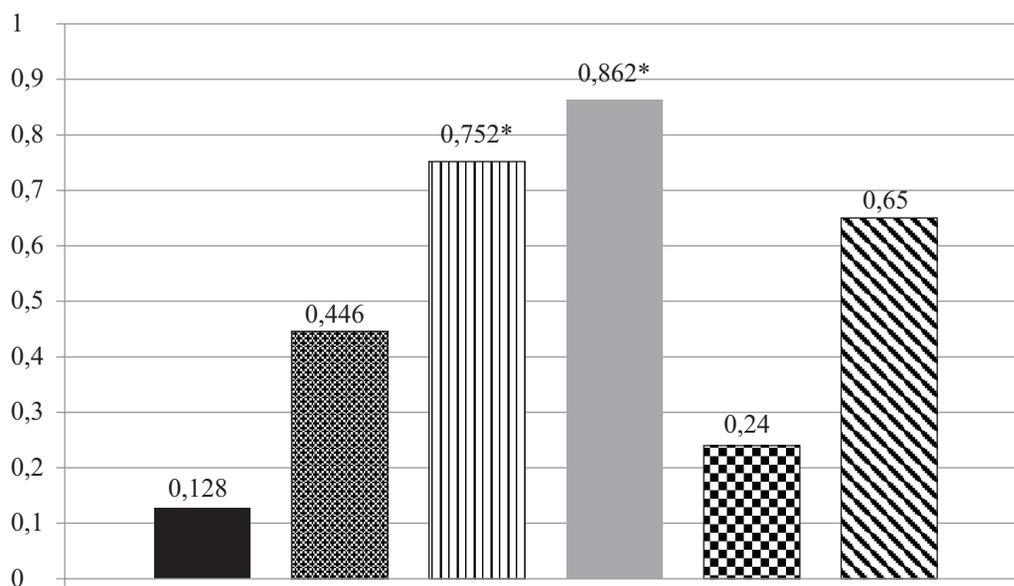
\*достоверно при  $p \leq 0,05$

1,5 раза) и более высокие Ном, ПУСС и Cs (соответственно в 2,7, 2,1, 1,1 раза). В итоге Нудум 95 характеризовался минимальной в опыте суммой рангов для параметров адаптивности по изучаемым признакам.

Следует подчеркнуть хорошее совпадение результатов ранжирования образцов по их адаптивности, определяемых на основе разных показателей пластичности и стабильности (см. табл. 2 и 3). Это подтверждают существенные величины коэффициентов корреляции Спирмена между рангами по отдельным параметрам адаптивности и суммой рангов (кроме показателя Cs). Полученные результаты дают основание предполагать, что все используемые параметры адаптивности по химическому и физическому признакам зерна характеризуют один и тот же образец ячменя практически одинаково. Иначе говоря, повышенный уровень пластичности образца предполагает его пониженную стабильность и наоборот. Такое заключение подтверждают результаты других исследователей [19], согласно которым показатели стабильности (Ном, SF и Cs) отрицательно коррелируют с параметрами пластичности (Cv).

по содержанию  $\beta$ -глюканов в зерне и/или его крупности, отличались повышенным уровнем этих признаков. Другими словами, отбор голозерного ячменя на повышенный уровень  $\beta$ -глюканов в зерне и/или массы 1000 зерен будет способствовать увеличению экологической стабильности образцов по этим признакам.

Результаты расчета связи между значениями одноименных показателей адаптивности образцов ячменя по изучаемым характеристикам зерна свидетельствуют о наличии сильной достоверной положительной связи между показателями Ном и ПУСС по массе 1000 зерен и по содержанию  $\beta$ -глюканов в зерне (см. рисунок). Это позволяет предположить высокую вероятность создания образцов ячменя с повышенной стабильностью по рассматриваемому химическому признаку зерна при отборе форм, отличающихся высокой стабильностью по крупности зерна и наоборот. Такие результаты свидетельствуют о принципиальной возможности косвенной оценки адаптивности образцов ячменя по содержанию в нем  $\beta$ -глюканов на основе ее определения для массы 1000 зерен. Это дает возможность реализовать неповреждающий скрининг



**Связь между одноименными показателями адаптивности по содержанию  $\beta$ -глюканов и величине массы 1000 зерен образцов ячменя (\*значения коэффициентов корреляции существенны при  $p \leq 0,05$ ): ■ – Cv; ▣ – d; ▤ – Ном; ▥ – ПУСС; ▦ – SF; ▧ – Cs.**

Между содержанием  $\beta$ -глюканов в зерне и массой 1000 зерен отмечены как положительные, так и отрицательные значения коэффициентов корреляции с показателями стабильности. При этом содержание  $\beta$ -глюканов характеризовалось достоверной связью с параметром Cs, масса 1000 зерен – с ПУСС и Cs (табл. 4). Зарегистрированный эффект означает, что образцы ячменя с более высокими величинами показателей стабильности

генотипов ячменя на повышенный уровень адаптивности по содержанию в зерне  $\beta$ -глюканов, используя вместо трудоемкого и дорогостоящего метода измерения величины этого показателя только данные о легко определяемом физическом параметре – масса 1000 зерен.

Таким образом, наименьшей пластичностью и наибольшей стабильностью (и, соответственно, минимальной суммой рангов) по содержанию  $\beta$ -глюканов и массе

1000 зерен в изученной выборке отличается образец Нудум 95.

Образцы ячменя с более высокими величинами показателей стабильности по содержанию  $\beta$ -глюканов в зерне и/или по массе 1000 зерен, характеризовались повышенным уровнем изучаемых признаков. Это может означать, что отбор голозерного ячменя на повышенный уровень  $\beta$ -глюканов в зерне и/или массы 1000 зерен будет способствовать увеличению экологической стабильности образцов по указанным признакам.

Между параметрами стабильности образцов (Ном и ПУСС), вычисленными для массы 1000 зерен с одной стороны и таковыми, определенными для содержания  $\beta$ -глюканов в зерне с другой стороны, установлена достоверная положительная корреляция. Это может свидетельствовать о принципиальной возможности косвенной оценки адаптивности образцов ячменя по содержанию  $\beta$ -глюканов в зерне на основе определения их адаптивности по массе 1000 зерен.

### Литература

1. Шумный В.К. Размышления генетика о жизни // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 6. № 2. С. 72-84. doi: 10.18699/Letters2020-6-11.
2. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49-53.
3. Structural, rheological and nutraceutical potential of  $\beta$ -glucan from barley and oat /A. Shah, A. Gani, F.A.M. Shoib, et al. //Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. 2017. Vol. 10. No. 4. P. 10-16. doi: 10.1016/j.bcdf.2017.03.001.
4. The potential improvements of naked barley pretreatments on GABA,  $\beta$ -glucan, and antioxidant properties /W. AL-Ansi., A.A Mahdi, Q.A Al-Maqdari, et al. //LWT – Food Science and Technology. 2020. Vol. 130. Article 109698. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820306873> (дата обращения: 16.02.2022).
5. Purple, high  $\beta$ -glucan, hullless barley as valuable ingredient for functional food /M. Martínez-Subirá, M.P. Romero, E Puig, et al. //LWT – Food Science and Technology. 2020. Vol. 131. Article 109582. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820305715> (дата обращения: 16.02.2022).
6. Изучение сортов овса (*Avena sativa* L.) различного географического происхождения по качеству зерна и продуктивности /В.И. Полонский, Н.А. Сурин, С.А. Герасимов и др. //Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 6. С. 53-60. doi 10.18699/VJ19.541.
7. Kaur H., Singh B., Singh A. Comparison of dietary fibers obtained from seven Indian cereal grains //Journal of Cereal Science. 2021. Vol. 102. Article 103331. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0733521021001727> (дата обращения: 16.02.2022).
8. Harland J. Authorised EU health claims for barley and oat beta-glucans /ed. M.J. Sadler. //Foods, Nutrients and Food Ingredients with Authorised EU Health Claims. London, New York, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 2014. Vol. 1. P. 25-45. doi: 10.1533/9780857098481.2.25.
9. Effect of processing on barley  $\beta$ -glucan content, its molecular weight and extractability /G. Goudar, P. Sharma, S. Janghu, et al. //International Journal of Biological Macromolecules. 2020. Vol. 162. No. 11. P. 1204-1216. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.06.208.
10. Chemical Composition of Covered and Naked Spring Barley Varieties and Their Potential for Food Production /V. Šterna, S. Zute, I. Jansone, et al. //Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2017. Vol. 67. No. 2. P. 151-158. doi: 10.1515/pjfn-2016-0019.
11. Оценка образцов ячменя на содержание  $\beta$ -глюканов в зерне и другие ценные признаки в условиях Восточной Сибири /В.И. Полонский, Н.А. Сурин, С.А. Герасимов и др. //Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182. № 1. С. 48-58. doi: 10.30901/2227-8834-2021-1-48-58.
12. Животнов Л.А., Морозова Н.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайности //Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3-6.
13. Волкова Л.В., Гирева Л.В. Оценка сортов яровой мягкой пшеницы по урожайности и адаптивным свойствам //Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 4. С. 19-23.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.
15. Rossielle A.A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments //Crop Science. 1981. Vol. 21. No. 6. P. 27-29.
16. Неттевич Э.Д., Морзунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна //Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 1. С. 66-73.
17. Хангильдин В.В., Литвиненко Н.А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы //Научно-технический бюллетень Всесоюзного селекционно-генетического института. 1981. № 1. С. 8-14.
18. Lewis D. Gene-Environment Interaction: a Relationship Between Dominance, Heterosis, Phenotypic Stability and Variability //Heredity. 1954. Vol. 8. No. 2. P. 333-356.
19. Оценка адаптивных параметров коллекционных образцов овса пленчатого по урожайности в условиях Кировской области /М.В. Тулякова, Г.А. Баталова, И.Г. Лоскутов и др. //Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182. № 1. С. 72-79. doi: 10.30901/2227-8834-2021-1-72-79.

Поступила в редакцию 14.03.2022

После доработки 20.04.2022

Принята к публикации 05.05.2022