



АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ КУЗНЕЦКОЙ КОТЛОВИНЫ

Мартынова С.В., (✉) Пакуль В.Н.

Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук

Кемеровская обл., пос. Новостройка, Россия

(✉) e-mail: vpakyl@mail.ru

Изучены адаптивные свойства ярового ячменя в условиях Кузнецкой котловины. Объекты исследований – пять среднеспелых селекционных линий ярового ячменя. Изучение селекционных линий проведено в питомнике конкурсного сортоиспытания в 2016–2020 гг. Почва опытного участка – выщелоченный чернозем, тяжелосуглинистый по гранулометрическому составу, средней мощности. Повторность четырехкратная, норма высева (оптимальная для ярового ячменя в зоне возделывания) – 450 шт./м². Срок посева 29 апреля – 5 мая, уборка комбайном Сампо 130 в фазу полной спелости образцов ярового ячменя (12–15 августа). Эксперимент проведен в сравнении со стандартным сортом Биом. Параметры экологической пластичности (b_i), стабильности (S_i^2), индекса условий среды (I_j) рассчитаны по методике, разработанной S.A. Eberchart и W.A. Russel, где рассматривается положительный отклик генотипа на улучшение условий выращивания. При контрастных условиях выращивания ярового ячменя в годы проведения исследований установлено, что значительное влияние на урожайность имеет фактор среда – 82,6%, доля влияния генотипа составила 1,4%. Средняя урожайность за годы исследования ярового ячменя по питомнику конкурсного сортоиспытания составила 5,51 т/га, максимальный показатель средней урожайности имеет селекционная линия КМ-198/11 – 6,45 т/га. Выделены генотипы с наиболее высокими адаптивными свойствами: КМ-198/11 ($b_i = 0,24$, $S_i^2 = 2,59$), Nutans 12/16 ($b_i = 0,24$, $S_i^2 = 2,18$) при вариабельности урожайности 25,9–29,2% (стандарт Биом – 46,1%). Среднеспелая селекционная линия ярового ячменя КМ-198/11, имея адаптивные свойства выше средних показателей, подготовлена для передачи на государственное сортоиспытание в 2021 г. как сорт Кузбасский юбилейный. Выявлены основные достоинства сорта: высокая засухоустойчивость, устойчивость к полеганию и поражению головневыми грибами, высокая продуктивность (6,45–8,50 т/га), крупная зерновка (53,2 г), средняя степень реакции на стрессовые факторы (снижение продуктивности). Содержание сырого протеина в зерне 13,6–14,1%, пленчатость 8,4%, натурная масса 620 г/л.

Ключевые слова: яровой ячмень, селекционные линии, сорт, стабильность, пластичность, урожайность, агроэкологические условия

ADAPTIVE POTENTIAL OF BREEDING LINES OF SPRING BARLEY IN CONDITIONS OF KUZNETSK DEPRESSION

Martynova S.V., (✉) Pakul V.N.

Kemerovo Research Institute of Agriculture – Branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences,

Novostroika, Kemerovo region, Russia

(✉) e-mail: vpakyl@mail.ru

Adaptive properties of spring barley in the conditions of the Kuznetsk depression have been studied. The objects of the research are five medium-ripening breeding lines of spring barley. The breeding lines

were studied in a nursery of competitive varietal trials in 2016-2020. The soil of the experimental plot is leached chernozem, heavy loam with a medium granulometric composition. The repetition was fourfold, the seeding rate (optimal for spring barley in the cultivation zone) 450 pcs / m². The sowing dates were April 29 - May 5, the harvesting was done with a Sampo 130 combine at the stage of full ripeness of spring barley samples (August 12-15). The experiment was carried out in comparison with the standard cultivar Biom. The parameters of environmental plasticity (bj), stability (S2dj), the environmental conditions index (Ij) were calculated according to the method developed by S.A. Eberchart and W.A. Russel, which examines the positive response of the genotype to the improved growing conditions. Under contrasting growing conditions of spring barley in the years of research, it was found that the environment factor had a significant influence on the yield - 82.6%, the share of genotype influence was 1.4%. The average yield over the years of the study of spring barley in the nursery of competitive variety trials was 5.51 t/ha, the maximum average yield has a breeding line KM-198/11 - 6.45 t/ha. Genotypes with the highest adaptive properties were identified: KM-198/11 (bi = 0.24, Si2 = 2.59), Nutans 12/16 (bi = 0.24, Si2 = 2.18) with yield variability of 25.9-29.2% (Biom standard - 46.1%). The medium-maturing selection line of spring barley KM-198/11, having above-average adaptive properties, is prepared for submission for state variety testing in 2021 as the variety Kuzbass Jubilee. The main advantages of the variety were revealed: high drought tolerance, resistance to lodging and blight, high productivity (6.45-8.50 t/ha), large grain size (53.2 g), medium reaction to stress factors (reduced productivity). Grain crude protein content was 13.6-14.1%, the film content 8.4%, the natural weight 620 g/l.

Keywords: spring barley, breeding lines, variety, stability, plasticity, yield, agroecological conditions

Для цитирования: Мартынова С.В., Пакуль В.Н. Адаптивный потенциал селекционных линий ярового ячменя в условиях Кузнецкой котловины // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 28–35. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-3>

For citation: Martynova S.V., Pakul V.N. Adaptive potential of breeding lines of spring barley in conditions of Kuznetsk Depression. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 28–35. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-3>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена в рамках государственного задания: «Создать новые сорта зерновых, кормовых, технических культур и картофеля на основе современных методов селекции и биотехнологии; разработать сортовые технологии возделывания и схемы семеноводства» № 0533-2021-0006 в Кемеровском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук.

Acknowledgments

The work was carried out within the framework of the state task: "Create new varieties of grain, fodder, industrial crops and potatoes based on modern breeding methods and biotechnology; Develop grade cultivation technologies and seed production schemes" № 0533-2021-0006 at the Kemerovo Research Institute of Agriculture - Branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences.

ВВЕДЕНИЕ

Яровой ячмень – ключевая зернофуражная и кормовая культура, которая формирует более высокую урожайность в сравнении с другими зерновыми культурами за счет скороспелости и засухоустойчивости [1–3]. Зерно ячменя используют для переработки в пищевой и пивоваренной промышленности [4, 5].

В Западной Сибири при контрастных почвенно-климатических условиях необходимо

возделывать сорта, способные эффективно использовать биоклиматический потенциал в конкретных почвенно-климатических условиях [6]. Создание высокоурожайных пластичных сортов ярового ячменя позволит повысить эффективность производства зерна, используя биоклиматические ресурсы региона [7].

С учетом климатических факторов и запросов производства в настоящее время акту-

альна селекция на повышенную продуктивность и адаптивность к местным природно-климатическим факторам, особенно в условиях изменяющегося климата [8–10].

Сложность формирования урожайности заключается во взаимодействии многочисленных признаков, проявляющихся в период развития растений под воздействием условий среды [11–13].

Успешные сорта должны быть адаптированы к широкому диапазону условий окружающей среды для стабильной реализации генетического потенциала и эффективного использования технологий выращивания. Разница в реакции сортов на изменения почвенно-климатических условий обусловлена взаимодействием генотипа и среды. Данное взаимодействие значительно осложняет процесс отбора лучших генотипов, поэтому в селекционном процессе эта информация имеет первостепенное значение [14, 15].

Цель исследований – провести оценку селекционных линий ярового ячменя на адаптивность в условиях Кузнецкой котловины.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2016–2020 гг. в лаборатории селекции и агротехники полевых культур Кемеровского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (Кемеровского НИИСХ – филиала СФНЦА РАН). Объекты исследований – пять среднеспелых селекционных линий ярового ячменя. Изучение селекционных линий проведено в питомнике конкурсного сортоиспытания в условиях Кузнецкой котловины. Повторность четырехкратная, расположение делянок рендомизированное, учетная площадь делянки 15 м², норма высева (оптимальная для ярового ячменя в зоне возделывания) – 450 шт./м². Срок посева 29 апреля – 5 мая, уборка комбайном Сампо 130 в фазу полной спелости образцов ярового ячменя 12–15 ав-

густа. Учеты и фенологические наблюдения за ростом и развитием ячменя, учет урожая проведены по методике М.А. Федина, Ю.А. Роговского, Л.В. Исаева¹. Статистическая обработка полученных данных проведена методами вариационного, корреляционного, дисперсионного анализов по методике Б.А. Доспехова² в обработке компьютерных программ О.Д. Сорокина³.

Параметры экологической пластичности (b_j), стабильности (S^2d_j), индекс условий среды (I_j), теоретическая урожайность (X_{ij}) рассчитаны по методике, разработанной S.A. Eberchart и W.A. Russel⁴, где рассматривается положительный отклик генотипа на улучшение условий выращивания.

Почва, на которой проводились исследования, – выщелоченный чернозем, тяжело-суглинистый по гранулометрическому составу, средней мощности. Содержание гумуса 8,0%, реакция почвенного раствора близка к нейтральной, pH 6,0. Содержание в горизонте 0–40 см N-NO₃ – 27,2 мг/кг, P₂O₅ – 128 мг/кг, K₂O – 98 мг/кг.

Урожайность ярового ячменя в значительной степени определяется гидротермическим режимом в первый период вегетации. В 2017 г. условия в этот период определялись как неблагоприятные (повышенные температуры и недостаток влаги). Растения ярового ячменя имели недостаток влаги в периоды посев – всходы и всходы – выход в трубку, ГТК в мае составил 0,40, в июне – 0,46 на фоне повышенных температур на один и три градуса соответственно (см. табл. 1). Осадки, выпавшие во второй половине вегетации, оказали благоприятное воздействие на дальнейшее развитие растений ячменя, ГТК в период колошение – восковая спелость равен 1,8.

Неблагоприятные условия в 2018 г. сложились в период роста и развития ярового ячменя от посева до полного кущения с понижением среднесуточных температур до 4,8 °С и значительным количеством выпадения осадков (186% к норме). Большое пере-

¹Федин М.А., Роговский Ю.А., Исаева Л.В. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (методические указания). М., 1985. 270 с.

²Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.

³Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.

⁴Eberchart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966. Vol. 6. N 1. P. 36–40.

Табл. 1. Метеоусловия в период вегетации ярового ячменя
Table 1. Weather conditions during the vegetation of spring barley

Показатель	Месяц				
	май	июнь	июль	август	сентябрь
<i>2017 г.</i>					
ГТК	0,40	0,46	1,8	1,1	2,3
Сумма осадков, отклонение от нормы, %	54	39	161	89	154
Среднесуточная температура воздуха, отклонение от нормы, °С	+1	+3	0	+1	–1
<i>2018 г.</i>					
ГТК	0,0	2,41	1,92	0,42	0,36
Сумма осадков, отклонение от нормы, %	186	212	167	33	133
Среднесуточная температура воздуха, отклонение от нормы, °С	–3	+3	–1	0	+1
<i>2019 г.</i>					
ГТК	1,37	1,12	1,23	1,12	1,95
Сумма осадков, отклонение от нормы, %	91	81	111	97	156
Среднесуточная температура воздуха, °С, отклонение от нормы	0	0	0	+2	+1
<i>2020 г.</i>					
ГТК	1,50	0,46	2,44	0,81	1,90
Сумма осадков, отклонение от нормы, %	156	33	227	72	146
Среднесуточная температура воздуха, отклонение от нормы, °С	+4	–0,3	+0,4	+2,5	+0,6

увлажнение отмечено в июне и в июле, ГТК составил соответственно 2,41 и 1,92. Период уборки характеризуется как благоприятный с незначительным количеством осадков (33% от нормы, ГТК = 0,42).

Благоприятными условиями отмечен 2019 г., среднесуточные температуры в мае, июне и июле имели показатели на уровне среднемноголетних.

В августе установлено повышение среднесуточных температур на 2 °С с умеренным увлажнением, ГТК = 1,12–1,37. В 2020 г. недостаток влаги присутствовал в период кущения – колошения ярового ячменя, ГТК = 0,46. В мае в период всходы – кущение повышенным температурам (на 4 °С выше нормы) сопутствовало выпадение осадков 67 мм (156% к среднемноголетним показателям). В период налива зерна ярового ячменя отмечено значительное переувлажнение, ГТК = 2,44 (выпало 145 мм осадков), при среднесуточных температурах от 16,7 до 21,4 °С (+0,4 °С к норме).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При контрастных условиях выращивания ярового ячменя в годы проведения ис-

следований установлено, что значительное влияние на урожайность имеет фактор среда – 82,6%, доля влияния генотипа составила 1,4%. При анализе индексов условий среды выявлены благоприятные годы (2020 и 2019), когда I_j составил 1,09 и 1,96, и неблагоприятные (2017 и 2018 гг., I_j равен –2,7 и –0,33 соответственно) (см. табл. 2).

Средняя урожайность за годы исследования ярового ячменя по питомнику конкурсного сортоиспытания составила 5,51 т/га, максимальный показатель средней урожайности имеет селекционная линия КМ-198/11 (6,45 т/га). Средняя урожайность в различных условиях вегетации характеризует способность растений противостоять негативным воздействиям внешней среды, т.е. компенсаторную способность генотипов, это показатель генетической гибкости (ГГ) [16]. В агроэкологических условиях 2017–2020 гг. генетическую гибкость имеют селекционные линии КМ-209/11, Nutans 26/18 (ГГ = 5,52 т/га), Nutans 12/16 (ГГ = 5,47 т/га), показатель стандарта Биом – 5,00 т/га. В сравнении со стандартом наибольшую генетическую гибкость имеет селекционная линия КМ-198/11, превышение по урожайности составляет 1,45 т/га.

Табл. 2. Влияние условий выращивания на продуктивность селекционных линий ярового ячменя
Table 2. Influence of growing conditions on productivity of breeding lines of spring barley

Сорт, линия	Урожайность, т/га				Сумма урожайности <i>i</i> -го сорта в <i>j</i> -х условиях, $\sum Y_i$, т/га	Средняя урожайность сорта в <i>j</i> -й год испытания Y_j , т/га	Кoeffи- циент ре- грессии b_i
	Год испытания						
	2017	2018	2019	2020			
Биом, стандарт	2,0	4,4	7,0	6,6	20,0	5,00	0,31
КМ-209/11	2,2	5,2	7,7	7,0	22,1	5,52	0,43
КМ-198/11	4,9	5,3	7,1	8,5	25,8	6,45	0,24
Nutans 12/16	3,5	6,0	7,3	5,1	21,9	5,47	0,24
Nutans 26/18	1,8	5,6	7,8	6,9	22,1	5,52	0,47
Nutans 27/18	2,4	4,6	7,9	5,5	20,4	5,10	0,39
$\sum Y_{ij}$ (сумма урожаев всех сортов в <i>j</i> -й год испытания)	16,8	31,1	44,8	39,6	132,3		
$\bar{Y}_j$ – средняя урожайность всех сортов в <i>j</i> -й год испытания	2,80	5,18	7,47	6,60	22,0	5,51	
I_j – индекс среды	–2,7	–0,33	1,96	1,09			

Для оценки адаптивности селекционных линий ярового ячменя использовался коэффициент регрессии b_i . При высокой средней урожайности по опыту селекционная линия КМ-198/11 имеет адаптивность выше средней, $b_i = 0,24$. Наибольшую отзывчивость к улучшению условий среды показали образцы КМ-209/11 и Nutans 26/18, $b_i = 0,43$ и $0,47$ соответственно.

Чем меньше варьирование урожайности под влиянием внешних условий, тем выше стрессоустойчивость сорта и тем шире диапазон его адаптивных возможностей. Реакцию селекционных линий на внешние условия оценивали по коэффициенту вариации (V , %). Наименьшими показателями вариабельности урожайности у ярового ячменя отмечены селекционные линии КМ-198/11 (25,9%), Nutans 12/16 (29,2%), показатель стандарта Биом – 46,1% (см. табл. 3). Урожайность у селекционной линии КМ-198/11

варьировала от 4,9 до 8,5 т/га. Наибольшее влияние среды среди селекционных линий отмечено у КМ-209/11 (44,4%), Nutans 27/18 (44,6), Nutans 26/18 (47,8%). По показателям теоретической урожайности и отклонений от фактических величин урожайности рассчитывали коэффициенты стабильности (S_i^2).

Высокий и наиболее стабильный сбор зерна отмечен у селекционных линий Nutans 12/16 и КМ-198/11 ($S_i^2 = 2,18$ и $2,59$ соответственно), у стандарта Биом $S_i^2 = 4,23$ (см. табл. 4).

Селекционная линия КМ-198/11 с наибольшей урожайностью среди изучаемых генотипов имеет адаптивные свойства выше средних ($b_i = 0,24$, $S_i^2 = 2,59$).

Селекционная линия ярового ячменя КМ-198/11 подготовлена для передачи на государственное сортоиспытание в 2021 г. как сорт Кузбасский юбилейный.

Табл. 3. Вариабельность урожайности селекционных линий ярового ячменя
Table 3. Yield variability of breeding lines of spring barley

Сорт, линия	Параметр		
	Средняя урожайность сорта в j -й год испытания Y_j , т/га	Размер варьирования урожайности, (min-max), т/га	Коэффициент вариации V , %
Биом, стандарт	5,00	2,0–7,0	46,1
КМ-209/11	5,52	2,2–7,7	44,4
КМ-198/11	6,45	4,9–8,5	25,9
Nutans 12/16	5,47	3,5–7,3	29,2
Nutans 26/18	5,52	1,8–7,8	47,8
Nutans 27/18	5,10	2,4–7,9	44,6

Табл. 4. Теоретическая урожайность и стабильность селекционных линий ярового ячменя
Table 4. Theoretical yield and stability of breeding lines of spring barley

Сорт, линия	Теоретическая урожайность X_{ij} , т/га				Отклонение фактической урожайности от теоретической d_{ij} , т/га				S_i^2
	Год испытания								
	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020	
Биом, стандарт	4,16	4,90	5,60	5,34	−2,16	−0,5	+1,4	+1,26	4,23
КМ-209/11	4,36	5,38	6,36	5,99	−2,16	−0,18	+1,34	+1,01	3,20
КМ-198/11	5,80	6,37	6,92	6,71	−0,9	−1,07	+0,18	+1,79	2,59
Nutans 12/16	4,82	5,39	5,94	5,73	−1,32	+0,61	+1,36	−0,63	2,18
Nutans 26/18	4,25	5,37	6,44	6,03	−2,45	+0,23	+1,36	+0,87	4,33
Nutans 27/18	4,05	4,87	6,02	5,61	−1,65	−0,27	+1,88	−0,11	3,16

Яровой ячмень Кузбасский юбилейный. Сорт ярового ячменя Кузбасский юбилейный создан в Кемеровском НИИСХ – филиале СФНЦА РАН. Выведен методом индивидуального отбора из гибридной популяции (КМ-81 × Grosso) с селекционной проработкой на отбор иммунных к пыльной головне форм со стабильной продуктивностью. Сорт показал высокую устойчивость к поражению пыльной головней (*Ustilago nuda* (Jens) Kell et Swing) и практическую устойчивость к твердой головне (*Ustilago hordei* (Pers) Kell et Swing).

Сорт относится к разновидности nutans, к группе среднеспелых сортов, вегетационный период 85 дней. Средняя урожайность 6,45 т/га, максимальная – 8,50 т/га. Зерновка крупная, масса 1000 зерен 53,2 г, число зерен в колосе 20,9 шт., продуктивная кустистость 1,9. Формирует выровненный стеблестой при высоте растений 86,8 см, высокую устойчивость к полеганию и пониканию колоса (9 баллов). Содержание сырого протеина в зерне 13,6–14,1%, пленчатость 8,4%, натурная масса 620 г/л.

Основные достоинства сорта – высокая засухоустойчивость, устойчивость к полеганию и поражению головневыми грибами, высокая продуктивность. Сорт в средней степени реагирует на стрессовые факторы снижением продуктивности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного изучения селекционных линий ярового ячменя в усло-

виях Кузнецкой котловины выделены генотипы с наиболее адаптивными свойствами: КМ-198/11 ($b_i = 0,24$, $S_i^2 = 2,59$), Nutans 12/16 ($b_i = 0,24$, $S_i^2 = 2,18$). Наименьшие показатели вариабельности урожайности ярового ячменя отмечены у селекционных линий КМ-198/11 (25,9%), Nutans 12/16 (29,2%), у стандарта Биом – 46,1%. Наибольшую отзывчивость к улучшению условий среды имеют образцы КМ-209/11 ($b_i = 0,43$) и Nutans 26/18 ($b_i = 0,47$) при значительном варьировании урожайности в зависимости от условий среды ($V = 44,4$ – $47,8\%$).

Селекционная линия ярового ячменя КМ-198/11 подготовлена для передачи на государственное сортоиспытание в 2021 г. как сорт Кузбасский юбилейный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rapacz M., Stepień A., Skorupa K. Internal standards for quantitative RT-PCR studies of gene expression under drought treatment in barley (*Hordeum vulgare* L.): the effects of developmental stage and leaf age // Acta Physiologiae Plantarum. 2012. N 34. P. 1723–1733. DOI: 10.1007/s11738-012-0967-1.
2. Гудзенко В.Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 1 (23). С. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469.
3. Сидоров А.В., Нещумаева Н.А., Якубышина Л.И. Создание новых сортов ярового ячменя для использования на кормовые цели // Вестник КрасГАУ. 2016. № 2. С. 148–152.

4. Иванов Д.А., Ковалёв Н.Г., Толин В.А., Рублюк М.В., Карасёва О.В. Влияние ландшафтных и агроклиматических условий на качество зерна ячменя // Вестник Российской академии наук. 2016. № 5 (86). С. 450.
5. Николаев П.Н., Юсова О.А., Анисков Н.И., Сафонова И.В., Ряполова Я.В. Новый среднеспелый сорт ярового ячменя Омский 101 // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 2. С. 83–88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88.
6. Сурин Н.А., Зобова Н.В., Ляхова Н.Е. Генетический потенциал и селекционная значимость ячменя в Сибири // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. № 2 (18). С. 378–386.
7. Бондарева Л.М., Радюкевич Т.Н., Карташова Л.И., Любек Н.И. Изучение устойчивости перспективной линии ярового ячменя Л1505 к абиотическим стрессорам в условиях Ленинградской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 5 (66). С. 45–50. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.45-50.
8. Robinson L.H., Juttner J., Milligan A., Lahnstein J., Eglinton J.K., Evans D.E. The identification of a barley haze active protein that influences beer haze stability: Cloning and characterization of the barley SE protein as a barley trypsin inhibitor of the chloroform/methanol type // Journal of Cereal Science. 2007, N 3 (45). P. 343–352. DOI: 10.1016/j.jcs.2006.08.012.
9. Sarkar B., Sharma R.C., Verma R.P.S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2014. N 1 (74). P. 26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.
10. Herger N., Angelil O., Abramowitz G., Donat M., Stone D., Lehmann K. Calibrating climate model ensembles for assessing extremes in a changing climate // JGR Atmospheres. 2018. N 11 (123). P. 5988–6004. DOI: 10.1029/2018JD028549.
11. Lodhi R.D., Prasad L.C., Bornare S.S., Madakemohekar A. Stability analysis of yield and its component traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in multi-environment trials in the north eastern plains of India // Sabrao Journal of Breeding and Genetics. 2015. N 2 (47). P. 143–159.
12. Юсова О.А., Николаев П.Н., Анисков Н.И., Сафонова И.В. Адаптивность сортов ячменя по признаку масса 1000 зёрен в условиях лесостепи Омской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 2 (34). С. 24–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205.
13. Абдуллаев Р.А., Баташева Б.А., Алпатьева Н.В., Чумаков М.А., Радченко Е.Е., Ковалёва О.Н., Яковлева О.В. Устойчивость допущенных к использованию в России сортов ячменя к вредным организмам и токсичным ионам алюминия // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 3 (181). С. 120–127. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-120-127.
14. Солнечный П.Н. AMMI GGE biplot анализ взаимодействия генотип – среда линий ярового ячменя // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 6 (21). С. 657–662. DOI: 10.18699/VJ17.283.
15. Юсова О.А., Николаев П.Н., Бендина Я.Б., Сафонова И.В., Анисков Н.И. Стрессоустойчивость сортов ячменя различного агроэкологического происхождения для условий резко континентального климата // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 4 (181). С. 44–55. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-44-55.
16. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 6. С. 49–53.

REFERENCES

1. Rapacz M., Stepień A., Skorupa K. Internal standards for quantitative RT-PCR studies of gene expression under drought treatment in barley (*Hordeum vulgare* L.): the effects of developmental stage and leaf age. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2012, no. 34, pp. 1723–1733. DOI: 10.1007/s11738-012-0967-1.
2. Gudzenko V.N. Statistical and graphic (GGE biplot) assessment of the adaptive ability and stability of winter barley selection lines. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2019, no. 1 (23), pp. 110–118. (In Russian). DOI: 10.18699/VJ19.469.
3. Sidorov A.V., Neshumaeва N.A., Yakubyshina L.I. The development of new varieties of spring barley for use for feed purposes. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*, 2016, no. 2, pp. 148–152. (In Russian).
4. Ivanov D.A., Kovalev N.G., Tolín V.A., Rublyuk M.V., Karaseva O.V. Impact of landscape and agroclimatic conditions on barley grain quality. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk = Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2016, no. 5 (86), p. 450. (In Russian).
5. Nikolaev P.N., Yusova O.A., Aniskov N.I., Safonova I.V., Ryapolova Y.V. New medium-ripe variety of spring barley Omsk 101. *Trudy*

- po prikladnoj botanike, genetike i selekcii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2019, no. 2, pp. 83–88. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88.
6. Surin N.A., Zobova N.V., Lyakhova N.E. Genetic potential and selection significance of barley in Siberia. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2014, no. 2 (18), pp. 378–386. (In Russian).
 7. Bondareva L.M., Radyukevich T.N., Kartasheva L.I., Lyubek N.I. Study of the stability of the promising line of spring barley L1505 to abiotic stressors in the Leningrad Region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2018, no. 5 (66), pp. 45–50. (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.45-50.
 8. Robinson L.H., Juttner J., Milligan A., Lahnstein J., Eglinton J.K., Evans D.E. The identification of a barley haze active protein that influences beer haze stability: Cloning and characterization of the barley SE protein as a barley trypsin inhibitor of the chloroform/methanol type. *Journal of Cereal Science*, 2007, no. 3 (45), pp. 343–352. DOI: 10.1016/j.jcs.2006.08.012.
 9. Sarkar B., Sharma R.C., Verma R.P.S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 2014, no. 1 (74), pp. 26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.
 10. Herger N., Angelil O., Abramowitz G., Donat M., Stone D., Lehmann K. Calibrating climate model ensembles for assessing extremes in a changing climate. *JGR Atmospheres*, 2018, no. 11 (123), pp. 5988–6004. DOI: 10.1029/2018JD028549.
 11. Lodhi R.D., Prasad L.C., Bornare S.S., Madakemohekar A. Stability analysis of yield and its component traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in multi-environment trials in the north eastern plains of India. *Sabara Journal of Breeding and Genetics*, 2015, no. 2 (47), pp. 143–159.
 12. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Aniskov N.I., Safonova I.V. Adaptability of barley varieties based on the mass of 1000 grains in the forest-steppe conditions of the Omsk region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of science and technology in Agro-Industrial Complex*, 2020, no. 2 (34), pp. 24–28. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205.
 13. Abdullaev R.A., Batasheva B.A., Alpatieva N.V., Chumakov M.A. Radchenko E.E., Kovaleva O.N., Yakovlev O.V. Stability of barley varieties allowed for use in Russia to harmful organisms and toxic aluminum ions. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2020, no. 3 (181), pp. 120–127. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-120-127.
 14. Solnechny P.N. AMMI GGE biplot analysis of interaction genotype – medium of spring barley lines. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2017, no. 6 (21), pp. 657–662. (In Russian). DOI: 10.18699/VJ17.283.
 15. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Bendina Ya.B., Safonova I.V., Aniskov N.I. Stress resistance of barley varieties of various agroecological origin for conditions of a sharply continental climate. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2020, no. 4 (181), pp. 44–55. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-44-55.
 16. Goncharenko A.A. On the adaptability and environmental sustainability of grain varieties. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk = Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2005, no. 6, pp. 49–53. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мартынова С.В., научный сотрудник

✉ **Пакуль В.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе; **адрес для переписки:** Россия, 650510, Кемеровская область, пос. Новостройка, ул. Центральная, 47; e-mail: vpakyl@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Svetlana V. Martynova, Researcher

✉ **Vera N. Pakul**, Doctor of Science in Agriculture, Deputy Director for Science; **address:** 47, Tsentralnaya St., Novostroika, Kemerovo region, 650510, Russia; e-mail: vpakyl@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 08.07.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 25.10.2021
Дата публикации / Published 25.11.2021