

## ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ МУССОННОГО КЛИМАТА

**Г. А. Муругова**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции зерновых и крупяных культур, gal.murugova@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4203-851X;  
**А. Г. Клыков**, доктор биологических наук, академик РАН, заведующий отделом селекции и биотехнологии сельскохозяйственных культур, alex.klykov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2390-3486  
ФГБНУ «Федеральный научный центр агробиотехнологии Дальнего Востока им. А. К. Чайки», 692539, г. Уссурийск, п. Тимряевский, ул. Воложенина, д. 30; e-mail: fe.smc\_rf@mail.ru

В статье представлена сравнительная оценка урожайности и качества зерна сортов ярового ячменя в условиях Приморского края. Исследования проводили в 2019–2022 гг. в ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки» в лаборатории селекции зерновых и крупяных культур. Объектами являлись 18 сортов ярового ячменя различного происхождения: Восточный, Приморский 89, Приморский 98, Тихоокеанский, Приморец, Приморский 100 – Приморский край; Мелиус, Крещендо, Деспина, Маргарет, Лаурите, Калькуль, Грейс, Чарльз, Саломе – Германия; Орлан, Медикум 157 – Самарская область и Булат – Ставропольский край. За годы исследований изученные сорта характеризовались широким диапазоном изменчивости по урожайности – от 2,0 до 6,7 т/га, в среднем 3,3–4,6 т/га. В результате исследований с максимальной урожайностью (4,6 т/га), высокой адаптивностью ( $b_1 = 1,0$  и  $S^2d_1 = 0,0$ ) и биохимическими показателями содержания (белка – 7,3 %, крахмала – 57,6 %) выделился сорт Грейс. В условиях муссонного климата Приморского края интерес для селекции на экологическую пластичность представляют сорта Приморец, Лаурите, Орлан, характеризующиеся стабильностью и отзывчивостью на улучшение условий произрастания. Сорта ярового ячменя Тихоокеанский и Маргарет целесообразно выращивать на экстенсивном фоне ( $b_1 < 1,0$ ), где от них может быть получена наибольшая отдача при минимуме затрат. Один из важных показателей адаптивности сортов – экологическая устойчивость ( $U_{\min} - U_{\max}$ ). Чем меньше разрыв между максимальной и минимальной урожайностями, тем выше стрессоустойчивость сорта и тем шире диапазон его приспособительных возможностей. Высокий уровень стрессоустойчивости (-0,7) отмечен у сорта Приморский 100 (Приморский край). Средняя урожайность сортов в контрастных (стрессовых и не стрессовых) условиях ( $U_1 + U_2/2$ ) характеризует их генетическую гибкость. Максимальное соотношение между генотипом и факторами среды отмечено у сорта Мелиус (Германия) – 4,8, также у него наибольший показатель гомеостатичности (Ном –101).

**Ключевые слова:** яровой ячмень, сорт, экологическая пластичность, стабильность, урожайность, хозяйственно ценные признаки, биохимические показатели, пленчатость, крахмал.

**Для цитирования:** Муругова Г. А., Клыков А. Г. Оценка урожайности и качества зерна сортов ярового ячменя в условиях муссонного климата // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 4. С. 17–23. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-93-4-17-23.



## EVALUATION OF PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF SPRING BARLEY VARIETIES UNDER MONSOON CLIMATE CONDITIONS

**G. A. Murugova**, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for breeding grain and groat crops, gal.murugova@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4203-851X;  
**A. G. Klykov**, Doctor of Biological Sciences, academician of RAS, head of the department of breeding and biotechnologies of grain crops, alex.klykov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2390-3486  
FSBSI "Federal Research Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika", 692539, Russia, Primorsky Krai, Usuriysk, v. of Timiryazevsky, Volozhenin Str., 30; e-mail: fe.smc\_rf@mail.ru

The current paper has presented a comparative evaluation of productivity and grain quality of spring barley varieties in the Primorsky Territory. The study was conducted at the FSBSI "FRC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika" in the laboratory for breeding grain and groat crops in 2019–2022. The objects were 18 spring barley varieties of various origins, such as 'Vostochny', 'Primorsky 89', 'Primorsky 98', 'Tikhookeansky', 'Primorets', 'Primorsky 100' developed in the Primorsky Krai; 'Melius', 'Kreshendo', 'Despina', 'Margaret', 'Laurite', 'Kal'kul', 'Greis', 'Charls', 'Salome' developed in Germany; 'Orlan', 'Medikum 157' develop in the Samara region and 'Bulat' developed in the Stavropol region. Over the years of study, the studied varieties were characterized by a wide range of yield variability from 2.0 to 6.7 t/ha, with an average of 3.3–4.6 t/ha. According to the study results the variety 'Greis' was the best with maximum productivity (4.6 t/ha), high adaptability ( $b_1 = 1.0$  and  $S^2d_1 = 0.0$ ) and biochemical indicators of protein and starch percentage (7.3 % and 57.6 % respectively). In the monsoon climate of the Primorsky Krai, the varieties 'Primorets', 'Laurite', 'Orlan' are of great interest for breeding for environmental adaptability, characterized by stability and responsiveness to improving growing conditions. The spring barley varieties 'Tikhookeansky' and 'Margaret' are better to be grown on an extensive background ( $b_1 < 1.0$ ), where the greatest feedback can be obtained from them with a minimum of costs. One of the important indicators of varieties' adaptability is environmental sustainability ( $U_{\min} - U_{\max}$ ). The smaller the gap between the maximum and minimum yields, the higher the stress resistance of the variety and the wider the range of its adaptive capabilities. A high level of stress resistance (-0.7) was identified in the variety 'Primorsky 100' (from the Primorsky Krai). The mean productivity of varieties under contrasting (stressful and non-stressful) conditions ( $U_1 + U_2/2$ ) means their genetic flexibility. The variety 'Melius' (from Germany)

was found to have maximum ratio between the genotype and environmental factors (4.8), and the highest homeostatic index ( $Hom = 101$ ).

**Keywords:** spring barley, variety, environmental adaptability, stability, productivity, economically valuable traits, biochemical indicators, hoodness, starch.

**Введение.** Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) является важной сельскохозяйственной культурой, имеющей широкое применение в разных отраслях народного хозяйства. Ареал его распространения обусловлен многими ценными качествами, а также приспособленностью к различным почвенно-климатическим условиям (Miralles et al., 2021; Филиппов и др., 2021). Известно, что продуктивность сельскохозяйственных культур зависит от биологических особенностей сорта, условий выращивания и уровня адаптации растений к комплексу биотических и абиотических факторов окружающей среды (Якубышина, 2020).

Юг Дальнего Востока России характеризуется муссонным климатом с высокой влажностью воздуха, частыми туманами, способствующими усиленному развитию болезней зерновых культур, снижению качества зерна, устойчивости к полеганию (Murugova et al., 2019).

Несмотря на многие ценные качества и свойства районированных в Дальневосточном регионе сортов ярового ячменя, каждый из них обладает целым рядом существенных недостатков, которые необходимо улучшать путем целенаправленного и научно обоснованного ведения селекционного процесса. Поэтому одним из важнейших факторов увеличения производства зерна является внедрение новых высокопродуктивных сортов ярового ячменя, адаптированных к условиям муссонного климата (Murugova et al., 2019).

В связи с этим актуальной задачей в селекции сельскохозяйственных культур в регионе является повышение экологической стабильности сортов, их способности обеспечивать высокую и устойчивую урожайность в различных условиях произрастания.

Цель настоящей работы – оценка урожайности и качества зерна сортов ярового ячменя отечественного и зарубежного происхождения в условиях муссонного климата Приморского края.

**Материалы и методы исследований.** Работа выполнена в лаборатории селекции зерновых и крупяных культур ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки» в 2019–2022 годах. Объект исследования – 18 сортов ярового ячменя различного эколого-географического происхождения: ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки, Приморский край – Восточный, Приморский 89, Приморский 98, Тихоокеанский Приморец, Приморский 100; Германия – Мелиус, Крешендо, Деспина, Маргарет, Лаурите, Калькуль, Грейс, Чарльз, Саломе; СамИЦ РАН, Самарская область – Орлан, Медикум 157; Прикумская опытно-селекционная станция, Ставропольский край – Булат.

В качестве стандарта был взят районированный сорт Восточный.

Площадь делянки 15 м<sup>2</sup>, повторность 3-кратная, размещение систематическое. Норма высева – 5,5 млн всхожих зерен на га. Посев проводили сеялкой СКС 6-10. Уборку выполняли комбайном «Хеге-125». Фенологические наблюдения и учеты проводили по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019) и методическим указаниям по изучению коллекционных образцов (Лоскутов и др., 2012). В лабораторных условиях определяли белок (ГОСТ Р 51417-99), крахмал (ГОСТ 10845-98), массу 1000 зерен (ГОСТ 12042-80), пленчатость по Омарову, натуре зерна (ГОСТ 10840-2017). Адаптивные свойства сортов определяли по методике S. A. Eberharta, W. A. Russell в изложении В. А. Зыкина и др. (2011). Стрессоустойчивость ( $Y_{min}-Y_{max}$ ) сортов и компенсаторную способность ( $(Y_{min}+Y_{max})/2$ ) определяли по методике А. А. Rossielle, J. Hamblin в изложении А. А. Гончаренко и др. (2019), параметры гомеостатичности ( $Hom$ ) и селекционную ценность ( $S_c$ ) урожайности сортов – по В. В. Хангильдину (1979).

Метеорологические условия за годы исследования (2019–2022 гг.) в вегетационный период ярового ячменя различались по температурному режиму и осадкам, что позволило оценить сорта на устойчивость к стрессовым факторам. Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывали по методике Г. Т. Селянинова на основе данных агрометеостанции п. Тимирязевский. Многолетние значения гидротермического коэффициента вегетационного периода зерновых культур в условиях Приморского края находятся в пределах значения 1,8. Анализ ГТК за вегетационный период (всходы – полная спелость) свидетельствует о том, что наиболее благоприятным для роста и развития растений, формирования урожайности ярового ячменя был 2021 г. (ГТК – 1,2 влажный). Избыточно увлажненными отмечены 2022 г. (ГТК = 1,9), 2019 и 2020 гг. (ГТК = 1,6; 2,3 соответственно) что отрицательно повлияло на элементы продуктивности.

**Результаты и их обсуждение.** Сложность стабилизации производства высококачественного зерна в том, что признаки качества, которые в селекции растений первичны, в высокой степени изменяются от условий выращивания (Николаев и др., 2018).

Исследования показали, что высота растений варьировала от 53,7 (Калькуль) до 82,5 см (Восточный) (табл.1). По ряду хозяйственно ценных признаков (продуктивная кустистость, длина колоса, число зерен в колосе, масса зерна с растением) в сравнении со стандартом был выделен ряд сортов.

**Таблица 1. Структурный анализ сортов ярового ячменя по основным хозяйственно ценным признакам (2019–2022 гг.)**  
**Table 1. Structural analysis of spring barley varieties according to the main economically valuable traits (2019–2022)**

Сорт	Происхождение	Высота растения, см	Продуктивная кустистость, шт.	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна, г	
						с колоса	с растения
Восточный, st	(Приморский край)	82,5	2,0	6,8	20,4	0,9	1,6
Приморский 89	(Приморский край)	79,3	1,6	7,5	17,8	1,0	1,3
Приморский 98	(Приморский край)	69,9	2,0	7,3	17,9	0,7	1,2
Тихоокеанский	(Приморский край)	61,6	2,2	5,7	17,5	0,7	1,2
Приморец	(Приморский край)	80,9	1,9	8,0	22,4	0,9	1,8
Приморский 100	(Приморский край)	77,5	2,9	7,5	48,8	1,2	1,9
Мелиус	(Германия)	68,7	2,0	7,3	19,9	0,7	1,4
Крешендо	(Германия)	56,2	1,6	6,5	18,0	0,8	1,2
Деспина	(Германия)	65,0	1,8	6,3	18,5	0,8	1,4
Маргарет	(Германия)	61,5	2,1	7,2	19,1	1,0	1,7
Лаурите	(Германия)	58,8	2,2	7,1	20,1	0,9	1,8
Калькуль	(Германия)	53,7	1,9	6,7	18,7	0,8	1,4
Грейс	(Германия)	57,3	2,0	6,9	18,2	0,7	1,7
Чарльз	(Германия)	64,0	2,4	7,2	19,7	0,9	1,6
Саломе	(Германия)	54,2	2,2	7,1	17,5	0,8	1,1
Булат	(Ставропольский край)	73,1	2,1	6,5	19,2	0,8	1,8
Орлан	(Самарская область)	64,5	2,1	5,6	14,7	0,7	1,2
Медикум 157	(Самарская область)	67,6	2,3	5,9	15,2	0,7	1,4
НСР <sub>0,95</sub>		5,3	0,1	0,5	1,5	0,1	0,1

По продуктивной кустистости достоверно превышали стандарт сорта Приморский 100 (2,9 шт.), Чарльз (2,4 шт.), Медикум 157 (2,3 шт.), Тихоокеанский (2,2 шт.), Лаурите (2,2 шт.) и Саломе (2,2 шт.).

Длина колоса варьировала от 5,6 см (Орлан) до 8,0 см (Приморец), наибольшая озерненность колоса отмечена у сорта Приморский 100 – 48,8 шт., а минимальная – у сорта Орлан – 14,7 шт.

Масса зерна с растения – основной элемент структуры урожая. По данному признаку существенное превышение отмечено у сортов Приморский 100 (1,9 г), Приморец (1,8 г), Лаурите (1,8 г), Булат (1,8 г).

Одним из направлений в селекционной работе с ячменем является создание сортов пивоваренного направления, обладающих хорошими качествами зерна и способных сохранять его в меняющихся условиях выращивания. Для пивоварения сорт должен обладать такими качествами, как низкое содержание белка – 10 %, пленчатость – до 9 %, крахмала в зерне должно содержаться 58–65 %.

Важными биохимическими показателями качества зерна ячменя является содержание белка и крахмала, кроме того, большое

значение для оценки зерна имеют технологические качества (пленчатость, натура зерна) (Бутковская и Мудрова, 2021).

Пивоваренные и кормовые свойства зерна ячменя на 78–80 % зависят от почвенно-погодных условий и агротехники возделывания и только на 20–25 % – от генетических особенностей сортов. Изучение амплитуды изменчивости химического состава зерна позволяет установить степень реакции сорта на условия среды, что имеет важное значение для характеристики генотипа в конкретных условиях среды.

Масса 1000 зерен характеризует величину зерна, его крупность. Зерно с большей массой 1000 зерен имеет наилучшие технологические свойства. Масса 1000 зерен у сортов ярового ячменя варьировала от 33,2 г (Приморский 100) до 49,2 г (Крешендо). Пленчатость зерна ярового ячменя у сортов во все годы проведения исследований была в пределах 7,6–10,9 %. Исследования показали, что по ряду биохимических и технологических показателей выделен сорт ячменя Лаурите с содержанием крахмала 57,9 %, натурой зерна – 690 г/л, массой 1000 зерен – 48,8 г, низким количеством белка – 7,9 % и пленчатости – 8,4 % (табл. 2).

**Таблица 2. Технологические и биохимические показатели качества зерна сортов ярового ячменя (2019–2022 гг.)**  
**Table 2. Technological and biochemical indicators of grain quality of spring barley varieties (2019–2022)**

Сорт, происхождение	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Пленчатость, %	Белок, %	Крахмал, %
Восточный, st (Приморский край)	47,2	665	9,6	11,0	54,6
Приморский 98 (Приморский край)	36,4	650	8,8	10,6	53,3
Приморский 89 (Приморский край)	45,2	680	10,2	12,1	55,5
Тихоокеанский (Приморский край)	45,1	680	10,9	10,0	54,0

Продолжение табл. 2

Сорт, происхождение	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Пленчатость, %	Белок, %	Крахмал, %
Приморец (Приморский край)	41,2	660	9,2	10,1	56,2
Приморский 100 (Приморский край)	33,2	645	8,7	10,4	55,3
Мелиус (Германия)	42,4	675	9,2	8,4	54,4
Крешендо (Германия)	49,2	675	9,2	8,9	54,2
Деспина (Германия)	46,4	670	9,6	8,4	54,8
Маргарет (Германия)	46,4	680	7,6	7,7	55,6
Лаурите (Германия)	48,8	690	8,4	7,9	57,9
Калькуль (Германия)	46,4	685	9,4	7,3	58,5
Грейс (Германия)	43,6	670	8,2	8,5	57,9
Чарльз (Германия)	48,0	670	8,6	8,4	60,0
Саломе (Германия)	42,8	650	9,6	9,4	59,5
Булат (Ставропольский край)	44,4	640	8,6	9,3	58,5
Орлан (Самарская область)	41,2	665	8,3	11,1	60,1
Медикум 157 (Самарская область)	41,6	640	7,9	13,1	58,2
НСР <sub>0,95</sub>	5,4	20	1,1	2,3	2,7

Таким образом, из анализа показателей качества зерна сортов ячменя следует, что зерно с лучшими пивоваренными качествами сформировали сорта Крешендо и Маргарет. Эти сорта рекомендуются использовать в гибридизации для создания высокопродуктивных пивоваренных сортов. Сорта приморской селекции (Приморский 98, Восточный, Тихоокеанский, Приморец, Приморский 100) относятся к кормовому назначению.

Урожайность представляет собой сложный комплексный признак, определяющийся генотипом, окружающей средой и эффектами их взаимодействия (Vaezi et al., 2019). Исследования показали, что урожайность в годы изучения сортов варьировала от 2,0 до 6,7 т/га. В среднем наибольшая урожайность в сравнении со стандартом Восточный (3,8 т/га) отмечена у сортов Приморский 100, Грейс, Маргарет – 4,6/га, Приморец, Калькуль и Лаурите – 4,4 т/га.

Оценка по показателям пластичности и стабильности сортов позволяет выделить среди изучаемого сортимента наиболее перспективные, высокоурожайные, адаптированные к абиотическим и биотическим факторам среды (Гудзенко, 2019). Для отбора ценного исходного материала в селекции на адаптивность применяют такие показатели, как коэффициент регрессии ( $b_i$ ), дисперсия стабильности ( $S^2d$ ), стрессоустойчивость ( $Y_{\min} - Y_{\max}$ ), генетическая гибкость  $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ , гомеостатичность

(Hom), селекционная ценность (Sc) (Сафонова и Аниськов, 2022).

Методика S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966) является общепринятой для определения экологической стабильности и пластичности. Сущность данного метода заключается в расчете коэффициента линейной регрессии ( $b_i$ ) и дисперсии отклонений от линии регрессии ( $S^2d$ ) для каждого сорта. Зависимость роста пластичности сорта зачастую способствует снижению его стабильности. В связи с этим для селекционной практики более ценными являются генотипы с высокой пластичностью ( $b_i > 1$ ) и низким индексом стабильности ( $S^2d = 0$ ). В нашем опыте исследуемый материал обладал широким пределом изменчивости коэффициента регрессии – от 0,2 до 3,9 (табл. 3).

Сорта ярового ячменя Тихоокеанский, Приморский 100, Мелиус, Крешендо, Деспина, Маргарет, Калькуль с пластичностью ниже 1 ( $b_i < 1$ ) относятся к экстенсивному типу с низкой отзывчивостью на улучшения условий выращивания. Высокой отзывчивостью ( $b_i > 1$ ) на улучшение условий отмечены 10 сортов, что характерно для генотипов интенсивного типа.

Наибольшие значения ( $b_i$ ) отмечены у сортов Лаурите ( $b_i = 1,9$ ), Орлан ( $b_i = 1,9$ ), Приморец ( $b_i = 1,3$ ), которые имели низкие показатели стабильности ( $S^2d = 0,1; 0,3; 0,1$  соответственно), что свидетельствует о высокой отзывчивости на условия возделывания.

Таблица 3. Параметры адаптивности сортов ярового ячменя различного происхождения (2019–2022 гг.)

Table 3. Adaptability parameters of spring barley varieties of different origins (2019–2022)

Сорт, происхождение	Урожайность, т/га		$b_i$	$S^2d$	Экологическая устойчивость, $Y_{\min} - Y_{\max}$	Генетическая гибкость $(Y_2 + Y_1)/2$	Коэффициент вариации (V), %	Гомеостатичность (Hom)	Селекционная ценность сорта (Sc)
	Min ( $Y_2$ ) – Max ( $Y_1$ )	$\bar{x}$							
Восточный, st (Приморский край)	2,8–4,0	3,8	1,8	2,0	-1,2	3,4	20,0	3	1,9
Приморский 89 (Приморский край)	2,3–5,0	3,3	1,6	1,1	-2,7	3,6	17,1	18	2,9

Продолжение табл. 3

Сорт, происхождение	Урожайность, т/га		$b_i$	$S^2d$	Экологическая устойчивость, $Y_{\min}-Y_{\max}$	Генетическая гибкость $(Y_2+Y_1)/2$	Коэффициент вариации (V), %	Гомеостатичность (Ном)	Селекционная ценность сорта ( $S_c$ )
	Min ( $Y_2$ ) – Max ( $Y_1$ )	$\bar{x}$							
Приморский 98 (Приморский край)	2,5–5,4	3,4	1,7	1,2	-2,9	3,9	18,1	16	2,9
Тихоокеанский (Приморский край)	2,9–4,3	3,5	0,2	0,9	-1,4	3,6	42,4	1	1,0
Приморец (Приморский край)	2,8–4,0	4,4	1,3	0,1	-1,2	4,7	25,6	7	2,7
Приморский 100 (Приморский край)	2,8–3,5	4,6	0,4	0,8	-0,7	3,1	11,6	40	3,4
Мелиус (Германия)	2,9–6,7	4,1	0,2	2,7	-3,8	4,8	7,0	101	3,1
Крешендо (Германия)	2,9–6,4	4,0	0,7	1,7	-3,5	4,6	15,9	21	3,3
Деспина (Германия)	2,9–5,8	4,0	0,7	1,1	-2,9	4,3	18,8	15	2,6
Маргарет (Германия)	2,9–5,5	4,6	0,4	0,3	-2,6	4,2	9,0	2	3,2
Лаурите (Германия)	2,5–5,5	4,4	1,9	0,1	-3,0	4,0	17,3	60	1,6
Калькуль (Германия)	2,7–5,4	4,4	0,8	1,9	-2,7	4,0	27,6	6	1,6
Грейс (Германия)	2,7–6,7	4,6	1,0	0,0	-4,0	4,7	36,6	2	1,5
Чарльз (Германия)	2,9–5,5	4,1	2,3	2,2	-2,6	4,2	29,3	6	3,3
Саломе (Германия)	2,0–4,7	3,8	1,7	2,9	-2,7	3,3	26,2	7	3,5
Булат (Ставропольский край)	2,8–6,7	4,0	3,9	1,8	-3,9	4,7	24,9	2	2,1
Орлан (Самарская область)	2,2–4,9	4,0	1,9	0,3	-2,7	3,5	11,7	31	4,2
Медикум 157 (Самарская область)	2,0–6,1	4,2	1,0	0,3	-4,1	4,0	21,1	10	3,0
НСР <sub>0,95</sub>	–	0,2	–	–	–	–	–	–	–

Еще одним подходом дополнительной оценки адаптивности сортов к стрессовым условиям возделывания могут являться показатели стрессоустойчивости и компенсаторной способности. Уровень устойчивости к стрессу ( $Y_{\min}-Y_{\max}$ ) определяется разностью между максимальной и минимальной урожайностью сорта (Сафонова и Аниськов, 2022).

О высоких свойствах стрессоустойчивости свидетельствует наименьшее значение величины данного признака. Высокая стрессоустойчивость (-0,7) отмечена у сорта Приморский 100.

Показатель компенсаторной способности  $(Y_{\min}+Y_{\max})/2$  позволяет судить о генетической гибкости сорта и его степени соответствия факторам среды (Сафонова и Аниськов, 2022). Высокая компенсаторная способность выявлена у сорта Мелиус (Германия) – 4,8, Грейс (Германия), Приморец (Приморский край) и Булат (Ставропольский край) – 4,7.

Один из важных показателей, характеризующих устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов среды, – гомеостаз, являющийся универсальным свойством в системе взаимоотношения генотипа и внешней среды (Аниськов и Сафонова, 2020).

Исследования показали, что сорта Мелиус (Ном – 101), Лаурите (Ном – 60), Приморский 100 (Ном – 40), характеризующиеся высокой гомеостатичностью, способны сводить к минимуму последствия неблагоприятных воздействий внешней среды.

Анализ селекционной ценности генотипа ( $S_c$ ) базируется на сравнении его урожайности в лимитированной и оптимальных средах применительно к средней продуктивности (Николаев и др., 2018). Чем выше показатель,

тем более стабилен уровень урожайности сорта. В результате исследований выделен сорт с высокой селекционной ценностью Орлан – 4,2.

**Выводы.** Таким образом, в результате изучения сортов ярового ячменя различного эколого-географического происхождения в условиях муссонного климата Приморского края выделены источники с ценными селекционно-хозяйственными признаками и качеством зерна, которые рекомендуется использовать в селекции в качестве исходного материала с целью создания новых высокопродуктивных генотипов с высоким качеством зерна, экологической пластичностью и стабильностью.

1. Наибольшая урожайность в сравнении со стандартом Восточный (3,8 т/га) отмечена у сортов Приморский 100 (Приморский край), Грейс (Германия), Маргарет – 4,6 т/га; Приморец (Приморский край), Калькуль (Германия), Лаурите (Германия) – 4,4 т/га.

2. С высокой крупностью зерна (масса 1000 зерен 49,2 г) показал себя сорт Крешендо (Германия), с ценными биохимическими и технологическими показателями выделен сорт ячменя Лаурите (Германия) пивоваренного направления.

3. Для Приморского края, климат которого имеет нестабильный характер, интерес приобретают сорта: Лаурите (Германия) – ( $b_i = 1,9$ ), Орлан (Самарская область) ( $b_i = 1,9$ ) и Приморец (Приморский край) ( $b_i = 1,3$ ), которые имели низкие показатели стабильности ( $S^2d = 0,1; 0,1; 0,2$  соответственно), что свидетельствует о высокой отзывчивости на условия возделывания. Данные сорта формируют стабильный урожай зерна высокого качества и в неблагоприятных условиях произрастания.

## Библиографические ссылки

1. Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Сравнительная оценка показателей пластичности, стабильности и гомеостатичности сортов озимой ржи селекции ВИР по признаку «масса 1000 зерен» // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181(3). С. 56–63. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-56-63
2. Бутковская Л. К., Мудрова В. Е. Влияние первоначальной всхожести на качество семян зерновых культур в условиях Красноярской лесостепи // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова. 2021. № 4(65). С. 6–13. DOI: 10.34655/bgsha.2021.65.4.001
3. Гончаренко А. А., Макаров А. В., Ермаков С. А., Семенова Т. В., Точилин В. Н., Цыганкова Н. В., Скатова С. Е., Крахмалева О. А. Экологическая устойчивость сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 3. С. 3–9. DOI: ogr/10.31857/S2500-2627201933-9
4. Гудзенко, В. Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23(1). С. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19/469
5. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С., Корнеева С. П. Методики расчета экологической пластичности сельскохозяйственных растений по дисциплине «Экологическая генетика». Омск: ОмГАУ, 2008. 36 с.
6. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса / И. Г. Лоскутов, О. Н. Ковалева, Е. В. Блинова. Изд. 4-е, доп. и перераб. Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова, 2012. 63 с.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 1. Общая часть. М.: Колос, 2019. 329 с.
8. Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Юсова О. А. Пластичность, стабильность и адаптивность качества зерна сортов ярового ячменя в условиях Омской области // Вестник Омского государственного университета. 2018. С. 43–48. DOI: 10.18286/1816-4501-2018-1-43-48
9. Николаев П. Н., Юсова О. А., Васюкевич С. В., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Адаптивный потенциал сортов ярового овса по признаку «масса 1000 зерен» в условиях Омского Прииртышья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. № 179(4). С. 28–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-28-38
10. Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Значимость комплексной оценки селекционных индексов и параметров стрессоустойчивости сортов озимой ржи // Аграрный Вестник Урала. 2022. № 06(221). С. 16–26. DOI: 10.32417/1997-48682022-221-06-16-26
11. Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П., Засыпкина И. М. Оценка экологической пластичности и стабильности перспективных сортов и линий озимого ячменя в конкурсном сортоиспытании // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4(76). С. 8–14. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-8-14
12. Хангильдин В. В., Шаяхметов И. Ф., Мардамшин А. Г. Гомеостаз компонентов урожая зерна и предпосылки к созданию модели сорта яровой пшеницы // Генетический анализ количественных признаков растений. Уфа, 1979. С. 5–39.
13. Якубышина, Л. И. Пластичность и стабильность селекционных линий ячменя в условиях Тюменской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6(86). С. 54–57.
14. Vaezi B., Pour-Aboughadareh A., Mohammadi R., Mehraban A., Hossein-pour T., Koohka. E., Ghasemi S., Moradkhani H., Siddique K.H.M. Integrating different stability models to investigate genotype x environment interactions and identify stable and high-yielding barley genotypes // Euphytica. 2019. Vol. 215(4), Article number: 63. DOI: 10.1007/s10681-09-2386-5
15. Miralles D. J., Abeledo G. L., Prado S. A., Chenu K., Serrago R. A., Savin R. Barley. In: V. O. Sadras, D. F. Calderini (eds). // Crop Physiology Case Histories for Major Crops. Cambridge, MA: Academic Press. 2021. P. 164–195. DOI: 10.1016/B978-0-2-819194-1.00004-9
16. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. 1966. Vol. 6(1), P. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
17. Murugova G. A., Pavlova N. A., Klykov A. G. Evaluation of Adaptive Properties of the Spring Barley Varieties Using Mathematical Analysis // CEUR Workshp Proceedings : Short Paper Proceedings of the V international Conference on information Technologies and High-Performance Computing (ITHPC-2019), Sept. 16–19, 2019. Khabarovsk, Russia. 2019. Vol. 2426, P. 110–115.

## References

1. Anis'kov N. I., Safonova I. V. Sravnitel'naya otsenka pokazatelei plastichnosti, stabil'nosti i gomeostatichnosti sortov ozimoi rzhi selektsii VIR po priznaku «massa 1000 zeren» [Comparative estimation of indicators of adaptability, stability and homeostaticity of winter rye varieties developed by VIR according to the trait '1000-grain weight'] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2020. № 181(3). S. 56–63. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-56-63
2. Butkovskaya L. K., Mudrova V. E. Vliyanie pervonachal'noi vskhozhesti na kachestvo semyan zernovykh kul'tur v usloviyakh Krasnoyarskoi lesostepi [The effect of initial germination on the quality of grain seeds in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe] // Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii imeni V. R. Filippova. 2021. № 4(65). S. 6–13. DOI: 10.34655/bgsha.2021.65.4.001
3. Goncharenko A. A., Makarov A. V., Ermakov S. A., Semenova T. V., Tochilin V. N., Tsygankova N. V., Skatova S. E., Krakhmaleva O. A. Ekologicheskaya ustoichivost' sortov ozimoi rzhi s razlichnym tipom korotkostebel'nosti [Environmental sustainability of winter rye varieties with

different types of short stems] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2019. № 3. S. 3–9. DOI: ogr/10.31857/S2500-2627201933-9

4. Gudzenko, V. N. Statisticheskaya i graficheskaya (GGE biplot) otsenka adaptivnoi sposobnosti i stabil'nosti selektsionnykh linii yachmenya ozimogo [Statistical and graphical (GGE biplot) estimation of the adaptive capacity and stability of winter barley breeding lines] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2019. № 23(1). S. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19/469

5. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S., Korneeva S. P. Metodiki rascheta ekologicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rastenii po distsipline "Ekologicheskaya genetika" [Methods for calculating the ecological adaptability of agricultural plants in the discipline "Ecological Genetics"]. Omsk: OmGAU, 2008. 36 s.

6. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyu mirovoi kolleksii yachmenya i ovsa [Methodical recommendations for the study and preservation of the world collection of barley and oats] / Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V. Izd. 4-e, dop. i pererab. Sankt-Peterburg: Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut rasteniyevodstva im. N. I. Vavilova, 2012. 63 s.

7. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. Vypusk 1. Obshchaya chast'. M.: Kolos, 2019. 329 s.

8. Nikolaev P. N., Anis'kov N. I., Yusova O. A. Plastichnost', stabil'nost' i adaptivnost' kachestva zerna sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Omskoi oblasti [Adaptability, stability, and adaptive properties of grain quality of spring barley varieties in the conditions of the Omsk region] // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo universiteta. 2018. S. 43–48. DOI: 10.18286/1816-4501-2018-1-43-48

9. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Vasyukevich S. V., Anis'kov N. I., Safonova I. V. Adaptivnyi potentsial sortov yarovogo ovsa po priznaku «massa 1000 zeren» v usloviyakh Omskogo Priirtysh'ya [Adaptive potential of spring oat varieties according to the trait '1000-grain weight' in the conditions of the Omsk Irtysh region] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2018. № 179(4). S. 28–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-28-38

10. Safonova I. V., Anis'kov N. I. Znachimost' kompleksnoi otsenki selektsionnykh indeksov i parametrov stressoustoichivosti sortov ozimoi rzhii [The importance of a comprehensive estimation of breeding indices and stress resistance parameters of winter rye varieties] // Agrarnyi Vestnik Urala. 2022. № 06(221). S. 16–26. DOI: 10.32417/1997-48682022-221-06-16-26

11. Filippov E. G., Dontsova A. A., Dontsov D. P., Zasypkina I. M. Otsenka ekologicheskoi plastichnosti i stabil'nosti perspektivnykh sortov i linii ozimogo yachmenya v konkursnom sortoispytanii [Estimation of environmental adaptability and stability of promising winter barley varieties and lines in the Competitive Variety Testing] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 4(76). S. 8–14. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-8-14

12. Khangil'din V. V., Shayakhmetov I. F., Mardamshin A. G. Gomeostaz komponentov urozhaya zerna i predposylki k sozdaniyu modeli sorta yarovoi pshenitsy [Homeostasis of grain yield components and prerequisites for developing a model of spring wheat variety] // Geneticheskii analiz kolichestvennykh priznakov rastenii. Ufa, 1979. S. 5–39.

13. Yakubyshina, L. I. Plastichnost' i stabil'nost' selektsionnykh linii yachmenya v usloviyakh Tyumenskoi oblasti [Adaptability and stability of barley breeding lines under the conditions of the Tyumen region] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 6(86). S. 54–57.

14. Vaezi B., Pour-Aboughadareh A., Mohammadi R., Mehraban A., Hossein-pour T., Koohka E., Ghasemi S., Moradkhani H., Siddique K.H.M. Integrating different stability models to investigate genotype x environment interactions and identify stable and high-yielding barley genotypes // Euphytica. 2019. Vol. 215(4), Article number: 63. DOI: 10.1007/s10681-09-2386-5

15. Miralles D. J., Abeledo G. L., Prado S. A., Chenu K., Serrago R. A., Savin R. Barley. In: V. O. Sadras, D. F. Calderini (eds). // Crop Physiology Case Histories for Major Crops. Cambridge, MA: Academic Press. 2021. P. 164–195. DOI: 10.1016/B978-0-2-819194-1.00004-9

16. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. 1966. Vol. 6(1), P. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x

17. Murugova G. A., Pavlova N. A., Klykov A. G. Evaluation of Adaptive Properties of the Spring Barley Varieties Using Mathematical Analysis // CEUR Worksop Proceedings : Short Paper Proceedings of the V international Conference on information Technologies and High-Performance Computing (ITHPC-2019), Sept. 16–19, 2019. Khabarovsk, Russia. 2019. Vol. 2426, P. 110–115.

Поступила: 24.04.24; доработана после рецензирования: 01.07.24; принята к публикации: 02.07.24.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Авторский вклад.** Муругова Г. А. – выполнение полевых опытов, концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Клыков А. Г. – общее научное руководство, критический анализ текста.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**