

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ ПО ПРЕДШЕСТВЕННИКАМ

И. М. Засыпкина, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории озимого ячменя, irinka_kolosok92@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1281-5317;

А. А. Донцова, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом селекции и семеноводства ячменя, ведущий научный сотрудник, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Создание и широкое распространение в производстве новых адаптивных сортов – перспективный и экологически безопасный путь развития сельского хозяйства. Новый, более современный, высокопродуктивный сорт обеспечивает рост урожайности, устойчивость посевов к стрессовым факторам, способствует лучшему использованию природных и антропогенных ресурсов. Ведущим направлением в селекции на ближайшую перспективу должно стать не создание сортов вообще, приспособленных к условиям произрастания, а создание сортов, приспособленных к лимитирующим стресс- факторам окружающей среды конкретного региона, адаптивных к вызовам природы. Влияние на урожайность, помимо характеристик сорта и условий внешней среды, оказывает и предшествующая севу культура. Отбор в одних условиях может не раскрывать потенциал генотипа в других, что делает актуальным получение информации на различных средах произрастания сортов на ранних этапах селекции. Цель исследований – определение адаптивных свойств перспективных сортов и линий озимого ячменя по различным предшественникам. Проводили исследования с 2021 по 2023 г. по оценке параметров адаптивности 20 сортов и линий озимого ячменя селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» по различным предшественникам (черный пар, горох, подсолнечник, озимая пшеница). Для определения показателей гомеостатичности (Hom) и селекционной ценности (Sc), стрессоустойчивости ($Y_{min}-Y_{max}$) и генетической гибкости $((Y_{max}+Y_{min})/2)$, коэффициента отзывчивости на благоприятные условия выращивания (K_p) и показателя уровня стабильности сорта (ПУСС) использовали методики В.В. Хангильдина и Н.А. Литвиненко (1981), А.А. Rosielle и J. Hamblina в изложении А.А. Гончаренко (2005), В.А. Зыкина (2005), Э.Д. Неттевича (2001). По всем предшественникам были выявлены сорта, отличающиеся высокими параметрами экологической пластичности и стабильности. К стрессоустойчивым генотипам относятся линии Параллелум 2016 и Параллелум 2017 ($Y_{min}-Y_{max} = 1,2, 1,1$ соответственно), которые выделялись по комплексу показателей стабильности и рекомендуются для использования в селекционном процессе как источники высокой стрессоустойчивости, низкой вариабельности урожайности, способные сводить к минимуму негативное воздействие условий произрастания. Сорт Степ проявил себя как пластичный (коэффициент регрессии $b_1 = 1,5$), генетически гибкий $((Y_{min}-Y_{max})/2 = 7,7)$, обладающий высокой отзывчивостью на условия произрастания ($K_p = 1,53$). Динамика урожайности соответствовала изменениям условий выращивания, а для максимальной реализации уровня урожайности рекомендуется его возделывание на интенсивных предшественниках.

Ключевые слова: озимый ячмень, урожайность, сорт, экологическая пластичность, адаптивность, отзывчивость.

Для цитирования: Засыпкина И. М., Донцова А. А.. Результаты изучения параметров адаптивности озимого ячменя по предшественникам // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 48–54. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-48-54.



STUDY RESULTS OF THE PARAMETERS OF WINTER BARLEY ADAPTABILITY ACCORDING TO FORECROPS

I. M. Zasyapkina, a post-graduate, researcher of the laboratory for winter barley, irinka_kolosok92@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1281-5317;

A. A. Dontsova, Candidate of Agricultural Sciences, head of the department of barley breeding and seed production, leading researcher, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303
FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The development and wide distribution of new adaptive varieties in production is a promising and environmentally friendly way for the development of agriculture. A new, more modern, highly productive variety can ensure increased productivity, resistance of crops to stress factors, and promotes better use of natural and anthropogenic resources. The leading direction in breeding in the nearest future should be not the development of varieties in general, adapted to growing conditions, but the identification of varieties adapted to the stress-limiting environmental factors of a particular region, adaptive to the challenges of nature. In addition to the characteristics of the variety and environmental conditions, the forecrop also influences its productivity. Selection in some conditions may not reveal the potential of the genotype in others, which makes it important to obtain information on different growing environments of varieties at the early stages of breeding. The purpose of the current study was to determine the adaptive properties of promising winter barley varieties and lines according to various forecrops. The study was carried out from 2021 to 2023

to estimate the adaptability parameters of 20 winter barley varieties and lines developed by the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy" for various forecrops (weedfree fallow, peas, sunflower, winter wheat). To determine the indicators of homeostaticity (Hom) and selection value (Sc), stress resistance ($Y_{min}-Y_{max}$) and genetic flexibility ($(Y_{max}+Y_{min})/2$), the coefficient of responsiveness to favorable growing conditions (Kr) and the indicator of the stability level of the variety (VSLI), there have been applied the methods of V.V. Khangildin and N.A. Litvinenko (1981), A.A. Rosielle and J. Hamblin as presented by A.A. Goncharenko (2005), V.A. Zykin (2005), E.D. Nettevich (2001). According to all forecrops, there have been identified the varieties distinguished by high parameters of environmental adaptability and stability. Stress-resistant genotypes included the lines 'Parallelum 2016' and 'Parallelum 2017' ($Y_{min}-Y_{max} = 1.2, 1.1$, respectively), which were distinguished by a set of stability indicators and have been recommended for use in the breeding process as sources of high stress resistance, low yield variability, capable of minimizing negative impact of growing conditions. The variety 'Step' proved to be adaptable (regression coefficient $b_i = 1.5$), genetically flexible ($(Y_{min}-Y_{max})/2 = 7.7$), and highly responsive to growing conditions ($Kr = 1.53$). The dynamics of productivity corresponded to changes in growing conditions, and to maximize a productivity level, there has been recommended to cultivate it on intensive forecrops.

Keywords: winter barley, productivity, variety, environmental adaptability, responsiveness.

Введение. Ячмень – одна из центральных зерновых культур не только в отечественном, но и в мировом земледелии. В качестве зернофуражной культуры на долю ячменя приходится лидирующее место по многообразию его использования и валовым сборам (Гудзенко и др., 2019).

Рост урожайности, повышение устойчивости растений к лимитирующим стресс-факторам среды, более эффективное использование природных и антропогенных ресурсов обеспечивается путем создания новых адаптивных сортов (Сурин и др., 2023). Создание таких сортов является наиболее перспективным и экологически безопасным путем развития сельскохозяйственного производства (Засыпкина и Филиппов, 2023).

Адаптивная селекция ведется в направлении создания сортов с повышенной устойчивостью к стресс-факторам. Высокая скорость и равномерность прорастания в стрессовых условиях жизненно важны для получения стабильной урожайности (Elakhdar et al., 2022; Filippov et al., 2020). На этом фоне особую актуальность приобретает проблема создания и использования в сельскохозяйственном производстве сортов, обладающих стрессоустойчивостью и адаптивностью (Юсова и Николаев, 2021). Процесс создания устойчивых сортов является непрерывным, так как невозможно достичь абсолютной устойчивости. Ячмень служит отличной модельной зерновой культурой для изучения адаптивных признаков, поскольку он известен своей высокой степенью генетического разнообразия в отношении устойчивости к стресс-факторам (Широких и Бакулина, 2020). Сведения об общей и специфической адаптивности новых генотипов необходимы для целенаправленной селекции новых сортов с узкой или широкой нормой реакции к конкретному набору сред. При ведении адаптивной селекции обязательно учитывать взаимодействие генотипа и среды. Данные на различных средах произрастания сортов на ранних этапах селекции чрезвычайно актуальны, поскольку отбор в одних условиях не всегда обеспечивает преимущества генотипов в других условиях (Лоскутов и др., 2020). Цель исследований – определение адаптивных свойств перспективных сортов и линий озимого ячменя по различным предшественникам.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в отделе селекции и семеноводства озимого и ярового ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской» с 2021 по 2023 г. в Зерноградском районе Ростовской области.

В исследовании находились 20 образцов озимого ячменя селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской», из них 6 сортов внесены в Государственный реестр РФ (Тимофей (стандарт), Ерема, Виват, Маруся, Фокс 1, Квант). Сорт Степ проходит изучение в Госсортсети РФ, 13 перспективных линий находятся на изучении в конкурсном сортоиспытании. Посев производили по четырем предшественникам (черный пар, горох, подсолнечник, озимая пшеница), площадь учетной делянки – 10 м², количество повторений – 4.

Почвы опытных участков представлены обыкновенными мощными карбонатными черноземами. По механическому составу тяжело-чернистые с содержанием гумуса 3,2 % в пахотном слое. Состав NPK представлен в виде: подвижный фосфор 10–40 мг/кг, легкоусвояемый азот – 70–110 мг/кг, обменный калий – 300–500 мг/кг (Васильченко и Метлина, 2022).

Метеорологические условия 2020/2021 сельскохозяйственного года характеризовались повышенным температурным режимом, как в осенний, так и в весенне-летний период. Среднегодовая температура воздуха составила 11,7 °С, превысив многолетнюю на 2,0 °С. В июне выпало повышенное количество осадков по сравнению с многолетними данными (103,9 мм). В июле, наоборот, был недобор осадков (24,6 мм) и значительный рост температур (26,7 °С). Проявление комплекса неблагоприятных погодных факторов (обильное количество осадков в период налива зерна и повышенный температурный режим в период всей вегетации растений) способствовало недобору урожая в 2021 году.

Погодные условия 2021/2022 сельскохозяйственного года были наиболее благоприятные для озимого ячменя. Зимой выпало 265,7 мм осадков (182,4 % к среднемноголетним) в виде дождя и снега. Температурный режим был повышенный (+3,7 °С к среднемноголетней температуре), температура на глубине залегания узла кущения не опускалась ниже –1,5 °С, это способствовало благоприятной перезимовке растений озимого ячменя. Минимальная

температура воздуха опускалась до $-10,0^{\circ}\text{C}$. Весенний период отличался обилием осадков ($125,5\%$ от нормы), особенно в марте, когда выпало $67,4\text{ мм}$ осадков ($179,4\%$). Лето характеризовалось повышенным температурным режимом: в июне $23,2^{\circ}\text{C}$ ($+2,7^{\circ}\text{C}$ к норме), в июле $24,1^{\circ}\text{C}$ ($+1,0^{\circ}\text{C}$ к норме).

Весенне-летний период 2022/2023 сельскохозяйственного года характеризовался обилием осадков ($125,5\%$ от нормы) с порывами ветра практически весь период вегетации озимого ячменя, что привело к формированию растениями большой высоты, существенно полеганию и формированию низкой массы 1000 зерен и снизило урожайность.

Для определения показателей гомеостатичности (Ном) и селекционной ценности (Sc) применяли методику В.В. Хангильдина и Н.А. Литвиненко (1981). Показатели стрессоустойчивости ($Y_{\min}-Y_{\max}$) и генетической гибкости $((Y_{\max}+Y_{\min})/2)$ рассчитаны по уравнениям А.А. Rosielle, J. Hamblin в изложении А.А. Гончаренко (2005). Коэффициент отзывчивости на благоприятные условия выращивания (K_p) определяли по методу В.А. Зыкина (2005). Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) – по уравнению Э.Д. Неттевича (2001). Математическую оценку результатов исследований и расчет коэффициента вариации (V) проводили по Методике полевого опыта Б.А. Доспехова (2014).

Результаты и их обсуждение. Выполненный дисперсионный анализ двухфакторного опыта по урожайности образцов озимого ячменя показал наличие взаимодействия генотипа и среды. Фактор «предшественник» оказывал доминирующее влияние на формирование урожайности – $96,4\%$, тогда как влияние фактора «сорт» составило $2,1\%$, а влияние взаимодействия этих факторов – $1,5\%$.

По предшественнику черный пар сформировались самые благоприятные условия

для выращивания (lj) – $+1,37$. По предшественникам подсолнечник и озимая пшеница за годы исследований был получен низкий индекс условий среды (lj) – $-0,64$ и $-0,56$ соответственно (табл. 1). Урожайность варьировала от $5,6\text{ т/га}$ у линии Параллелум 1990 по предшественнику подсолнечник до $9,3\text{ т/га}$ у сорта Степ по предшественнику черный пар. В среднем за годы проведения исследований по предшественнику черный пар урожайность составила $8,3\text{ т/га}$, по предшественнику горох – $6,6\text{ т/га}$, по пшенице – $6,4\text{ т/га}$, а по подсолнечнику – $6,2\text{ т/га}$. По предшественнику черный пар $9,0\text{ т/га}$ и более сформировали линия Паллидум 2100 ($9,2\text{ т/га} + 0,9\text{ т/га}$ к средней по предшественнику) и сорт Степ ($9,3\text{ т/га} + 1,0\text{ т/га}$ к средней по предшественнику). По предшественнику горох выделились сорта и линии Маруся, Степ, Параллелум 2019 ($7,1\text{ т/га} + 0,5\text{ т/га}$ к средней по предшественнику), Параллелум 2083 ($7,2\text{ т/га} + 0,6\text{ т/га}$ к средней по предшественнику) и Параллелум 2136 ($7,3\text{ т/га} + 0,7\text{ т/га}$ к средней по предшественнику).

Устойчивость к стресс-факторам образцов для различных условий среды характеризуется меньшей разницей между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{\min}-Y_{\max}$). Наиболее стрессоустойчивыми были линии Параллелум 2017 ($Y_{\min}-Y_{\max} = -1,1$), Параллелум 2016 ($Y_{\min}-Y_{\max} = -1,2$) и Параллелум 1990 ($Y_{\min}-Y_{\max} = -1,5$).

Компенсаторная способность $((Y_{\min}+Y_{\max})/2)$ показывает генетическую гибкость или реакцию сорта на условия выращивания. Чем выше значение, тем выше степень соответствия между генотипом образца (сорта) и факторами среды. Генетически гибкими генотипами являлись сорта Виват и Степ ($(Y_{\min}+Y_{\max})/2 = 7,7$), Маруся ($(Y_{\min}+Y_{\max})/2 = 7,8$) и линия Паллидум 2100 ($(Y_{\min}+Y_{\max})/2 = 8,0$), имеющие высокую степень соответствия между генотипом сорта и факторами среды.

Таблица 1. Урожайность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость сортов и линий озимого ячменя (2021–2023 гг.)

Table 1. Productivity, stress resistance, genetic flexibility of winter barley varieties and lines (2021–2023)

Название сорта, линии	Урожайность по предшественникам, т/га				Стрессоустойчивость	Генетическая гибкость
	черный пар	горох	подсолнечник	озимая пшеница	$Y_{\min} - Y_{\max}$	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$
Тимофей, st	7,9	6,2	6,0	6,1	-1,9	7,0
Ерема	8,4	6,4	6,6	6,5	-2,0	7,4
Виват	8,9	6,7	6,5	6,6	-2,4	7,7
Маруся	8,9	7,1	6,6	6,9	-2,3	7,8
Фокс I	7,8	6,1	5,7	5,9	-2,1	6,7
Степ	9,3	7,1	6,1	6,8	-3,2	7,7
Квант	7,4	5,6	6,2	5,9	-1,8	6,5
Параллелум 1990	6,9	5,4	5,6	5,5	-1,5	6,1
Параллелум 2015	8,1	6,7	6,4	6,6	-1,7	7,2
Параллелум 2016	7,3	6,6	6,1	6,4	-1,2	6,7
Параллелум 2017	7,6	7,0	6,5	6,8	-1,1	7,1
Параллелум 2019	8,2	7,1	6,5	6,8	-1,7	7,4
Параллелум 2054	8,7	6,3	6,4	6,4	-2,4	7,5
Параллелум 2083	8,6	7,2	6,4	6,8	-2,2	7,5

Продолжение табл. 1

Название сорта, линии	Урожайность по предшественникам, т/га				Стрессоустойчивость	Генетическая гибкость
	черный пар	горох	подсолнечник	озимая пшеница	Ymin – Ymax	(Ymin + Ymax)/2
Параллелум 2084	8,6	6,9	6,4	6,6	-2,2	7,5
Параллелум 2086	8,4	6,6	5,7	6,2	-2,7	7,1
Параллелум 2093	7,8	6,2	5,8	6,0	-2,0	6,8
Паллидум 2100	9,2	6,9	6,8	6,8	-2,4	8,0
Параллелум 2123	8,4	6,9	6,7	6,8	-1,7	7,6
Параллелум 2136	8,8	7,3	5,9	6,6	-2,9	7,4
Yi	8,3	6,6	6,2	6,4	–	–
Ij	1,37	-0,27	-0,64	-0,56	–	–

Примечание. Yi – средняя урожайность по предшественнику; Ij – индекс условий среды.

Для расчета экологической пластичности важным показателем является коэффициент линейной регрессии (b_i), варьирование которого находилось в пределах от $b_i = 0,49$ до $b_i = 1,50$. Сорт Степ ($b_i = 1,50$) отличался высокой отзывчивостью на изменение условий произрастания, что характеризует его как сорт, который способен лучше проявлять себя в узком диапазоне благоприятных сред, но при этом может снижать продуктивность при отклонении от узкой зоны оптимума. Значения коэффициента

линейной регрессии, характеризующие слабую реакцию на изменения условий возделывания, отмечены у линий Параллелум 2016 ($b_i = 0,53$) и Параллелум 2017 ($b_i = 0,49$). Коэффициент линейной регрессии, близкий к единице, имели сорта и линии Ерема ($b_i = 1,00$), Тимофей, Параллелум 2083 и Параллелум 2093 ($b_i = 1,01$), Фокс 1 ($b_i = 1,02$) (табл. 2). Данные сорта способны динамично изменять урожайность под влиянием изменчивой природной среды.

Таблица 2. Параметры адаптивности сортов и линий озимого ячменя (2021–2023 гг.)
Table 2. Adaptability parameters of winter barley varieties and lines (2021–2023)

Название сорта, линии	Урожайность, т/га		b_i	σ^2d	$C_v, \%$	Hom	Sc
	min	max					
Тимофей, st	6,0	7,9	1,01	0,06	24,7	13,9	5,0
Ерема	6,4	8,4	1,00	0,13	23,8	15,1	5,5
Виват	6,5	8,9	1,23	0,08	27,4	11,2	5,4
Маруся	6,6	8,9	1,12	0,08	24,1	13,5	5,5
Фокс I	5,7	7,8	1,02	0,02	25,6	12,2	4,7
Степ	6,1	9,3	1,50	0,06	32,4	7,2	4,9
Квант	5,6	7,4	0,77	0,25	22,6	16,1	4,9
Параллелум 1990	5,4	6,9	0,71	0,06	20,1	20,5	4,7
Параллелум 2015	6,4	8,1	0,83	0,02	19,1	21,8	5,6
Параллелум 2016	6,1	7,3	0,53	0,01	13,3	41,5	5,5
Параллелум 2017	6,5	7,6	0,49	0,01	11,5	54,9	6,0
Параллелум 2019	6,5	8,2	0,80	0,05	18,2	22,9	5,7
Параллелум 2054	6,3	8,7	1,26	0,21	29,4	10,0	5,2
Параллелум 2083	6,4	8,6	1,01	0,03	22,6	14,7	5,4
Параллелум 2084	6,4	8,6	1,07	0,03	24,0	13,8	5,4
Параллелум 2086	5,7	8,4	1,24	0,04	29,8	8,4	4,6
Параллелум 2093	5,8	7,8	1,01	0,03	24,8	12,9	4,8
Паллидум 2100	6,8	9,2	1,25	0,14	27,1	11,9	5,6
Параллелум 2123	6,7	8,4	0,89	0,01	19,7	21,6	5,8
Параллелум 2136	5,9	8,8	1,28	0,10	30,5	8,0	4,8

Примечание. b_i – коэффициент линейной регрессии; σ^2d – среднее квадратическое отклонение; $C_v, \%$ – коэффициент вариации; Hom – показатель гомеостатичности; Sc – показатель селекционной ценности; min/max – минимальная и максимальная средняя урожайность сорта в среднем за годы исследований на разных предшественниках.

Среднее квадратическое отклонение (σ^2d) варьировало от 0,01 до 0,25, что в целом характеризует изучаемые образцы как стабильные. Наибольшую стабильность показали Параллелум 2016, Параллелум 2017, Параллелум 2123 ($\sigma^2d = 0,01$), Фокс 1 и Параллелум 2015 ($\sigma^2d = 0,02$).

Основная часть сортов и линий проявила сильную изменчивость урожайности – коэффициент вариации $\geq 20 \%$. Средняя изменчивость (10–20 %) наблюдалась у линий Параллелум 2017 ($C_v = 11,5 \%$), Параллелум 2016 ($C_v = 13,3 \%$), Параллелум 2019 ($C_v = 18,2 \%$), Параллелум 2015 ($C_v = 19,1 \%$), Параллелум 2123 ($C_v = 19,7 \%$).

Линии Параллелум 2016 ($Hom = 41,5$) и Параллелум 2017 ($Hom = 54,9$) имели высокий показатель гомеостатичности, что говорит об их способности сводить к минимуму неблагоприятные условия внешней среды.

Селекционная ценность генотипа (Sc) является одним из параметров оценки сорта, объединяющая высокую урожайность со способностью адаптироваться к изменяющимся условиям среды. По данному параметру выделились линии Параллелум 2017 ($Sc = 6,0$) и Параллелум 2123 ($Sc = 5,8$).

Другим не менее важным показателем измерения степени адаптивности сорта является коэффициент отзывчивости на условия окружающей среды (Kp). По данным В.А. Зыкина (2005), чем сильнее разница между урожайностью сорта, выращенного в благоприятной внешней среде, и урожайностью этого же сорта, полученной в неблагоприятных условиях, тем более информативными будут данные (рис. 1).

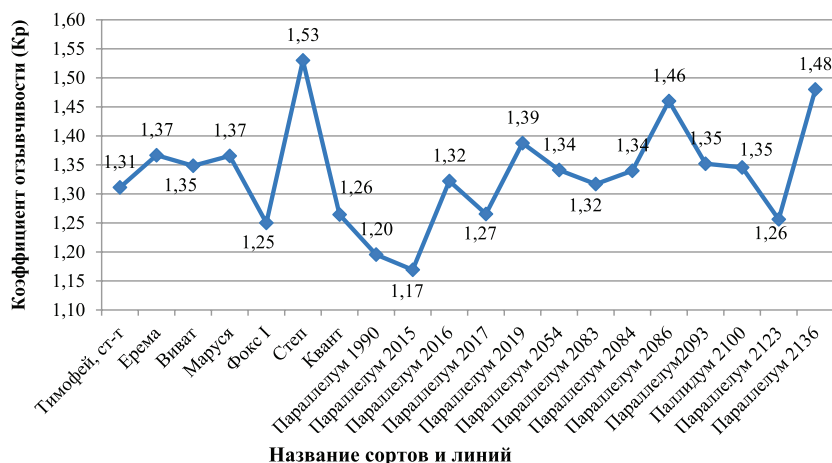


Рис. 1. Коэффициент отзывчивости на улучшение условий выращивания озимого ячменя в среднем за годы исследований на разных предшественниках (2021–2023 гг.)

Fig. 1. Coefficient of responsiveness on improvement for winter barley growing conditions on average over the years of study after various forecrops (2021–2023)

По анализу результатов исследований все образцы хорошо реагировали на улучшение условий произрастания, высокие значения коэффициента отзывчивости отмечены у сорта Степ ($Kp = 1,53$) и линий Параллелум 2136 ($Kp = 1,48$), Параллелум 2086 ($Kp = 1,46$).

Комплексным показателем, позволяющим учесть уровень и стабильность урожайности, а также характеризующим способность сорта откликаться на улучшение условий возделывания, а при ухудшении поддерживающим

высокий уровень урожайности, является показатель уровня стабильности сорта (ПУСС). Чем выше ПУСС, тем лучше сорт. В данном исследовании уровень стабильности урожайности изучаемых сортов варьировал от 87 % (Параллелум 2086) до 235 % (Параллелум 2017). По данному критерию выделились линии Параллелум 2017 (ПУСС = 235 %), Параллелум 2016 (ПУСС = 182 %), Параллелум 2019 (ПУСС = 158 %) (см. рис. 2).



Рис. 2. Показатель уровня стабильности образцов в среднем за годы исследований на разных предшественниках (2021–2023 гг.)

Fig. 2. An indicator of the sample stability level on average over the years of study after various forecrops (2021–2023)

Выводы. Проведенные исследования в разрезе предшественников позволили выявить высокопластичные и стабильные сорта озимого ячменя.

Линии Параллелум 2016 и Параллелум 2017 в исследованиях проявили себя как наиболее стрессоустойчивые ($Y_{\min}-Y_{\max} = 1,2, 1,1$ соответственно). Линия Параллелум 2016 выделилась по комплексу показателей стабильности ($\sigma^2_d = 0,01$, $Hom = 41,5$, $C_v = 13,3\%$, ПУСС = 182 %). Линия Параллелум 2017 выделилась по показателю селекционной ценности генотипа ($Sc = 6,0$) и комплексу показателей стабильности ($\sigma^2_d = 0,01$, $Hom = 54,9$, $C_v = 11,5\%$, ПУСС = 235 %). Их рекомендуется использовать

в селекционном процессе как источники высокой стрессоустойчивости и стабильности независимо от условий возделывания, поскольку они способны сводить к минимуму условия воздействия внешней среды.

Сорт Степ проявил себя как пластичный (коэффициент регрессии $b_i = 1,5$), генетически гибкий ($(Y_{\min}-Y_{\max})/2 = 7,7$), обладающий высокой отзывчивостью на условия произрастания ($K_p = 1,53$). Его урожайность варьировала в соответствии с изменениями условий произрастания, поэтому для получения максимальной продуктивности рекомендуется возделывать этот сорт на интенсивных предшественниках.

Библиографические ссылки

1. Васильченко С.А., Метлина Г.В. Эффективность гербицидной обработки на продуктивность гибрида кукурузы Зерноградский 354 МВ // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 64–69. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-64-69
2. Гудзенко В.Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23, № 1. С. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469
3. Засыпкина И. М., Филиппов Е. Г. Оценка сортов озимого ячменя по величине урожайности и показателям адаптивности в условиях Нижнего Дона // Зерновое хозяйство России. 2023. № 1. С. 56–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-56-63
4. Лоскутов И.Г., Новикова Л.Ю., Ковалева О.Н. Эколого-географические подходы к изучению генетического разнообразия ячменя и овса из коллекции ВИР // Экологическая генетика. 2020. Т. 18, №1. С. 89–102. DOI: 10.17816/ecogen16128
5. Сурин Н.А., Герасимов С.А., Ляхова Н.Е. Адаптивность и экологическая пластичность ячменя в лесостепных условиях Красноярского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. № 53(6). С. 15–23. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-6-2
6. Широких И.Г., Бакулина А.В. Подходы к повышению продуктивности и адаптивности ячменя с помощью технологий генетической модификации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 1. С. 5–19. DOI: 10.30766/2072-9081.20.1.05-19
7. Юсова О.А., Николаев П.Н. Эффективность применения различных методик для расчета пластичности и стабильности сортов на примере ярового ячменя // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1(53). С. 98–104. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-98-104
8. Elakhdar A., Solanki S., Kubo T., Calvin O. Qualset Barley with Improved Drought Tolerance: Challenges and Perspectives // Environmental and Experimental Botany. 2022. Vol. 201, DOI: 10.1016/J.ENVEXPBOT.2022.104965
9. Filippov E.G., Bragin R.N., Dontsova A.A. Estimation of ecological adaptability and stability of the promising winter barley varieties in a competitive variety testing // E3S Web Conf. XIII International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020", 2020. Article number: 175. P. 6. DOI: 10.1051/E3SCONF/202017501007

References

1. Vasil'chenko S.A., Metlina G.V. Effektivnost' gerbitsidnoi obrabotki na produktivnost' gibrida kukuruzy Zernogradskii 354 MV [Efficiency of herbicide treatment on the productivity of maize hybrid 'Zernogradsky 354 MV'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 6. S. 64–69. DOI:10.31367/2079-8725-2022-83-6-64-69
2. 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 seleksii. 2019. T. 23, № 1. S. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469
3. Zasypkina I.M., Filippov E.G. Otsenka sortov ozimogo yachmenya po velichine urozhainosti i pokazatelyam adaptivnosti v usloviyakh Nizhnego Dona [Estimation of winter barley varieties according to productivity and adaptability indicators in the conditions of the Lower Don] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. № 1. S. 56–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-56-63
4. Loskutov I.G., Novikova L.Yu., Kovaleva O.N. Ekologo-geograficheskie podkhody k izucheniyu geneticheskogo raznoobraziya yachmenya i ovsa iz kollektsii VIR [Ecological and geographical approaches to the study of genetic diversity of barley and oats from the VIR collection] // Ekologicheskaya genetika. 2020. T. 18, №1. S. 89–102. DOI: 10.17816/ecogen16128
5. Surin N.A., Gerasimov S.A., Lyakhova N.E. Adaptivnost' i ekologicheskaya plastichnost' yachmenya v lesostepnykh usloviyakh Krasnoyarskogo kraya [Adaptability and ecological adaptive ability of barley in forest-steppe conditions of the Krasnoyarsk Territory] // Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2023. №53(6). S. 15–23. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-6-2
6. Shirokikh I.G., Bakulina A.V. Podkhody k povysheniyu produktivnosti i adaptivnosti yachmenya s pomoshch'yu tekhnologii geneticheskoi modifikatsii [Approaches to the increase of barley productivity

and adaptability using genetic modification technologies] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020. № 1. S. 5–19. DOI: 10.30766/2072-9081.20.1.05-19

7. Yusova O.A., Nikolaev P.N. Effektivnost' primeneniya razlichnykh metodik dlya rascheta plastichnosti i stabil'nosti sortov na primere yarovogo yachmenya [The efficiency of using various methods for calculating adaptability and stability of varieties on the example of spring barley] // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2021. № 1(53). S. 98–104. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-98-104

8. Elakhdar A., Solanki S., Kubo T., Calvin O. Qualset Barley with Improved Drought Tolerance: Challenges and Perspectives // Environmental and Experimental Botany. 2022. Vol. 201, DOI: 10.1016/J.ENVEXPBOT.2022.104965

9. Filippov E.G., Bragin R.N., Dontsova A.A. Estimation of ecological adaptability and stability of the promising winter barley varieties in a competitive variety testing // E3S Web Conf. XIII International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020", 2020. Article number: 175. P. 6. DOI: 10.1051/E3SCONF/202017501007

Поступила: 15.09.23; доработана после рецензирования: 26.10.23; принята к публикации: 26.10.23.

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. Засыпкина И.М. – выполнение полевых опытов, сбор данных, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Донцова А.А. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.