УДК 633.161:631.52
EDN WFQBII

Филиппов Е. Г., Брагин Р. Н., Донцов Д. П.

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ И ЛИНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОРТОИСПЫТАНИИ

ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»

Реферат. *В современном мире при создании новых сортов необходимо уделять внимание не только высокой продуктивности и качеству, а также учитывать их реакцию на изменяющиеся погодные условия. В перспективе новый сорт должен обладать как экологической пластичностью, так и способностью более эффективно использовать климатические и почвенные ресурсы региона возделывания. Целью исследований являлось изучение сортов и линий ярового ячменя по комплексу параметров, включающих адаптивность, экологическую пластичность и стабильность по признаку «урожайность зерна». Исследования проводили на опытных полях научного севооборота отдела селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2019–2021 гг. в питомнике экологического сортоиспытания по предшественнику подсолнечник. Изучали 18 сортов и линий ярового ячменя селекции Аграрного научного центра «Донской» в двухфакторном опыте (сорт, год, их взаимодействие) при стандартном сорте Ратник. При анализе показателей адаптивности использовали методики S. A. Eberhart и W. A. Rassel, A. A. Rosielle и J. Hamblin, В. В. Хангильдина и Н. А. Литвиненко, Э. Д. Нettевича, В. А. Зыкина. Проведенный анализ выявил, что более благоприятные условия выращивания сложились в 2019 г. (I_j = +0,48), а неблагоприятные – в 2020 (I_j = –0,13) и 2021 гг. (I_j = –0,35). Наибольшая урожайность по отношению к стандарту отмечена у сортов Формат (5,0 т/га; +0,7), Азимут (5,0 т/га; +0,7), Грис (4,8 т/га; +0,5) и линий Зерноградский 1685 (4,8 т/га; +0,5), Зерноградский 1726 (4,9 т/га; +0,6). По комплексу признаков лучшие показатели отмечены у сортов Азимут (σ^2d = 0,4; (Y_{min} + Y_{max})/2 = 5,1; Sc = 4,3; ПУСС = 187,6) и Формат (σ^2d = 0,3; (Y_{min} + Y_{max})/2 = 5,0; Sc = 4,3; ПУСС = 214,5) и линий Зерноградский 1685 (σ^2d = 0,4; (Y_{min} + Y_{max})/2 = 5,0; Sc = 4,1) и Зерноградский 1726 (σ^2d = 0,3; (Y_{min} + Y_{max})/2 = 5,0; Sc = 4,2), достоверно превысившие стандарт Ратник.*

Ключевые слова: *яровой ячмень (Hordeum sativum L.), экологическая пластичность, стабильность, адаптивность, урожайность, сорт.*

Для цитирования: *Филиппов Е. Г., Брагин Р. Н., Донцов Д. П. Анализ показателей адаптивности сортов и линий ярового ячменя в экологическом сортоиспытании // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 221–230. EDN: WFQBII.*

For citation: *Filippov E. G., Bragin R. N., Dontsov D. P. Analysis of adaptability indicators of spring barley varieties and lines in the ecological variety testing // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 221–230. EDN: WFQBII.*

Введение

Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур, в частности ярового ячменя играет важнейшую роль не только в производстве сельскохозяйственной продукции, но и в обеспечении конкурентоспособности данной культуры [1, 2]. В настоящее время в селекции ярового ячменя наблюдается прогресс в направлении повышения качества зерна и потенциала урожайности. Современные сорта востребованы в производстве, что показывает их высокий уровень приспособленности к изменяющимся факторам среды [3, 4]. Дальнейшее

повышение урожайности возможно благодаря созданию и реализации высокоинтенсивных сортов, выделяющихся способностью обеспечивать значительные прибавки урожая на дополнительные вложения в агротехнику, и пластичных, формирующих высокие и стабильные урожаи зерна в различных климатических условиях. Создание пластичных сортов ориентировано на изменяющиеся климатические условия Ростовской области, характеризующиеся различными типами засух, переувлажнением, разным уровнем плодородия почв и другими факторами, влияющими на формирование урожайности в период вегетации растений [5, 6].

Для полной реализации потенциала, выраженного в получении высокой и стабильной урожайности, сорт должен обладать определенной пластичностью и быть адаптивным в отношении некоторых факторов среды [7]. Наибольшую ценность представляют сорта, которые способны обеспечивать формирование стабильной урожайности из-за лучшей защиты от экологических стрессоров [8]. Поэтому под экологической пластичностью сортов, по мнению В. А. Зыкина, подразумевается способность стабильно формировать высокую в отношении других сортов урожайность при достаточном разнообразии погодных и агротехнических условий. Данная формулировка основывается на методике определения параметров экологической пластичности, предложенной С. А. Эберхартом и У. А. Расселом [9].

Цель исследований – изучить сорта и линии ярового ячменя по комплексу параметров, включающих адаптивность, экологическую пластичность и стабильность, по признаку «урожайность зерна» и выделить лучшие для условий региона.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили на опытных полях научного севооборота отдела селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Ростовская область) в 2019–2021 гг. в питомнике экологического сортоиспытания по предшественнику подсолнечник.

Объектом изучения являлись 18 сортов и линий ярового ячменя отечественной селекции (ФГБНУ «АНЦ «Донской»). Стандарт – сорт Ратник. Учетная площадь делянки 10 м², размещение – систематическое, повторность четырехкратная. Посев выполняли сеялкой Wintersteiger Plotseed нормой высева 500 всхожих семян на 1 м².

Математическую обработку результатов двухфакторного опыта (сорт, год, их взаимодействие) проводили по методике Б. А. Доспехова [10] с помощью программ Excel и Statistica 10.

Оценку экологической пластичности и стабильности, а также расчет теоретической урожайности для определения коэффициента стабильности проводили по методике S. A. Eberhart, W. A. Rassel в редакции В. А. Зыкина [9]. Показатель гомеостатичности (Hom) и селекционной ценности (Sc) – по методике В. В. Хангильдина и Н. А. Литвиненко [11]. Показатели стрессоустойчивости (Y_{min}–Y_{max}) и генетической гибкости ((Y_{max}+Y_{min})/2) рассчитывали по уравнениям А. А. Rosielle и J. Hamblin в изложении А. А. Гончаренко [12]. Коэффициент отзывчивости на благоприятные условия выращивания (Кр.) определяли по методу В. А. Зыкина, показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) – по Э. Д. Неттевичу [13], коэффициент вариации – по Б. А. Доспехову [10].

Разнообразие погодных условий за годы исследований, избыточное количество осадков в период «посев–кущение», а также их дефицит в сравнении со средними многолетними данными оказали влияние на величину урожайности, что в целом позволило более точно оценить показатели пластичности и стабильности, а также выделить лучшие адаптивные сорта ярового ячменя.

В 2019 г. наблюдалось чередование от незначительного повышения количества осадков в течение марта 59,0 мм (+21,0 мм к среднемноголетнему), до понижения в период апрель–июнь – 28,0–11,0 мм (-15,0...-61,0 мм к среднемноголетнему). В 2020 г. в период март–апрель осадки отсутствовали, однако отмечено повышение количества осадков в мае 80,0 мм (+28,0 мм к среднемноголетнему). В 2021 г. наблюдали избыточное количество осадков в период с марта по апрель – 83,2–95,7 мм (+45,2…+52,7 мм к среднемноголетнему), что повлияло на развитие растений ярового ячменя (рисунок 1).

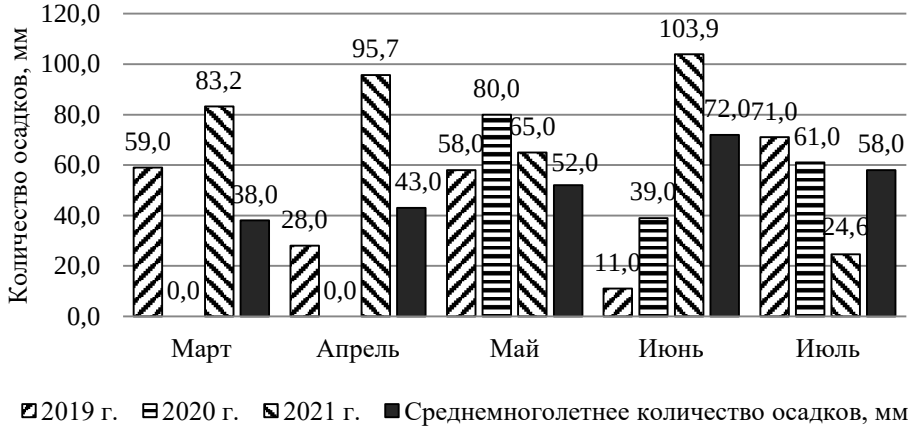

Рисунок 1 – Среднемесячное количество осадков (метеостанция Зерноград)

Среднесуточная температура воздуха в 2019 и 2021 гг. незначительно превышала или находилась на уровне среднемноголетних данных (от 0,0 °С до +3,7 °С к среднемноголетней). В марте 2020 г. среднесуточная температура воздуха превышала среднемноголетнюю температуру на 6,0 °С, в остальные месяцы варьировала от -2,0 °С до +3,0 °С по отношению к среднемноголетней (рисунок 2).

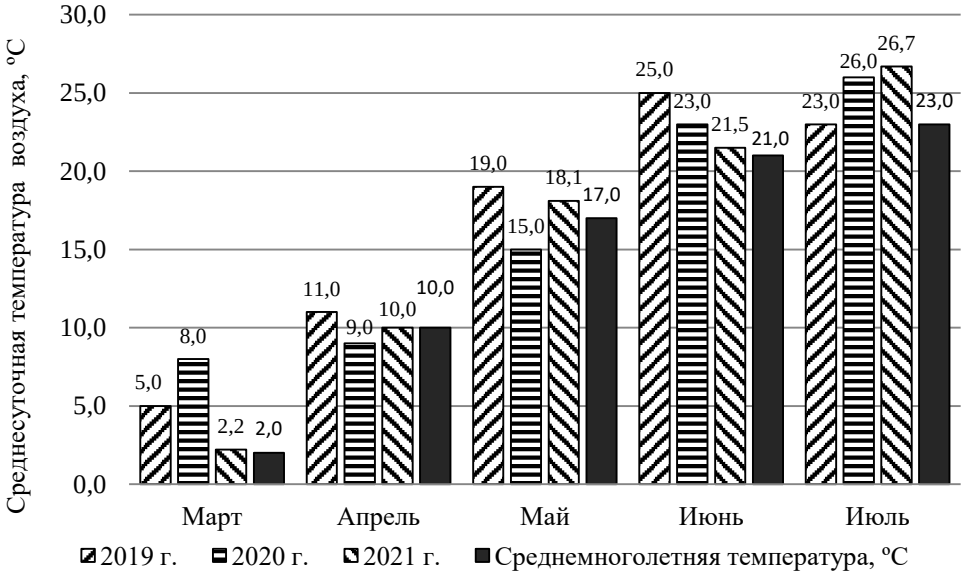

Рисунок 2 – Среднемесячная температура воздуха (метеостанция Зерноград)

Согласно гидротермическому коэффициенту увлажнения Селянинова (ГТК) в 2019 г. условия сложились засушливые (ГТК = 0,72), в 2020 г. – очень засушливые (ГТК = 0,64), а в 2021 г. – достаточное увлажнение (ГТК = 1,26).

Результаты и их обсуждение

Урожайность сорта – один из главных параметров, определяющий потенциал и ценность сорта для производства.

Согласно результатам двухфакторного дисперсионного анализа, доля фактора «год» составила 93,97 %, что сделало его основным показателем, влияющим на формирование урожайности зерна при данных условиях. Несущественное влияние оказали фактор «сорт» – 4,96 % и их «взаимодействие» – 1,07 % (рисунок 3).

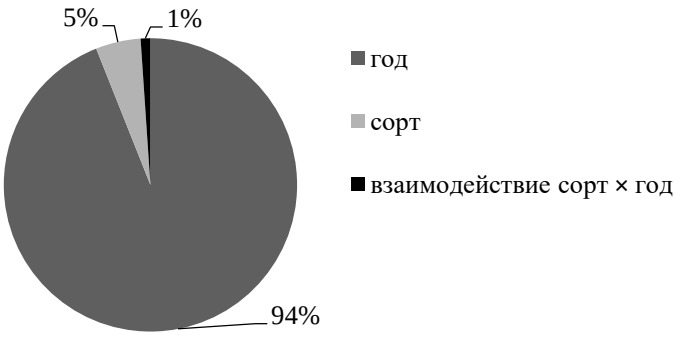

Рисунок 3 – Влияние факторов (%) на формирование урожайности зерна (2019–2021 гг.)

В 2019 г. урожайность варьировала от 4,4 т/га до 5,5 т/га при значении у стандартного сорта Ратник 4,9 т/га. Стандарт достоверно превысили девять изучаемых сортов и линий с прибавкой от 0,2 до 0,6 т/га (Щедрый, Формат, Федос, Грис, Азимут, Зерноградский 1685, Зерноградский 1716, Зерноградский 1717, Зерноградский 1726). Наибольшая урожайность отмечена у сорта Азимут – 5,5 т/га.

В 2020 г. минимальная урожайность зафиксирована у сорта Новик – 3,9 т/га, наибольшая – у сорта Формат – 5,1 т/га при урожайности стандарта 4,1 т/га. Все сорта и линии, кроме сортов Щедрый, Леон, Новик достоверно превысили стандарт по урожайности с прибавкой от 0,3 до 1,0 т/га.

В 2021 г. урожайность варьировала от 3,8 т/га у сорта Приазовский 9 до 4,7 т/га у сорта Азимут и линии Зерноградский 1726 при значении стандартного сорта Ратник 3,9 т/га. Достоверно превысили стандарт семь сортов и линий с прибавкой 0,4 до 0,8 т/га. Стоит отметить, что за годы исследований наиболее благоприятные условия выращивания сложились в 2019 г. (I_j = +0,48), а неблагоприятные – в 2020 г. (I_j = -0,13) и 2021 г. (I_j = -0,35).

Для расчета экологической пластичности использовали коэффициент линейной регрессии (b_i), согласно которому сорта делятся по категориям: от слабо отзывчивых ($b_i < 1$) до наиболее отзывчивых ($b_i > 1$) на изменение условий среды, а также линейно зависимые ($b_i \approx 1$), урожайность которых напрямую зависит от изменения климатических условий. Высокая отзывчивость на улучшение условий среды отмечена у линий Зерноградский 1716 (b_i = 1,42) и Зерноградский 1719 (b_i = 1,53). Наиболее стабильная высокая урожайность по сравнению со стандартным сортом Ратник при влиянии неблагоприятных условий среды получена у сортов Федос (b_i = 0,90), Формат (b_i = 0,84), Новик (b_i = 0,49) и линии Зерноградский 1717 (b_i = 0,92), Зерноградский 1724 (b_i = 0,72). Стоит также отметить сорта Грис (b_i = 1,00), Азимут

(b_i = 1,00) и линий Зерноградский 1685 (b_i = 1,04), Зерноградский 1726 (b_i = 0,96), у которых коэффициент линейной регрессии близок к единице, это показывает динамичное изменение урожайности с учетом изменения влияния природной среды при ее формировании (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность сортов и линий ярового ячменя и их экологическая адаптивность

Сорт	Урожайность, т/га					b_i*	$\sigma^2 d$
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	ΣY_i*	Y_i*		
Ратник (St.)	4,9	4,1	3,9	12,9	4,3	1,23	0,6
Новик	4,4	3,9	4,0	12,3	4,1	0,49	0,1
Приазовский 9	5,0	4,4	3,8	13,2	4,4	1,28	0,6
Щедрый	5,1	4,3	4,0	13,4	4,5	1,29	0,6
Леон	5,0	4,2	4,5	13,7	4,6	0,80	0,2
Грис	5,3	4,5	4,5	14,3	4,8	1,00	0,4
Азимут	5,5	4,8	4,7	15,0	5,0	1,00	0,4
Федос	5,2	4,4	4,5	14,1	4,7	0,90	0,3
Формат	5,4	5,1	4,6	15,1	5,0	0,84	0,3
Зерноградский 1628	5,0	4,5	4,3	13,8	4,6	0,85	0,3
Зерноградский 1685	5,4	4,6	4,6	14,5	4,8	1,04	0,4
Зерноградский 1701	5,0	4,6	4,2	13,8	4,6	0,81	0,2
Зерноградский 1726	5,4	4,6	4,7	14,7	4,9	0,96	0,3
Зерноградский 1716	5,4	4,5	4,2	14,0	4,7	1,42	0,8
Зерноградский 1717	5,1	4,6	4,3	14,0	4,7	0,92	0,3
Зерноградский 1719	5,0	4,5	3,5	13,0	4,3	1,53	0,9
Зерноградский 1721	4,9	4,7	4,0	13,6	4,5	0,92	0,3
Зерноградский 1724	5,0	4,6	4,4	14,0	4,7	0,72	0,2
I_j*	0,48	-0,13	-0,35	–	–	–	–
$НСР_{05}$	0,16	0,24	0,32	–	–	–	–

Примечание. *ΣY_i – сумма урожайности по годам; Y_i – средняя урожайность за годы исследований; I_j – индекс условий среды (характеризует изменчивость погодных условий за данный год исследований); b_i – коэффициент линейной регрессии (отражает реакцию сорта на изменение условий выращивания); $\sigma^2 d$ – среднеквадратическое отклонение (характеризует стабильность сорта).*

Среднеквадратическое отклонение от теоретической урожайности варьировало от ($\sigma^2 d$ = 0,1) до ($\sigma^2 d$ = 0,9), что показало стабильность урожайности изучаемых сортов.

Согласно уравнениям A. A. Rosielle, J. Hamblin, показатель степени устойчивости сортов к неблагоприятным факторам среды определяется по интервалу между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{min} - Y_{max}$). Этот показатель имеет отрицательные значения, поэтому меньшая разница между минимальной и максимальной урожайностью и характеризует стрессоустойчивость сорта для различных условий среды. Наиболее стрессоустойчивыми были сорт Новик (-0,5) и линии Зерноградский 1724 (-0,6), Зерноградский 1628 (-0,7), Зерноградский 1701 (-0,7), Зерноградский 1726 (-0,7).

Для расчета генетической гибкости ($(Y_{min} + Y_{max})/2$) используют компенсаторную способность, представляющую из себя среднюю урожайность в контрастных (стрессовых и не стрессовых) условиях. Данный показатель определяет реакцию сорта на условия выращивания, высокое значение которого определяет степень соответствия между урожайностью сортов и факторами среды. Наиболее высокие показатели отмечены у сортов ярового ячменя Азимут – 5,1, Формат – 5,0 и линий Зерноградский 1685, Зерноградский 1726 – 5,0 (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость сортов и линий ярового ячменя (2019–2021 гг.)

Сорт	Урожайность, т/га		Стрессоустойчивость, $Y_{min} - Y_{max}$	Генетическая гибкость, $(Y_{min} + Y_{max})/2$
	min	max		
Ратник (St.)	3,9	4,9	–1,0	4,4
Новик	3,9	4,4	–0,5	4,2
Приазовский 9	3,8	5,0	–1,2	4,4
Щедрый	4,0	5,1	–1,1	4,5
Леон	4,2	5,0	–0,9	4,6
Грис	4,5	5,3	-0,8	4,9
Азимут	4,7	5,5	–0,8	5,1
Федос	4,4	5,2	–0,8	4,8
Формат	4,6	5,4	–0,8	5,0
Зерноградский 1628	4,3	5,0	–0,7	4,7
Зерноградский 1685	4,6	5,4	–0,8	5,0
Зерноградский 1701	4,2	5,0	–0,7	4,6
Зерноградский 1726	4,7	5,4	–0,7	5,0
Зерноградский 1716	4,2	5,4	–1,2	4,8
Зерноградский 1717	4,3	5,1	–0,8	4,7
Зерноградский 1719	3,5	5,0	–1,5	4,2
Зерноградский 1721	4,0	4,9	–0,9	4,5
Зерноградский 1724	4,4	5,0	–0,6	4,7
Sx	0,3	0,3	0,2	0,2

Одним из показателей для измерения степени адаптивности сорта является коэффициент отзывчивости на условия окружающей среды (Кр.). Согласно В.А. Зыкину, чем сильнее отличается урожайность сорта, выращенного в благоприятной внешней среде, от урожайности этого же сорта, полученной в неблагоприятных условиях, тем более информативными будут данные. По анализу результатов исследований все сорта и линии хорошо реагируют на улучшение условий возделывания, наибольший коэффициент отзывчивости получен у сорта Приазовский 9 (Кр. = 1,30) и линий Зерноградский 1716 (Кр. = 1,29), Зерноградский 1719 (Кр. = 1,41) (рисунок 4).

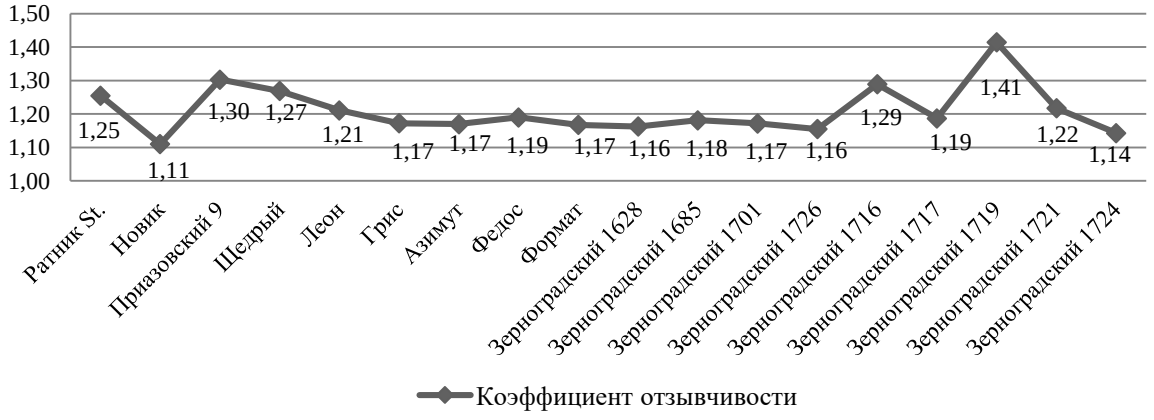

Рисунок 4 – Коэффициент отзывчивости на улучшение условий выращивания сортов ярового ячменя (2019–2021 гг.)

Гомеостатичность, выраженная в способности сводить к минимуму последствия неблагоприятных воздействий внешней среды, характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях. Данный показатель варьировал от

12 до 112. Относительно высокое значение гомеостатичности отмечено у сорта Новик (Hom = 112).

Коэффициент вариации (V) – стандартное отклонение, выраженное процентах к средней арифметической данной совокупности. Согласно рекомендованной классификации, при коэффициенте вариации V < 10 % – слабая изменчивость, от 10 % до 20 % – средняя, а при V ≥ 20 % – сильная. Проведенный анализ показал, что сильная изменчивость отмечалась у сорта Зерноградский 1719 (V = 24,40 %), слабая у сорта Новик и линии Зерноградский 1724, остальные сорта выражены средней изменчивостью. Стандартное отклонение (мера изменчивости признака) варьировало в пределах от 0,44 до 1,05 (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели адаптивности, стабильности и отзывчивости сортов и линий ярового ячменя (2019–2021 гг.)

Сорт	X_i*	S*	V*	Hom*	Sc*	ПУСС*
Ратник (St.)	4,3	0,75	17,3	25	3,4	100,0
Новик	4,1	0,33	8,1	112	3,7	191,9
Приазовский 9	4,4	0,81	18,5	21	3,4	96,2
Щедрый	4,5	0,78	17,6	24	3,5	104,5
Леон	4,6	0,62	13,7	38	3,8	140,7
Грис	4,8	0,63	13,3	46	4,1	157,5
Азимут	5,0	0,62	12,3	51	4,3	187,6
Федос	4,7	0,61	13,1	43	3,9	154,6
Формат	5,0	0,55	11,0	59	4,3	214,5
Зерноградский 1628	4,6	0,52	11,2	58	3,9	173,8
Зерноградский 1685	4,8	0,66	13,7	43	4,1	157,4
Зерноградский 1701	4,6	0,51	11,2	57	3,9	174,6
Зерноградский 1726	4,9	0,62	12,8	53	4,2	173,3
Зерноградский 1716	4,7	0,87	18,6	21	3,6	108,9
Зерноградский 1717	4,7	0,57	12,2	48	3,9	163,5
Зерноградский 1719	4,3	1,05	24,4	12	3,1	71,0
Зерноградский 1721	4,5	0,64	14,1	37	3,7	134,5
Зерноградский 1724	4,7	0,44	9,5	78	4,1	211,3

Примечание. *Xi – средняя урожайность за 3 года, т/га; S – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации; Hom – показатель гомеостатичности; Sc – показатель селекционной ценности; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта.*

Одним из параметров оценки сорта является селекционная ценность генотипа (Sc), сочетающая в себе высокую урожайность с адаптивными возможностями. По этому показателю выделились сорта Формат (Sc = 4,3) и Азимут (Sc = 4,3) и линия Зерноградский 1726 (Sc = 4,2).

Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) не только учитывает стабильность урожайности, но и в свою очередь характеризует способность сорта отзываться на улучшение условий выращивания, а также при ухудшении поддерживать продуктивность на достаточно высоком уровне. Показатель уровня стабильности урожайности сорта изменялся от 71,0 % (линия Зерноградский 1719) до 214,5 % (сорт Формат). По данному критерию выделились сорта Формат, Новик, Азимут и линия Зерноградский 1724.

Выводы

Согласно проведенному анализу трехлетних данных (2019–2021 гг.) экологического сортоиспытания, выявлены сорта и перспективные линии, отличающиеся по ряду показателей высокими параметрами экологической пластичности и стабильности в условиях Ростовской области. Сорта Азимут и Формат выделились как наиболее высокоурожайные, экологически стабильные (σ^2d

от 0,3 до 0,4), генетически гибкие ((Y_{min} + Y_{max})/2 от 5,0 до 5,1), с высокой селекционной ценностью (Sc = 4,3; ПУСС от 187,6 до 214,5 %). Среди линий высокие показатели отмечены у Зерноградский 1685 и Зерноградский 1726, выраженные в высокой стабильной урожайности (bi от 0,96 до 1,04; $\sigma^2 d$ от 0,3 до 0,4), генетической гибкости ((Y_{min} + Y_{max})/2 = 5,0), высокой селекционной ценности (Sc от 4,1 до 4,2). Таким образом, созданные новые линии Зерноградский 1685 и Зерноградский 1726 по комплексу признаков не уступают по показателям адаптивности перспективным сортам ярового ячменя таким, как Азимут и Формат.

Литература

1. Николаев П. Н., Юсова О. А. Стрессоустойчивость сортов ярового ячменя омской селекции в условиях Западной Сибири // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 4 (24). С. 135–142. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-4-24-135-142.
2. Железнов А. В., Кукоева Т. В., Железнова Н. Б. Ячмень голозерный: происхождение, распространение и перспективы использования // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. № 2. С. 286–297.
3. Злотина М. М., Ковалева О. Н., Лоскутов И. Г., Потокина Е. К., Использование аллельспецифичных маркеров генов ppd и vrn для прогнозирования продолжительности вегетационного периода сортов ячменя // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. № 1. С. 50–62.
4. Юсова О. А., Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Адаптивность сортов ячменя по признаку «масса 1000 зерен» в условиях лесостепи Омской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 2. С. 24–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205.
5. 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.
6. Турина Е. Л., Прахова Т. Я., Турин Е. Н., Зубоченко А. А., Прахов В. А. Оценка сортообразцов рыжика озимого (*Camelina sylvestris* Waller ssp. *pilosa* Zing.) по экологической адаптивности // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 564–572. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.564rus.
7. Солонечный П. Н. AMMI и GGE biplot анализ взаимодействия генотип–среда линий ячменя ярового // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 21(6). С. 657–662. DOI: 10.18699/VJ17.283.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. М.: Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, 1989. 250 с.
9. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. УфА: БашГАУ, 2005. 100 с.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2014. 351 с.
11. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // Научно-технический бюллетень ВСГИ. 1981. № 1. С. 8–14.
12. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.
13. Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 1. С. 66–73.

References

1. Nikolaev P. N., Yusova O. A. Resistance of spring barley varieties bred by the Omsk Agrarian Scientific Center to stress under conditions of Western Siberia // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2020. No. 4 (24). P. 135–142. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-4-24-135-142.
2. Zhelesnov A.V., Kukoeva T.V., Zheleznova N.B. Naked barley: origin, distribution, and prospects of utilization // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2013. No. 17(2). P. 286– 297.
3. Zlotina M.M., Kovaleva O.N., Loskutov I.G., Potokina E.K. Use of allele-specific markers of the *ppd* and *vrn* genes for predicting growing season duration in barley cultivars // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2013. No. 17(1). P. 50– 62.
4. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Aniskov N. I., Safonova I. V. Adaptability of barley varieties by the weight of 1000 grains under forest-steppe conditions of the Omsk region // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2020. Vol. 34. No. 2. P. 24–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205.
5. Gudzenko V. N. Statistical and graphical (GGE biplot) evaluation of the adaptive ability and stability of winter barley breeding lines // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. No. 23(1). P. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469.

6. Turina E. L., Prakhova T. Ya., Turin E. N., Zubochenko A. A., Prakhov V. A. Evaluation of winter camelina (*Camelina sylvestris* Waller ssp. *pilosa* Zing.) cultivars for environmental adaptability // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2020. Vol. (55). No. 3. P. 564–572. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.564rus.

7. Solonechnyi P. N. AMMI and GGE biplot analyses of genotype-environment interaction in spring barley lines // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. Vol. 21(6). P. 657–662. DOI: 10.18699/VJ17.283.

8. Methodology of the State variety testing of agricultural crops. Iss. 2. Moscow: State Commission for variety testing of agricultural crops, 1989. 250 p.

9. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S. Methodology for calculating and estimation parameters of ecological plasticity of agricultural plants. UfA: BashSAU, 2005. 100 p.

10. Dospekhov B. A. Methods of fields research. Moscow: Alyans, 2014. 351 p.

11. Khangildin V. V., Litvinenko N. A. Homeostaticity and adaptability of winter wheat varieties // Nauchno-tekhnicheskii Byulleten Vsesoyuznogo selektsionno-geneticheskogo instituta. 1981. No. 1. P. 8–14.

12. Goncharenko A. A. On adaptivity and ecological resistence of grain crop varieties // Vestnik of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2005. No. 6. P. 49–53.

13. Nettevich E. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I. Improving the efficiency of spring wheat selection for stability, yield and grain quality // Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki. 1985. No. 1. P. 66–73.

UDC 633.161:631.52

Filippov E. G., Bragin R. N., Dontsov D. P.

ANALYSIS OF ADAPTABILITY INDICATORS OF SPRING BARLEY VARIETIES AND LINES IN THE ECOLOGICAL VARIETY TESTING

Summary. *In today's world, when developing new varieties, attention must be paid not only to high grain productivity and quality, but also to their (varieties) response to changing weather conditions. Looking ahead, new variety should be ecologically plastic and able to make the best use of differing climactic and soil resources of the region of cultivation. The purpose of the current research was to study some spring barley varieties and lines according to a set of parameters including adaptability, ecological plasticity and stability in terms of "grain yield". The studies were carried out in 2019-2021 at the experimental fields of the Department of Barley Breeding and Seed Production, SSE "Agricultural research center «Donskoy»". For this purpose, the ecological variety-testing nursery plot was laid; preceding crop – sunflower. In a two-factor experiment (variety, year, their interaction), we studied 18 spring H. sativum varieties and lines developed in the Agricultural research center «Donskoy». Standard – variety 'Ratnik'. Analyzing adaptability indicators, we used methods, guidelines and methodologies developed by S.A. Eberhart, W.A. Rassel, A.A. Rosielle, J. Hamblin, V.V. Khangildin, N.A. Litvinenko, E.D. Nettevich, V.A. Zykin. The analysis revealed that more favorable growing conditions were in 2019 (Ij = +0.48); while in 2020 (Ij = -0.13) and 2021 (Ij = –0.35) they were unfavorable. The highest yield, compared to standard, was recorded for varieties 'Format' (5.0 t/ha; +0.7), 'Azimut' (5.0 t/ha; +0.7), 'Gris' (4.8 t/ha; +0.5) and lines 'Zernogradsky 1685' (4.8 t/ha; +0.5), 'Zernogradsky 1726' (4.9 t/ha; +0.6). In terms of the complex of traits, the best results demonstrated varieties 'Azimut' (σ^2d = 0.4; (Y_{min} + Y_{max})/2 = 5.1; Sc = 4.3; indicator of cultivar level and stability (PUSS) = 187.6) and 'Format' (σ^2d = 0.3; (Ymin + Ymax)/2 = 5.0; Sc = 4.3; PUSS = 214.5), as well as lines 'Zernogradsky 1685' (σ^2d = 0.4; (Ymin + Ymax)/2 = 5.0; Sc = 4.1) and 'Zernogradsky 1726' (σ^2d = 0.3; (Ymin + Ymax)/2 = 5.0; Sc = 4.2), which significantly exceeded standard variety 'Ratnik'.*

Keywords: *spring barley (Hordeum sativum L.), ecological plasticity, stability, adaptivity, yield, variety.*

Филиппов Евгений Григорьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий отделом селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: filippov.vniizk@mail.ru.

Брагин Роман Николаевич, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: braginroman@ya.ru.

Донцов Дмитрий Петрович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: doncova601@mail.ru.

Filippov Evgeny Grigoryevich, Cand. Sc. (Agr.), associate professor, head of the Department of barley breeding and seed production, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 3, Nauchny gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: filippov.vniizk@mail.ru.

Bragin Roman Nikolayevich., junior researcher of the Department of barley breeding and seed production, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 3, Nauchny gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: braginroman@ya.ru.

Dontsov Dmitry Petrovich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the Department of barley breeding and seed production, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 3, Nauchny gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: doncova601@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 21.06.2022.
Дата принятия к печати – 11.10.2022.