

УДК 633.112:631.523(470.61)

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-27-33

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НОВЫХ СОРТОВ И ЛИНИЙ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.С. Безуглая, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, mts0304@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2286-637x;

Н.Е. Самофалова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164;

Н.П. Иличкина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, ORCID ID: 0000-0003-4041-0322;

О.А. Дубинина, агроном лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, ORCID ID: 0000-0003-2768-4935;

А.С. Каменева, агроном лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, ORCID ID: 0000-0003-1466-250x

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В настоящее время с ростом научно-технического прогресса остро стоит вопрос о воздействии негативных антропогенных факторов на окружающую среду, в связи с чем появляется необходимость в создании наиболее адаптивных сортов сельскохозяйственных культур, что является основой экологически чистого земледелия. Исследования проводили в 2018–2020 гг., на базе ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенного в южной зоне Ростовской области. Объектом исследований послужили 8 сортов, переданных на ГСИ в 2017–2020 гг. и 5 перспективных линий селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Погодные условия в годы проведения исследований были контрастными, наиболее благоприятные сложились в 2018 г., когда была получена рекордная урожайность озимой твердой пшеницы – от 11,25 до 14,04 т/га. Различия по урожайности сортов озимой твердой пшеницы по годам характеризуются значениями размаха варьирования от 31,9 до 52,4%. Незначительные отклонения урожайности у сорта Солнцедар составляют +3 – -1,9 т/га, Золото Дона – +3,2 – -2,3 т/га. Наибольшие отклонения от средней урожайности отмечены у сортов Хризолит (+4,5 – -3,6 т/га), Алмаз Дона (+4,3 – -2,9 т/га) и линии 721/15 – +4,8 – -3,3 т/га. После проведенной оценки по параметрам адаптивности, выделено 3 группы сортов: пластичные сорта – Лакомка, Эллада, Хризолит, которые при возделывании в районах с комплексом благоприятных агроклиматических условий на высоких агрофонах дадут максимум отдачи; слабоотзывчивые сорта – Золото Дона и Солнцедар, для возделывания на низком агрофоне, которые при средней урожайности в 6,88–7,04 т/га сохраняют стабильные урожаи, слабо реагируют на внешние условия, т.е. лучше адаптированы к средним и худшим средам. Для возделывания на среднем агрофоне подходят сорта Кристелла, Услава, Динас, Алмаз Дона, т.к. являются пластичными сортами, $bi = 0,97–1,00$. Однако следует отметить сорт Алмаз Дона, который является не стабильным по урожайности. Перспективные линии, участвовавшие в проведенном анализе с различными экологическими характеристиками, будут в дальнейшем задействованы в селекционных программах на повышение адаптивности новых сортов. Целью исследований являлось оценить новые сорта и перспективные линии по параметрам урожайности, гомеостатичности, адаптивности, выделить экологически пластичные сорта и линии, дать рекомендации к использованию по полученным данным.

Ключевые слова: пшеница, сорт, селекционная линия, пластичность, стабильность, урожайность, адаптивность.

Для цитирования: Безуглая Т.С., Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Дубинина О.А., Каменева А.С. Адаптивный потенциал новых сортов и линий озимой твердой пшеницы в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 27–33. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-27-33.



ADAPTIVE POTENTIAL OF THE NEW WINTER DURUM WHEAT VARIETIES AND LINES IN THE CONDITIONS OF THE ROSTOV REGION

T.S. Bezuglaya, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, mts0304@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2286-637x;

N.E. Samofalova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164;

N.P. Ilichkina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-4041-0322;

O.A. Dubinina, agronomist of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-2768-4935;

A.S. Kameneva, agronomist of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-1466-250x

Agricultural Research Center "Donskoy",

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

Currently, with the growth of scientific and technological progress, the issue of the effect of negative anthropogenic factors on the environment is of great urgency. Due to it there is a necessity to develop the most adaptive agricultural varieties, which is the basis of environmentally friendly agriculture. The current study was carried out on the basis of the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy", located in the southern part of the Rostov region in 2018–2020. The objects of research were 8 varieties sent to the State Variety Testing in 2017–2020 and 5 promising breeding lines of the FSBSI "ARC "Donskoy". The weather conditions during the years of the study were contrasting, with the most favorable ones in 2018, when there was obtained a record yield of winter durum wheat from 11.25 to 14.04 t/ha. Differences in the yields of the winter durum wheat varieties over the years were characterized by the variation range from 31.9 to 52.4%. There has been identified insignificant deviations in the yields of the variety 'Solntsedar' (+3 – -1.9 t/ha) and the variety 'Zoloto Dona' (+3.2 – -2.3 t/ha). The greatest deviations from the average yield were established in the varieties 'Khrizolit' (+4.5 – -3.6 t/ha), 'Almaz Dona' (+4.3 – -2.9 t/ha) and the line '721/15' (+4.8 – -3.3 t/ha). Due to the assessment according to the adaptability parameters, there have been identified 3 groups of varieties. They are the adaptable varieties 'Lakomka', 'Ellada', 'Khrizolit', which will produce maximum yields under cultivation in the areas with favorable agro-climatic conditions at high agro-backgrounds; the weakly responsive varieties 'Zoloto Dona' and 'Solntsedar', for cultivation on a low agricultural background, which maintain stable yields with the mean values of 6.88–7.04 t/ha, they react poorly to external conditions, i.e. better adapted to bad and worst environments. The varieties 'Kristella', 'Uslada', 'Dinas', 'Almaz Dona' are suitable for cultivation on a medium agricultural background, because they are adaptable varieties with $b_i = 0.97–1.00$. However, the variety 'Almaz Dona' turned to be unstable in terms of yields. The promising lines that participated in the analysis with different ecological characteristics will be further involved in breeding programs to increase the adaptability of new varieties. The purpose of the current study was to evaluate the new varieties and promising lines according to productivity, homeostaticity, adaptability; to identify ecologically adaptable varieties and lines and to give recommendations for further use.

Keywords: wheat, variety, breeding line, stability, productivity, adaptability.

Введение. В современных экономических условиях при ограниченном использовании минеральных удобрений и средств химизации для получения высоких и стабильных урожаев большое внимание уделяется оценке сортов по параметрам экологической пластичности, которую связывают с их способностью давать высокий и качественный урожай, поэтому первоочередная задача современной селекции – создание адаптивных форм, которые, реализуя свой генетический потенциал, обеспечивают высокую и устойчивую продуктивность в различных почвенно-климатических, погодных и агротехнических условиях (Кондратенко и др., 2014; Dockter, 2015; Сапега, 2019; Волкова, 2020; Волкова и Щенникова, 2020).

Сельхозтоваропроизводителям необходимы сорта, которые обеспечивают высокую урожайность в благоприятных условиях возделывания и ее стабильность в стрессовых условиях, т.е. экологически пластичные сорта (Рыбась, 2016; Шапошников и др., 2016). Поэтому селекционно-опытные учреждения непрерывно создают новые сорта сельскохозяйственных культур, которые превосходят старые, распространенные в производстве сорта по урожайности и адаптивности к неблагоприятным условиям произрастания (Grebennikova I.G., 2011; Мальчиков и др., 2018; Кравченко и др., 2018; Ионова и др., 2021).

Одной из задач в селекции озимой твердой пшеницы на Дону является выведение сортов с повышенным уровнем адаптивности к абиотическим и биотическим стрессовым условиям, которые обеспечивали бы стабильность урожаев в любые по погодным условиям годы. Для решения этой задачи необходима комплексная оценка исходного материала по параметрам адаптивности и стабильности, которая позволит выделить перспективные генотипы по различным признакам, так как именно они представляют наибольшую ценность для стабильного получения высокой урожай-

ности по годам в сельскохозяйственном производстве.

Цель исследований – дать оценку новым сортам и перспективным линиям по параметрам урожайности, гомеостатичности, адаптивности, выделить экологически пластичные сорта и линии, дать рекомендации к использованию по полученным данным.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены на базе ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенном в южной зоне Ростовской области. Объектом исследований послужили 8 сортов озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской», переданных на ГСИ в 2017–2020 гг. и 5 перспективных линий конкурсного испытания. В качестве стандарта по озимой твердой пшенице использовали сорт Кристелла.

Подготовку почвы, посев и уход за посевами осуществляли согласно рекомендациям (Зональные системы земледелия Ростовской области, 2013). Посев питомников конкурсного испытания проводили сеялкой Wintersteiger Plotseed S, повторность опыта – 6-кратная, расположение делянок – систематическое, учетная площадь – 10 м². Предшественник – сидеральный пар. Норма высева – 5 млн всхожих семян/га. Уборку урожая проводили комбайном Wintersteiger Classic в фазу полной спелости.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый с мощным (до 140 см) гумусовым слоем, низким содержанием подвижного фосфора (20–25 мкг/кг) и повышенным – обменного калия (350–400 мкг/кг почвы).

Оценка по показателям экологической пластичности и стабильности выполнена по методу S.A. Eberchart и W.A. Russel в изложении В.А. Зыкина (2005). Параметры адаптивности: стрессоустойчивость (разница между минимальной и максимальной урожайностью), генетическую гибкость (средняя урожайность сортов в контрастных условиях) определяли

по разработкам В.З. Пакудина (1976). Для выявления гомеостатичности сорта использовали методику В.В. Хангильдина, Н.А. Литвиненко (1981).

Математическая и статистическая обработка данных выполнена по методике Б.А. Доспехова (2014).

Метеорологические данные за 2018–2020 гг. предоставлены Зерноградской метеостанцией. Погодные условия в годы проведения исследований имели контрастные показатели в период вегетации озимой твердой пшеницы как по количеству осадков, так и по термическому режиму, которые отличаются от среднееголетних данных. 2017–2018 сельскохозяйственный год по количеству осадков (453,6 мм при норме 582,4 мм), их распределению по сезонам, температурному режиму оказался типичным для нашей зоны, но неблагоприятным для озимой твердой пшеницы в период посева и появления всходов. Но несмотря на недостаток осадков, особенно в период налива и созревания, условия года оказались оптимальными. 2018–2019 сельскохозяйственный год отмечен как сложный по погодным условиям из-за повышенного температурного режима, неравномерного распределения осадков в течение года, засухи в период вегетации растений, что сказалось на урожайности озимой твердой пшеницы. 2019–2020 сельскохозяйственный год в целом, несмотря на оптимальные ус-

ловия при посеве, оказался неблагоприятным для формирования высокого урожая и качества зерна озимой твердой пшеницы.

Результаты и их обсуждение. Контрастные по погодным условиям годы исследований позволили более точно оценить адаптивный потенциал новых сортов и перспективных линий. Индекс условий среды (Ij), который определяет изменчивость условий выращивания, показал, что наиболее благоприятные условия складывались в 2018 году (3,63), а неблагоприятные – в 2019 и 2020 годах (-2,87 и -0,76 соответственно).

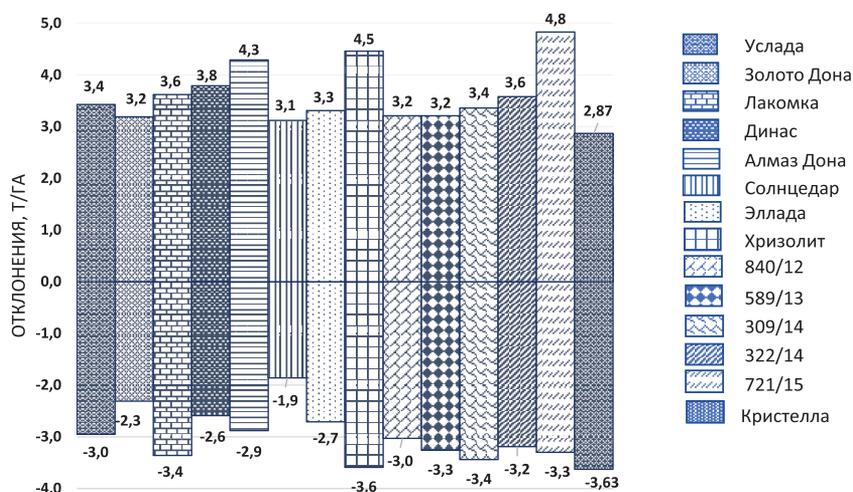
По результатам двухфакторного дисперсионного анализа было установлено неравномерное влияние факторов А и В, а также их взаимодействие, оказывающие статистически значимое влияние на урожайность озимой твердой пшеницы на 5% уровне значимости. Определяющим фактором при формировании урожайности и значительном ее варьировании являются погодные условия 2018–2020 гг. Влияние фактора А (год) составляет 93%, тогда как влияние генотипа фактор В (сорт) составляет всего 2%. Взаимодействие факторов А и В составляет 5%, т.е. мы можем наблюдать, что при использовании наиболее адаптивных сортов возможно повышение урожайности и сохранение ее стабильности при этом (табл. 1).

1. Результаты дисперсионного двухфакторного опыта 1. The results of two-factor variance analysis

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _ф	F ₀₅
Общая	1323,91	155	–	–	–
Повторений	3,38	3	–	–	–
Фактор А (год)	1212,54	2	606,27	5057,30	3,1
Фактор В (сорт)	30,51	12	2,54	21,21	1,8
Взаимодействие АВ	63,80	24	2,65	22,17	1,6

В среднем различия по урожайности сортов озимой твердой пшеницы по годам характеризуются значениями размаха варьирования от 31,9 до 52,4% (от -1,9 до 4,8 т/га). На рисун-

ке представлен график отклонения урожайности сортов и линий озимой твердой пшеницы от средней урожайности по годам изучения.



Отклонения урожайности сортов и линий озимой твердой пшеницы, т/га
Deviations in the yield of the winter durum wheat varieties and lines, t/ha

На графике видно, что самые незначительные отклонения урожайности у сорта Солнцедар и составляют +3,1 – -1,9 т/га. Также следует отметить и сорт Золото Дона, колебания составили +3,2 – -2,3. Наибольшие отклонения от средней урожайности отмечены у сортов Хризолит (+4,5 – -3,6 т/га), Алмаз Дона (+4,3 – -2,9) и линии 721/15 (+4,8 – -3,3 т/га). У остальных изучаемых сортов и линий наблюдаются средние значения этого показателя.

За годы исследований рекордная за всю историю селекционной работы урожайность озимой твердой пшеницы получена в 2018 году – от 11,25 до 14,04 т/га, у стандартного сорта Кристелла урожайность 12,02 т/га. Минимальная урожайность получена в 2019 г. – 4,85–6,85 т/га. В 2020 году – 5,13–8,96 т/га. Как видим, за годы проведенных испытаний, изучаемые сорта и линии озимой твердой пшеницы по-разному реализовали свой потенциал продуктивности, их средняя урожайность составила – 8,70 т/га (табл. 2).

Оценка пластичности генотипов по методу S.A. Eberchart и W.A. Russel в изложении В.А. Зыкина (2005) позволила определить отзывчивость сорта на изменение условий выращивания b_i (коэффициент линейной регрес-

сии) и стабильность сорта в изменяющихся условиях среды σ^2d (коэффициент стабильности). В наших исследованиях выделились два отзывчивых сорта, у которых максимум отдачи при благоприятных условиях выращивания (на высоком агрофоне), это Хризолит и Лакомка, коэффициент линейной регрессии у них – 1,23 и 1,04; и две перспективные линии – 322/14 и 721/15 с $b_i = 1,02$ и 1,28 соответственно (табл. 2). Сорта Золото Дона и Солнцедар имели показатели b_i от 0,80 до 0,86, что говорит об их слабой отзывчивости на улучшение внешних условий выращивания, такие сорта лучше выращивать на низком фоне, где они при минимуме затрат дадут наибольшие урожаи. Остальные сорта Кристелла, Услава, Динас, Алмаз Дона, Эллада и линии 840/12, 589/13 и 309/14 имели коэффициент линейной регрессии 0,93–1,00, что свидетельствует об их пластичности, т.е. их урожайность соответствует условиям выращивания. Такие сорта рекомендуется выращивать на среднем агрофоне. Анализ коэффициента стабильности показал, что наиболее стабильными являются сорта Хризолит, Эллада, Золото Дона и Услава ($\sigma^2d = 0,01; 0,02; 0,09; 0,10$ соответственно).

2. Урожайность сортов озимой твердой пшеницы и их параметры экологической пластичности и стабильности (2018–2020 гг.)

2. Productivity of the winter durum wheat varieties and their parameters of ecological adaptability and stability (2018–2020)

Сорт, линия	Урожайность по годам, т/га			ΣY_i	Y_i	b_i	σ^2d
	2018	2019	2020				
Кристелла, ст.	12,02	5,35	8,27	25,64	8,55	1,00	0,36
Услава	11,94	5,56	8,02	25,52	8,51	0,97	0,10
Золото Дона	11,48	5,98	7,40	24,86	8,29	0,86	0,09
Лакомка	12,65	5,67	8,76	27,08	9,03	1,04	0,44
Динас	12,60	6,22	7,61	26,43	8,81	1,00	0,25
Алмаз Дона	12,30	6,61	5,13	24,04	8,01	0,99	7,09
Солнцедар	11,25	6,27	6,88	24,40	8,13	0,80	0,65
Эллада	12,87	6,85	8,96	28,68	9,56	0,92	0,02
Хризолит	14,04	5,99	8,71	28,74	9,58	1,23	0,01
840/12	12,04	5,80	8,66	26,50	8,83	0,93	0,45
589/13	11,99	5,52	8,82	26,33	8,78	0,95	0,92
309/14	12,12	5,32	8,84	26,28	8,76	1,00	1,10
322/14	12,40	5,63	8,44	26,47	8,82	1,02	0,24
721/15	12,98	4,85	6,61	24,44	8,15	1,28	0,43
ΣY_j	172,68	81,62	111,11	365,41	–	–	–
Y_j	12,33	5,83	7,94	–	8,70	–	–
I_j	3,63	-2,87	-0,76	–	–	–	–
HCp_{05}	0,24	0,21	0,27	–	–	–	–

Самым нестабильным оказались сорт Алмаз Дона ($\sigma^2d = 7,09$) и линии 589/13 ($\sigma^2d 0,92$) и 309/14 ($\sigma^2d = 1,10$). Показатели стабильности остальных изучаемых сортов и перспективных линий занимают промежуточное положение и варьируют от 0,24 до 0,65.

Сорт как генетическая система всегда специфически реагирует на внешние факторы среды, особенностью любого сорта является совокупность свойств, определяющих его пригодность для конкретной местности, поэто-

му правильный выбор сорта имеет первостепенное значение для выращивания зерновых культур (Кондратенко и др., 2014; Петров, 2020).

Устойчивость к стрессу – это важный показатель сорта, который всегда имеет отрицательный знак и чем меньше его значение, тем выше стрессоустойчивость сорта, что особенно важно в регионах, где наблюдаются контрастные по погодным условиям годы (Кондратенко и др., 2014; Сапега, 2019; Петров, 2020). Анализ урожайности изучаемых сортов и перспектив-

ных линий показал, что более высокой стрессоустойчивостью обладают сорта Солнцедар (-4,98) и Золото Дона (-5,50), наименьшая стрессоустойчивость отмечена у сортов Алмаз Дона (-7,17), Хризолит (-8,05) и линии 721/15 (-8,13).

Исходя из полученных данных, мы можем сказать, что остальные сорта и линии обладали средней стрессоустойчивостью -6,02 – -6,80 (табл. 3).

3. Параметры адаптивности сортов и линий озимой твердой пшеницы (2018–2020 гг.) 3. Adaptability parameters of the winter durum wheat varieties and lines (2018–2020)

Сорт, линия	Урожайность, т/га		Стрессоустойчивость X lim – X opt	Генетическая гибкость (X opt + X lim) / 2	V, %	Hom
	X opt	X lim				
Кристелла, ст.	5,35	12,02	-6,67	8,68	36,1	3,28
Услава	5,56	11,94	-6,38	8,75	37,9	3,51
Золото Дона	5,98	11,48	-5,50	8,73	33,6	4,36
Лакомка	5,67	12,65	-6,98	9,16	38,8	3,34
Динас	6,22	12,60	-6,38	9,41	38,1	3,62
Алмаз Дона	5,13	12,30	-7,17	8,72	47,3	2,36
Солнцедар	6,27	11,25	-4,98	8,76	33,4	4,88
Эллада	6,85	12,87	-6,02	9,86	31,9	4,98
Хризолит	5,99	14,04	-8,05	10,02	42,8	2,78
840/12	5,80	12,04	-6,24	8,92	35,3	4,0
589/13	5,52	11,99	-6,47	8,76	36,8	3,67
309/14	5,32	12,12	-6,80	8,72	38,8	3,31
322/14	5,63	12,40	-6,77	9,02	38,5	3,38
721/15	4,85	12,98	-8,13	8,92	52,4	1,91

Средняя урожайность сорта в контрастных погодных условиях характеризует его генетическую гибкость, высокие значения этого показателя указывают на высокую степень соответствия между генотипом сорта и факторами среды (Пакудин, 1976, Гончаренко, 2016). По данным наших исследований, были выделены следующие сорта с максимальным соответствием между генотипом сорта и факторами среды: Хризолит (10,02), Эллада (9,86), Динас (9,41), Лакомка (9,16) и среди перспективных линий – 322/14 (9,02). Следует отметить, что у выделившихся сортов и линий данный уровень урожайности сформировался в первую очередь за счет ее максимальной величины в благоприятных условиях, но вместе с тем значительный разрыв между урожайностью в неблагоприятных и благоприятных условиях, отражающий сильную реакцию генотипов на смену лимитирующих факторов, обусловил низкую или среднюю стрессоустойчивость этих сортов и линий.

Наиболее простым и доступным показателем, позволяющим судить о потенциале онтогенетической адаптации (норме реакции) и при этом обеспечивающим сравнимость результатов у разных видов растений, является коэффициент вариации. Коэффициенты вариации урожайности (V), вычисленные для каждого сорта по данным за три года, указывают на фенотипическую изменчивость признака, обусловленную экологическими факторами (Волкова и Щенникова, 2020). В наших исследованиях вариабельность признака «урожайность» составила от 31,9 до 52,4%, согласно шкале Б.А. Доспехова (2014), все сорта и линии относились к группе со значительной изменчивостью ($V > 20\%$).

Вместе с тем, критерием гомеостатичности сортов и линий считается их способность под-

держивать низкую вариабельность признаков продуктивности, т.е. связь гомеостатичности (Hom) с коэффициентом вариации характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях среды (Кондратенко, 2019). По этим двум показателям более стабильными из изучаемых сортов или линий на изменение условий среды оказались сорта Золото Дона (Hom = 4,36), Солнцедар (Hom = 4,88), Эллада (Hom = 4,98) и линия 840/12 (Hom = 4,0), что обуславливает сравнительно низкую вариабельность их урожайности и повышенную стрессоустойчивость ($V = 31,9–35,3\%$). Высокая вариабельность урожайности и низкая гомеостатичность отмечены у сортов Алмаз Дона (Hom = 2,36; $V = 47,3\%$) и Хризолит (Hom = 2,78; $V=42,8\%$) и линии 721/15 (Hom = 1,91; $V = 52,4\%$), что говорит об их нестабильности и низкой стрессоустойчивости. Сорта Услава, Золото Дона, Лакомка, Динас, стандарт Кристелла, а также линии 589/13, 309/14 и 322/14 в разные по погодным условиям годы занимают промежуточное положение, величина гомеостатичности у них на уровне 3,28–3,67, коэффициенты вариации – 36,1–38,8%.

Выводы. Таким образом, весь набор сортов и перспективных линий селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» разнообразен по параметрам экологической пластичности и стабильности. Изучаемые сорта и перспективные линии характеризуются высоким потенциалом урожайности (11,48–14,04 т/га), значительной ее вариабельностью и стрессоустойчивостью. Такие сорта, как Лакомка, Эллада, Хризолит характеризуются высокой отзывчивостью на изменение условий выращивания, но обладают низкой гомеостатичностью и стрессоустойчивостью, что не позволяет им в полной мере реализовать генетический потенциал, особенно в годы с неблагоприятными метеорологиче-

скими условиями (2019, 2020 гг.), их адаптация специфична, максимум отдачи они обеспечат при возделывании их на высоких агрофонах. Сорта Золото Дона и Солнцедар, при их средней урожайности 6,88–7,40 т/га, слабо реагировали на внешние условия выращивания, сохраняя стабильные урожаи, отличаясь высокой стрессоустойчивостью и гомеостатичностью, такие сорта лучше выращивать на низком агрофоне, где они при минимуме затрат дадут максимум отдачи. Сорта Кристелла, Улада, Динас, Алмаз Дона являются пластичными сортами с коэффициентом регрессии – 0,97–1,00, изменение их урожайности полностью соответствует изменению условий выращивания, такие сорта лучше возделывать на среднем агрофоне. Изучаемая перспективная линия 322/14 от-

зывчива на улучшение условий выращивания, стабильна по урожайности, обладает средней стрессоустойчивостью (-6,77) и гомеостатичностью (3,38); линия 721/15 отличается высокой отзывчивостью на изменение условий выращивания, но обладает низкой гомеостатичностью (Hom = 1,91) и стрессоустойчивостью (-8,13); у линий 589/13 и 309/14 урожайность соответствует условиям выращивания ($b_i = 0,95-1,00$), но нестабильной по годам ($\sigma^2 d = 0,92-1,10$); линия 840/12 является пластичной, обладает средней стрессоустойчивостью и высокой гомеостатичностью (Hom = 4,0). Дальнейшая селекционная работа по озимой твердой пшенице должна быть направлена на повышение адаптивности при достигнутом потенциале урожайности.

Библиографические ссылки

1. Волкова Л.В., Щенникова И.Н. Сравнительная оценка методов расчета адаптивных реакций зерновых культур // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 140–146.
2. Гончаренко А.А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // Зерновое хозяйство России. 2016. № 2(44). С. 31–36.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е., перераб и дополн. М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. II. г. Ростов-на-Дону, 2013. 272 с.
5. Зыкин В.А. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа, 2005. 100 с.
6. Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Газе В.П. Изменение механизмов адаптивности и урожайности сортов озимой мягкой пшеницы в засушливых условиях по этапам сортосмены // Зерновое хозяйство России. 2021. № 1(73). С. 3–7.
7. Кондратенко Е.П., Егушова Е.А., Константинова О.Б., Пикулина О.И., Тюкало Г.Н. Оценка урожайности, экологической стабильности и пластичности новых сортов озимой пшеницы в условиях лесостепной зоны Кемеровской области // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. С. 714–722.
8. Кравченко Н.С., Лиховидова В.Л., Скрипка О.В. Качество зерна и засухоустойчивость сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1(55). С. 6–10.
9. Мальчиков П.Н., Розова М.А., Моргунов А.И., Мясникова М.Г., Зеленский Ю.И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(8). С. 939–950. DOI 10.18699/VJ18.436.
10. Пакудин В.З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов. Теория отбора в популяциях растений. Новосибирск: Наука, 1976. 189 с.
11. Петров Л.К. Оценка урожайности, экологической стабильности и пластичности сортов озимой пшеницы в условиях Нижегородской области // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 3. С. 6–9.
12. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (Обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 617–626.
13. Сапега В.А. Генотип-средовое взаимодействие, урожайность и адаптивный потенциал сортов яровой пшеницы // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 3. С. 10–15.
14. Хангильдин В.В., Литвиненко Н.А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // Научно-технический сборник. Одесса: ВСГИ. 1981. № 1(39). С. 8–13.
15. Шапошников А. И., Моргунов А. И., Акин Б., Макарова Н. М., Белимов А. А., Тихонович И.А. Сравнительная характеристика корневых систем и корневой экссудации у синтетического примитивного и современных сортов пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 1. С. 68–78.
16. Dockter C., Hansson M. Improving barley culm robustness for secured crop yield in a changing climate // Journal of Experimental Botany. 2015. V. 66. No. 12. P. 3499–3509.
17. Grebennikova I. G., Aleynikov A. F., Stepochkin P. I. Diallel analysis of the number of spikelets per spike in spring Triticale // Bulgarian J. Agricultural Science. 2011. Vol. 17. No. 6. P. 755–759.

References

1. Volkova L.V., SHCHennikova I.N. Sravnitel'naya ocenka metodov rascheta adaptivnyh reakcij zernovyh kul'tur // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2020. № 3. S. 140–146.
2. Goncharenko A.A. Ekologicheskaya ustojchivost' sortov zernovyh kul'tur i zadachi selekcii // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 2(44). S. 31–36.
3. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). Izd. 5-e., pererab i dopoln. M.: Al'yans, 2014. 351s.

4. Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoj oblasti na 2013–2020 gody. CH. II. g. Rostov-na-Donu, 2013. 272 s.
5. Zykin V.A. Metodika rascheta i ocenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennyh rastenij. Ufa, 2005. 100 s.
6. Ionova E.V., Lihovidova V.A., Gaze V.P. Izmenenie mekhanizmov adaptivnosti i urozhajnosti sortov ozimoy myagkoj pshenicy v zasushlivykh usloviyah po etapam sortosmeny // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № 1(73). S. 3–7.
7. Kondratenko E.P., Egushova E.A., Konstantinova O.B., Pikulina O.I., Tyukalo G.N. Ocenka urozhajnosti, ekologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti novykh sortov ozimoy pshenicy v usloviyah lesostepnoj zony Kemerovskoj oblasti // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. № 3. S. 714–722.
8. Kravchenko N.S., Lihovidova V.L., Skripka O.V. Kachestvo zerna i zasuhoustojchivost' sortov ozimoy myagkoj pshenicy // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 1(55). S. 6–10.
9. Mal'chikov P.N., Rozova M.A., Morgunov A.I., Myasnikova M.G., Zelenskij YU.I. Velichina i stabil'nost' urozhajnosti sovremennogo selekcionnogo materiala yarovoj tverdoj pshenicy (*Triticum durum* Desf.) iz Rossii i Kazahstana // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2018. № 22(8). S. 939–950. DOI 10.18699/VJ18.436.
10. Pakudin V.Z. Parametry ocenki ekologicheskoy plastichnosti sortov i gibridov. Teoriya otbora v populyacijah rastenij. Novosibirsk: Nauka, 1976. 189 s.
11. Petrov L.K. Ocenka urozhajnosti, ekologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti sortov ozimoy pshenicy v usloviyah Nizhegorodskoj oblasti // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2020. № 3. S. 6–9.
12. Rybas' I. A. Povyshenie adaptivnosti v selekcii zernovykh kul'tur (Obzor) // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. T. 51. № 5. S. 617–626.
13. Sapega V.A. Genotip-sredovoe vzaimodejstvie, urozhajnost' i adaptivnyj potencial sortov yarovoj pshenicy // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2019. № 3. S. 10–15.
14. Hangil'din V.V., Litvinenko N.A. Gomeostatichnost' i adaptivnost' sortov ozimoy pshenicy // Nauchno-tekhnicheskij sbornik. Odessa: VSGI. 1981. № 1(39). S. 8–13.
15. SHaposhnikov A.I., Morgunov A.I., Akin B., Makarova N.M., Belimov A.A., Tihonovich I.A. Sravnitel'naya harakteristika kornevykh sistem i kornevoj ekssudacii u sinteticheskogo primitivnogo i sovremennogo sortov pshenicy // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. T. 51. № 1. S. 68–78.
16. Dockter C., Hansson M. Improving barley culm robustness for secured crop yield in a changing climate // Journal of Experimental Botany. 2015. V. 66. No. 12. R. 3499–3509.
17. Grebennikova I. G., Aleynikov A. F., Stepankin P. I. Diallel analysis of the number of spikelets per spike in spring Triticale // Bulgarian J. Agricultural Science. 2011. Vol. 17. No. 6. P. 755–759.

Поступила: 30.03.21; принята к публикации: 12.05.21.

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. Макарова Т.С. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Иличкина Н.П., Дубинина О.А., Каменева А.С. – подготовка и проведение полевого опыта по изучению сортов и перспективных линий в 2018–2020 гг.; Самофалова Н.Е. – общее руководство, финальная доработка текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант.