

Научная статья/Research Article

УДК 633.14.631.524 (571.12)

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-56-64

Ирина Владимировна Сафонова^{1✉}, Николай Иванович Аниськов²^{1,2}Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия¹isafonova@vir.nw.ru**ИНТЕГРИРОВАННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УРОВНЯ АДАПТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ОБРАЗЦОВ ТЕТРАПЛОИДНОЙ ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РФ⁷**

Цель исследования – оценка тетраплоидных сортов озимой ржи по показателям пластичности, экологической стабильности, адаптивности, интенсивности в меняющихся условиях произрастания и определение сортов, лучших по уровню этих показателей. Степень реализации стабильно высокой урожайности детерминирована генотипом и влиянием конкретных почвенно-климатических и временных условий. Интегрированная оценка уровня адаптивного потенциала пластичности и стабильности сортов дает возможность отобрать среди исследуемого сортимента наиболее высокоурожайные и экологически адаптивные формы растений, приспособленных к широкому разбросу условий возделывания. Оценка десяти сортов тетраплоидной озимой ржи (*Secale cereale tetraploidum nudipaleatum*) проведена в 2018–2021 гг. по четырнадцати параметрам адаптивности, пластичности и стабильности признака – урожайность зерна: по коэффициенту регрессии (b_i), индексу экологической пластичности (O), коэффициенту мультипликативности (a_i), показателю интенсивности (I), индексу экологической пластичности ($I.Э.П.$), коэффициенту адаптивности ($K.A.$), экваленте (W_i), индексу стабильности ($ИС$), показателю стабильности ($Сd^2$), показателю уровня стабильности (A), генотипическому эффекту (E_i), коэффициенту вариации (V). Математическая обработка экспериментальных данных выполнена методом двухфакторного дисперсионного анализа без повторений. Выявлено, что формирование урожайности ржи определяется на 89,4 % условиями года выращивания и на 7,9 % – сорта. Высокий средний уровень урожайности получен у сорта Сибирь 4 (+0,86), Пралеска (+0,63), Пламя (+0,55) к стандарту Верасень. Высокий уровень адаптивной активности выявлен по сумме рангов – 14 параметров у сортов Сибирь 4 (Σ рангов = 50), Пламя (Σ рангов = 57), Пралеска (Σ рангов = 61), Сибирь 3 (Σ рангов = 70), Сибирь (Σ рангов = 71).

Ключевые слова: сорта, адаптивность, мультипликативность, интенсивность, экологическая валентность

Для цитирования: Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Интегрированная характеристика уровня адаптивной активности образцов тетраплоидной озимой ржи в условиях Северо-Запада РФ // Вестник КрасГАУ. 2023. № 2. С. 56–64. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-56-64.

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0481-2022-0001 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития, оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

Irina Vladimirovna Safonova^{1✉}, Nikolay Ivanovich Aniskov²^{1,2}Federal Research Center All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov, St. Petersburg, Russia^{1,2}isafonova@vir.nw.ru

INTEGRATED CHARACTERISTICS OF THE ADAPTIVE ACTIVITY LEVEL OF WINTER RYE TETRAPLOID SAMPLES UNDER THE NORTH-WEST OF THE RUSSIAN FEDERATION CONDITIONS

The purpose of the study is to evaluate tetraploid varieties of winter rye in terms of plasticity, ecological stability, adaptability, intensity in changing growing conditions and to identify varieties that are the best in terms of these indicators. The degree of realization of a consistently high yield is determined by the genotype and the influence of specific soil-climatic and temporal conditions. An integrated assessment of the level of adaptive potential of plasticity and stability of varieties makes it possible to select among the studied assortment the most high-yielding and ecologically adaptive forms of plants adapted to a wide range of cultivation conditions. Evaluation of ten varieties of tetraploid winter rye (*Secale cereale tetraploidum nudipaleatum*) was carried out in 2018–2021, according to fourteen parameters of adaptability, plasticity and stability of the trait – grain yield: by regression coefficient (b_i), ecological plasticity index (O), multiplicative coefficient (a_i), intensity index (I), ecological plasticity index ($I.E.P.$), adaptability coefficient ($C.A.$), ecovalence (W_i), stability index (SI), stability index (σd^2), stability level indicator (A), genotypic effect (\mathcal{E}), coefficient of variation (V). Mathematical processing of experimental data was carried out by the method of two-factor analysis of variance without repetitions. It was revealed that the formation of rye yield is determined by 89.4 % by the conditions of the growing year and by 7.9 % by the variety. A high average yield level was obtained in varieties Siberia 4 (+0.86), Praleska (+0.63), Flame (+0.55) to the standard Verasen. A high level of adaptive activity was revealed by the sum of ranks – 14 parameters in the varieties Siberia 4 (Σ ranks = 50), Plamyа (Σ ranks = 57), Praleska (Σ ranks = 61), Siberia 3 (Σ ranks = 70), Siberia (Σ ranks = 71).

Keywords: varieties, adaptability, multiplicativity, intensity, ecological valence

For citation: Safonova I.V., Aniskov N.I. Integrated characteristics of the adaptive activity level of winter rye tetraploid samples under the north-west of the Russian Federation conditions // Bulliten KrasSAU. 2023;(2): 56–64. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-56-64.

Acknowledgments: the work has been carried out within the framework of the state task according to the VIR thematic plan under project No. 0481-2022-0001 "Structuring and unlocking the potential of hereditary variability of the world collection of grains and cereals of VIR for development, optimized genebank and rational use in breeding and crop production".

Введение. Одной из ключевых тенденций современной селекции озимой ржи является создание и внедрение высокоурожайных, адаптивных сортов для постоянно меняющихся экологических условий внешней среды [1]. Это связано с тем, что урожайность в благоприятных условиях определяется генетическими системами потенциала продуктивности, а в неблагоприятных – комплексами генов устойчивости к стрессу [2]. В то же время следует учитывать урожай сорта – результат компромисса между продуктивностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам среды, которые по своей природе независимы и находятся под контролем разных генетических систем [3, 4]. При выращивании ржи необходимо обращать пристальное внимание на специфику почвенно-климатических условий возделывания и тщательный подбор сортового материала, который должен предназначаться данной климатической зоне и типу хозяйствования для положительно стабильно высокого и качественного урожая [5]. В 2021 г. в Госреестре селекционных

достижений было допущено к использованию 90 сортов, 75 из которых диплоидные, а 9 тетраплоидные, а также 11 сортов гибридной ржи [6]. Замена одного сорта другим, с более ценными признаками, т. е. сортосмена должна проводиться, как правило, в течение 5 лет для более быстрой реализации преимущества допущенных к использованию новых сортов. Причем следует иметь в виду, что будут внедряться как сорта широкого ареала, так и локального значения. При этом первые, высокоадаптивные, отличаются стабильностью урожайности, определяются устойчивостью к стрессам разной этиологии. Узкоспециализированные сорта, пригодные к определенным, конкретным условиям использования, как правило, имеют местное значение. Современный арсенал статистических и математических методов определения позволит выделить тип сорта, его экологическую нишу, где сорт сможет реализовать свой потенциал, его экологическую стабильность и качество продукции [7–9].

Цель исследования – оценка тетраплоидных сортов озимой ржи по показателям пластичности, экологической стабильности, адаптивности, интенсивности в меняющихся условиях произрастания и определение сортов, которые являются лучшими по уровню этих показателей.

Материалы и методы. Экспериментальная работа проведена в 2018–2021 гг. на опытных полях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Объектом исследования служили 9 сортов озимой тетраплоидной ржи (*Secale cereale tetraploidum nudipaleatum*) (табл.1).

Таблица 1

Озимая рожь тетраплоидная

Номер каталога ВИР	Сорт	Происхождение
11089	Верасень (стандарт)	Беларусь
11757	Сибирь 3	Омская область
11869	Пламя	Беларусь
11870	Пралеска	Беларусь
10915	Крыжачок	Беларусь
11754	Сибирь	Омская область
11805	Сибирь 4	Омская область
11837	Зернофуражная тетра	Ленинградская область
11876	Сибирская универсальная	Ленинградская область
11879	Веросим	Ленинградская область

Почвы опытного участка дерново-подзолистые, легкосуглинистые, супесчаные, хорошо или среднеокультуренные с нейтральной или слабокислой реакцией, предшественник – пар. Образцы сеяли селекционной сеялкой из расчета 400 всхожих зерен на 1 м², в двухкратной повторности в оптимальные для озимой ржи сроки. Уборка выполнялась в фазу полной спелости. Фенологические наблюдения, оценки и учеты проводили в соответствии с методическими указаниями ВИР [10].

Математическую обработку с целью выявления существенных различий рассчитывали методом дисперсионного анализа [11]. Расчет параметров адаптивности осуществляли, вычисляя величину стабильности (σd^2), пластичности (b_i), индекс условий среды (l_i), которые определяли по S.A. Eberhart, W.A. Russell (1966) [12], индекс экологической пластичности (O) – по Д.И. Баранскому (1926) [13], коэффициент муль-

типлективности (a_i) – по В.А. Драгавцеву с соавт., (1984) [14], показатель интенсивности (И) – по Р.А. Удачину с соавт., (1990) [15], индекс экологической пластичности (И.Э.П.) – по А.А. Грязнову (1996) [16], коэффициент адаптивности (К.А.) – по Л.А. Животкову с соавт., (1994) [17], экваленту (W_i) – по С. Wricke (1962) [18], индекс стабильности (ИС) – по В.В. Хангильдину (1980) [19], показатель уровня стабильности (Пусс) – по Е.Д. Неттевичу с соавт. (1985) [20], показатель относительной способности (St^2), критерий стабильности (А) – по Н.А. Соболеву (1980) [21], генотипический эффект (ϵ_i) – по Б.П. Гурьеву с соавт. (1981) [22], коэффициент вариации (V) – по Б.А. Доспехову (2014). Мониторинг гидротермических условий четырехлетнего периода (2018–2021 гг.) показал сезонность водного и температурного режима (табл. 2).

Таблица 2

Показатели метеорологических условий

Год	Май		Июнь		Июль		Август	
	1	2	1	2	1	2	1	2
2018	13,7	14,3	23,1	16,1	95,8	20,9	78,7	19,2
2019	73	12,1	23	18,7	93	16,6	49	17,0
2020	25	10,0	66	19,1	94	17,6	104	17,2
2021	139,4	12,1	22,1	21,4	50,3	23,1	135,1	16,9

Примечание: 1 – сумма осадков, мм; 2 – среднесуточная температура воздуха, °С.

В 2018 г. температурный режим был выше среднегодовалого и наблюдался недобор осадков в мае, июне, что неблагоприятно отразилось на уровне продуктивности сортов озимой ржи. В 2019 г. высокая температура и малое количество влаги способствовали снижению степени продуктивности. Период вегетации 2020–2021 гг. характеризовался достаточным увлажнением и средним уровнем температурного режима, на этом фоне наблюдалась высокая степень продуктивности изучаемых сортов.

Результаты и их обсуждение. Урожайность – прямой, достоверный, интегрирующий

показатель, определяющий значимость хозяйственно-биологических свойств сорта. Сохранение и увеличение уровня урожайности является первоочередной задачей. Поэтому необходимо внедрение сортов, имеющих повышенную пластичность, высокий и стабильный уровень урожая. Для корректного проведения определения адаптивных показателей сортов мы использовали дисперсионный анализ. Установлено, что факторы «Годы» и «Сорта» оказали достоверное влияние на урожайность ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$). Сила влияния генотипа составила 7,9 %, а влияние года – 89,4 % (табл. 3).

Таблица 3

Дисперсионный анализ урожайности сортов озимой ржи

Источник варьирования	Сумма квадрата отклонений	Число степени свободы	Варианса	Эмпирическое значение Фишера F	F табличное	Сила влияния, %
Общее варьирование	167,9	39	–	–	–	100
Фактор (А) «Годы» изучения	113,6	3	37,9	45,1	2,95	89,4
Фактор (В) «Сорта»	33,3	9	3,7	4,4	2,21	7,9
$S_{A \times B \times Z}$	22,8	27	0,84	–	–	2,7

Оценить влияние условий года на урожайность позволяет индекс условий среды (j), чем он больше, тем благоприятнее условия для формирования урожайности. Наибольшую среднюю по сортам урожайность наблюдали в условиях 2020 г. ($\bar{Y}_j = 6,05$ т/га) и 2021 г. ($\bar{Y}_j = 5,53$ т/га),

индекс условий среды (Ji) составил +1,85 и +1,33 соответственно. На фоне засухи наименьшую среднюю урожайность отмечали в 2019 г. ($\bar{Y}_j = 1,91$ т/га) и 2018 г. ($\bar{Y}_j = 3,29$), индекс условий $\bar{Y}_j = -2,29; -0,91$ соответственно (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность сортов озимой ржи в условиях Северо-Западного региона

Номер каталога ВИР	Сорт	Урожайность, т/га					Среднее \bar{x}_i	± к стандарту	% к стандарту
		2017–2018	2018–2019	2019–2020	2020–2021	Σx_i			
11089	Верасень	2,65	1,75	6,7	6,9	18,0	4,5	–	100
11757	Сибирь 3	3,21	2,74	4,3	3,9	14,15	3,54	-0,96	78,6
11869	Пламя	3,72	1,98	7,3	7,2	20,2	5,05	+0,55	112,3
11870	Пралеска	3,54	1,87	7,8	7,3	20,5	5,13	+0,63	113,9
10915	Крыжачок	2,31	0,82	4,8	4,1	12,04	3,01	-1,49	66,8
11754	Сибирь	3,11	2,6	6,2	5,8	17,7	4,43	-0,07	98,4
11805	Сибирь 4	3,62	2,9	8,5	6,4	21,4	5,36	+0,86	119,0
11837	Зернофуражная тетра	3,4	1,3	6,4	5,6	16,6	4,17	-0,31	92,8
11876	Сибирская универсальная	3,75	2,09	5,3	6,0	17,14	4,29	-0,21	95,3
11879	Веросим	3,61	1,08	3,2	2,1	10,0	2,5	-2,0	55,5
	ΣY_j	32,92	19,13	60,5	55,3	167,8	41,98	-	-
	Среднее \bar{Y}_j	3,29	1,91	6,05	5,53	16,78	4,2	-	-
	Ji	-0,91	-2,29	+1,85	+1,33	-	-	-	-
	$HCP_{0,5}$	0,6	0,5	0,9	0,9	-	-	-	-

В 2018 г. урожайность менялась от 2,31 т/га у сорта Крыжачок до 3,75 т/га у сорта Сибирская универсальная. В 2019 г. минимальная урожайность (0,82 т/га) была получена у сорта Крыжачок, а максимальная (2,74 т/га) у сорта Сибирь 3. В 2020 г. наименьший урожай (3,2 т/га) был выявлен у сорта Веросим, наибольший у сорта Сибирь 4 (8,5 т/га). В 2021 г. максимум урожайности был получен у сорта Пралеска, минимум (2,1 т/га) у сорта Веросим. Для определения экологической пластичности мы использовали

коэффициент линейной регрессии (bi), который варьировал от 0,26 до 1,48, что позволило поделить сорта тетраплоидной озимой ржи на категории: от слабо отзывчивых ($bi < 1$) до более отзывчивых на изменение условий возделывания. Высокая отзывчивость на благоприятные условия выращивания была присуща сортам: Пралеска ($bi = 1,48$), Верасень ($bi = 1,35$), Пламя ($bi = 1,35$), Сибирь 4 ($bi = 1,26$) и сорт Зернофуражная тетра ($bi = 1,17$) (табл. 5).

Таблица 5

Показатели пластичности, стабильности тетраплоидных сортов озимой ржи

Параметр пластичности и стабильности	Верасень	Сибирь 3	Пламя	Пралеска	Крыжачок	Сибирь	Сибирь 4	Зернофуражная тетра	Сибирская универсальная	Веросим
bi	1,35	0,35	1,35	1,48	0,92	0,92	1,26	1,17	0,85	0,26
σd^2	0,48	0,01	1,73	0,06	0,04	0,15	1,23	0,074	0,42	5,98
O	1,68	5,1	1,91	1,81	1,67	2,4	2,07	1,81	2,46	2,19
ai	2,26	1,42	2,12	1,63	2,28	1,87	1,99	2,18	1,83	1,44
I	114,1	44,1	105,0	115,6	132,2	81,3	104,5	122,3	91,9	101,2
$I.Э.П.$	1,1	0,84	1,2	1,2	0,72	1,05	1,28	0,99	1,02	0,59
$K.A.$	107,1	84,3	120,2	122,1	71,7	105,5	127,6	99,3	102,1	59,5
Wi	2,35	3,3	2,31	2,78	0,07	0,36	2,5	0,55	1,0	9,2
IC	7,6	17,9	9,7	9,1	5,0	10,8	11,1	7,6	10,6	5,48
$Плусс$	100	152,6	142,6	136,7	44,4	138,6	174,2	92,3	134,5	40,1
St^2	0,80	0,93	0,9	0,73	0,64	0,83	0,77	0,69	0,67	0,82
A	3,61	3,42	4,78	4,39	2,41	4,0	4,69	3,47	3,52	2,26
ϵi	0,3	-0,66	0,85	0,93	-1,19	0,23	1,16	-0,03	0,09	-1,7
V	59,6	24,0	52,3	56,3	59,7	41,4	48,2	55,1	40,0	45,6

Сорта Сибирь 3 ($\sigma d^2 = 0,01$); Крыжачок ($\sigma d^2 = 0,04$); Пралеска ($\sigma d^2 = 0,06$) обладают высокой степенью стабильности.

Д.И. Баранский (1926) для измерения степени приспособленности предложил использовать коэффициент экологической пластичности (O). В нашем эксперименте этой возможностью обладали сорта Сибирь 3, Сибирская универсальная, Сибирь, Веросим, Сибирь 4 ($O = 5,1; 2,46; 2,4; 2,19; 2,07$ соответственно).

В.А. Драгавцев (1984) [14] для выявления пластичности сорта предложил применять коэффициент мультипликативности (ai), который обладает этой способностью. Согласно вычислениям по этому методу, наиболее пластичными являются сорта Крыжачок ($ai = 2,28$), Верасень

($ai = 2,26$), Зернофуражная тетра ($ai = 2,18$), Пламя ($ai = 2,12$), сорта Сибирь, Сибирь 4, Сибирская универсальная, показатели которых (от 1,83 до 1,99) указывают на соответствие урожайности изменению условий возделывания. Маленькие значения (ai) характерны для сортов Сибирь 3, Веросим, Пралеска (от 1,42 до 1,63), их нужно размещать на экстенсивном фоне.

Коэффициент интенсивности (I) сорта вычислен как отношение разности величин признака в оптимальных и лимитированных условиях для определенного образца к средней ее величине, выраженное в процентах. По результатам проведенных расчетов к типу интенсивных отнесены сорта Крыжачок ($I = 132,2\%$), Зернофуражная тетра ($I = 122,3\%$), Пралеска ($I = 115,6\%$),

Верасень ($I = 114,4$ %). В группу полуинтенсивных – Пламя, Сибирь 4, Веросим ($I = 105,0; 104,5; 101,2$ % соответственно). К категории экстенсивных относятся Сибирь 3, Сибирь, Сибирская универсальная ($I = 44,1-91,9$).

В настоящее время для определения уровня пластичности применяют индекс экологической пластичности (И.Э.П.), введенный А.А. Грязновым (1996). Согласно полученным данным по этому параметру, пластичными являются сорта Сибирь 4 (И.Э.П. = 1,28), Верасень (И.Э.П. = 1,2). Следует учитывать тот факт, что сорта Сибирь, Сибирская универсальная, Зернофуражная тетра, индексы которых от 0,99 до 1,05, указывают на соответствие уровня урожая изменению условий возделывания. Небольшие величины этого параметра характерны для сортов Сибирь 3, Крыжачок и Веросим (0,84–0,99), поэтому их лучше использовать при неблагоприятных условиях.

По рассчитанному коэффициенту адаптивности, предложенному Л.А. Животковым (1994), судят о приспособительных возможностях сорта. Если он выше 100 %, то у него присутствуют способности увеличивать уровень урожая. Определенные коэффициенты подтверждают высокую приспособленность формировать высокую урожайность сортов Сибирь 4 (К.А. = 127,6 %), Пралеска (К.А. = 122,1 %), Пламя (К.А. = 120,2 %), Верасень (К.А. = 107,14 %). Меньшая приспособленность отмечена у сортов Сибирь, Сибирская универсальная, Зернофуражная тетра (К.А. = 105,1–99,3). Низкие показатели выявлены у сортов Сибирь 3, Крыжачок и Веросим (К.А. = 84,3; 71,3; и 59,6 соответственно).

Для суммарной характеристики реагирования каждого сорта ржи на разные типы погоды 2018–2021 гг. мы применили рассчитанную по С. Wricke (1962) величину экологической валентности (W_i). Сорт ржи Веросим ($W_i = 9,2$) отнесен нами к типу высокоадаптивных сортов. К категории среднепластичных сортов отнесены сорта Сибирь 3, Пралеска, Сибирь 4, Верасень, Пламя ($W_i = 3,3; 2,78; 2,5; 2,35; 2,31$ соответственно). В группу стабильных вошли Сибирская универсальная, Зернофуражная тетра, Сибирь, Крыжачок ($W_i = 1,0-0,07$).

Индекс стабильности (ИС) определяется путем деления средней урожайности на коэффициент вариации. Чем он выше, тем стабильнее сорт. Наши опыты показали, что к высокостабильным относятся Сибирь 3 (ИС = 17,9); Сибирь 4 (ИС = 11,1); Сибирь (ИС=10,8); Сибирская универсальная (ИС = 10,6). В группу ста-

бильных вошли сорта Пламя, Пралеска, Верасень, Зернофуражная тетра (ИС = 9,7; 9,1; 7,6; 7,6 соответственно). Нестабильными были сорта Веросим и Крыжачок (ИС = 5,48; 5,0).

Комплексный показатель степени экологической стабильности (Лусс), учитывающий одновременно величину и стабильность урожайности, варьировал в пределах от 44,4 % у сорта Крыжачок до 174,2 % у сорта Сибирь 4. Также в нашем изучении сорта Сибирь 3, Пламя, Сибирь, Пралеска, Сибирская универсальная превысили сорт Верасень – от 52,6 % у сорта Сибирь до 34,5 % у сорта Сибирская универсальная.

Величины St^2 и A по статистическим подходам к их вычислению учитывают среднюю величину признака в различных средах и стабильность его образования, поэтому являются интегральными показателями, одновременно дающими оценку уровня возможности и его устойчивости. Лучшая устойчивость была у сортов Сибирь 3, Пламя, Сибирь, Веросим, Верасень ($St^2 = 0,93; 0,9; 0,83; 0,82; 0,80$ соответственно). Негативно оценивались сорта Крыжачок, Сибирская универсальная, Зернофуражная тетра ($St^2 = 0,64-0,69$). Показатель A предназначен для одновременной оценки с учетом оценки St^2 , чем он больше, тем лучше у сорта объединяются урожай и устойчивость сорта. В нашем опыте это наблюдается у сортов Сибирь, Верасень, Сибирская универсальная.

Величина генотипического эффекта (E_i) в какой-то мере способствует раскрытию продуктивного потенциала отдельного сорта в наборе испытываемых генотипов, шесть из них имели положительные результаты эффекта генотипа: Сибирь 4 ($E_i = 1,16$), Пралеска ($E_i = 0,93$), Пламя ($E_i = 0,95$), Верасень ($E_i = 0,3$), Сибирь ($E_i = 0,23$), Сибирская универсальная ($E_i = 0,09$).

Одним из важнейших показателей нормы реакции генотипа является коэффициент вариации (V), который характеризует его стабильность по изучаемому показателю. Высокие значения коэффициента вариации характерны для большинства изученных сортов и составляют до 59,7 % у сорта Крыжачок, 59,6 % Верасень, 56,3 % Пралеска. Выделен сорт ржи Сибирь 3 с наименьшим значением изменчивости урожайности в условиях данного региона ($V = 24$ %), этому сорту присуща способность стабильно формировать урожай. Ряд авторов, работающих с разными культурами, подтвердили, что универсального показателя, способного достоверно и адекватно оценить экологическую пластичность, стабильность, адаптивность, приспособленность

и т. д., не существует. Это связано с тем, что реакция генотипа на окружающие условия среды всегда является многомерной. Достаточно продуктивным, по их мнению, является использование комплекса параметров. В ходе нашего изучения выявлено, что величина урожайности изучаемых сортов ржи значительно варьировала и нет идеального генотипа, подходящего к различным условиям выращивания. Необходим рейтинг

по уровню приспособленности сортов с использованием комплексной оценки по сумме рангов (табл. 6). Проведенная комплексная оценка по признаку урожайности показала, что по сумме рангов обладают большей адаптивностью сорта Сибирь 4 ($\Sigma p. = 50$); Пламя ($\Sigma p. = 57$); Пралеска ($\Sigma p. = 61$); Сибирь 3 ($\Sigma p. = 70$); Сибирь ($\Sigma p. = 71$).

Таблица 6

Комплексная оценка тетраплоидных сортов озимой ржи по параметрам адаптивности

Сорт	Параметр пластичности и стабильности														Сумма рангов	Место сорта
	bi	O	ai	И	И.Э.П.	К.А.	Wi	ИС	σd^2	Пусс	St^2	A	ϵi	V		
Верасень	3	9	2	4	4	4	5	7	7	7	5	5	4	9	75	6
Сибирь 3	9	1	10	10	8	8	2	1	1	2	1	8	8	1	70	4
Пламя	2	6	4	5	2	3	6	5	9	3	2	1	3	6	57	2
Пралеска	1	7	8	3	3	2	3	6	3	5	7	3	2	8	61	3
Крыжачок	6	10	1	1	9	9	10	10	2	9	10	9	9	10	105	9
Сибирь	7	3	6	9	5	5	9	3	5	4	3	4	5	3	71	5
Сибирь 4	4	4	5	6	1	1	4	2	8	1	6	2	1	5	50	1
Зернофуражная тетра	5	8	3	2	7	7	8	8	4	8	8	7	7	7	89	8
Сибирская универсальная	8	2	7	8	6	6	7	4	6	6	9	6	6	2	83	7
Веросим	10	5	9	7	10	10	1	9	10	10	4	10	10	4	109	10

Заключение

1. В среднем за время испытания с 2018–2021 гг. урожайность ржи составила 4,2 т/га, превышение отмечено в 2020 и 2021 гг. (6,05 и 5,53 т/га соответственно).

2. Для использования в селекционном процессе и внедрения в производство предлагаются сорта, у которых определено низкая сумма рангов (50–71 у сортов Сибирь 4, Пламя, Пралеска, Сибирь 3, Сибирь).

3. Для определения объективных показателей оценки сортов из 14 применяемых статистических методов необходимо использовать индекс экологической пластичности (И.Э.П.), индекс стабильности (ИС), показатель уровня стабильности сортов (Пусс), генотипический эффект (ϵi), коэффициент адаптивности (К.А.).

Список источников

1. Тороп Е.А., Тороп А.А. Озимая рожь. Морфологические закономерности продуктивности: монография. Германия, 2016. 393 с.

2. Оценка экологической устойчивости, стабильности и пластичности сортов озимой ржи по признакам качества зерна / А.А. Гончаренко [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 4. С. 3–9. DOI: 10.31857/S2500262720040018.

3. Сюков В.В., Захаров В.Г., Менибаев А.И. Экологическая селекция растений: типы и практика // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 21 (5). С. 534–536. DOI: 10.18699/VJ17.270.

4. Урожайность, пластичность, стабильность и гомеостатичность сортов ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны / Л.М. Ершенико [и др.] // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183 (1). С. 38–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-38-47.

5. Галимов К.А. Оценка экологической стабильности и пластичности коллекционных образцов озимой ржи // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 3, С. 37–41. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10309.

6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию.

- Т. 1. Сорты растений (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 719 с.
7. Уткина Е.И., Кедрова Л.И. Зимостойкость озимой ржи: проблемы и решения // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 62 (1). С. 11–18. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.11-18.
 8. Пономарева М.Л., Пономарев С.Н. Оптимизация параметров качества зерна для селекции озимой ржи // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23 (3). С. 320–327. DOI: 10.18699/VJ19.496.
 9. Адаптивный потенциал образцов овса по химическим и физическим характеристикам зерна / В.И. Полонский [и др.] // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183 (1). С. 57–75. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-57-75.
 10. Изучение и сохранение мировой коллекции ржи: метод. указания / сост. В.Д. Кобылянский [и др.]. СПб.: ВИР, 2015.
 11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. М.: Альянс. 2014.
 12. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. № 6 (1). С. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci.1966.
 13. Баранский Д.И. Экологическая пластичность и ее роль в процессе перерождения сортосмеси // Vigrum select. Biggiry Одеської сільськогосп. досвігової станції. 1926. № 2. С. 81–91.
 14. Драгавцев В.А., Цильке В.А., Рейтер Б.Г. Генетика признаков продуктивности яровой пшеницы в Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1984.
 15. Удачин Р.А., Головченко А.П. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы // Селекция и семеноводство. 1990. № 5. С. 2–6.
 16. Грязнов А.А. Карабалыкский ячмень. Кустанай, 1996. 448 с.
 17. Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методики выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности» // Селекция и семеноводство. 2014. № 2. С. 2–6.
 18. Wricke C. Under line method zur Ertassung der ecologischen Strenbreite in Feldversuchen // Z. Pflanzenerziehung. 1962. Vol. 47, № 1. P. 92–96.
 19. Хангильдин В.В. Проблемы селекции на гомеостаз и вопросы теории селекционного процесса у растений // Селекция и семеноводство и сортовая агротехника в Башкирии. Уфа, 1984. С. 102–123.
 20. 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.
 21. Соболев Н.А. Проблема отбора и оценки селекционного материала. Киев, 1980. С. 100–106.
 22. Методические рекомендации по экологическому сортоиспытанию кукурузы // сост. Б.П. Гурьев [и др.]. Харьков, 1981. 32 с.

References

1. Torop E.A., Torop A.A. Ozimaya rozh'. Morfologicheskie zakonomernosti produktivnosti: monografiya. Germaniya, 2016. 393 s.
2. Ocenka `ekologicheskoy ustojchivosti, stabilnosti i plastichnosti sortov ozimoy rzhi po priznakam kachestva zerna / A.A. Goncharenko [i dr.] // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2020. № 4. S. 3–9. DOI: 10.31857/S2500262720040018.
3. Syukov V.V., Zaharov V.G., Menibaev A.I. `Ekologicheskaya selekciya rastenij: tipy i praktika // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2017. № 21 (5). S. 534-536. DOI: 10.18699/VJ17.270.
4. Urozhajnost', plastichnost', stabil'nost' i gomeostatichnost' sortov yarovogo yachmenya v usloviyah Nechernozemnoj zony / L.M. Eroshenko [i dr.] // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183 (1). С. 38–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-38-47.
5. Galimov K.A. Ocenka `ekologicheskoy stabilnosti i plastichnosti kollekcionnyh obrazcov ozimoy rzhi // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2019. Т. 33, № 3, С. 37–41. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10309.
6. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopuschennyh k ispol'zovaniyu. Т. 1. Sorta rastenij (oficial'noe izdanie). М.: FGBNU «Rosinformagroteh», 2021. 719 s.

7. *Utkina E.I., Kedrova L.I.* Zimostojkost' ozimoi rzhii: problemy i resheniya // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2018. № 62 (1). S. 11–18. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.11-18.
8. *Ponomareva M.L., Ponomarev S.N.* Optimizatsiya parametrov kachestva zerna dlya selekcii ozimoi rzhii // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. 2019. № 23 (3). S. 320–327. DOI: 10.18699/VJ19.496.
9. Adaptivnyj potencial obrazcov ovsa po himicheskim i fizicheskim harakteristikam zerna / *V.I. Polonskij* [i dr.] // *Tr. po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*. 2022. № 183 (1). S. 57–75. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-57-75.
10. Izuchenie i sohranenie mirovoj kollekcii rzhii: metod. ukazaniya / sost. *V.D. Kobyljanskij* [i dr.]. SPb.: VIR, 2015.
11. *Dosphehov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij). 5-e izd. M.: Al'yans. 2014.
12. *Eberhart S.A., Russell W.A.* Stability parameters for comparing varieties // *Crop Science*. 1966. № 6 (1). S. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.
13. *Baranskij D.I.* `Ekologicheskaya plastichnost' i ee rol' v processe pererozhdeniya sortosmesi // *Bigrum select. Biggiry Odes'koi cil'kogosi dosvigoroi ctancii*. 1926. № 2. S. 81–91.
14. *Dragavcev V.A., Cil'ke V.A., Rejter B.G.* Genetika priznakov produktivnosti yarovoj pshenicy v Zapadnoj Sibiri. Novosibirsk: Nauka, 1984.
15. *Udachin R.A., Golovchenko A.P.* Metodika ocenki `ekologicheskoi plastichnosti sortov pshenicy // *Selekcija i semenovodstvo*. 1990. № 5. S. 2–6.
16. *Gryaznov A.A.* Karabalykskij yachmen'. Kustanaj, 1996. 448 s.
17. *Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekatueva L.I.* Metodiki vyyavleniya potencial'noj produktivnosti i adaptivnosti sortov i selekcionnyh form ozimoi pshenicy po pokazatelyu «urozhajnosti» // *Selekcija i semenovodstvo*. 2014. № 2. S. 2–6.
18. *Wricke C.* Under line method zur Ertassung der ecologischen Strenbreite in Feldversuchen // *Z. Pflanzenerziehung*. 1962. Vol. 47, № 1. P. 92–96.
19. *Hangil'din V.V.* Problemy selekcii na gomeostaz i voprosy teorii selekcionnogo processa u rastenij // *Selekcija i semenovodstvo i sortovaya agrotehnika v Bashkirii*. Ufa, 1984. S. 102–123.
20. *Nettevich `E.D., Morgunov A.I., Maksimenko M.I.* Povyshenie `effektivnosti otbora yarovoj pshenicy na stabil'nost', urozhajnost' i kachestvo zerna // *Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*. 1985. № 1. S. 66–73.
21. *Sobolev N.A.* Problema otbora i ocenki selekcionnogo materiala. Kiev, 1980. S. 100–106.
22. Metodicheskie rekomendacii po `ekologicheskomu sortoispytaniyu kukuruzy // sost. *B.P. Gur'ev* [i dr.]. Har'kov, 1981. 32 s.

Статья принята к публикации 09.01.2023 / The article accepted for publication 09.01.2023.

Информация об авторах:

Ирина Владимировна Сафонова¹, старший научный сотрудник отдела генетических ресурсов овса, ржи и ячменя, кандидат сельскохозяйственных наук. ORCID-0000-0001-8138-930X

Николай Иванович Анисков², старший научный сотрудник отдела генетических ресурсов овса, ржи и ячменя, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник. ORCID-0000-0002-7819-8286

Information about the authors:

Irina Vladimirovna Safonova¹, Senior Researcher, Department of Genetic Resources of Oats, Rye and Barley, Candidate of Agricultural Sciences. ORCID-0000-0001-8138-930X

Nikolay Ivanovich Aniskov², Senior Researcher, Department of Genetic Resources of Oats, Rye and Barley, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher. ORCID-0000-0002-7819-8286