

Ирина Владимировна Сафонова<sup>1✉</sup>, Николай Иванович Аниськов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>1,2</sup>isafonova@vir.nw.ru

<sup>1</sup> ORCID-0000-0001-8138-930X

<sup>2</sup> ORCID-0000-0002-7819-8286

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ АДАПТИВНЫХ РЕАКЦИЙ ДИПЛОИДНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ИЗУЧЕНИИ

Цель исследования – определение уровня пластичности, устойчивости и выделение перспективных сортов озимой ржи, которые способны стабильно получать высокий урожай зерна. Исследование проведено в 2018–2021 гг. на опытных полях «НПБ “Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР”». Материалом для изучения служили 16 сортов озимой диплоидной ржи (*Secale cereale* L. var. *vulgare* Коern), в том числе сорт-стандарт Ильмень. Образцы сеяли селекционной сеялкой, из расчета 400 всхожих зерен на 1 м<sup>2</sup>, в двухкратной повторности в оптимальные для озимой ржи сроки. Уборка проводилась в фазу полной спелости. Фенологические наблюдения, оценки и учеты проводили в соответствии с методическими указаниями ВИР. Математическую обработку с целью выявления существенных различий проводили методом дисперсионного анализа. Были рассчитаны показатели адаптивной реакции: коэффициент регрессии (*b*<sub>1</sub>), индекс экологической пластичности (*O*), коэффициент мультипликативности (*ai*), показатель интенсивности (*I*), индекс экологической пластичности (И.Э.П.), коэффициент адаптивности (*K.A.*), эквалента (*W*<sub>1</sub>), индекс стабильности (ИС), показатель стабильности (*σ*<sup>2</sup><sub>d</sub>), показатель уровня стабильности (Пусс), показатель относительной способности (*St*<sup>2</sup>), критерий стабильности (*A*), генотипический эффект (*ε*<sub>1</sub>), коэффициент вариации (*V*) для 16 сортов озимой ржи (*Secale cereale* L. var. *Vulgare* Коern). Достоверно высокий средний уровень урожайности выявлен у сортов: Талисман (κ-11773) – 6,79 т/га; Офелия (κ-11868) – 6,48; Лота (κ-11865) – 5,91; Зилант (κ-11875) – 5,86; Ясельда (κ-11569) – 5,8; Зубровка (κ-11570) – 5,78 т/га. Максимальная урожайность отмечена у сорта Офелия – 10,3 т/га в 2020 г. Наиболее благоприятные условия возделывания сложились в 2020 и 2021 гг. ( $\bar{y}_i = 7,63$  и  $7,29$  т/га соответственно). Используя распределение сортов по ранжированию по всем вышеуказанным показателям установлено, что наиболее пригодными для использования высокопродуктивных сортов в контрастных условиях Северо-Западного региона являются сорта ржи: Талисман ( $\Sigma p. = 66$ ); Офелия ( $\Sigma p. = 76$ ); Эра ( $\Sigma p. = 89$ ); Зилант ( $\Sigma p. = 90$ ); Лота ( $\Sigma p. = 97$ ); Иртышская ( $\Sigma p. = 98$ ).

**Ключевые слова:** *Secale cereale* L. var. *Vulgare* Коern, образцы, урожайность, стабильность, пластичность, генотипический эффект

**Для цитирования:** Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Вариабельность адаптивных реакций диплоидных сортов озимой ржи в экологическом изучении // Вестник КрасГАУ. 2022. № 3. С. 53–61. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-53-61.

**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<sup>1✉</sup>, Nikolay Ivanovich Aniskov<sup>2</sup><sup>1,2</sup>Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint-Petersburg, Russia<sup>1,2</sup>isafonova@vir.nw.ru<sup>1</sup> ORCID-0000-0001-8138-930X<sup>2</sup> ORCID-0000-0002-7819-8286**WINTER RYE DIPLOID VARIETIES ADAPTIVE RESPONSES VARIABILITY IN ECOLOGICAL STUDY**

The purpose of the study is to determine the level of plasticity, stability and identify promising varieties of winter rye that are able to consistently obtain a high grain yield. The study was conducted in 2018–2021 on the experimental fields of the NPB Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR. The material for the study was 16 varieties of winter diploid rye (*Secale cereale* L. var. *vulgare* Koern), including the standard variety Ilmen. The samples were sown with a selection seeder, at the rate of 400 germinating grains per 1 m<sup>2</sup>, in two repetitions at the optimal time for winter rye. Harvesting was carried out in the phase of full ripeness. Phenological observations, assessments and records were carried out in accordance with the VIR guidelines. Mathematical processing in order to identify significant differences was carried out by the method of analysis of variance. Adaptive response indicators were calculated: regression coefficient (*b*), ecological plasticity index (*O*), multiplicativity coefficient (*a*), intensity index (*I*), ecological plasticity index (*I.E.P.*), adaptability coefficient (*K.A.*), ecovalent (*W*), stability index (*S*), stability index ( $\sigma^2$ ), stability level index (*P*), relative ability index (*St*<sup>2</sup>), stability criterion (*A*), genotypic effect ( $\epsilon_i$ ), coefficient of variation (*V*) for 16 varieties of winter rye (*Secalecereale* L. var. *Vulgare* Koern). Reliably high average yield was found in varieties: Talisman (*k*-11773) – 6.79 t/ha; Ophelia (*k*-11868) – 6.48; Lot (*k*-11865) – 5.91; Zilant (*k*-11875) – 5.86; Yaselda (*k*-11569) – 5.8; Zubrovka (*k*-11570) – 5.78 t/ha. The maximum yield was noted in the Ophelia variety – 10.3 t/ha in 2020. The most favorable cultivation conditions developed in 2020 and 2021 ( $\bar{y}_i = 7.63$  and 7.29 t/ha, respectively). Using the distribution of varieties by ranking for all the above indicators, it was found that the most suitable for the use of highly productive varieties in the contrasting conditions of the North-West Region are rye varieties: Talisman ( $\Sigma p. = 66$ ); Ophelia ( $\Sigma p. = 76$ ); Era ( $\Sigma p. = 89$ ); Zilant ( $\Sigma p. = 90$ ); Lot ( $\Sigma p. = 97$ ); Irtys ( $\Sigma p. = 98$ ).

**Keywords:** *Secalecereale* L. var. *Vulgare* Koern, samples, yield, stability, plasticity, genotypic effect

**For citation:** Safonova I.V., Aniskov N.I. Winter rye diploid varieties adaptive responses variability in ecological study // Bulliten KrasSAU. 2022;(3): 53–61. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-53-61.

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

**Введение.** Генетически обусловленная высокая степень адаптивности озимой ржи к экстремальным условиям среды обеспечивает более высокий продуктивный потенциал по сравнению с другими озимыми зерновыми культурами. Поэтому она гарантирует стабильное производство зерна в большинстве земледельческих регионов России [1, 2]. Площадь посева в 2019–2020 гг. составила 1,067 млн га, уровень урожайности – 20 ц/га, валовой сбор достиг 1914,9 тыс. т [3]. Около 30 % производства ржи используется для пищи человека, остальная часть идет на кормовые цели. В связи со значимостью озимой ржи для России, ее уникальными биологическими особенностями, особой питательной ценностью приходится сожалеть о

существенном снижении посевных площадей ржи во всех регионах страны. Внедрение адаптивных сортов, приспособленных реализовать в производстве свой продуктивный потенциал, позволит улучшить эту ситуацию [4]. Сегодня сорт выступает фактором, без участия которого в сельскохозяйственном производстве невозможно использовать современные разработки. Основным показателем приспособленности сортов считается уровень урожайности в разнообразных по времени и месту условиях выращивания [5]. Приспособленность сорта к определенным погодным условиям отражает диапазон изменчивости его урожайности и характеризует соответствие потенциальных возможностей генотипа факторам почвенного питания и

гидротермического режима. Сорт в настоящее время является определяющим биологическим фактором в повышении урожайности. Причем для него наиболее доступно использование почвенно-климатических, техногенных, трудовых, финансовых и других ресурсов. Именно с помощью сорта удается эффективно использовать благоприятные и противостоять неблагоприятным условиям внешней среды, обеспечивая высокие показатели величины и качества урожая [6, 7].

**Цель исследования** – определение уровня пластичности, устойчивости и выделение перспективных сортов озимой ржи, которые способны стабильно получать высокий урожай зерна.

**Материалы и методы.** Исследование проведено в 2018–2021 гг. на опытных полях «НПБ “Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР”». Материалом для изучения служили 16 сортов озимой диплоидной ржи (*Secale cereale* L. var. *vulgare* Коern), в том числе сорт-стандарт Ильмень. Почвы опытного участка дерново-подзолистые, легко суглинистые, супесчаные, хорошо или средне окультуренные с нейтральной или слабокислой реакцией, предшественник – пар. Образцы сеяли селекционной сеялкой, из расчета 400 всхожих зерен на 1 м<sup>2</sup>, в двухкратной повторности в оптимальные для озимой ржи сроки. Уборка проводилась в фазу полной спелости. Фенологические наблюдения, оценки и учеты проводили в соответствии с методическими ука-

заниями ВИР [8]. Математическую обработку с целью выявления существенных различий проводили методом дисперсионного анализа [9]. Расчет показателей адаптивности проводили, вычисляя величину стабильности ( $\sigma d^2$ ), пластичности ( $b_i$ ), индекс условий среды ( $l_i$ ), которые определяли по S.A. Eberhart, W.A. Russell (1966) [10], индекс экологической пластичности (O) – по Д.И. Баранскому (1926) [11], коэффициент мультипликативности ( $a_i$ ) – по В.А. Драгавцеву и др., (1984) [12], показатель интенсивности (И) – по Р.А. Удачину и др., (1990) [13], индекс экологической пластичности (И.Э.П.) – по А.А. Грязнову (1996) [14], коэффициент адаптивности (К.А.) – по Л.А. Животкову и др. (1994) [15], экваленту ( $W_i$ ) – по С. Wrike (1962) [16], индекс стабильности (ИС) – по В.В. Хангильдин (1980) [17], показатель уровня стабильности (Пусс) – по Е.Д. Неттевичу и др. (1985) [18], показатель относительной способности ( $St^2$ ), критерий стабильности (A) – по Н.А. Соболеву (1980) [19], генотипический эффект ( $\epsilon_i$ ) – по Б.П. Гурьеву (1981) [20], коэффициент вариации (V) – по Б.А. Доспехову (2014) [9].

**Результаты и их обсуждение.** Водный и температурный режим в годы изучения имели различные параметры в период выращивания ржи, что дало возможность осуществить объединенную оценку приспособительных свойств коллекционных образцов ржи (табл. 1).

Таблица 1

**Характеристика метеорологических условий**

Год	Месяц	Сумма осадков, мм			Среднесуточная температура воздуха, °С		
		Средне-многолетняя	Сумма за месяц	В процентах от нормы	Средне-многолетняя	Средняя за месяц	Отклонение от нормы
1	2	3	4	5	6	7	8
2018	Май	46	13,7	29,8	11,3	14,3	+3
	Июнь	71	23,1	32,5	15,7	16,1	+0,4
	Июль	79	95,8	121,3	18,8	20,9	+2,1
	Август	83	78,7	94,8	16,9	19,2	+2,3
2019	Май	46	73	158,7	11,3	12,1	+0,8
	Июнь	71	23	32,4	15,7	18,7	+3,0
	Июль	79	93	117,7	18,8	16,6	-2,1
	Август	83	49	59,3	16,9	17,0	+0,01
2020	Май	46	25	54,3	11,3	10,0	-1,3
	Июнь	71	66	92,9	15,7	19,1	+3,4
	Июль	79	94	119	18,8	17,6	-1,2
	Август	83	104	125,3	16,9	17,2	-0,3

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
2021	Май	47	139,4	296,5	11,5	12,1	-0,02
	Июнь	69	22,1	32,0	16,1	21,4	+5,3
	Июль	84	50,3	59,9	19,3	23,1	+3,8
	Август	87	135,1	155,3	17,4	16,9	-0,5

В 2018 г. температура воздуха в течение всей вегетации превышала среднеголетние показатели при недостатке осадков в мае, июне, августе, что и привело к снижению уровня урожайности. В 2019 г. нехватка осадков и повышенная температура в июне, августе привела к еще более резкому снижению урожайности. Благоприятный температурный режим 2020 г. совпал с обильным выпадением осадков, что дало возможность хорошему развитию растений. В 2021 г. в мае и августе наблюдалась высокая

влагообеспеченность и благоприятные температурные условия, что способствовало получению высоких урожаев. Уровень благоприятности условий выращивания для сортов также позволяет оценить индекс условий среды ( $I_j$ ) и средний уровень урожайности за год выращивания ( $\bar{y}_j$ ). Неблагоприятные условия были отмечены в 2019 и 2018 гг. ( $I_j = -2,68$  и  $-1,62$ ;  $\bar{y}_j = 2,63$  и  $3,69$ ); благоприятные условия – 2020 и 2021 гг. ( $I_j = 2,32$  и  $1,98$ ;  $\bar{y}_j = 7,63$  и  $7,29$ ) (табл. 2).

Таблица 2

## Урожайность сортов озимой ржи в условиях Северо-Запада РФ

Номер каталога ВИР	Образец	Урожайность, т/га						± к стандарту	Процент к стандарту
		2017–2018	2018–2019	2019–2020	2020–2021	$\Sigma x_i$	Среднее		
11000	Ильмень (стандарт)	3,39	2,91	8,0	5,5	19,8	4,94	–	–
11640	Эра	3,94	3,86	7,5	7,1	22,4	5,59	+0,65	113,2
11868	Офелия	3,27	2,97	10,3	9,4	25,9	6,48	+1,55	131,4
11569	Ясельда	3,65	3,03	9,0	7,6	23,2	5,8	+0,88	117,9
11570	Зубровка	3,77	3,16	8,1	8,1	23,1	5,78	+0,85	117,2
11772	Зарница	4,92	1,73	8,9	7,0	22,5	5,64	+0,7	114,1
11773	Талисман	4,65	2,19	11,0	9,3	27,1	6,79	+1,85	137,5
11793	Нива	1,74	2,48	6,0	8,3	18,5	4,63	-0,31	93,8
11863	Восток	3,29	2,78	7,1	6,8	19,9	5,15	+0,21	104,3
11865	Лота	3,77	1,76	8,8	9,3	23,6	5,91	+0,97	119,7
11875	Зилант	4,21	2,64	7,5	9,1	23,4	5,86	+0,92	118,7
11832	Иртышская	3,13	2,88	8,5	7,3	21,8	5,45	+0,52	110,5
11867	Эврика	4,6	1,5	6,8	6,9	19,8	4,96	+0,02	100,4
11755	Ирина	3,68	3,04	7,8	7,5	22,0	5,5	+0,57	111,5
11880	Сигма	3,4	1,05	0,9	6,9	7,25	1,89	-3,1	36,5
P-2962	Рожь из Шотонэ	3,7	4,1	5,9	5,5	19,2	4,8	-1,06	78,5
$\Sigma Y_i$		59,4	42,08	122,1	116,6	84,97	339,9	–	–
Среднее $\bar{y}_j$		3,69	2,63	7,63	7,29	5,3	5,31	–	–
$I_j$		-1,62	-2,68	+2,32	+1,98	–	–	–	–
НСР <sub>0,5</sub>		0,7	0,6	1,9	1,7	–	–	–	–

В нашем исследовании средний урожай по набору изучаемых сортов ржи составил 5,3 т/га, он менялся от 1,89 т/га у сорта Сигма до 6,79 т/га у сорта Талисман. Максимальный уровень урожайности (11 т/га) в 2020 г. выявлен также у сорта Талисман, минимальный (0,9 т/га) в 2020 г. – у сорта Сигма. В среднем за годы изучения лучши-

ми по урожайности зерна были следующие сорта: Талисман – 6,79 т/га; Офелия – 6,48; Лота – 5,; Зилант – 5,86; Ясельда – 5,8; Зубровка – 5,78 т/га. В начале по итогам дисперсионного анализа определяется существенность связи сорт – условия среды (табл. 3).

Таблица 3

**Результаты двухфакторного дисперсионного анализа**

Источник вариации	SS	df	mS	Критерии Фишера		Доля вклада фактора, %
				F <sub>фактич.</sub>	F <sub>теорет.</sub>	
Общая	453,9	63	–	–	–	–
Годы (А)	305,3	3	101,8	59,9	2,84	67,3
Сорта (В)	73,1	15	4,88	2,87	2,0	16,1
Остаток	75,5	45	1,7	–	–	–

Примечание: SS – сумма квадратов; df – степень свободы; mS – средний квадрат.

В силу того, что условия года и изучаемые сорта оказывают достоверное, существенное влияние на уровень урожайности ( $F_{\text{фактич.}} \geq F_{\text{теорет.}}$ ); величину вклада 67,3 и 16,1 % соответственно). Разрешен переход к дальнейшему расчету показателей адаптивности.

Часто анализ пластичности определяют по коэффициенту регрессии ( $b_i$ ) и стабильности ( $\sigma_d^2$ ). Нами выделены высоко пластичные сорта ржи: Талисман, Офелия, Лота, Зарница, Ясельда ( $b_i = 1,6; 1,53; 1,47; 1,2; 1,15$  соответственно). С низкой стабильностью: Ирина, Восток, Эра, Зубровка ( $\sigma_d^2 = 0,02; 0,1; 0,15; 0,28$  соответственно) (табл. 4). Для характеристики уровня пластичности применяют также коэффициент мультипликативности ( $a_i$ ), индекс экологической пластичности (И.Э.П.), коэффициент адаптивности (К.А.), чем больше величина параметров этих коэффициентов, тем сильнее повышается уровень урожайности в благоприятных условиях возделывания. Высокая величина коэффициента мультипликативности отмечена у сортов Лота, Нива, Талисман, Офелия ( $a_i = 2,25-2,31$ ). Повышенная степень экологической пластичности (И.Э.П.) и уровень адаптивности (К.А.) была выявлена у сортов: Талисман, Офелия, Лота, Зилант, Ясельда и Зубровка (И.Э.П. = 1,28; 1,2; 1,11; 1,11; 1,1; 1,1), (К.А. = 1,284; 122,3; 111,0; 110,5; 109,4; 109,0).

Высокий уровень пластичности присущ сортам: Сигма ( $W_i = 27,9$ ), Талисман ( $W_i = 7,77$ ), Рожь из Шотонэ ( $W_i = 7,57$ ), Офелия ( $W_i = 5,67$ ), Нива ( $W_i = 5,61$ ). Высокая степень стабильности выявлена у сортов Ирина, Восток, Зубровка,

Иртышская, Ясельда, Эра, Зилант, Эврика, Зарница, Ильмень, Лота ( $W_i = 0, 08-4,75$ ).

С целью выявления пластичности зачастую применяют коэффициент экологической пластичности (О), предложенный Д.И. Баранским (1926). Чем больше этот параметр, тем чаще сорт способен формировать высокий уровень урожая в благоприятных условиях возделывания. Наибольшая пластичность характерна сортам: Рожь из Шотонэ (О = 4,2), Эра (О = 2,8), Иртышская (О = 2,3), Восток (О = 2,26), Ирина (О = 2,21), Зубровка (О = 2,16).

Установлено, что коэффициент интенсивности (И) активно используют при вычислении адаптивных свойств генотипа. По результатам расчетов установлено, что сорта Нива (И = 141,7 %), Сигма (И = 138,9 %), Лота (И = 127,6 %), Зарница (127,0 %) интенсивного типа. Группа полунтенсивного типа включает сорта: Талисман, Офелия, Зилант, Эврика, Иртышская, Ясельда (И = 119,3–103,0). Остальные изучаемые сорта включены в группу экстенсивных сортов.

Результаты расчетов показали, что сорта Рожь из Шотонэ, Эра, Зубровка, Иртышская, Ирина относятся к высокостабильным (ИС = 20,2–12,1), к стабильным отнесены сорта Зилант (ИС = 11,6), Восток (ИС = 11,6), Ясельда (ИС = 11,5), Талисман (ИС = 11,3), Офелия (ИС = 10,8), Ильмень (ИС = 10,6), Зарница (ИС = 10,4). К нестабильным: Эврика (ИС = 9,7), Лота (ИС = 9,4), Нива (ИС = 6,98), Сигма (ИС = 2,8).

Величина экологической пластичности и стабильности диплоидных сортов озимой ржи

Параметр пластичности и стабильности	Сорт озимой ржи														Сигма	Рожь из Шотландии
	Ильмень	Эра	Офелия	Ясельда	Зубровка	Зарница	Талисман	Нива	Восток	Лота	Элант	Иртышская	Эврика	Ирина		
bi	0,85	0,80	1,53	1,15	1,06	1,2	1,60	1,1	0,90	1,47	1,14	1,11	0,94	0,99	0,13	0,60
O	2,1	2,8	1,77	1,98	2,16	1,83	1,67	1,51	2,26	1,6	1,98	2,3	1,96	2,21	1,56	4,2
ai	1,91	1,75	2,25	2,05	1,97	2,13	2,25	2,26	1,8	2,31	2,03	2,08	2,0	1,95	1,38	1,66
I	103	65,7	113,1	103	85,5	127	119,3	141,7	83,9	127,6	110,2	103,1	108	81,1	138,9	45,8
И.Э.П.	0,93	1,05	1,2	1,1	1,1	1,06	1,28	0,87	0,97	1,11	1,11	1,03	0,93	1,04	0,34	0,90
К.А.	93,2	105,5	122,3	109,4	109,0	106,4	128,4	87,3	97,2	111,0	110,5	102,8	93,6	103,8	33,9	90,5
Wi	3,87	1,29	5,67	1,11	0,82	3,55	7,77	5,61	0,41	4,75	2,34	1,05	2,47	0,08	27,9	7,57
ИС	10,6	15,9	10,8	11,5	12,5	10,4	11,3	6,98	11,6	9,4	11,6	12,5	9,7	12,1	2,8	20,2
Сd <sup>2</sup>	1,21	0,15	0,48	2,23	0,28	0,80	0,49	2,74	0,10	0,73	1,03	1,2	1,3	0,02	2,43	0,59
Пусс	100	170,5	134,3	128	111,3	110,6	148,2	62,2	115,3	106,7	130,9	131,8	92,9	128,6	9,7	179,6
St <sup>2</sup>	0,77	0,88	0,64	0,75	0,78	0,70	0,64	0,56	0,80	0,60	0,75	0,81	0,74	0,79	0,60	0,94
A	4,35	5,23	5,17	5,01	5,11	4,73	5,43	3,5	4,61	4,59	5,06	4,9	4,3	4,9	1,4	4,7
εi	-0,36	0,29	1,18	0,5	0,48	0,34	1,49	-0,67	-0,14	0,6	0,53	0,15	-0,34	0,2	-3,5	-0,5
V	47,0	35,3	60,2	50,5	57,8	54,4	59,9	66,4	41,3	63,0	50,5	43,4	51,0	45,3	63,7	24,7

Примечание: bi – коэффициент регрессии; O – индекс экологической пластичности; ai – коэффициент мультипликативности; И – показатель интенсивности; И.Э.П. – индекс экологической пластичности; К.А. – коэффициент адаптивности; Wi – эквалента; ИС – индекс стабильности; Сd<sup>2</sup> – показатель стабильности; Пусс – показатель уровня стабильности сортов; St<sup>2</sup> – величина относительной стабильности; A – критерий стабильности; εi – генотипический эффект; V – коэффициент вариации.

Показатель Пусс – характеризует отзывчивость образца на улучшение условий возделывания, способность при их ухудшении удерживать достаточно высокий уровень стабильности. Чем больше степень этого показателя, тем сорт стабильнее. Достоверно превысили стандартный сорт по этому показателю сорта: Рожь из Шотонэ, Эра, Талисман, Офелия, Иртышская, Зилант, Ирина, Ясельда, Восток, Зубровка, Зарница, Лота (Пусс = 179,6; 170,5; 148,2; 128,6; 128,3; 115,3; 111,3; 110,6; 106,7 % соответственно).

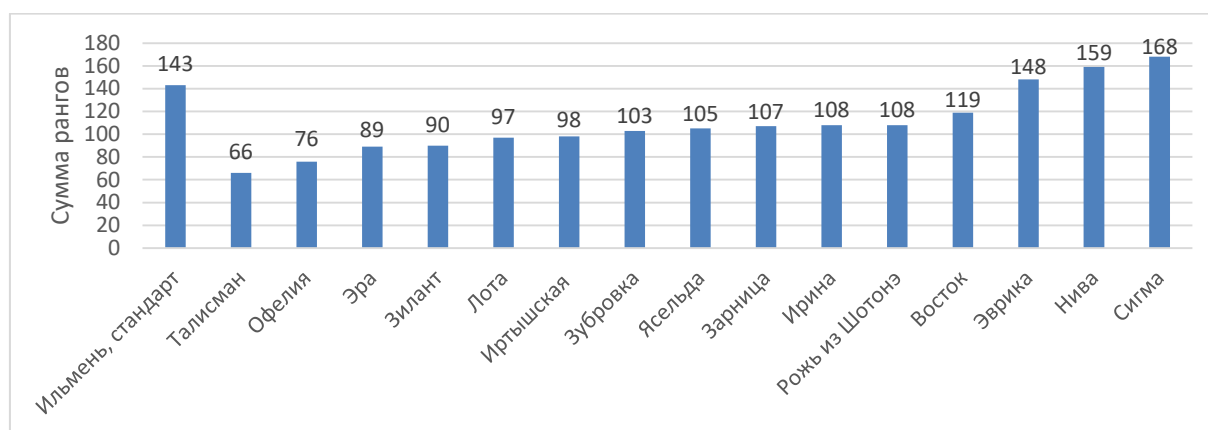
Генотипический эффект ( $\epsilon_i$ ) – дает возможность определить степень стабильности. Высокий уровень стабильности характерен сортам: Талисман ( $\epsilon_i = 1,49$ ), Офелия ( $\epsilon_i = 1,18$ ), Лота ( $\epsilon_i = 0,4$ ), Зилант ( $\epsilon_i = 0,53$ ), Ясельда ( $\epsilon_i = 0,5$ ), Зубровка ( $\epsilon_i = 0,48$ ), Зарница ( $\epsilon_i = 0,34$ ).

Коэффициент вариации ( $V$ ) часто применяется для выявления величины изменчивости и классификации вариабельности выборки, при  $V \leq 10\%$  – незначительная изменчивость, при  $10\% \leq V \leq 20\%$  – средняя изменчивость, при

$V \geq 20\%$  – низкая изменчивость. В нашем экологическом изучении все сорта отнесены в третью группу, т. е. с низкой изменчивостью.

Н.А. Соболев (1980) для расчета стабильности рекомендует использовать два показателя: первый показатель ( $St^2$ ) – относительная стабильность, этот признак меняется от 0 до 1, и чем он выше, тем выше уровень стабильности. По этому показателю выделились сорта: Рожь из Шотонэ, Эра, Иртышская, Восток, Ирина, Зубровка ( $St^2 = 0,94-0,78$ ). Второй показатель – это критерий стабильности ( $A$ ), с увеличением данного показателя увеличивается и уровень стабильности, что свойственно сортам: Талисман (5,43), Эра (5,23), Офелия (5,17), Зубровка (5,11), Зилант (5,06), Ясельда (5,01).

Для всесторонней и достоверной оценки и получения полной информации необходимо применить положение ранжирования сортов по параметрам стабильности и пластичности и проводить оценку сортов по сумме рангов, полученной каждым из них (рис.).



Характеристика сортов ржи диплоидной по сумме рангов

При этом надлежит помнить, что 1-й ранг – самый высокий, а 16-й ранг – самый низкий. На основании полученной информации наиболее адаптивными являются сорта ржи: Талисман ( $\Sigma p. = 66$ ); Офелия ( $\Sigma p. = 76$ ); Эра ( $\Sigma p. = 89$ ); Зилант ( $\Sigma p. = 90$ ); Лота ( $\Sigma p. = 97$ ); Иртышская ( $\Sigma p. = 98$ ).

### Заключение

1. Средняя урожайность по изученным сортам за период исследования 2018–2021 гг. составила 5,3 т/га. Высокий уровень урожайности отмечен в 2020 и 2021 гг. (5,9 и 5,5 т/га соответ-

ственно) при положительном индексе условий ( $I_j = +2,32; +1,98$ ).

2. Превысили стандарт Ильмень по урожайности сорта: Талисман (137,5 %), Офелия (131,4), Лота (119,7), Зилант (118,7), Ясельда (117,9), Зубровка (117,2), Зарница (114,1), Эра (113,2), Иртышская (110,5 %).

3. На формирование урожайности доля влияния фактора «год» составила 67,3 %, а фактора «сорт» – 16,1 %.

4. Наиболее адаптивными по урожайности из изученного набора выделились сорта: Талисман, Офелия, Эра, Зилант, Лота, Иртышская, Зубровка, Ясельда, – которые могут быть использованы в селекционном процессе при

создании экологически пластичных сортов для Северо-Западного региона.

#### Список источников

1. Галимов К.А. Оценка экологической стабильности и пластичности коллекционных образцов озимой ржи // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 33 (3). С. 37–41. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10309.
2. Пономарева М.Л., Пономарев С.Н., Тагиров М.Ш. Динамика факторов производства и использование зерна ржи в РФ и Республике Татарстан // Земледелие. 2014;(8): 6–9.
3. Посевные площади, валовые сборы и урожайность ржи в России. Агровестник; 2020. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/posevnye-ploshchadi-valovyesbory-i-urozhajnost-rzhi-v-rossii> (дата обращения: 03.04.2020).
4. Экологическая пластичность и стабильность сортов озимой ржи по регенерационной способности и урожайности в Кировской области / Е.С. Парфенов [и др.] // Владимирский земледелец. 2019. № 1. С. 39–43. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10053.
5. Мелехина Т.С., Пинчук Л.Г. Экологическая пластичность сортов озимой ржи по урожайности и качеству зерна в условиях Юго-Востока Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 29 (5). С. 15–17.
6. Создание низкопентозановой ржи и возможности ее использования на корм животных / В.Д. Кобылянский [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. Т. 178, № 1. С. 31–40.
7. Кобылянский В.Д., Солодухина О.В., Никонорова И.М. Морфологические особенности низкопентозанового зерна ржи // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182, № 2. С. 123–130. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-123-130.
8. Изучение и сохранение мировой коллекции ржи: метод. указания / сост. В.Д. Кобылянский [и др.]. СПб.: ВИР, 2015.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. М.: Альянс, 2014.
10. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. 1966; 6(1):36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.
11. Баранский Д.И. Экологическая пластичность и ее роль в процессе перерождения сортосмеси // Бигрум Селекционер. Бигги-ри-станция Одесского метрополитена. 1926. Вып. 2. С. 81–91.
12. Драгавцев В.А., Цильке В.А., Рейтер Б.Г. Генетика признаков продуктивности яровой пшеницы в Западной Сибири. Новосибирск: Наука; 1984.
13. Удачин Р.А., Головченко А.П. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы // Селекция и семеноводство. 1990. № 5. С. 2–6.
14. Грязнов А.А. Карабалыкский ячмень. Кустанай, 1996. 448 с.
15. 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.
16. Wricke C. Under line method zur Ertassung der ecologischen Strenbreite in Feldversuchen // Z. Pflanzenerziehung. 1962. Vol. 47, N 1. P. 92–96.
17. Хангильдин В.В., Никонов В.И., Шаяхметов И.Ф. Комбинационная способность и гомеостатичность сортов яровой мягкой пшеницы // Научно-технический бюллетень ВГСИ. 1980. № 4. С. 9–14.
18. 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.
19. Соболев Н.А. Проблема отбора и оценки селекционного материала. Киев, 1980. С. 100–106.
20. Методические рекомендации по экологическому сортоиспытанию кукурузы / Б.П. Гурьев [и др.]; УНИИРСИГ. Харьков, 1981. С. 32.

#### References

1. Galimov K.A. Ocenka `ekologicheskoy stabilnosti i plastichnosti kollektionnyh obrazcov ozimoy rzhi // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2019. № 33 (3). S. 37–41. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10309.
2. Ponomareva M.L., Ponomarev S.N., Tagirov M.Sh. Dinamika faktorov proizvodstva i ispol'zovanie zerna rzhi v RF i Respublike Tatarstan // Zemledelie. 2014;(8): 6–9.
3. Posevnye ploschadi, valovye sbory i urozhajnost' rzhi v Rossii. Agrovestnik; 2020. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/posevnye-ploshchadi-valovyesbory-i-urozhaj>



- nost-rzhi-v-rossii (data obrascheniya: 03.04.2020).
4. 'Ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' sortov ozimoy rzhi po regeneracionnoj sposobnosti i urozhajnosti v Kirovskoj oblasti / E.S. Parfenov [i dr.] // Vladimirskij zemledec. 2019. № 1. S. 39–43. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10053.
  5. Melehina T.S., Pinchuk L.G. 'Ekologicheskaya plastichnost' sortov ozimoy rzhi po urozhajnosti i kachestvu zerna v usloviyah Yugo-Vostoka Zapadnoj Sibiri // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2015. № 29 (5). S. 15–17.
  6. Sozdanie nizkopentozanovoj rzhi i vozmozhnosti ee ispol'zovaniya na korm zhivotnyh / V.D. Kobylyanskij [i dr.] // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2017. T. 178, № 1. S. 31–40.
  7. Kobylyanskij V.D., Soloduhina O.V., Nikonorova I.M. Morfologicheskie osobennosti nizkopentozanovogo zerna rzhi // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2021. T. 182, № 2. S. 123–130. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-123-130.
  8. Izuchenie i sohranenie mirovoj kolekcii rzhi: metod. Ukazaniya / sost. V.D. Kobylyanskij [i dr.]. SPb.: VIR, 2015.
  9. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). 5-e izd. M.: Al'yans, 2014.
  10. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966; 6(1):36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.
  11. Baranskij D.I. 'Ekologicheskaya plastichnost' i ee rol' v processe pererazhdeniya sortov // Bigrum Selektioner. Biggiri-stanciya Odesskogo metropolitena. 1926. Vyp. 2. S. 81–91.
  12. Dragavcev V.A., Cil'ke V.A., Rejter B.G. Genetika priznakov produktivnosti yarovoj pshenicy v Zapadnoj Sibiri. Novosibirsk: Nauka; 1984.
  13. Udachin R.A., Golovchenko A.P. Metodika ocenki 'ekologicheskoy plastichnosti sortov pshenicy // Selekcija i semenovodstvo. 1990. № 5. S. 2–6.
  14. Gryaznov A.A. Karabalykskij yachmen'. Kustanaj, 1996. 448 s.
  15. Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekatueva L.I. Metodiki vyavleniya potencial'noj produktivnosti i adaptivnosti sortov i selekcionnyh form ozimoy pshenicy po pokazatelyu «urozhajnosti» // Selekcija i semenovodstvo. 2014. № 2. S. 2–6.
  16. Wricke C. Under line method zur Ertassung der ecologischen Strenbreite in Feldversuchen // Z. Pflanzenernahrung. 1962. Vol. 47, N 1. P. 92–96.
  17. Hangil'din V.V., Nikonov V.I., Shayahmetov I.F. Kombinacionnaya sposobnost' i gomeostatichnost' sortov yarovoj myagkoj pshenicy // Nauchno-tehnicheskij byulleten' VGSI. 1980. № 4. S. 9–14.
  18. 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.
  19. Sobolev N.A. Problema otbora i ocenki selekcionnogo materiala. Kiev, 1980. S. 100–106.
  20. Metodicheskie rekomendacii po 'ekologicheskomu sortoispytaniyu kukuruzy / B.P. Gur'ev [i dr.]; UNII RSiG. Har'kov, 1981. S. 32.

Статья принята к публикации 30.11.2021 / The article accepted for publication 30.11.2021.

Информация об авторах:

**Ирина Владимировна Сафонова**, старший научный сотрудник отдела генетических ресурсов овса, ржи и ячменя, кандидат сельскохозяйственных наук

**Николай Иванович Аниськов**, старший научный сотрудник отдела генетических ресурсов овса, ржи и ячменя, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Information about the authors:

**Irina Vladimirovna Safonova**, Senior Researcher, Department of Genetic Resources of Oats, Rye and Barley, Candidate of Agricultural Sciences

**Nikolay Ivanovich Aniskov**, Senior Researcher, Department of Genetic Resources of Oats, Rye and Barley, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher