

Значимость комплексной оценки селекционных индексов и параметров стрессоустойчивости сортов озимой ржи

И. В. Сафонова[✉], Н. И. Аниськов¹

¹Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

[✉]E-mail: isafonova@vir.nw.ru

Аннотация. Среди зерновых культур озимая рожь – одна из востребованных, хорошо приспособленных к условиям Северо-Запада. В настоящее время большая часть селекционеров применяет различные селекционные индексы в совокупности с определением стрессоустойчивости. **Цель** настоящей работы – изучить коллекционные образцы озимой ржи по урожайности и элементам структуры продуктивности и выделить наиболее адаптивные для селекции в условиях Северо-Западного региона. **Методы.** Экспериментальная часть выполнялась в течение 2018–2021 гг. на опытном участке ВИР, расположенном в Северо-Западном регионе. Определены: мексиканский индекс (M_x), канадский индекс (K_r), индекс линейной плотности колоса (ЛПК), индекс продуктивности растений (ИПР), финско-скандинавский индекс (FSj), индекс перспективности (J.P.), индекс отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе (j). Вычисление параметров стрессоустойчивости проводили, используя следующие показатели: устойчивость к стрессу ($Y_{min} - Y_{max}$), генетическая гибкость $(Y_{min} + Y_{max})/2$, стабильность сорта (Y_{min}/Y_{max}), коэффициент стрессоустойчивости ($K_{ст}$) определяли по А. А. Быкову. **Результаты.** Лучшие условия для формирования урожайности были в 2020 и 2021 г. ($I_j = +2,03; +1,8$). 2018 и 2019 г. – неблагоприятные ($I_j = -1,3; -2,5$). Максимальный урожай получен в 2020 г. у диплоидных сортов ржи Офелия (10,3 т/га) и Ясельда (9,0 т/га), у тетраплоидного сорта Сибирь 4. Результаты проведенных исследований показали, что наибольшее преимущество имеют сорта Сибирь (Σ ранг = 41), Эврика (Σ ранг = 55), Ильмень (Σ ранг = 55), Офелия (Σ ранг = 56), Сибирь 4 (Σ ранг = 58), Веросим (Σ ранг = 59). **Научная новизна** заключается в исследовании 12 сортов озимой ржи (7 диплоидной и 5 тетраплоидной). Благодаря проведенной оценке они разделены по реакции сортов на условия внешней среды на стрессоустойчивые и стрессонеустойчивые.

Ключевые слова: озимая рожь, сортообразец, урожайность, селекционные индексы, стрессоустойчивость, ранг, адаптивность.

Для цитирования: Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Значимость комплексной оценки селекционных индексов и параметров стрессоустойчивости сортов озимой ржи // Аграрный вестник Урала. 2022. № 06 (221). С. 16–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-16-26.

Дата поступления статьи: 05.04.2022, **дата рецензирования:** 15.04.2022, **дата принятия:** 27.04.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Озимая рожь – ценная в агротехническом плане зерновая культура России, которая имеет много достоинств по сравнению с другими культурами. Основное из них – способность формировать рентабельные урожаи на любых почвах и экстремальных условиях большинства регионов страны [1, с. 3–9]. Эта способность является желательным признаком. Факторы, оказывающие влияние на реакцию сортов, меняются как во времени (годы), так и в пространстве. При выведении и внедрении сортов, адаптированных к местным условиям, возникает проблема отобрать генотипы ржи, предпочтитель-

ные по основным хозяйственно-ценным показателям в разных условиях возделывания. Выбор по фенотипу был и остается в настоящее время наиболее распространенным методом по своей простоте и достаточной эффективности. Повышению результативности этой работы по показателю урожайности в селекционном процессе способствует использование селекционных индексов [2, с. 7; 3, с. 36; 4, с. 42]. Информационная ценность этих показателей напрямую зависит от среды, в которой выполняется отбор (недостаток или избыток влаги, повышенная температура воздуха, болезни и т. д.). Растения во время реализации своей генетической

программы показывают разнообразную реакцию разных признаков на изменение условий периода вегетации [5, с. 101; 6, с. 129; 7, с. 48]. Это во многом зависит от действия лимитирующих факторов на компоненты индекса. Индексы используются практически на всех этапах селекционного процесса [8, с. 12; 9, с. 322; 10, с. 11–18]. Они могут быть использованы для одновременной селекции по нескольким признакам или повышенной эффективности отбора по одному признаку [11, с. 535]. В настоящее время известны и применяются различные селекционные индексы, но существующие мнения по поводу их достоверности, информативности и применению различаются. Преимущества индексов перед абсолютными величинами заключается в установлении какой-либо закономерности между этими величинами и уменьшении влияния факторов среды на проявление хороших генотипов [12, с. 275].

Оценка по продуктивности сохраняет свое значение как на ранних этапах селекционного процесса, когда отбираются элитные растения и испытывается их потомство, так и позднее, когда появляется возможность определять урожайность селекционных номеров. Для оценки зерновой продуктивности актуален поиск метода, по которому наиболее полно и объективно можно осуществлять отбор высокопродуктивных растений. Более всего под такой критерий подходят селекционные индексы или индексы отбора, интегрированные показатели комплексной оценки продуктивности, отражающие закономерности между продуктивностью и признаками растения или между отдельными компонентами, участвующими в формировании урожая. Преимущество отбора по индексам заключается в возможности оценивать селекционный материал не по одному признаку, а по совокупности признаков, тесно взаимосвязанных с параметрами продуктивности [13, с. 27]. Ценность адаптивных сортов зависит не только от абсолютных значений урожайности, но и в значительной степени от экологической пластичности, т. е. способности в широком диапазоне почвенно-климатических условий формировать продуктивность, близкую к потенциальной, обладать устойчивостью к болезням и повреждениям вредителями, способностью быстро реагировать на улучшение условий выращивания [14, с. 71]. Для оценки на адаптивность (ряда приспособительных свойств организма) и отбора ценного исходного селекционного материала используют набор методик, позволяющих установить достоверность наблюдаемых различий и получить необходимую информацию о потенциальной продуктивности и экологической пластичности растений. Следует учитывать, что оценка параметров устойчивости отчасти относительна, т. к. зависит от набора анализируемых сортов и может иметь иное абсолютное значение при сравнении с другими сортообразцами. Для иденти-

фикации механизмов пластичности и стабильности новых генотипов необходимо ориентироваться на известные сорта, обладающие разными типами устойчивости и пластичности, чаще всего это хорошо зарекомендовавшие себя районированные сорта. Цель исследований – изучить коллекционные образцы озимой ржи по урожайности и элементам структуры продуктивности и выделить наиболее адаптивные для селекции в условиях Северо-Западного региона.

Методология и методы исследования (Methods)

В ВИР с 2018 по 2021 гг. на опытных полях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» проводили сортоиспытание 12 образцов диплоидной и тетраплоидной озимой ржи [15, с. 153]. Почвы опытного участка дерново-подзолистые, легкосуглинистые, супесчаные, среднекультурные, предшественник – чистый пар. В Северо-Западном регионе сроки посева озимой ржи – с 25 августа по 5 сентября. Изучаемые образцы были заложены в эти же оптимальные сроки. Их высевали селекционной сеялкой ССФК-7 из расчета 400 всхожих зерен на 1 м². Площадь делянки – 2 м², повторность двукратная. Осенью появились дружные всходы, полевая всхожесть изучаемых образцов составила 90–95 %. Весной после схода снега в годы изучения рожь хорошо перезимовала, у диплоидных сортов зимостойкость составила 80–85 %, а у тетраплоидных 70–80 %. Весной посева подкармливали полным минеральным удобрением (NPK), проводили рыхление и прополку делянок вручную. Дорожки обрабатывали механизированным мини-культиватором. Фенологические наблюдения, анализ элементов структуры урожая, оценки и учеты проводили в соответствии с методическими указаниями ВИР [16, с. 35]. Материалом исследований послужили данные структурного урожая и учета урожая в коллекционном питомнике. Для оценки «генотип – среда» нами были использованы селекционные индексы, которые наиболее часто используются в практике селекционного процесса большинства сельскохозяйственных культур:

1. Мексиканский индекс (M_x) – отношение массы зерна с колоса к высоте растений, см.
2. Канадский индекс (K_r) – отношение веса зерна колоса к длине колоса, см.
3. Индекс линейной плотности колоса (ЛПК) – отношение количества зерен в колосе к длине колоса, см.
4. Индекс продуктивности растений (ИПР) – отношение произведения количества зерен в колосе на вес зерна с колоса к длине колоса, см.
5. Финско-скандинавский индекс (FSj) – отношение количества зерен в колосе к высоте растений, см.
6. Индекс перспективности (J.P.) – отношение массы 1000 зерен к длине соломины, см.

Таблица 1
Гидротермический режим (Пушкин, 2018–2021 гг.)

Годы исследования	Температура, °С							
	Май		Июнь		Июль		Август	
	Средне-многолетние	Среднее за месяц	Средне-многолетние	Среднее за месяц	Средне-многолетние	Среднее за месяц	Средне-многолетние	Среднее за месяц
2018	11,3	14,3	15,7	16,1	18,8	20,9	16,9	19,2
2019	11,3	12,1	15,7	18,7	18,8	16,6	16,9	17,0
2020	11,3	10,0	15,7	19,1	18,8	17,6	16,9	17,2
2021	11,5	12,1	16,1	21,4	19,3	19,3	17,4	16,9
Сумма осадков, мм								
	Май		Июнь		Июль		Август	
	Средне-многолетние	Среднее за месяц	Средне-многолетние	Среднее за месяц	Средне-многолетние	Среднее за месяц	Средне-многолетние	Среднее за месяц
	2018	46	13,7	71	23,1	79	95,8	83
2019	46	73	71	23,0	79	93	83	49
2020	46	25	71	66	79	94	83	104
2021	47	139,4	69	22,1	84	50,3	87	135

Table 1
Hydrothermal regime (Pushkin, 2018–2021)

Years of research	Temperature, °C							
	May		June		July		August	
	Long-time average annual	Monthly average	Long-time average annual	Monthly average	Long-time average annual	Monthly average	Long-time average annual	Monthly average
2018	11.3	14.3	15.7	16.1	18.8	20.9	16.9	19.2
2019	11.3	12.1	15.7	18.7	18.8	16.6	16.9	17.0
2020	11.3	10.0	15.7	19.1	18.8	17.6	16.9	17.2
2021	11.5	12.1	16.1	21.4	19.3	19.3	17.4	16.9
Amount of precipitation, mm								
	May		June		July		August	
	Long-time average annual	Monthly average	Long-time average annual	Monthly average	Long-time average annual	Monthly average	Long-time average annual	Monthly average
	2018	46	13.7	71	23.1	79	95.8	83
2019	46	73	71	23.0	79	93	83	49
2020	46	25	71	66	79	94	83	104
2021	47	139.4	69	22.1	84	50.3	87	135

7. Индекс отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе (j).

Вычисление параметров адаптивности проводили, используя следующие показатели:

$$1. \text{ Устойчивость к стрессу} = Y_{min} - Y_{max} \quad (1),$$

где Y_{min} – минимальная урожайность, т/га;

Y_{max} – максимальная урожайность, т/га.

$$2. \text{ Компенсаторная способность} = (Y_{min} + Y_{max})/2. \quad (2)$$

$$3. \text{ Стабильность} = \frac{Y_{min}}{Y_{max}}. \quad (3)$$

4. А. А. Быков для характеристики сорта использует коэффициент стрессоустойчивости:

$$K_{cr} = \frac{\sum Y_{min}}{n} / \frac{\sum Y_{max}}{m}, \quad (4)$$

где K_{cr} – коэффициент стрессоустойчивости;

$\sum Y_{min}$ – сумма минимальных урожаев, не превышающих показатель средней урожайности, т/га;

$\sum Y_{max}$ – сумма максимальных урожаев, превышающих показатель средней урожайности;

n – количество лет с урожайностью ниже среднемноголетнего показателя;

m – количество лет с урожайностью выше среднемноголетнего показателя.

В годы закладки и проведения опыта гидротермический режим отличался от среднемноголетних значений как по сумме положительных температур, так и по распределению осадков в течении вегетации, пониженными температурами в мае и июне и повышенными в июле, августе (таблица 1).

Неравномерное выпадение осадков в мае, недостаток июне, превышение среднемноголетней нормы в июле и августе отмечались в 2018 г. Май 2019 г. был прохладным и дождливым, а в июне, июле, августе температура воздуха на уровне среднемноголетней. Недостаток влаги наблюдался в июне и августе. Агробиологические условия для роста, развития и формирования высокой продуктивности были более благоприятными в 2020 и 2021 гг.

Урожайность диплоидных и тетраплоидных сортов озимой ржи в условиях Северо-Западного региона (Пушкин, 2018–2021 гг.)

№ каталога ВИР	Название сорта	Урожайность, т/га						± к стандарту	% к стандарту
		2018	2019	2020	2021	Σ	Среднее		
Диплоидные сорта (Secale cereale v. vulgare Koern)									
11000	Ильмень	3,39	2,91	8,0	5,5	19,8	4,94	–	–
11868	Офелия	3,27	2,97	10,3	9,4	25,9	6,48	+0,65	113,2
11569	Ясельда	3,65	3,03	9,0	7,6	23,2	5,8	+1,55	131,4
11863	Восток	3,29	2,78	7,1	6,8	19,9	5,15	+0,88	117,9
11867	Эврика	4,6	1,5	6,8	6,9	19,8	4,96	+0,85	117,2
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	1,8	–3,1	36,5
Тетраплоидные сорта (Secale cereale v. nudipaleatum Kobyl.)									
11089	Верасень	2,65	1,75	6,7	6,9	18,0	4,5	–0,44	91,1
11869	Пламя	3,72	1,98	7,3	7,2	20,2	5,05	+0,11	102,2
11754	Сибирь	3,11	2,6	6,2	5,8	17,7	4,43	–0,51	89,7
11805	Сибирь 4	3,62	2,9	8,5	6,4	21,4	5,36	+0,42	108,5
11879	Веросим	3,61	1,08	3,2	2,1	10,0	2,5	–2,44	50,6
Σ Yi		42,0	27,59	81,8	79,0	230,0	4,79		
Среднее Yj		3,5	2,3	6,82	6,58	19,2			
Ij		–1,3	–2,5	+2,03	+1,8				

Table 2
Productivity of diploid and tetraploid varieties of winter rye in the conditions of the North-Western region (Pushkin, 2018–2021)

VIR catalog number	Name of the variety	Yield, t/ha						± to standard	% to standard
		2018	2019	2020	2021	Σ	Average		
Diploid varieties (Secale cereale v. vulgare Koern)									
11000	Il'men'	3.39	2.91	8.0	5.5	19.8	4.94	–	–
11868	Ofeliya	3.27	2.97	10.3	9.4	25.9	6.48	+0.65	113.2
11569	Yasel'da	3.65	3.03	9.0	7.6	23.2	5.8	+1.55	131.4
11863	Vostok	3.29	2.78	7.1	6.8	19.9	5.15	+0.88	117.9
11867	Evrika	4.6	1.5	6.8	6.9	19.8	4.96	+0.85	117.2
11755	Irina	3.68	3.04	7.8	7.5	22.0	5.5	+0.57	111.5
11880	Sigma	3.4	1.05	0.9	6.9	7.25	1.8	–3.1	36.5
Tetraploid varieties (Secale cereale v. nudipaleatum Kobyl.)									
11089	Verasen'	2.65	1.75	6.7	6.9	18.0	4.5	–0.44	91.1
11869	Plamya	3.72	1.98	7.3	7.2	20.2	5.05	+0.11	102.2
11754	Sibir'	3.11	2.6	6.2	5.8	17.7	4.43	–0.51	89.7
11805	Sibir'4	3.62	2.9	8.5	6.4	21.4	5.36	+0.42	108.5
11879	Verosim	3.61	1.08	3.2	2.1	10.0	2.5	–2.44	50.6
Σ Yi		42.0	27.59	81.8	79.0	230.0	4.79		
Average Yj		3.5	2.3	6.82	6.58	19.2			
Ij		–1.3	–2.5	+2.03	+1.8				

Результаты (Results)

Одним из приоритетных параметров, определяющих целесообразность возделывания сорта, является урожайность, которая напрямую зависит от биологических особенностей сорта, почвенно-климатических условий возделывания, степени приспособленности к совокупности отрицательных факторов произрастания и приемов технологии возделывания. Величина урожайности является результатом компромисса продуктивности и устойчивости к неблагоприятным факторам (таблица 2).

Более благоприятные условия для формирования урожайности были отмечены в 2020 и 2021 гг. ($J_j = +2,03; +1,8$). 2018 и 2019 гг. выдались неблагоприятными ($J_j = -1,3; -2,5$ соответственно). Наибольший уровень формирования зерна был выявлен в 2020 г. у диплоидных сортов: Офелия (10,3 т/га), Ясельда (9,0 т/га). У тетраплоидных –

Сибирь 4 (8,5 т/га). Низкая урожайность была отмечена в 2019 г. у сорта Сигма (1,05 т/га) и сорта тетраплоидной ржи Веросим (1,08 т/га).

В результате дисперсионного анализа [17, с. 300] выявлено значительное влияние экологического фона (годы) (46,7 %) и генотипического потенциала образцов (25,6 %) при уровне значимости 5 % ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{крит.}}$) (таблица 3). Эффективность различных селекционных программ по созданию адаптивных сортов по разным культурам достигается за счет использования различных селекционных индексов как маркеров продуктивности растений (таблица 4).

Мексиканский индекс (M_x) показывает способность соломины нести нагрузку колоса и устойчивость к полеганию. Более высокий M_x отмечен у образцов Офелия ($M_x = 0,023$), Эврика ($M_x = 0,022$), Ильмень ($M_x = 0,020$) (таблица 5).

Таблица 3
Результаты дисперсионного анализа урожайности коллекционных образцов озимой ржи в 2018–2021 гг.

Источник вариации	SS	Df	MS	F _{факт.}	F _{крит.}	Доля вклада, %
Общий	1347	47	–	–	–	–
Фактор А (среда)	526	3	208,6	17,7	8,6	46,7
Фактор В (генотип)	331,1	11	30,1	2,6	2,4	25,6
Остаток	390	33	10,8	–	–	–

Примечание. SS – сумма квадратов отклонений; Df – число степеней свободы; MS – средний квадрат; F_{факт.} – фактическое значение отношения Фишера; F_{крит.} – критическое значение отношений Фишера.

Table 3
The results of the variance analysis of the yield of collection samples of winter rye in 2018–2021

Source of variation	SS	Df	MS	F _{fact}	F _{critical}	The share of the contribution, %
General	1347	47	–	–	–	–
Factor A (environment)	526	3	208.6	17.7	8.6	46.7
Factor B (genotype)	331.1	11	30.1	2.6	2.4	25.6
Remains	390	33	10.8	–	–	–

Note. SS – is the sum of squared deviations; Df – is the number of degrees of freedom; MS – is the mean square; F_{fact} is the actual value of the Fisher ratio; F_{critical} is the critical importance of Fischer's relationship.

Таблица 4
Элементы структуры урожая сортов озимой ржи (Пушкин, 2018–2021 гг.)

Сортообразец	Структура урожая				
	Высота растения, см	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Вес зерна с 1 колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Диплоидные сорта (Secale cereale v. vulgare Koern)					
Ильмень	166	15,3	76	3,4	36,7
Офелия	148	12,2	71	3,4	35,9
Ясельда	161	9,7	60	2,6	35,2
Восток	150	11,8	76	2,0	33,7
Эврика	131	10,5	68	2,9	32,4
Ирина	153	10,7	70	1,9	32,4
Сигма	114	9,7	67	1,8	36,0
Тетраплоидные сорта (Secale cereale v. nudipaleatum Kobyl.)					
Верасень	149	10,2	71	1,7	44,8
Пламя	152	11,4	70	2,2	45,1
Сибирь	142	12,5	78	2,4	44,9
Сибирь 4	156	12,1	74	2,4	39,8
Веросим	133	12,6	77	2,0	43,6

Table 4
Elements of the yield structure of winter rye varieties (Pushkin, 2018–2021)

Variety sample	Crop structure				
	Plant height, cm	Ear length, cm	Number of grains per ear, pcs.	Grain weight from 1 ear, g	Weight of 1000 grains, g
Diploid varieties (Secale cereale v. vulgare Koern)					
<i>Il'men'</i>	166	15,3	76	3,4	36,7
<i>Ofeliya</i>	148	12,2	71	3,4	35,9
<i>Yasel'da</i>	161	9,7	60	2,6	35,2
<i>Vostok</i>	150	11,8	76	2,0	33,7
<i>Evrika</i>	131	10,5	68	2,9	32,4
<i>Irina</i>	153	10,7	70	1,9	32,4
<i>Sigma</i>	114	9,7	67	1,8	36,0
Tetraploid varieties (Secale cereale v. nudipaleatum Kobyl.)					
<i>Verasen'</i>	149	10,2	71	1,7	44,8
<i>Plamya</i>	152	11,4	70	2,2	45,1
<i>Sibir'</i>	142	12,5	78	2,4	44,9
<i>Sibir' 4</i>	156	12,1	74	2,4	39,8
<i>Verosim</i>	133	12,6	77	2,0	43,6

Канадский индекс (K₁) используют в зонах, где типична весенне-летняя засуха. Более высокая степень K₁ выявлена у сортов Офелия, Ясельда, Эврика, Ильмень: 0,28; 0,27; 0,27; 0,22 соответственно.

Линейная плотность колоса (ЛПК) меняется по годам. Более значимы по этому показателю сорта

Ирина, Верасень, Сигма, Эврика, Восток (ЛПК = 7,3...6,4).

Индекс продуктивности растений (ИПР) является более информативным критерием оценки в связи с тем, что для его расчета применяются три основных элемента продуктивности (длина колоса, число зерен

Таблица 5
Оценка сортообразцов озимой ржи различными селекционными индексами
(среднее за 2018–2021 гг.)

Сортообразец	Селекционные индексы						
	M_x	K_i	ЛПК	ИПР	FSj	J.P.	j
Диплоидные сорта (<i>Secale cereale v. vulgare</i> Koern)							
Ильмень	0,02	0,22	5,1	16,9	0,46	0,22	0,48
Офелия	0,023	0,28	5,7	19,8	0,46	0,24	0,50
Ясельда	0,016	0,27	5,0	16,1	0,37	0,21	0,59
Восток	0,013	0,17	6,4	12,9	0,51	0,23	0,44
Эврика	0,022	0,27	6,5	18,8	0,52	0,25	0,48
Ирина	0,012	0,18	7,3	12,4	0,46	0,21	0,46
Сигма	0,016	0,19	6,9	12,4	0,59	0,32	0,54
Тетраплоидные сорта (<i>Secale cereale v. nudipaleatum</i> Kobyl.)							
Верасень	0,011	0,17	7,0	11,8	0,48	0,30	0,63
Пламя	0,015	0,19	6,1	13,5	0,46	0,30	0,64
Сибирь	0,017	0,19	6,2	15,0	0,55	0,32	0,57
Сибирь 4	0,015	0,20	6,1	14,7	0,47	0,26	0,54
Веросим	0,015	0,16	6,2	12,2	0,58	0,33	0,57

Table 5
Evaluation of winter rye varieties by various breeding indices (average, 2018–2021)

Variety sample	Breeding indexes						
	M_x	K_i	Head linear density index	Plant productivity index	FSj	J.P.	j
Diploid varieties (<i>Secale cereale v. vulgare</i> Koern)							
<i>Il'men'</i>	0.02	0.22	5.1	16.9	0.46	0.22	0.48
<i>Ofeliya</i>	0.023	0.28	5.7	19.8	0.46	0.24	0.50
<i>Yasel'da</i>	0.016	0.27	5.0	16.1	0.37	0.21	0.59
<i>Vostok</i>	0.013	0.17	6.4	12.9	0.51	0.23	0.44
<i>Evrika</i>	0.022	0.27	6.5	18.8	0.52	0.25	0.48
<i>Irina</i>	0.012	0.18	7.3	12.4	0.46	0.21	0.46
<i>Sigma</i>	0.016	0.19	6.9	12.4	0.59	0.32	0.54
Tetraploid varieties (<i>Secale cereale v. nudipaleatum</i> Kobyl.)							
<i>Verasen'</i>	0.011	0.17	7.0	11.8	0.48	0.30	0.63
<i>Plamya</i>	0.015	0.19	6.1	13.5	0.46	0.30	0.64
<i>Sibir'</i>	0.017	0.19	6.2	15.0	0.55	0.32	0.57
<i>Sibir' 4</i>	0.015	0.20	6.1	14.7	0.47	0.26	0.54
<i>Verosim</i>	0.015	0.16	6.2	12.2	0.58	0.33	0.57

в колосе, масса зерна с 1 колоса). Высокое значение ИПР характерно образцам Офелия (19,8), Эврика (18,8), Ильмень (16,9), Ясельда (16,1), Сибирь (15,0).

Финско-скандинавский индекс (FSj) позволяет дать характеристику генотипа по зернообразующей способности. Высокий уровень данного параметра присущ образцам Сигма (0,59), Веросим (0,59), Сибирь (0,55), Эврика (0,52), Восток (0,51).

Индекс перспективности (J.P.) учитывает возможности стебля трансформировать пластические вещества в зерно. Селекционную ценность представляют образцы с более высокими показателями. Нами обращено внимание на сорта Верасень, Сибирь, Сигма, Пламя.

Чем выше индекс отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе (j), тем выше селекционная ценность сорта. Высокий уровень j характерен сортам Пламя, Верасень, Ясельда, Сибирь, Сигма, Сибирь 4, Офелия.

Основная особенность селекции на адаптивность – контроль стрессоустойчивости и стабильности сортов в процессе селекции. При этом следует иметь в виду, что экологически пластичными сортами будут генотипы, стабильно формирующие высокий уровень урожайности в разнообразных

погодных и агротехнических условиях [18, с. 12]. Важный параметр ценности сорта – устойчивость к стрессовым факторам среды, таким как засуха, переувлажнение, недостаток питания и другие. Считается, что чем выше устойчивость к экстремальным условиям среды и больше потенциальная продуктивность, тем лучше приспособлены сорта к местным условиям. Стрессоустойчивость рассчитывается как разность минимального (Y_{min}) и максимального (Y_{max}) урожая и имеет отрицательное значение. Чем меньше показатель, тем выше стрессоустойчивость. Высокая стрессоустойчивость характерна сортам озимой ржи Веросим (–2,53), Сибирь (–3,6), Ирина (–4,76), Восток (–4,32) (таблица 6).

Показатель генетическая гибкость ($(Y_{min} + Y_{max})/2$) отражает среднюю урожайность сорта в контрастных условиях. Чем он выше, тем выше степень соответствия между генотипом сорта и различными факторами среды. Максимальное соответствие присуще сортам Офелия, Ясельда, Ирина, Ильмень, Сибирь 4 (6,64; 6,01; 5,45; 5,45; 5,4 соответственно). Показатель стабильности $\frac{Y_{min}}{Y_{max}}$ характеризует степень варьирования урожая сорта. Более высокий уровень стабильности характерен сортам Сибирь (0,42), Ирина (0,39), Восток (0,39), Ильмень (0,36).

Таблица 6

Оценка образцов ржи по показателям генотипической изменчивости, стрессоустойчивости и гибкости (Пушкин, 2018–2021 гг.)

Агротехнологии

№ каталога ВИР	Название сорта	Стрессоустойчивость, генетическая гибкость				
		$Y_{min} - Y_{max}$	$(Y_{min} + Y_{max})/2$	$\frac{Y_{min}}{Y_{max}}$	$K_{ст.}$	$Y_{min}...Y_{max}$
Диплоидные сорта (<i>Secale cereale v. vulgare</i> Koern)						
11000	Ильмень	-5,1	5,45	0,36	0,47	2,9...8,0
11868	Офелия	-7,33	6,64	0,29	0,32	2,97...10,3
11569	Ясельда	-5,97	6,01	0,34	0,40	3,03...9,0
11863	Восток	-4,32	4,94	0,39	0,44	2,78...7,1
11867	Эврика	-5,4	4,2	0,22	0,45	1,5...6,9
11755	Ирина	-4,76	5,45	0,39	0,44	3,04...7,8
11880	Сигма	-6,85	3,97	0,15	0,19	1,05...6,9
Тетраплоидные сорта (<i>Secale cereale v. nudipaleatum</i> Kobyl.)						
11089	Верасень	-5,15	4,3	0,25	0,32	1,75...6,9
11869	Пламя	-5,38	4,25	0,27	0,39	1,98...7,3
11754	Сибирь	-3,6	4,4	0,42	0,48	2,6...6,2
11805	Сибирь 4	-5,6	5,4	0,34	0,44	2,9...8,5
11879	Веросим	-2,53	2,35	0,30	0,47	1,08...3,61

Table 6
Evaluation of rye samples by indicators of genotypic variability, stress resistance and flexibility (Pushkin, 2018–2021)

VIR catalog number	Name of the variety	Stress resistance, genetic flexibility				
		$Y_{min} - Y_{max}$	$(Y_{min} + Y_{max})/2$	$\frac{Y_{min}}{Y_{max}}$	Stress resistance coefficient	$Y_{min}...Y_{max}$
Diploid varieties (<i>Secale cereale v. vulgare</i> Koern)						
11000	<i>Il'men'</i>	-5.1	5.45	0.36	0.47	2.9...8.0
11868	<i>Ofeliya</i>	-7.33	6.64	0.29	0.32	2.97...10.3
11569	<i>Yasel'da</i>	-5.97	6.01	0.34	0.40	3.03...9.0
11863	<i>Vostok</i>	-4.32	4.94	0.39	0.44	2.78...7.1
11867	<i>Evrika</i>	-5.4	4.2	0.22	0.45	1.5...6.9
11755	<i>Irina</i>	-4.76	5.45	0.39	0.44	3.04...7.8
11880	<i>Sigma</i>	-6.85	3.97	0.15	0.19	1.05...6.9
Tetraploid varieties (<i>Secale cereale v. nudipaleatum</i> Kobyl.)						
11089	<i>Verasen'</i>	-5.15	4.3	0.25	0.32	1.75...6.9
11869	<i>Plamya</i>	-5.38	4.25	0.27	0.39	1.98...7.3
11754	<i>Sibir'</i>	-3.6	4.4	0.42	0.48	2.6...6.2
11805	<i>Sibir'4</i>	-5.6	5.4	0.34	0.44	2.9...8.5
11879	<i>Verosim</i>	-2.53	2.35	0.30	0.47	1.08...3.61

По мнению А. А. Быкова, стрессоустойчивость – это совокупность признаков, позволяющих сорту переносить длительное или мгновенное действие отрицательных условий возделывания [19, с. 60]. Для определения уровня этого показателя он предложил использовать поведение сорта в благоприятных и неблагоприятных условиях. Чем данный параметр выше, тем чаще генотип способен формировать высокий уровень урожайности. К группе высокострессоустойчивых сортов вошли Сибирь, Веросим, Ильмень, Эврика, Восток, Ирина, Сибирь 4 ($K_{ст.} = 0,48...0,44$). При практическом сравнении оценок селекционных индексов и показателей стрессоустойчивости довольно часто используется метод ранжирования сортов, и окончательная оценка проводится по сумме рангов. Считается, что сорта с меньшей суммой рангов более стрессоустойчивые. Ранжирование данного набора

изученных образцов показало преимущество сортов Сибирь, Эврика, Ильмень, Офелия, Сибирь 4, Веросим, Ясельда (рис. 1).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Максимальный уровень формирования зерна был в 2020 г. у диплоидных сортов Офелия (10,3 т/га), Ясельда (9,0 т/га), у тетраплоидного сорта Сибирь 4 (8,5 т/га); минимальный – в 2019 г. у сортов Сигма (1,05 т/га), Эврика (1,5 т/га), Веросим (1,08 т/га).

2. По результатам проведенного изучения нужно обратить пристальное внимание на применение мексиканского индекса (M_x), коэффициента стрессоустойчивости ($K_{ст.}$), индекса перспективности (J.P.), финско-скандинавского индекса (FSj), индекса отношений массы 1000 зерен к числу зерен (j), стабильности ($\frac{Y_{min}}{Y_{max}}$).

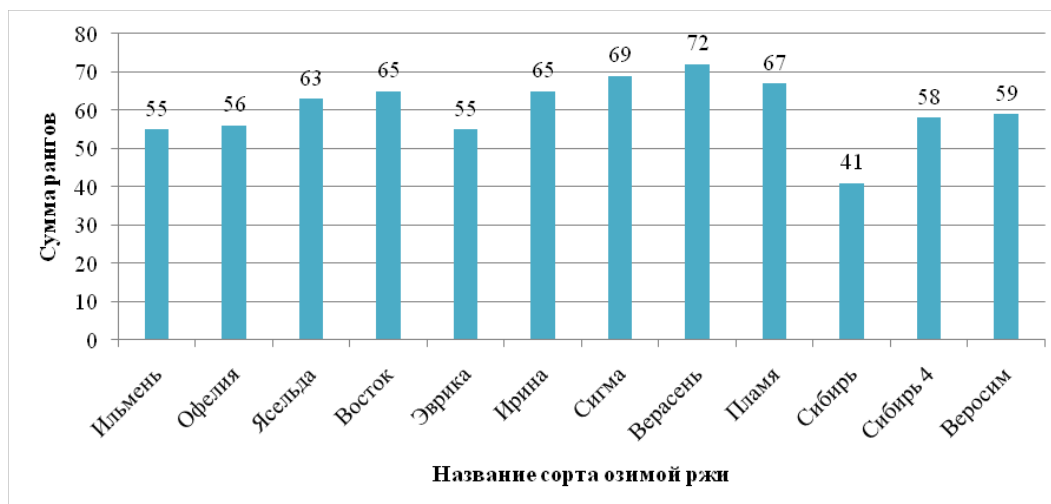


Рис. 1. Ранжирование сортов озимой ржи по селекционным индексам и стрессоустойчивости

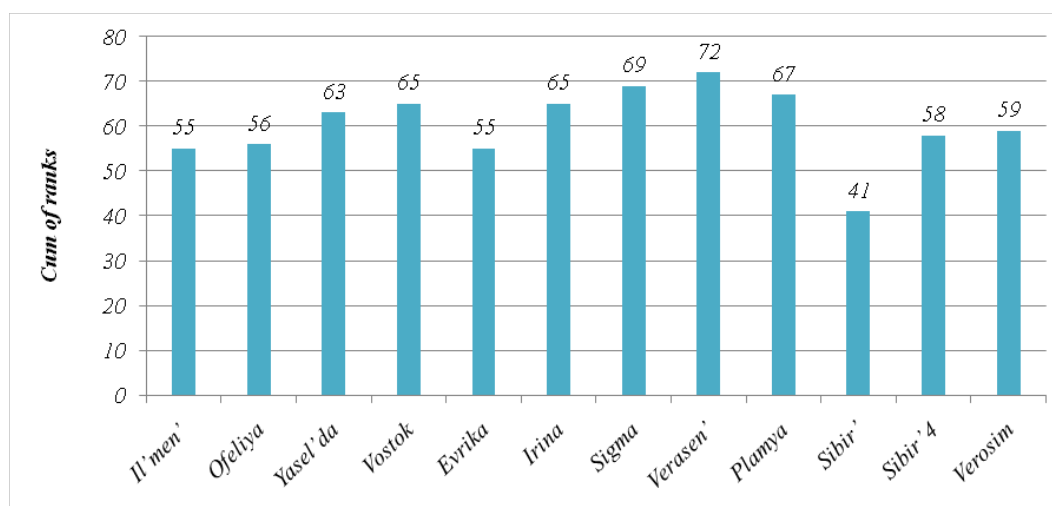


Fig. 1. Ranking of winter rye varieties by breeding indices and stress resistance

3. По сумме рангов в нашем исследовании высокой устойчивостью к варьирующим условиям Северо-Западного региона обладали сорта Сибирь (Σ рангов = 41), Эврика (55), Ильмень (55), Офелия (56), Сибирь 4 (58), Веросим (59).

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по про-

екту № 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».

Библиографический список

1. Гончаренко А. А., Макаров Л. В., Ермаков С. А., Семенова Т. В. [и др.] Экологическая устойчивость сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 3. С. 3–9. DOI: 10.31857/S2500-2627201933-9.
2. Čeh B., Štraus S., Hladnik A., Kušar A. Impact of Linseed Variety, Location and Production Year on Seed Yield, Oil Content and Composition [e-resource] // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 11. Article number 1770. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/11/1770> (date of reference: 31.03.2022). DOI: 10.3390/agronomy10111770.
3. Манукян И. Р., Басиева М. А. Использование селекционных индексов для оценки адаптивного потенциала коллекционных образцов озимой тритикале к условиям предгорной зоны Центрального Кавказа // Горное сельское хозяйство. 2018. № 2. С. 33–37.
4. Драгавцев В. А. Эколого-генетическая организация количественных признаков растений и теория селекционных индексов // Экологическая генетика культурных растений: сборник докладов на Школе молодых ученых по экологической генетике. Краснодар, 2021. С. 31–50.

5. Kiryluk A., Kostecka J. Pro-Environmental and Health-Promoting Grounds for Restitution of Flax (*Linum usitatissimum* L.) Cultivation // *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21. No. 7. Pp. 99–107.
6. Плиско Л. Г., Пакуль К. Н. Оценка селекционных линий яровой мягкой пшеницы // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017. № 12 (66). Ч. 3. С. 127–130.
7. Николаев П. Н., Юсова О. А., Васюкевич В. С., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Адаптивный потенциал сортов овса селекции Омского аграрного научного центра // *Вестник Новосибирского государственного аграрного университета*. 2019. № 1 (50). С. 42–51.
8. Мальцева Л. Т., Филиппова Е. А., Банникова Н. Ю. Реакция яровой мягкой пшеницы на засуху в лесостепи Зауралья // *Аграрный вестник Урала*. 2021. № 12 (215). С. 9–18. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-9-18.
9. 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.
10. Уткина Е. И., Кедрова Л. И. Зимостойкость озимой ржи: проблемы и решения // *Аграрная наука Северо-Востока*. 2018. № 62 (1). С. 11–18. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.11-18.
11. 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.
12. Шамсутдинов З. Ш., Косолапов В. М., Шамсутдинова Э. З., Благоразумова Н. З. О концепции экологической ниши и ее роли в практике конструирования адаптивных аридных пастбищных агросистем // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53. № 2. С. 270–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus.
13. Васильев А. А., Гасымов Ф. М. Экологическая пластичность сортов сливы в условиях Челябинской области // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019. Т. 180. № 2. С. 25–29. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-25-29.
14. Козубовская Г. В., Балакшина В. И. Урожайность многорядного ярового ячменя разновидностей *pallidum* в сухостепной зоне // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018. Т. 179. № 4. С. 67–73. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-4-67-73.
15. Сафонова И. В., Аниськов Н. И., Кобылянский В. Д. База данных генетических ресурсов коллекции озимой ржи ВИР как средство классификации генетического разнообразия, анализа истории коллекции и эффективного изучения и сохранения // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019. Т. 23. № 6. С. 150–156.
16. Кобылянский В. Д., Сафонова И. В., Солодухина О. В., Аниськов Н. И. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ржи. Санкт-Петербург: ВИР, 2015. 44 с.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований): учебник. Москва: Альянс, 2014. 351 с.
18. Сапега В. А. Генотип-средовое взаимодействие, урожайность и адаптивный потенциал сортов яровой пшеницы // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019. № 3. С. 10–15. DOI: 10.31857/S2500-26272019310-15.
19. Быков А. В. Морфо-биологические особенности и агроклиматический потенциал урожайности сортов BETA VULGARIS L., VAR CONDITIVA ALEF в Западной Сибири // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017. № 7. Ч. 2. С. 59–62. DOI: 10.23670/IRJ.2017.61.020.

Об авторах:

Ирина Владимировна Сафонова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0001-8138-930X, AuthorID 430608; isafonova@vir.nw.ru

Николай Иванович Аниськов¹, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7819-8286, AuthorID 260589; n.aniskov@vir.nw.ru

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

The importance of a comprehensive assessment of breeding indices and stress resistance parameters of winter rye varieties

I. V. Safonova^{1✉}, N. I. Aniskov¹

¹ Federal Research Center All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov, Saint Petersburg, Russia

✉E-mail: isafonova@vir.nw.ru

Abstract. Among grain crops, winter rye is one of the most popular crops, well adapted to the conditions of the North-West. Currently, most breeders use various selection indices in conjunction with the definition of stress resistance. **The purpose** is to study the collection samples of winter rye by yield and elements of the productivity structure and to identify the most adaptive for breeding in the conditions of the North-Western region. **Methods.** The experimental part was carried out at the VIR pilot site during 2018–2021 located in the North-Western region. The following were determined: Mexican index (Mx), Canadian index (Ki), linear ear density index (LPC), plant productivity index (IPR), Finnish-Scandinavian index (FSj), prospects index (J.P.), index of the ratio of the mass of 1000 grains to the number of grains in the ear (j). The calculation of stress resistance parameters was carried out using the following indicators: stress resistance ($Y_{\min} - Y_{\max}$), genetic flexibility $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$, stability of the variety (Y_{\min}/Y_{\max}), stress resistance coefficient (K_{st}) was determined by A. A. Bykov. **Results.** The best conditions for the formation of yields were in 2020 and 2021 ($I_j = +2.03; +1.8$). In 2018 and 2019 – unfavorable ($I_j = -1.3; -2.5$). The maximum yield was obtained in 2020 in diploid rye varieties: Ofeliya (10.3 t/ha) and Yasel'da (9.0 t/ha), in tetraploid varieties Sibir' 4. The results of these studies showed that the greatest advantage have variety: Sibir' (Σ rank = 41), Evrika (Σ rank = 55), Il'men' (Σ rank = 55), Ofeliya (Σ rank = 56), Sibir' 4 (Σ rank = 58), Verosim (Σ rank = 59). **Scientific novelty** lies in the study of 12 varieties – seven diploids and five tetraploid winter rye. Thanks to the evaluation of varieties, they are divided according to the reaction of varieties to the environmental condition, stress-resistant and non-resistant.

Keywords: winter rye, variety type, yield, breeding indices, stress resistance, rank, adaptability.

For citation: Safonova I. V., Aniskov N. I. Znachimost' kompleksnoy otsenki selektsionnykh indeksov i parametrov stressoustoychivosti sortov ozimoy rzhi [The significance of a comprehensive assessment of breeding indices and parameters of stress resistance of winter rye varieties] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 06 (221). Pp. 16–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-16-26. (In Russian.)

Date of paper submission: 05.04.2022, **date of review:** 15.04.2022, **date of acceptance:** 27.04.2022.

References

1. Goncharenko A. A., Makarov L. V., Ermakov S. A., Semenova T. V. et al. Ekologicheskaya ustoychivost' sortov ozimoy rzhi s razlichnym tipom korotkostebel'nosti [Ecological stability of winter rye varieties with different types of short] // Russian Agricultural Science. 2019. No. 3. Pp. 3–9. DOI: 10.31857/S2500-2627201933-9. (In Russian.)
2. Čeh B., Štraus S., Hladnik A., Kušar A. Impact of Linseed Variety, Location and Production Year on Seed Yield, Oil Content and Composition [e-resource] // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 11. Article number 1770. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/11/1770> (date of reference: 31.03.2022). DOI: 10.3390/agronomy10111770.
3. Manukyan I. R., Basieva M. A. Ispol'zovanie selektsionnykh indeksov dlya otsenki adaptivnogo potentsiala kolleksionnykh obraztsov ozimoy tritikale k usloviyam predgornoy zony Tsentral'nogo Kavkaza [The use of selection indices to assess the adaptive potential of collection samples with winter triticale to the conditions of the foothill zone of the Central Caucasus] // Mountain Agriculture. 2018. No. 2. Pp. 33–37. (In Russian.)
4. Dragavtsev V. A. Ekologo-geneticheskaya organizatsiya kolichestvennykh priznakov rasteniy i teoriya selektsionnykh indeksov [Ecological and genetic organization of quantitative signs of plants and theory of selection indices] // Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rasteniy: sbornik dokladov na Shkole molodykh uchenykh po ekologicheskoy genetike. Krasnodar, 2021. Pp. 31–50. (In Russian.)
5. Kiryluk A., Kostecka J. Pro-Environmental and Health-Promoting Grounds for Restitution of Flax (*Linum usitatissimum* L.) Cultivation // Journal of Ecological Engineering. 2020. Vol. 21. No. 7. Pp. 99–107.
6. Plisko L. G., Pakul' K. N. Otsenka selektsionnykh liniy yarovoy myagkoy pshenitsy [Evaluation of selection lines of spring soft wheat] // International Research Journal. 2017. No. 12 (66). Part 3. Pp. 127–130. (In Russian.)

7. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Vasyukevich V. S., Anis'kov N. I., Safonova I. V. Adaptivnyy potentsial sortov ovsy selektsii Omskogo agrarnogo nauchnogo tsentra [Adaptive potential of oat varieties bred by the Omsk Agrarian Research Center] // Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University. 2019. No. 1 (50). Pp. 42–51. (In Russian.)
8. Mal'tseva L. T., Filippova E. A., Bannikova N. Yu. Reaktsiya yarovoy myagkoy pshenitsy na zasukhu v lesostepi Zaural'ya [Reaction of spring soft wheat to drought in the forest-steppe of the Trans-Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 9–18. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-9-18. (In Russian.)
9. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N. Optimizatsiya parametrov kachestva zerna dlya selektsii ozimoy rzhi [Optimization of grain quality parameters for winter rye selection] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. Vol. 23. No. 3. Pp. 320–327. DOI: 10.18699 / VJ19.496. (In Russian.)
10. Utkina E. I., Kedrova L. I. Zimostoykost' ozimoy rzhi: problemy i resheniya [Winter hardiness winter rye: problems and solutions] // Agricultural Science Euro-North-East. 2018. Vol. 62 No. 1. Pp. 11–18. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.11-18. (In Russian.)
11. Syukov V. V., Zakharov V. G., Menibaev A. I., Ekologicheskaya selektsiya rasteniy: tipy i praktika [Environmental selection of plants: types and practice] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. Vol. 21. No. 5. Pp. 534–536. DOI: 10.18699/VJ17.270. (In Russian.)
12. Shamsutdinov Z. Sh., Kosolapov V. M., Shamsutdinova E. Z., Blagorazumova N. Z. O kontseptsii ekologicheskoy nishi i ee roli v praktike konstruirovaniya adaptivnykh aridnykh pastbishchnykh agrosistem [On the concept of ecological niche and its role in the practice of designing adaptive arid pasture agro-systems] // Agricultural Biology. 2018. Vol. 53. No. 2. Pp. 270–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus. (In Russian.)
13. Vasil'ev A. A., Gasymov F. M. Ekologicheskaya plastichnost' sortov slivy v usloviyakh Chelyabinskoy oblasti [Ecological plasticity of plum varieties in the conditions of the Chelyabinsk region] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. Vol. 180. No. 2. Pp. 25–29. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-25-29. (In Russian.)
14. Kozubovskaya G. V., Balakshina V. I. Urozhaynost' mnogoryadnogo yarovogo yachmenya raznovidnostey pallidum v sukhostepnoy zone [The yield of multi-rowed barley (var. pallidum) in the arid steppe zone] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2018. Vol. 179. No. 4. Pp. 67–73. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-4-67-73. (In Russian.)
15. Safonova I. V., Anis'kov N. I., Kobyl'yanskiy V. D. Baza dannykh geneticheskikh resursov kollektzii ozimoy rzhi VIR kak sredstvo klassifikatsii geneticheskogo raznoobraziya, analiza istorii kollektzii i effektivnogo izucheniya i sokhraneniya [Database of genetic resources of the VIR winter rye collection as a means of classifying genetic diversity, analyzing the history of the collection and effective study and conservation] // Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding. 2019. Vol. 23. No. 6. Pp. 150–156. DOI: 10.18699/VJ 19.552. (In Russian.)
16. Kobyl'yanskiy V. D., Safonova I. V., Solodukhina O. V., Anis'kov N. I. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sokhranenyu mirovoy kollektzii rzhi [Methodical instructions for the study and preservation of the global rye collection]. Saint Petersburg: VIR, 2015. 44 p. (In Russian.)
17. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki issledovaniy): uchebnik [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of studies): textbook]. Moscow: Al'yans, 2014. 351 p. (In Russian.)
18. Sapega V. A. Genotip-sredovoe vzaimodeystvie, urozhaynost' i adaptivnyy potentsial sortov yarovoy pshenitsy [Genotype-medium interaction, yield and adaptive potential of varieties of spring wheat] // Russian agricultural science. 2019. No. 3. Pp. 10–15. DOI: 10.31857 / S2500-26272019310-15. (In Russian.)
19. Bykov A. V. Morfo-biologicheskie osobennosti i agroklimaticheskyy potentsial urozhaynosti sortov VETA VULGARIS L., VAR CONDITIVA ALEF v Zapadnoy Sibiri [Morpho-biological features and agroclimatic potential of varieties of vet Vulgaris L., Var Conditiva Alef. In Western Siberia] // International Research Journal. 2017. No. 7. Ch. 2. Pp. 59–62. DOI: 10.23670/IRJ.2017.61.020.

Authors' information:

Irina V. Safonova¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0001-8138-930X, AuthorID 430608; isafonova@vir.nw.ru

Nikolay I. Aniskov¹, doctor of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-7819-8286, AuthorID 260589; n.aniskov@vir.nw.ru

¹ Federal Research Center All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov, Saint Petersburg, Russia