

Сравнительная оценка показателей пластичности, стабильности и гомеостатичности сортов озимой ржи селекции ВИР по признаку «масса 1000 зерен»

DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-56-63



УДК 631.527.14

Поступление/Received: 06.02.2020

Принято/Accepted: 21.09.2020

Н. И. АНИСЬКОВ, И. В. САФОНОВА*

N. I. ANISKOV, I. V. SAFONOVA*

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44
* i.safonova@vir.nw.ru

N.I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources,
42, 44 Bolshaya Morskaya Street,
St. Petersburg 190000, Russia
* i.safonova@vir.nw.ru

Актуальность. В России озимая рожь – культура, обеспечивающая питание людей и кормление животных. Несмотря на явные преимущества ржи (высокая зимостойкость и засухоустойчивость, способность произрастать в районах с бедными почвами и неблагоприятными климатическими условиями), ее площади посева сокращаются от 29 млн га в 1913 г. до 872 тыс. га в 2019 г. Улучшить эту ситуацию можно за счет внедрения в производство сортов ржи, обеспечивающих стабильно крупное зерно в различных условиях произрастания. **Материалы и методы.** Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2012–2017 гг. на опытных полях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Объектом исследований служили образцы низкопентозановой озимой ржи, созданные во Всероссийском институте генетических ресурсов растений (ВИР). Математическая обработка осуществлена с использованием дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову. Рассчитаны параметры адаптивности, стабильности по методикам S. A. Eberhart, W. A. Russell и Л. А. Животкова, пластичности и стабильности по методике G. C. Tai; рассчитан коэффициент мультипликативности по В. А. Драгавцеву и коэффициент гомеостатичности по В. В. Хангильдину по признаку «масса 1000 зерен». **Результаты и заключение.** Средняя масса 1000 зерен у изученных образцов составила 40,8 г и менялась от 30,0 до 48,2 г. Доля влияния на крупность зерна фактора «год испытания» составила 65,5%, а фактора «сорт» – 20,1%. Лучшие условия для образования крупного зерна сформировались в 2013, 2015 и 2017 г. (45,7; 42,5 и 41,3 г соответственно). Наиболее пластичными, стабильными и гомеостатичными по этому признаку являются образцы озимой ржи: Рушник 2 (к-11820), 'Красноярская универсальная' (к-11818), 'Берегиня' (к-11822), Ника 3 (к-11823), 'Новая Эра' (к-11814). Образцы ржи Рушник 2, Ника 3, 'Красноярская универсальная', 'Берегиня', 'Новая Эра' обладают высокой адаптивностью и могут формировать крупное зерно в широком диапазоне варьирования природных условий.

Ключевые слова: адаптивность, экологическая пластичность, изменчивость, мультипликативность, ранг, индекс условий.

Comparative assessment of plasticity, stability and homeostasis based on '1000 grain weight' in winter rye cultivars developed at VIR

Background. In Russia, winter rye is a crop that provides food for people and feed for animals. Despite the obvious advantages of rye (high winter hardiness and drought resistance, plus the ability to grow in areas with poor soils and adverse climatic conditions), its area of cultivation has been reduced from 29 million hectares in 1913 to 872,000 ha in 2019. This situation can be improved by introducing rye cultivars with a stable yield of large grain under diverse growing conditions into commercial production. **Materials and methods.** The experimental part of the work was carried out in 2012–2017, in the experimental fields of Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR. The target material was the accessions of low-pentosan winter rye cultivars developed at VIR. Data processing was performed using the analysis of variance according to B. A. Dospikhov. Adaptability and stability levels were calculated using the methods by S. A. Eberhart, W. A. Russell and L. A. Zhivotkov, those of plasticity and stability using the technique by G. C. Tai, the multiplicativity coefficient according to V. A. Dragavtsev, and the coefficient of homeostasis according to V. V. Hangildin, on the basis of '1000 grain weight'. **Results and conclusion.** The 1000 grain weight in the studied accessions varied from 30.0 to 48.2 g, with the average value of 40.8 g. The effect of the 'test year' factor on grain size was estimated at 65.5%, and of the 'cultivar' factor at 20.1%. The best conditions for large grain development were observed in 2013, 2015 and 2017 (45.7, 42.5 and 41.3 g, respectively). The most plastic, stable and homeostatic winter rye accessions were: Rushnik 2 (k-11820), 'Krasnoyarskaya universalnaya' (k-11818), 'Bereginya' (k-11822), Nika 3 (k-11823), and 'Novaya Era' (k-11814). The cultivars Rushnik 2, Nika 3, 'Krasnoyarskaya universalnaya', 'Bereginya' and 'Novaya Era' demonstrated high adaptability and can produce large grain under a wide range of varying environmental conditions.

Key words: adaptability, environmental plasticity, variability, multiplicativity, rank, index of environmental conditions.

Введение

Озимая рожь – ценная культура разностороннего использования; она наиболее приспособлена к сложным природно-климатическим условиям разных регионов России (Goncharenko, 2014). Испоко веков рожь для России была не только страховой, но и стратегической культурой, без которой невозможно представить формирование продовольственной безопасности страны. Она была мощным средством обеспечения здоровья нации. Тем не менее, несмотря на биологические преимущества ржи, площади ее посева с 2001 г. стремительно сокращаются. По предварительным данным Росстата, посевные площади ржи озимой и яровой в России в 2019 г. в хозяйствах всех категорий составили 871,6 тыс. га (на озимую рожь пришлось 95,5% всех посевов, на яровую – 0,5%). После 2018 г. площади сократились на 11,1% (на 108,4 тыс. га), за 5 последних лет – на 53,6% (на 1005,2 тыс. га), за 10 лет – на 59,4% (на 1275,1 тыс. га), а по отношению к 2001 г. – на 76,0% (на 2762,6 тыс. га) (Rye cropping..., 2019). Одной из многих причин сокращения площадей и снижения производства зерна ржи является ее невысокая урожайность как следствие отсутствия адаптивных сортов, обеспечивающих высокие и стабильные урожаи зерна (Kobylyansky et al., 2015; Utkina et al., 2015). В связи с этим необходимо учитывать условия возделывания будущего сорта, а также генетическую изменчивость важнейшего элемента структуры урожая – массу 1000 зерен. Крупность зерна у озимой ржи – один из показателей, определяющих семенную и продовольственную значимость сорта. В условиях производства предпочтение отдается сортам с крупным или средnekрупным зерном. Масса 1000 зерен ограничена сортовыми особенностями растения, продолжительностью его развития, то есть сортовой спецификой в сочетании с условиями среды. Если недостаточное обеспечение влагой и высокие температуры воздуха наблюдаются в период налива зерна, то снижается масса 1000 зерен.

Согласно методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ржи, озимая рожь по величине зерна подразделяется на 9 групп:

1 – крайне малая (< 20); 2 – очень малая (20,0–23,9); 3 – малая (24,0–27,9); 4 – ниже средней (28,0–31,9); 5 – средняя (32,0–35,9); 6 – выше средней (36,0–39,9); 7 – большая (40,0–43,9); 8 – очень большая (44,0–47,9); 9 – крайне большая (> 47,9) (Kobylyansky et al., 2017). Уменьшение крупности зерна ведет к уменьшению содержания в нем крахмала и увеличению содержания белка. Что касается сравнительной оценки сортов ржи по уровню пластичности и гомеостатичности, рассчитанных по признаку «масса 1000 зерен», то таких исследований, к сожалению, в условиях Северо-Западного региона недостаточно.

Цель исследований – дать сравнительную оценку показателей адаптивности, пластичности, стабильности, мультипликативности рассчитанных по крупности зерна низкопентозановых сортов озимой ржи селекции ВИР.

Материалы и методы

Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2012–2017 гг., на опытных полях НПО «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Объектом являлись 9 образцов сортов низкопентозановой озимой ржи

селекции ВИР, созданные сотрудником отдела генетических ресурсов овса, ржи и ячменя В. Д. Кобылянским и сотрудником отдела генетики О. В. Солодухиной. Полная характеристика образцов озимой ржи представлена в опубликованной ранее статье (Aniskov et al., 2019). Все изучаемые образцы относятся ко ржи диплоидной, озимой (*Secale cereale* L. var. *vulgare* Koern.) (Aniskov et al., 2019). Оценки и учеты проведены согласно методике ВИР по изучению и сохранению мировой коллекции ржи (Kobylyansky et al., 2015). Агротехника проведения опыта общепринятая. Площадь делянки – 10 м², повторность трехкратная. Норма высева – 350 зерен/м². Посев проведен селекционной сеялкой СФФК-7. Уборка проводилась в фазу полной спелости. Массу 1000 зерен определяли согласно ГОСТ 10842-89 (ИСО 520-77) (ГОСТ..., 2009). Математическую обработку с целью выявления существенных различий проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (Dospikhov, 1985).

При определении адаптивности по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966) рассчитаны: индекс условий среды (*I_j*), коэффициент экологической пластичности (*b_i*), показатель стабильности (σd^2):

$$I_j = (\sum Y_{ij}/v) - (\sum \sum Y_{ij}/vn) \quad (1),$$

где *I_j* – индекс условий среды; $\sum \sum Y_{ij}$ – сумма массы 1000 зерен всех сортов за *i*-й год; $\sum Y_{ij}$ – сумма массы 1000 зерен у всех сортов за все годы; *v* – количество сортов; *n* – число лет;

$$b_i = \sum Y_{ij} I_j / \sum I_j^2 \quad (2),$$

где *b_i* – коэффициент регрессии; $\sum Y_{ij} I_j$ – сумма произведения массы 1000 зерен *i*-го сорта за *j*-й год на соответствующую величину индекса условий среды; $\sum I_j^2$ – сумма квадратов индексов условий среды.

Среднеквадратическое отклонение (стабильность) вычисляется по формуле:

$$\sigma d^2 = \sum \sigma ij^2 / (n-2) \quad (3),$$

где $\sum \sigma ij^2$ – сумма квадратов отклонений фактической массы 1000 зерен от теоретической; *n* – число лет испытания.

Метод определения пластичности (*a_i*) и стабильности (λ_i), предложенный Г. С. Таи (1971), основан на расчете этих показателей по формулам:

$$a_i = \frac{\sum I_j (gl)_{ij} / (n-1)}{(MSL-MSB)/mp} \quad (4),$$

где $\sum I_j (gl)_{ij}$ – сумма произведений эффекта взаимодействия *i*-сорта в *j*-й среде на величину эффекта среды; MSL, MSB – средние квадраты средовых эффектов и повторностей в пределах сред; *n* – число сред; *m* – количество сортов; *p* – число повторностей;

$$\lambda_i = \frac{\sum I_j (gl)^2_{ij} / (n-1) - a_i \sum I_j (gl)_{ij}}{(m-1)MSE/mp} \quad (5),$$

где $\sum I_j (gl)^2_{ij}$ – сумма квадратов эффектов взаимодействия *i*-сорта в *j*-й среде; MSE – средний квадрат ошибки.

Коэффициент мультипликативности, предложенный В. А. Драгавцевым (Dragavtsev et al., 1984), позволяет сравнить изменчивость признака:

$$KM = \frac{Y_i + b_i x_i}{Y_i} \quad (6),$$

где КМ – коэффициент мультипликативности *i*-го сорта; Y_i – среднее значение исследуемого признака у *i*-го сорта по пунктам испытания; b_i – коэффициент линейной регрессии *i*-го сорта; x_i – среднее значение для всех x_i средних по всем сортам для каждого *j*-го пункта эксперимента.

В. В. Хангильдин (Hangildin, Asfondiyarova, 1977) предложил для расчета гомеостатичности использовать показатель гомеостатичности (Hom):

$$Hom = \frac{\bar{x}}{cv} \quad (7),$$

где $\bar{x}$ – средняя арифметическая величина массы 1000 зерен; *cv* – коэффициент вариации зерна.

Коэффициент адаптивности (КА), введенный Л. А. Животковым (Zhivotkov et al., 1994), рассчитывается как среднее массы 1000 зерен для каждого года и сорта по отношению к среднесортной массе 1000 зерен каждого изучаемого года. При КА > 100% сорт потенциально адаптивен:

$$KA = \frac{Y_{ij} \times 100}{Y_j} \quad (8),$$

где Y_{ij} – масса 1000 зерен *i*-го сорта в *j*-й год испытания; Y_j – среднесортная масса 1000 зерен года испытания.

По данным гидрометеорологического центра (Ленинградская область, г. Пушкин), в период исследований 2012–2017 гг. сложились контрастные условия (рис. 1). Полная характеристика погодных условий в период исследований представлена в ранее опубликованной статье (Aniskov et al., 2019).

Результаты и обсуждение

Двухфакторный дисперсионный анализ данных массы 1000 зерен показал достоверность различий как по экологическим фоновым (годам), так и между сортами (табл. 1). Менее значимое действие на крупность зерна оказал генотип сортов (20,1%).

Согласно данным проведенного изучения образцов озимой ржи в условиях Ленинградской области, масса 1000 зерен при сильном ее варьировании в зависимости от условий среды и наследственных особенностей составила в среднем 40,8 г за исследуемый период. Коэффициент вариации (CV) изменялся от 4,7% у сорта 'Вавиловская' до 16,4% у сорта 'Красноярская универсальная' (табл. 2).

Лучшие условия для формирования крупного зерна сложились в 2013 и 2015 г. (45,7 и 42,5 г соответственно) при индексах условий среды $I_j = +4,9$ и $+1,7$. Для характеристики реакции генотипа на изменение условий выращивания S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966) использовали два показателя: коэффициент регрессии (b_i), показывающий реакцию сорта на изменение условий среды (пластичность); степень дисперсии (σ^2), характеризующая стабильность крупности зерна (индекс стабильности) (табл. 3).

Коэффициент регрессии $b_i > 1$ (1,6 и 1,2 соответственно) отмечен у образцов 'Красноярская универсальная' и Рушник 2, которые в благоприятные годы по климатическим условиям формируют высокую массу 1000 зерен. Если коэффициент регрессии близок или равен 1, то образец хорошо адаптирован и способен формировать крупное зерно в разнообразных условиях среды, что наблюдается у ржи сортов 'Берегиня' и 'Новая Эра'. Образцы, у которых коэффициент регрессии значительно меньше 1, следует считать экстенсивными, так как они

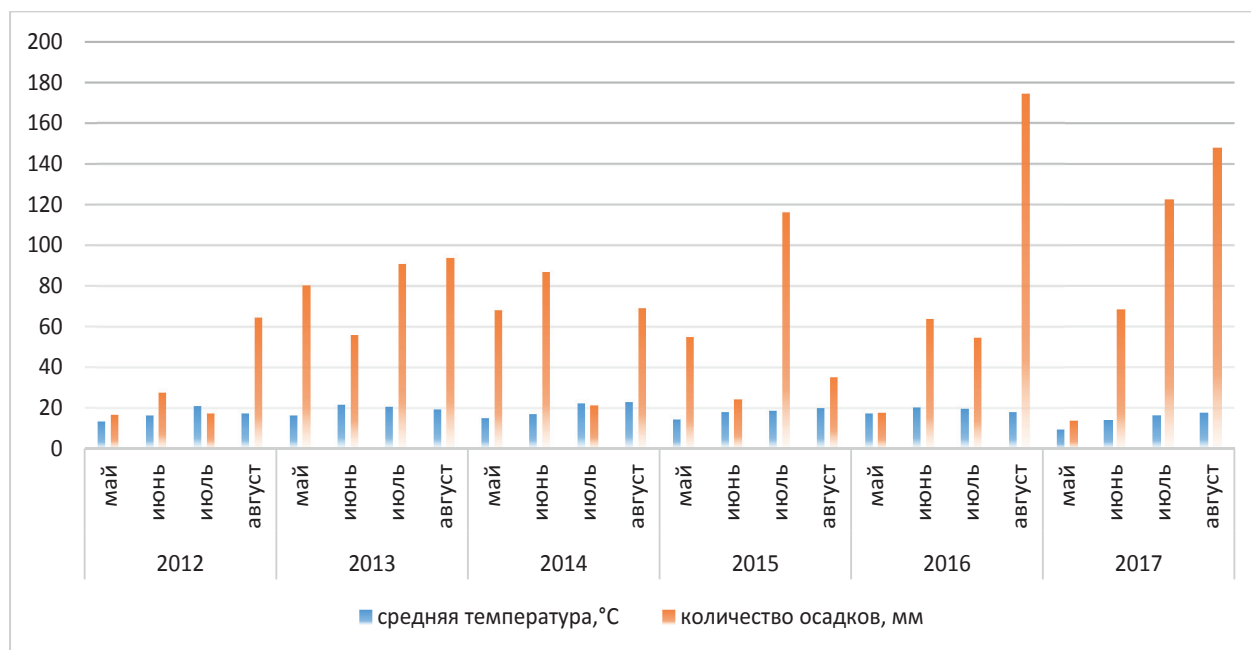


Рис. 1. Характеристика погодных условий вегетационных периодов 2012–2017 гг. по средней температуре воздуха и количеству осадков

Fig. 1. Mean air temperatures and precipitation amounts in the growing seasons of 2012–2017

Таблица 1. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа сортов озимой ржи по показателю «масса 1000 зерен» (г. Пушкин, 2012–2017 гг.)**Table 1.** Results of the two-way analysis of variance performed on winter cultivars employing the indicator '1000 grain weight' (Pushkin, 2012–2017)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Среднее квадратичное	F		Доля влияния факторов, %
				F _{факт}	F _{теор.}	
Общая	765,4	53	–	–	–	–
Сорта (A)	154,2	8	19,28	7,1	3,03	20,1
Годы (B)	502,1	5	105	38,6	4,44	65,5
Остаток (ошибка)	109,1	40	2,72	–	–	–

Таблица 2. Масса 1000 зерен сортов озимой ржи (г. Пушкин, 2012–2017 гг.)**Table 2.** The 1000 grain weight values in winter rye cultivars (Pushkin, 2012–2017)

Образец, № по каталогу ВИР	Масса 1000 зерен, г						Y _i	± к станд.
	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
Ильмень, к-11000	34,0	41,7	39,5	40,7	32,6	40,1	38,1	–2,2
Красноярская универсальная, к-11818	30,0	48,2	35,1	44,5	41,7	41,4	40,2	–0,1
Берегиня, к-11822	38,0	47,3	37,5	43,2	41,3	40,9	41,4	+1,1
Ника 3, к-11823	37,0	45,7	39,6	44,0	42,4	41,7	41,8	+1,5
Новая Эра, к-11814	40,0	46,6	33,6	41,4	41,4	40,7	40,6	+0,3
Рушник 2, к-11820	35,0	48,1	35,7	44,0	43,0	41,9	41,3	+1,0
Вавиловская, к-11819	39,0	43,7	39,0	42,0	42,0	42,7	41,4	+1,1
Янтарная, к-11804	40,0	45,2	39,2	42,4	42,0	41,2	41,7	+1,4
Эра, к-11640	37,5	44,5	36,4	40,2	41,8	41,4	40,3	0
Сумма	330,5	411,0	335,6	382,4	368,2	372,0	368,8	–
Y _j	36,7	45,7	37,3	42,5	40,91	41,3	40,8	–
I _j	–4,1	+4,9	–3,5	+1,7	–0,1	+0,5	–	–

Примечание: Y_j – среднесортная масса 1000 зерен года испытаний; I_j – индекс условий среды

Note: Y_j – mean 1000 grain weight per cultivar for each year of trials; I_j – index of environmental conditions

лишены такой важной биолого-хозяйственной особенности, как адекватный отклик на улучшение условий выращивания. Среди изученных образцов ржи к ним следует отнести сорта 'Ильмень', 'Вавиловская', 'Янтарная', 'Эра'.

О стабильности реакции образцов судили по коэффициенту стабильности (σ^2), рассчитанному по дисперсии отклонений фактической массы 1000 зерен от теоретически ожидаемой (чем меньше коэффициент, тем выше

стабильность). В изучаемом наборе наиболее стабильными оказались образцы: 'Вавиловская', 'Янтарная', 'Ильмень', 'Эра', Ника 3. У остальных изученных образцов наблюдалось варьирование крупности зерна.

Методика оценки параметров генотипической стабильности, предложенная Г. С. Тай (1971), идентична разработанной S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966) тем, что в обоих анализах предпринимаются попытки определения линейного отклика образца на воздействия внешних

Таблица 3. Параметры пластичности, стабильности, мультипликативности сортов озимой ржи (г. Пушкин, 2012–2017 гг.)**Table 3.** Levels of plasticity, stability and multiplicativity in winter rye cultivars (Pushkin, 2012–2017)

Образец, № по каталогу ВИР	Показатели адаптивности					
	bi	$\sigma^2 d^2$	a_i	λ_i	КМ	Ном
Ильмень, к-11000	0,34	1,67	-0,66	0,50	1,36	3,81
Красноярская универсальная, к-11818	1,60	35,0	0,60	10,5	2,60	2,45
Берегиня, к-11822	0,76	7,96	-0,24	2,40	1,75	4,75
Ника 3, к-11823	0,60	5,03	-0,40	1,50	1,60	5,62
Новая Эра, к-11814	0,74	7,60	-0,26	2,30	1,74	3,94
Рушник 2, к-11820	1,20	20,2	0,20	6,10	2,19	3,37
Вавиловская, к-11819	0,26	0,97	-0,74	0,30	1,26	8,73
Янтарная, к-11804	0,30	1,30	-0,70	0,39	1,29	8,25
Эра, к-11640	0,53	4,03	-0,47	1,20	1,54	5,46

условий среды. Однако первая отличается от второй оценкой параметров, определяющих стабильность: она включает расширение стандартной математической модели, используемой для дисперсионного анализа, и определяет генетический потенциал сорта по стабилизации признака в меняющихся агроэкологических условиях.

Стабильными по Г. С. Таи (1971) считается образец с характеристиками $\sigma = -1$, $\lambda = 1$, дающий очень стабильный урожай в контрастных условиях и являющийся выгодным экономически в жестких условиях. При высоком σ и неизменном значении λ образец более требователен к агротехнике, и считается высокоинтенсивным. Чем выше показатели σ и ниже λ , тем выше ценность образца. Как показывают результаты наших исследований, наибольшую ценность представляют образцы 'Красноярская универсальная' и Рушник 2, у которых крупность зерна и отзывчивость на улучшение условий выращивания сочетаются с довольно низкими показателями стабильности.

Образцы 'Берегиня', 'Новая Эра', Ника 3 при сравнительно высокой отзывчивости массы 1000 зерен на улучшение условий выращивания характеризуются сравнительно высоким уровнем варьирования стабильности. Следующую группу по своей ценности в практическом отношении составляют сорта 'Вавиловская', 'Янтарная', 'Эра', 'Ильмень', у которых крупность зерна сочетается со слабой отзывчивостью на улучшение условий при малых показателях стабильности.

При использовании коэффициента регрессии для оценки экологической пластичности может оказаться что образцы, имеющие низкий уровень признака, характеризуется меньшими коэффициентом регрессии и нао-

борот. Это не означает, что они имеют разную гомеостатическую систему регулирования, это может быть и следствием эффекта шкалы.

Для устранения этого недостатка В. А. Драгавцев (Dragavtsev et al., 1984) предложил коэффициент мультипликативности (КМ), который является безразмерной величиной. Чем выше числовое значение, тем сильнее изменяется крупность зерна. В этом случае сорта 'Вавиловская', 'Янтарная', 'Ильмень', 'Эра' характеризуются слабой реакцией увеличения крупности зерна, что свойственно образцам экстенсивного типа. Образцы 'Красноярская универсальная', Рушник 2 характеризуются высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания, что свойственно интенсивному типу. Адаптивность образцов 'Берегиня', 'Новая Эра' и Ника 3 характеризуется меньшей вариабельностью крупности зерна в изменяющихся условиях среды.

В. В. Хангильдин (Hangildin, Asfondiyarova, 1977) связывал проявление высокой гомеостатичности (Ном) со способностью растений сводить к минимуму последствия воздействия неблагоприятных условий среды. В нашем примере высокая гомеостатичность зафиксирована у сортов 'Красноярская универсальная', 'Ильмень', 'Новая Эра' и образца Рушник 2. Минимальная гомеостатичность отмечена у сортов 'Вавиловская', 'Янтарная', 'Эра', 'Берегиня' и образца Ника 3.

Л. А. Животков (Zhivotkov et al., 1994) для анализа крупности зерна и определения адаптивного потенциала образцов по варьированию признака «масса 1000 зерен» использовал показатель «среднесортная крупность зерна». В этой методике она принимается за 100%. Затем рассчитывали отношение крупности зерна каждо-

го из испытываемых образцов к среднесортowej. Перевод абсолютных величин массы 1000 зерен в проценты позволяет сравнить поведение сортов (рис. 2).

генотип, имеющий высокий адаптивный потенциал (табл. 4). По всем параметрам наиболее высокий уровень адаптивности имели образцы Рушник 2 и 'Красно-

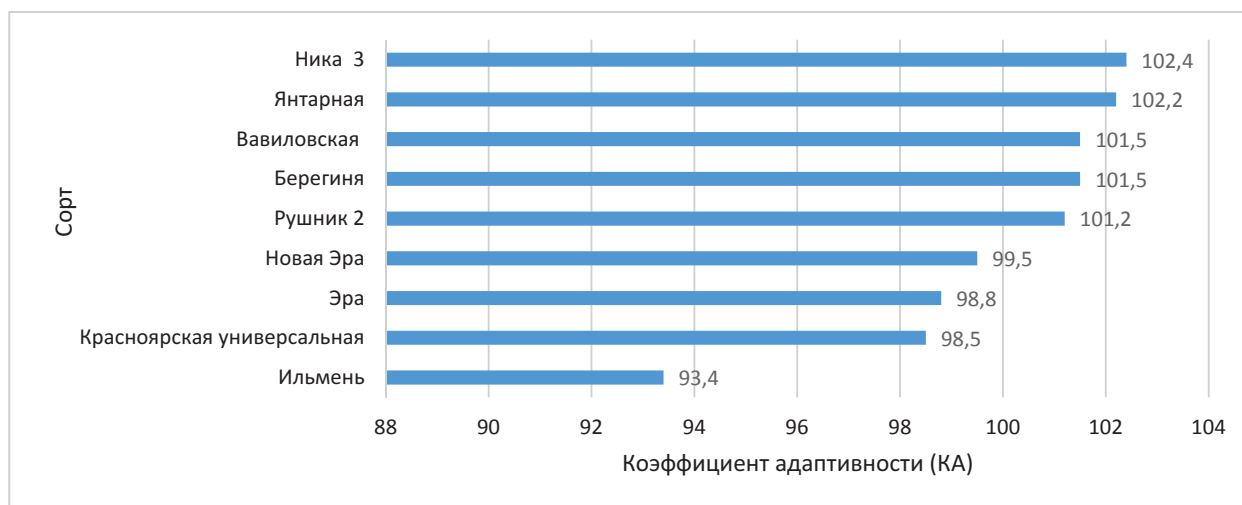


Рис. 2. Коэффициент адаптивности (КА) сортов озимой ржи

Fig. 2. Coefficient of adaptability (KA) in winter rye cultivars

Таблица 4. Ранжирование сортов озимой ржи по показателям адаптивности определенными разными способами

Table 4. Ranking of winter rye cultivars according to their adaptability levels in different ways

Сорт, № по каталогу	Ранг по							Сумма рангов
	bi	$\bar{b} d^2$	a_i	λ_i	КМ	Ном	КА	
Ильмень, к-11000	7	3	7	3	7	3	8	38
Красноярская универсальная, к-11818	1	9	1	9	1	1	7	29
Берегиня, к-11822	3	7	3	7	3	5	3	31
Ника 3, к-11823	5	5	5	5	5	7	1	33
Новая Эра, к-11814	4	6	4	6	4	4	5	33
Рушник 2, к-11820	2	8	2	8	2	2	4	28
Вавиловская, к-11819	9	1	9	1	9	9	3	41
Янтарная, к-11804	8	2	8	2	8	8	2	38
Эра, к-11640	6	4	6	4	6	6	6	38

Высокий средний коэффициент адаптивности (КА) отмечен у образцов Ника 3, 'Янтарная', 'Берегиня', 'Вавиловская', Рушник 2, он составил 102,4%; 102,2%; 101,5%; 101,5%; 101,2% соответственно, низкий – у образцов 'Ильмень', 'Красноярская универсальная', 'Эра', 'Новая Эра' (93,4%; 98,5%; 98,8%; 99,5% соответственно).

Для каждого из математических показателей адаптивности применено ранжирование практической ценности конкретного признака по мере ее возрастания (ранг 1 – 9), адаптивный потенциал определяли по сумме рангов практической ценности. Невысокий числовой показатель суммы рангов характеризует сорт как

ярская универсальная' с суммой рангов 28 и 29 соответственно). К генотипам с высоким адаптивным потенциалом отнесены образцы 'Берегиня', 'Новая Эра' и Ника 3, сумма рангов которых – 31 33 и 33 соответственно.

Закключение

Результаты дисперсионного анализа подтвердили достоверность доминирующего влияния на массу 1000 зерен фактора «год испытания» (65,5%), характерного для климата Северо-Западного региона РФ.

В Ленинградской области в среднем за период исследований масса 1000 зерен составила 40,8 г. Наиболее благоприятные погодные условия для формирования повышенной крупности зерна сложились в 2013 и 2015 гг. (45,7 и 42,5 г соответственно). Индекс условий в эти годы положительный ($I_j = +4,9$ и $+1,7$ соответственно).

По результатам анализа экспериментальных данных, из 7 использованных показателей адаптивности следует обратить внимание на методы, предложенные S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966) и В. А. Драгавцевым (Dragavtsev et al., 1984).

Наиболее адаптивными по крупности зерна из изученного набора являются образцы озимой ржи: Рушник 2, 'Красноярская универсальная', 'Берегиня', Ника 3, 'Новая Эра'.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0662-2019-0006 «Поиск, поддержание жизнеспособности и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

The research was performed within the framework of the State Task according to the theme plan of VIR, Project No. 0662-2019-0006 "Search for and viability maintenance, and disclosing the potential of hereditary variation in the global collection of cereal and groat crops at VIR for the development of an optimized genebank and its sustainable utilization in plant breeding and crop production".

References/Литература

- Aniskov N.I., Safonova I.V., Horeva V.I. Adaptive potential of winter rye cultivars developed at VIR in the context of their grain protein content in the environments of Leningrad Province. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2019;180(1):44-51. [in Russian] [Аниськов Н.И., Сафонова И.В., Хорева В.И. Адаптивный потенциал сортов озимой ржи селекции ВИР по показателю «содержание белка в зерне» в условиях Ленинградской области. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(1):44-51]. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-44-51
- Goncharenko A.A. Topical issues of winter rye breeding (Aktualnye voprosy seleksii ozimoy rzhi). Moscow; 2014. [in Russian] [Гончаренко А.А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. Москва; 2014].
- GOST 10842-89 (ISO 520-77). Cereals, pulses and oilseeds. Method for determination of 1000 kernels or seeds weight. Moscow: Standartinform; 2009. [in Russian] [ГОСТ 10842-89 [ИСО 520-77] Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. Москва: Стандартинформ; 2009]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294840/4294840036.pdf> [дата обращения: 06.05.2020].
- Dospikhov B.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] [Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат; 1985].
- Dragavtsev V.A., Tsilke V.A., Reyter B.G. Genetics of productivity traits in spring wheat in Western Siberia (Genetika priznakov produktivnosti yarovoy pshenitsy v Zapadnoy Sibiri). Novosibirsk: Nauka; 1984. [in Russian] [Драгавцев В.А., Цильке В.А., Рейтер Б.Г. Генетика признаков продуктивности яровой пшеницы в Западной Сибири. Новосибирск: Наука; 1984].
- Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966;6(1):36-40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
- Hangildin V.V., Asfondiyarova R.R. Manifestation of homeostasis in pea hybrids (Proyavleniye gomeostaza u gibridov gorokha posevnogo). *Biologicheskije nauki = Biological Sciences*. 1977;(1):116-121. [in Russian] [Хангильдин В.В., Асфондиярова Р.Р. Проявление гомеостаза у гибридов гороха посевного. *Биологические науки*. 1977;(1):116-121].
- Kobylyansky V.D., Safonova I.V., Solodukhina O.V., Aniskov N.I. Guidelines for the study and preservation of the world collection of rye. St. Petersburg: VIR; 2015. [in Russian] [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].
- Kobylyansky V.D., Aniskov N.I., Safonova I.V., Khoreva V.I., Solodukhina O.V. Catalogue of the VIR global collection. Issue 844. Winter rye (donors and sources of valuable features of winter rye in relation to the problems of breeding). St. Petersburg: VIR; 2017. [in Russian] [Кобылянский В.Д., Аниськов Н.И., Сафонова И.В., Хорева В.И., Солодухина О.В. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 844. Озимая рожь (доноры и источники ценных признаков озимой ржи применительно к задачам селекции. Санкт-Петербург: ВИР; 2017)].
- Rye cropping areas, bulk harvests, and yield in Russia. Tallies for 2018 (Posevnye ploshchadi, valovye sbory i urozhaynost rzhi v Rossii. Itogi 2018 goda). Agrovostnik; 2019. [in Russian] [Посевные площади, валовые сборы и урожайность ржи в России. Итоги 2018 года. Агровестник; 2019]. URL: <https://agrovosti.net/lib/industries/cereals/posevnye-ploshchadi-valovye-sbory-i-urozhajnost-rzhi-v-rossii> [дата обращения: 03.04.2020].
- Tai G.C.C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. *Crop Science*. 1971;11(2):184-190. DOI: 10.2135/cropsci1971.0011183X001100020006x
- Utkina E.I., Kedrova L.I., Shlyakhtina E.A., Shamova M.G., Parfyonova E.S. Technological features of cultivation of winter rye Falenskaya 4 under conditions of changing climate. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2015;5(48):34-38. [in Russian] [Уткина Е.И., Кедрова Л.И., Шляхтина Е.А., Шамова М.Г., Парфенова Е.С. Технологические особенности возделывания сорта озимой ржи Фаленская 4 в условиях изменяющегося климата. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2015;5(48):34-38].
- Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekatueva L.I. Methods of detecting potential productivity and adaptability in cultivars and breeding forms of winter wheat according to their 'yield' indicator (Metodika vyyavleniya potentsialnoy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu "urozhaynosti"). *Selektsiya i semenovodstvo = Plant Breeding and Seed Production*. 1994;(2):3-6. [in Russian] [Животков Л.А., Морозова З.А., Секатueva Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности». *Селекция и семеноводство*. 1994;(2):3-6].

Прозрачность финансовой деятельности / The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The authors declare the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования / How to cite this article

Анисков Н.И., Сафонова И.В. Сравнительная оценка показателей пластичности, стабильности и гомеостатичности сортов озимой ржи селекции ВИР по признаку «масса 1000 зерен». Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020;181(3):56-63. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-56-63

Aniskov N.I., Safonova I.V. Comparative assessment of plasticity, stability and homeostasis based on '1000 grain weight' in winter rye cultivars developed at VIR. Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2020;181(3):56-63. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-56-63

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы / The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация / Additional information

Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-56-63>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Авторы одобрили рукопись / The authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует / No conflict of interest

ORCID

Aniskov N.I. <https://orcid.org/0000-0002-7819-8286>

Safonova I.V. <https://orcid.org/0000-0001-8138-930X>