

УДК 633.14: 631.527  
EDN YZJNGD

Шляхтина Е. А.  
**АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ  
КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Фалёнская селекционная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»

**Реферат.** Важной задачей в селекции озимой ржи является создание сортов со стабильно высокой урожайностью в различных условиях произрастания. Цель исследований – провести оценку экологической адаптивности семи сортов озимой ржи селекции ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока» (Рушник, Флора, Графиня, Кипрез, Ниоба, Батист, Сармат), выращенных в широком диапазоне метеоусловий. Исследования проведены в 2011–2020 гг. на опытных полях Фалёнской селекционной станции – филиала ФАНЦ Северо-Востока (Кировская область). В среднем за годы исследований наиболее высокую урожайность сформировал перспективный сорт Батист (5,26 т/га). Зависимость формирования урожайности озимой ржи от влияния факторов условий среды составила 62,2 %, также отмечен высокий вклад взаимодействия факторов «генотип – среда» – 24,2 %. Выделены сорта интенсивного типа: Рушник ( $b_i = 1,17$ ), Графиня ( $b_i = 1,11$ ), Ниоба ( $b_i = 1,43$ ), отзывчивые на изменения условий среды. У сортов Флора и Батист выявлена слабая реакция на изменение условий среды ( $b_i = 0,73$ ;  $0,80$  соответственно) и стабильно высокая урожайность (4,91 и 5,26 т/га соответственно). Высокая общая адаптивная способность отмечена у сорта Батист ( $OAC_i = 0,40$ ). Анализ показателей экологической адаптивности позволил выделить сорта с оптимальным сочетанием продуктивности и адаптивности: Флора ( $SAC_i = 0,78$ ;  $Sg_i = 16$  %;  $K_{gi} = 0,65$ ), Батист ( $SAC_i = 0,83$ ;  $Sg_i = 16$  %;  $K_{gi} = 0,74$ ). По параметру «селекционная ценность» генотипа выделены сорта: Батист ( $СЦГ_i = 3,39$ ), Флора ( $СЦГ_i = 3,15$ ), Кипрез ( $СЦГ_i = 3,06$ ). Установлена достоверно высокая корреляция между показателями адаптивности:  $SAC_i$  и  $Sg_i$  ( $r = 0,97$ ),  $SAC_i$  и  $K_{gi}$  ( $r = 1,00$ ),  $Sg_i$  и  $K_{gi}$  ( $r = 0,97$ ),  $СЦГ_i$  и  $SAC_i$  ( $r = -0,94^{**}$ ),  $СЦГ_i$  и  $Sg_i$  ( $r = -0,99$ ),  $СЦГ_i$  и  $K_{gi}$  ( $r = -0,95$ ). Согласно комплексной оценке наиболее адаптивным признан сорт Батист.

**Ключевые слова:** *Secale cereale* L., сорт, урожайность, адаптивная способность, стабильность, селекционная ценность.

**Для цитирования:** Шляхтина Е. А. Адаптивный потенциал сортов озимой ржи в условиях Кировской области // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 1(29). С. 192–199. EDN: YZJNGD.

**For citation:** Shlyakhtina E. A. Adaptive potential of winter rye varieties under conditions of Kirov region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 1(29). P. 192–199. EDN: YZJNGD.

### Введение

Основные сеющие озимую рожь регионы в России находятся в Приволжском федеральном округе – это 74 % всех посевных площадей ржи в стране. В Кировской области площадь посевов озимой ржи составляет 58,0 тыс. га, из них более 60 % занимают сорта ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока» [1]. Актуальная проблема в селекции озимой ржи (*Secale cereale* L.) – это создание сортов со стабильно высокой урожайностью в различных климатических условиях. Урожайность – это сложный комплексный признак, который определяется генотипом, окружающей средой и эффектами их взаимодействия [2]. Стрессовое воздействие климатических факторов существенно влияет на рост и развитие растений [3], что в дальнейшем ограничивает потенциал урожайности растений [4]. В процессе создания

сортов озимой ржи важное требование – устойчивость их к нерегулируемым факторам внешней среды, которые ограничивают формирование потенциально возможной урожайности [5]. Поэтому оценка адаптивного потенциала сортов в природно-климатических условиях произрастания на последних этапах селекционного процесса является наиболее актуальным вопросом производства и внедрения сельскохозяйственной продукции [6]. Для выделения перспективных, высокоурожайных, адаптивных, стабильных сортов в контрастных климатических условиях конкретного региона используются различные статистические методы (Wricke, 1962; Finlay, Wilkinson, 1963; Eberhart, Russel, 1966; Tai, 1971; Shukla, 1972; Кильчевский, Хотылева, 1985; Lin, Binns, 1988; Huehn, 1990) [7]. Большое внимание стоит уделять оценке сортов по параметрам адаптивности и стабильности, что позволит выделить перспективные генотипы для дальнейшей селекции [8].

Селекционная работа в ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока» направлена на выведение, а в дальнейшем – на внедрение в производство урожайных сортов озимой ржи, которые сочетают в себе потенциал адаптивности в различные по метеословиям годы.

**Цель исследований** – провести скрининг адаптивных свойств сортов озимой ржи для выявления лучших генотипов для выращивания в условиях Волго-Вятского региона.

#### **Материалы и методы исследований**

Исследования проводили в 2011–2020 гг. на селекционных полях Фалёнской селекционной станции – филиала ФАНЦ Северо-Востока (Кировская область). Агрохимические показатели почвы: рН солевой вытяжки – 5,0–5,2 ед. (ГОСТ Р 26483-85); содержание ионов  $Al^{3+}$  – 5,0–6,5 мг/100 г почвы (по Соколову А. В.); содержание подвижного фосфора и калия – 272–316 мг/кг и 150–183 мг/кг соответственно (по Кирсанову, ГОСТ Р 54650-2011).

Агротехника: предшественник – чистый пар, норма высева – 6 млн всхожих семян на 1 га. Посев проводили сеялкой СКС-10, учетная площадь делянок – 10 м<sup>2</sup>, в шестикратной повторности. Объекты исследований – сорта озимой ржи конкурсного сортоиспытания селекции ФАНЦ Северо-Востока: три сорта, внесенных в Государственный реестр селекционных достижений (Рушник, Флора, Графиня), и четыре перспективных (Кипрез, Ниоба, Батист, Сармат). Полученные экспериментальные данные сравнивали с показателями стандарта (сорт Фалёнская 4).

Математическую обработку результатов осуществляли с помощью пакета селекционно-ориентированных и биометрико-генетических программ AGROS версия 2.07. Гидротермический коэффициент (ГТК) определяли по Г. Т. Селянину: увлажнение избыточно – более 1,5; оптимально – 1,0–1,5; засушливо – 0,5–1,0; засуха – менее 0,5. Коэффициент регрессии ( $b_i$ ), индекс условий среды ( $I_j$ ) рассчитывали по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966), оценку общей и специфической адаптивной способности сортов, относительную стабильность сорта, коэффициент компенсации и селекционную ценность определяли методом А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой [9].

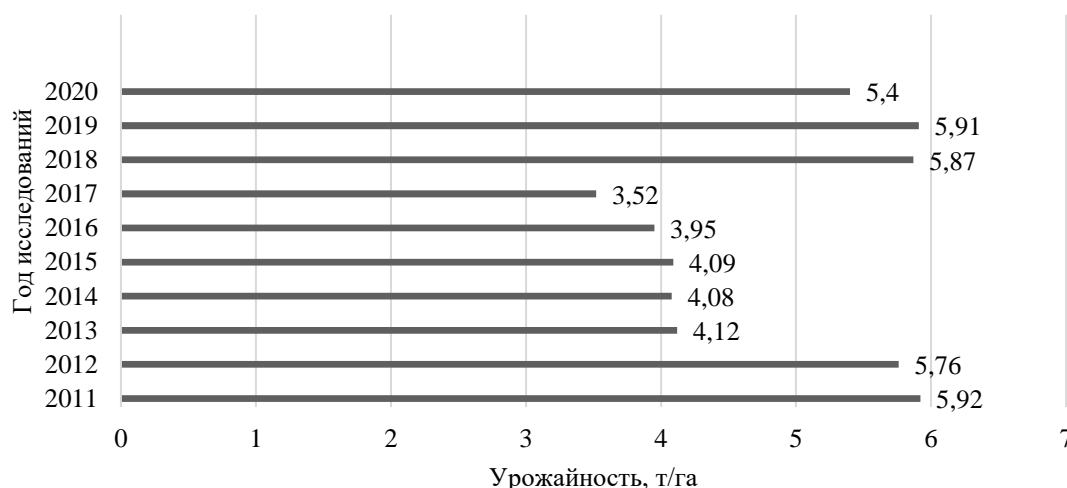
Условия зимнего периода во все годы изучения проходили неблагоприятно для перезимовки озимой ржи. На фоне высокого снежного покрова и повышенной температуры на глубине залегания узла кущения происходило сильное развитие снежной плесени. Vegetационные периоды по степени увлажнения значительно отличались по годам: 2011, 2014, 2015, 2018 и 2020 гг. – периоды с оптимальным увлажнением (ГТК = 1,26; 1,10; 1,59; 1,30; 1,11 соответственно); 2013 и 2016 гг. – засушливые (ГТК = 0,74 и 0,60 соответственно); 2012, 2017 и 2019 гг. – сильно увлажненные (ГТК = 2,10; 1,89 и 1,92), что позволило объективно оценить экологическую адаптивность изучаемых сортов по уровню продуктивности (таблица 1).

**Таблица 1 – Метеопараметры 2011–2020 гг. (данные метеостанции п. Фалёнки, Кировской области)**

Год	Месяц							
	май		июнь		июль		август	
	среднесуточная температура, °С	сумма осадков, мм	среднесуточная температура, °С	сумма осадков, мм	среднесуточная температура, °С	сумма осадков, мм	среднесуточная температура, °С	сумма осадков, мм
2011	12,1	39,5	16,6	72,4	20,5	72,1	14,9	52,4
2012	12,2	63,6	17,3	95,1	19,1	65,9	16,3	122,3
2013	11,9	26,2	18,4	49,6	19,5	47,9	17,4	15,0
2014	14,4	8,9	14,8	108,0	15,4	49,4	17,3	82,6
2015	13,9	31,0	18,0	74,9	14,9	80,4	13,4	132,0
2016	13,1	11,2	15,9	15,6	20,3	51,0	20,9	32,2
2017	7,5	58,9	14,0	58,6	17,3	158,9	16,6	24,5
2018	10,6	58,1	14,1	77,2	20,3	73,8	16,0	44,3
2019	13,2	33,0	15,1	108,0	15,9	75,3	13,0	157,3
2020	12,1	65,1	14,3	45,8	20,2	84,1	14,7	52,3
среднемультилетние								
	10,3	46,0	16,0	66,0	17,8	77,0	14,7	66,0

### Результаты и их обсуждение

Одним из главных критериев ценности сорта является стабильно высокая урожайность в различные по метеоусловиям годы. За период изучения (2011–2020 гг.) достаточно благоприятные условия для произрастания озимой ржи складывались в 2011 г., 2012 г., 2018 г., 2019 г. и 2020 г., индекс условий среды (I<sub>j</sub>) имел положительное значение (варьировал от 0,55 до 1,07). В эти годы сорта озимой ржи формировали наиболее высокую урожайность (средняя по опыту составляла от 5,40 т/га до 5,92 т/га). Отрицательное значение индекса (–0,76...–1,33) в остальные годы говорит о неблагоприятном гидротермическом режиме для роста и развития растений, что негативно отразилось на формировании урожайности озимой ржи. Так, в условиях засухи (2016 г.) и сильного переувлажнения (2017 г.) получена самая низкая средняя урожайность сортов (3,95 и 3,52 т/га соответственно) (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Средняя урожайность по опыту**

Различные по тепло- и влагообеспеченности погодные условия в период вегетации оказались основным лимитирующим урожайность фактором, что позволило оценить реакцию генотипа на изменяющиеся факторы среды.

Варьирование ( $C_v$ ) урожайности по сортам находилось в пределах 16,04–35,82 % (таблица 2).

**Таблица 2 – Урожайность изучаемых сортов озимой ржи, т/га**

Сорт	Год											$C_v$ , %
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	среднее	
Фалёнская 4 (St.)	5,67	5,48	4,23	4,29	4,30	4,21	3,75	5,80	5,42	3,78	4,69	17,13
Рушник	6,23	5,48	4,23	4,69	4,19	3,75	3,20	6,71	6,29	5,76	5,05	23,81
Флора	6,34	5,68	4,62	4,50	4,25	4,37	3,67	5,65	5,04	4,98	4,91	16,24
Графиня	6,40	6,29	4,82	4,47	3,98	3,77	3,22	6,10	6,18	4,79	5,00	23,34
Кипрез	5,18	5,25	3,70	5,11	4,14	4,14	3,64	5,91	5,03	5,37	4,75	16,40
Ниоба	6,40	6,39	4,09	2,68	4,37	3,40	3,53	5,77	6,72	6,42	4,98	30,53
Батист	5,64	5,96	4,34	4,66	4,45	4,82	4,20	6,07	6,21	6,28	5,26	16,04
Сармат	5,47	5,54	2,94	2,23	3,03	3,14	2,94	4,97	6,38	5,78	4,24	35,82
Среднее	5,92	5,76	4,12	4,08	4,09	3,95	3,52	5,87	5,91	5,40	4,86	-
НСР <sub>05</sub>	0,48	0,47	0,45	0,46	0,53	0,53	0,43	0,40	0,49	0,81	-	-
Индекс условий среды, I <sub>j</sub>	1,07	0,91	-0,74	-0,77	-0,76	-0,90	-1,33	1,02	1,06	0,55	-	-

Низкий коэффициент вариации урожайности по годам ( $C_v$ ) выявлен у сортов Батист (16,04 %), Флора (16,24 %) и Кипрез (16,40 %). Высокая вариабельность урожайности отмечена у сортов Сармат (35,82 %) и Ниоба (30,53 %). Самый высокий сбор зерна в среднем за годы изучения отмечен у сортов Батист (5,26 т/га) и Рушник (5,05 т/га).

Неустойчивость гидротермического режима в период активного роста и развития растений вносит существенный вклад фактора среды в общую дисперсию урожайности [10]. На основе двухфакторного дисперсионного анализа установлено достоверное влияние факторов А «год» и В «сорт» и их взаимодействия А × В на урожайность озимой ржи на 5 % уровне значимости ( $F_{\text{факт.}} > F_{05}$ ) (таблица 3).

**Таблица 3 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа сортов озимой ржи по показателю «урожайность»**

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F		Доля влияния факторов, %
				$F_{\text{факт.}}$	$F_{05}$	
Общая	296,4	239	-	-	-	-
Варианты	282,1	79	-	-	-	-
Год (А)	184,4	9	20,5	228,40*	2,71	62,2
Сорт (В)	26,1	7	3,7	3,29*	3,23	8,8
Взаимодействие (А × В)	71,6	63	1,1	12,67*	1,39	24,2
Остаток (ошибка)	14,2	158	0,09	-	-	-

Большее влияние на изменчивость урожайности оказал фактор «год» – 62,2 %, что говорит о преобладающей доле средовых эффектов. Доля вклада генотипа в формировании урожайности озимой ржи составила – 8,8 %. Взаимодействие факторов (А × В) составляет 24,2 %, что свидетельствует о возможности повышения урожайности благодаря использованию адаптивных сортов озимой ржи.

Коэффициент регрессии ( $b_i$ ) позволяет выявить силу реакции генотипа на изменения условий вегетации. В исследовании выявлена значительная вариация коэффициента регрессии урожайности сортов. Высокой пластичностью характеризовались сорта, превысившие стандарт Фалёнская 4 по средней урожайности: на 0,36 т/га – Рушник ( $b_i = 1,17$ ), на 0,31 т/га – Графиня ( $b_i = 1,11$ ) и на

0,29 т/га – Ниоба ( $b_i = 1,43$ ). Данные генотипы представляют интерес для селекции, но только в конкретных, сугубо специфических условиях [11], так как они требуют высокий уровень агротехники. У сортов Флора и Батист выявлена слабая реакция на изменения условий вегетации ( $b_i = 0,73$  и  $0,80$  соответственно), при урожайности, превышающей стандарт на  $0,22$  и  $0,57$  т/га (таблица 4).

**Таблица 4 – Показатели адаптивного потенциала урожайности сортов озимой ржи (2011–2020 гг.)**

Сорт	$b_i$	$OAC_i$	$CAC_i$	$Sg_i, \%$	$CCG_i, \%$	$K_{gi}$
Фалёнская 4 (St.)	0,66	-0,17	0,78	17	2,93	0,66
Рушник	1,17	0,19	1,19	24	2,37	1,53
Флора	0,73	0,05	0,78	16	3,15	0,65
Графиня	1,11	0,14	1,16	23	2,39	1,45
Кипрез	0,66	-0,11	0,75	16	3,06	0,60
Ниоба	1,43	0,12	1,51	30	1,58	2,45
Батист	0,80	0,40	0,83	16	3,39	0,74
Сармат	0,74	-0,62	1,51	36	0,84	2,45

**Примечания:**  $b_i$  – коэффициент регрессии;  $OAC_i$  – общая адаптивная способность;  $CAC_i$  – специфическая адаптивная способность;  $Sg_i$  – относительная стабильность сорта;  $CCG_i$  – селекционная ценность генотипа;  $K_{gi}$  – коэффициент компенсации;  $t$ -критерий для  $b_i$  значим на 5%-ном уровне.

Одним из показателей оценки сортов является их общая адаптивная способность ( $OAC_i$ ), под которой понимают способность генотипа сохранять свойственное ему фенотипическое выражение признака в различных условиях среды. По результатам исследований конкурсного сортоиспытания озимой ржи положительные значения данного показателя отмечены у пяти сортов (Рушник, Флора, Графиня, Ниоба, Батист), наиболее высокая общая адаптивная способность выявлена у сорта Батист ( $OAC_i = 0,40$ ).

Кильчевский А. В. и Хотылева Л. В. в качестве показателей экологической стабильности предложили использовать специфическую адаптивную способность ( $CAC_i$ ), относительную стабильность сорта ( $Sg_i$ ), коэффициент компенсации ( $K_{gi}$ ). Среди изученного набора сортов озимой ржи максимальная стабильность признака «урожайность» отмечена у сортов: Кипрез ( $CAC_i = 0,75$ ;  $Sg_i = 16 \%$ ;  $K_{gi} = 0,60$ ), Флора ( $CAC_i = 0,78$ ;  $Sg_i = 16 \%$ ;  $K_{gi} = 0,65$ ), Батист ( $CAC_i = 0,83$ ;  $Sg_i = 16 \%$ ;  $K_{gi} = 0,74$ ). Высокая стабильность выявлена также у стандарта Фалёнская 4 ( $CAC_i = 0,78$ ;  $Sg_i = 17 \%$ ;  $K_{gi} = 0,66$ ).

Селекционная ценность генотипа ( $CCG_i$ ) – показатель, который связывает величину урожайности изучаемого сорта и величины его адаптивности. Высокие значения селекционной ценности выявлены у сортов: Батист ( $CCG_i = 3,39$ ), Флора ( $CCG_i = 3,15$ ), Кипрез ( $CCG_i = 3,06$ ), которые отличаются высокими значениями экологической стабильности.

Корреляционный анализ показал достоверную сопряженность урожайности с общей адаптивной способностью (таблица 5).

По показателям адаптивности выявлена тесная корреляция между показателями  $CAC_i$  и  $Sg_i$  ( $r = 0,97$ ),  $CAC_i$  и  $K_{gi}$  ( $r = 1,00$ ),  $Sg_i$  и  $K_{gi}$  ( $r = 0,97$ ). Достоверно высокая отрицательная корреляция выявлена между параметрами  $CCG_i$  и  $CAC_i$  ( $r = -0,94$ ),  $CCG_i$  и  $Sg_i$  ( $r = -0,99$ ),  $CCG_i$  и  $K_{gi}$  ( $r = -0,95$ ).

Таблица 5 – Коэффициенты парных корреляций между урожайностью и показателями адаптивности и стабильности

Показатель	Урожайность	OAC <sub>i</sub>	CAC <sub>i</sub>	Sg <sub>i</sub>	СЦГ <sub>i</sub>	K <sub>gi</sub>	b <sub>i</sub>
Урожайность	1,00						
OAC <sub>i</sub>	1,00*	1,00					
CAC <sub>i</sub>	-0,30	-0,30	1,00				
Sg <sub>i</sub>	-0,52	-0,52	0,97*	1,00			
СЦГ <sub>i</sub>	0,60	0,60	-0,94*	-0,99*	1,00		
K <sub>gi</sub>	-0,34	-0,34	1,00*	0,97*	-0,95*	1,00	
b <sub>i</sub>	0,43	0,43	0,67	0,46	-0,41	0,63	1,00

Примечание. \* значимо на уровне  $p = 0,01$ .

### Выводы

Наиболее высокая урожайность за годы исследований отмечена у сорта Батист (5,26 т/га). Выявлена высокая зависимость формирования урожайности озимой ржи от влияния факторов условий года – 62,2 %, а также отмечен высокий вклад взаимодействия факторов «генотип – среда» – 24,2 %. Выделены сорта интенсивного типа, с высокой урожайностью, но сильной реакцией на изменения условий возделывания: Рушник (5,05 т/га;  $b_i = 1,17$ ), Графиня (5,0 т/га;  $b_i = 1,17$ ), Ниоба (4,98 т/га;  $b_i = 1,17$ ). У сортов Флора и Батист выявлена низкая реакция на изменение условий вегетации ( $b_i = 0,73$ ; 0,80 соответственно) и стабильно высокая урожайность (4,91 и 5,26 т/га).

Высокая общая адаптивная способность выявлена у сорта Батист (OAC<sub>i</sub> = 0,40). Проведенный анализ позволил выделить сорта с оптимальным сочетанием показателей экологической адаптивности по признаку «урожайность»: Флора (CAC<sub>i</sub> = 0,78; Sg<sub>i</sub> = 16 %; K<sub>gi</sub> = 0,65), Батист (CAC<sub>i</sub> = 0,83; Sg<sub>i</sub> = 16 %; K<sub>gi</sub> = 0,74). По параметру селекционная ценность генотипа выделены сорта Батист (СЦГ<sub>i</sub> = 3,39), Флора (СЦГ<sub>i</sub> = 3,15), Кипрез (СЦГ<sub>i</sub> = 3,06).

Выявлена высокая корреляция между показателями адаптивности: между CAC<sub>i</sub> и Sg<sub>i</sub> ( $r = 0,97$ ), CAC<sub>i</sub> и K<sub>gi</sub> ( $r = 1,00$ ), Sg<sub>i</sub> и K<sub>gi</sub> ( $r = 0,97$ ), СЦГ<sub>i</sub> и CAC<sub>i</sub> ( $r = -0,94$ ), СЦГ<sub>i</sub> и Sg<sub>i</sub> ( $r = -0,99$ ), СЦГ<sub>i</sub> и K<sub>gi</sub> ( $r = -0,95$ ).

Высокий потенциал адаптивности отмечен у сорта Батист, который способен формировать высокую урожайность в различных погодных условиях.

### Литература

1. Уткина Е. И., Кедрова Л. И., Шамова М. Г., Парфенова Е. С., Набатова Н. А., Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Шляхтина Е. А. Возделывание озимой ржи в условиях северного земледелия. Научно-практические рекомендации. Киров: ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого, 2021. 120 с.
2. Vaezi B., Pour-Aboughadareh A., Mohammadi R., Mehraban A., Hossein-Pour T., Koohkan E., Ghasemi S., Moradkhani H., Siddique K. H. M. Integrating different stability models to investigate genotype × environment interactions and identify stable and high-yielding barley genotypes // *Euphytica*. 2019. No. 215(4). Article No. 63. DOI: 10.1007/s10681-019-2386-5.
3. Тетяников Н. В., Боме Н. А. Анализ взаимодействия «генотип × среда» и оценка адаптивного потенциала ячменя в условиях Северного Зауралья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182(3). С. 63–73. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-3-63-73.
4. Kendal E. Effects of ecological factors on spring barley genotypes // In book: *Hordeum vulgare: production, cultivation and uses*. Ed. by Eslem N. NY: Nova Science Publishers, 2021. P. 87–114.
5. Гончаренко А. А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // Зерновое хозяйство России. 2016. № 3. С. 31–37.
6. Пакуль В. Н., Плиско Л. Г. Оценка экологической пластичности селекционных линий яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Кузнецкой котловины // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 3. С. 116–120. DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.075.
7. Гудзенко В. Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23(1). С. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469.
8. Мальчиков П. Н., Розова М. А., Моргунов А. И., Мясникова М. Г., Зеленский Ю. И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(8). С. 939–950. DOI: 10.18699/VJ18.436.

9. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов дифференцирующей способности среды. Сообщение 1. Обоснование метода // Генетика. 1985. № 21(9). С. 1481–1490.
10. Dogan Y., Kendal E., Oral R. Identifying of relationship between traits and grain yield in spring barley by GGE biplot analysis. Agriculture and Forestry. 2016. No. 62(4) P. 239–252. DOI: 10.17707/AgricultForest.62.4.25.
11. Гончаренко А. А., Макаров А. В., Кузьмич М. А., Ермаков С. А., Семенова Т. В., Точилин В. Н., Цыганкова Н. В., Кузьмич Л. С., Гончаренко М. С., Крахмалева О. А., Яшина Н. А., Кондратьева О. П. Оценка экологической устойчивости, стабильности и пластичности сортов озимой ржи по признакам качества зерна // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 4 С. 3–9. DOI:10.31857/S2500262720040018.

## References

1. Utkina E. I., Kedrova L. I., Shamova M. G., Parfenova E. S., Nabatova N. A., Sheshegova T. K., Shchekleina L. M., Shlyakhtina E. A. Winter rye cultivation under conditions of northern agriculture. Scientific and practical recommendations. Kirov: FSBSI “Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky”, 2021. 120 p.
2. Vaezi B., Pour-Aboughadareh A., Mohammadi R., Mehraban A., Hossein-Pour T., Koohkan. E., Ghasemi S., Moradkhani H., Siddique K. H. M. Integrating different stability models to investigate genotype × environment interactions and identify stable and high-yielding barley genotypes // Euphytica. 2019. No. 215(4). Article No. 63. DOI: 10.1007/s10681-019-2386-5.
3. Tetyannikov N. V., Bohme N. A. Analysis of the genotype × environment interactions and assessment of the adaptability potential in barley under the conditions of the Northern Trans-Urals // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2021. No. 182(3). P. 63–73. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-3-63-73.
4. Kendal E. Effects of ecological factors on spring barley genotypes // In book: *Hordeum vulgare*: production, cultivation and uses. Ed. by Eslem N. NY: Nova Science Publishers, 2021. P. 87–114.
5. Goncharenko A. A. Ecological stability of grain crop varieties and tasks of breeding // Grain Economy of Russia. 2016. No. 3. P. 31–37.
6. Pakul V. N., Plisko L. G. Assessment of ecological plasticity of selection lines of spring-sown soft field in the conditions of the forest-steppe of the Kuznetsk depression // *Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal (International Research Journal)*. 2016. No. 3. P. 116–120. DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.075.
7. Gudzenko V. N. Statistical and graphical (GGE biplot) evaluation of the adaptive ability and stability of winter barley breeding lines // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. No. 23(1). P. 110–118. DOI: 10.18699/VJ18.469.
8. Malchikov P. N., Rozova M. A., Morgunov A. I., Myasnikova M. G., Zelensky Yu. I. Yield performance and stability of modern breeding stock of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) from Russia and Kazakhstan // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. No. 22(8). P. 939–950. DOI: 10.18699/VJ18.436.
9. Kilchevskiy A. V., Khotyleva L. V. Method of evaluation of adaptive ability and stability of genotypes, differentiating ability of environment. Report 1. Validation of the method // *Genetika = Genetics (Moscow)*. 1985. No. 21(9). P. 1481–1490.
10. Dogan Y., Kendal E., Oral R. Identifying of relationship between traits and grain yield in spring barley by GGE biplot analysis // Agriculture and Forestry. 2016. No. 62(4). P. 239–252. DOI: 10.17707/AgricultForest.62.4.25.
11. Goncharenko A. A., Makarov A. V., Kuzmich M. A., Ermakov S. A., Semenova T. V., Tochilin V. N., Tsygankova N. V., Kuzmich L. S., Goncharenko M. S., Krakhmaleva O. A., Yashina N. A., Kondratyeva O. P. Assessment of ecological variability, stability and plasticity of varieties of winter rye on traits of quality of grain // Rossiiskaia Selskokhoziaistvennaia Nauka. 2020. No. 4. P. 3–9. DOI: 10.31857/S2500262720040018.

UDC 633.14:631.527:631.559

Shlyakhtina E. A.

## ADAPTIVE POTENTIAL OF WINTER RYE VARIETIES UNDER CONDITIONS OF KIROV REGION

**Summary.** *The main task of winter rye breeders is to create stable high-yielding varieties adaptive to different soil-and-climatic conditions. The purpose of the research was to evaluate the ecological adaptability of seven winter rye varieties created in the Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky ('Rushnik', 'Flora', 'Grafinya', 'Kiprez', 'Nioba', 'Batist', 'Sarmat'). Weather conditions during the years of research varied greatly. The studies were carried out in 2011–2020 on the*

experimental fields of the Falenskaya Breeding Station – Branch of “Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky” (Kirov region). On average, over the years of research, promising variety ‘Batist’ was the most high-yielding (5.26 t/ha). The dependence of winter rye yield formation on the influence of environmental factors was 62.2 %. A high contribution of “genotype-environment” interaction was also noted; it amounted to 24.2 %. Varieties of intensive type responsive to changes in environmental conditions were identified: ‘Rushnik’ ( $b_i = 1.17$ ), ‘Grafinya’ ( $b_i = 1.11$ ), ‘Nioba’ ( $b_i = 1.43$ ). Varieties ‘Flora’ and ‘Batist’ showed a weak reaction to changes in environmental conditions ( $b_i = 0.73$ ; 0.80, respectively), as well as both stable and high yields (4.91 t/ha and 5.26 t/ha, respectively). High general adaptive capacity (GAC) was typical for variety ‘Batist’ (0.40). The analysis of indicators of ecological adaptability allowed us to identify varieties with optimal combination of productivity and adaptability: ‘Flora’ (specific adaptive capacity ( $SAC_i$ ) = 0.78;  $Sg_i = 16$  %;  $K_{gi} = 0.65$ ), ‘Batist’ ( $SAC_i = 0.83$ ;  $Sg_i = 16$  %;  $K_{gi} = 0.74$ ). According to the “breeding value” of genotype (BVG), the following varieties were distinguished: ‘Batist’ ( $BVG_i = 3.39$ ), ‘Flora’ ( $BVG_i = 3.15$ ), ‘Kiprez’ ( $BVG_i = 3.06$ ). A significantly high correlation between the indicators of adaptability was established and  $CAC_i$  and  $Sg_i$  ( $r = 0.97$ ),  $SAC_i$  and  $K_{gi}$  ( $r = 1.00$ ),  $Sg_i$  and  $K_{gi}$  ( $r = 0.97$ ),  $BVG_i$  and  $SAC_i$  ( $r = -0.94$ ),  $BVG_i$  and  $Sg_i$  ( $r = -0.99$ ),  $BVG_i$  and  $K_{gi}$  ( $r = -0.95$ ). According to a comprehensive assessment, the most adaptive variety is ‘Batist’.

**Keywords:** *Secale cereale* L., variety, yield, adaptive capacity, stability, breeding value.

Шляхтина Елена Анатольевна, научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи, Фалёнская селекционная станция-филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого»; 612500, Россия, Кировская область, п. Фаленки, ул. Тимирязева, 3; e-mail: fss.nauka@mail.ru.

Shlyakhtina Elena Anatolyevna, researcher, Laboratory of winter rye breeding and primary seed production, Falenskaya Breeding Station – Branch of FSBSI “Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky”; 3, Timiryazev str., Falenki vill., Kirov region, 612500, Russia; e-mail: fss.nauka@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 27.12.2021.

Дата принятия к печати – 10.02.2022.