

DOI 10.33952/2542-0720-2021-1-25-213-223

УДК 633.14:631.527:631.559

Шляхтина Е. А., Рылова О. Н.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»

**Реферат.** Для увеличения производства зерна озимой ржи важной задачей является создание и внедрение в производство урожайных, адаптивных сортов, менее чувствительных к стрессовым эдафическим факторам, обеспечивающих рентабельное возделывание культуры. Цель исследований – провести оценку урожайности и адаптивности перспективных сортов озимой ржи селекции ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока» в почвенно-климатических условиях Кировской области. Материал для изучения – шесть перспективных сортов конкурсного сортоиспытания, стандарт – Фалёнская 4. Исследования проводили в 2016–2020 гг. на опытных полях Фалёнской селекционной станции – филиала ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока» на двух почвенных фонах: слабокислом (рН 5,0–5,2,  $Al^{3+}$  – 5,0–6,5 мг/100 г почвы) и естественном провокационном по алюмокислотности (рН – 3,7–3,9;  $Al^{3+}$  – 26,5–28,4 мг/100 г почвы). Агроклиматические условия в годы проведения исследований были контрастными. На слабокислом почвенном фоне выделен сорт Батист с высокой урожайностью – 5,52 т/га (+0,93 т/га к стандарту) и высокой регенерационной способностью (87 %) после поражения снежной плесенью. В 2019 г. сорт передан на государственное сортоиспытание. Урожайность сортов на фоне эдафического стресса в среднем снизилась на 31,1–51,7 % в зависимости от генотипа. Наиболее толерантными к кислотности почвы за годы исследований показали себя сорта Кипрез и Батист, снижение урожайности которых, в сравнении со слабокислым фоном, составило 31,1 и 35,0 % соответственно. Также у них отмечена высокая стрессоустойчивость и генетическая гибкость. По оценке экологической пластичности выделены сорта интенсивного типа – Сара, Ниоба, Сармат. Наиболее стабильным на разных почвенных фонах показал себя перспективный сорт Батист (CV – 17,2 и 19,7 %; Нот – 0,32 и 0,18 соответственно). Высокий коэффициент адаптивности на слабокислом фоне отмечен у сорта Батист, на провокационном – у сортов Батист (1,26) и Кипрез (1,17). Эти сорта в дальнейшем можно рекомендовать для возделывания на низкоплодородных кислых почвах.

**Ключевые слова:** озимая рожь (*Secale cereale* L.), регенерация, урожайность, коэффициент адаптивности, сорт, коэффициент вариации.

**Для цитирования:** Шляхтина Е. А., Рылова О. Н. Результаты изучения перспективных сортов озимой ржи в условиях кировской области // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 1(25). С. 213–223. DOI 10.33952/2542-0720-2021-1-25-213-223.

**For citation:** Shlyakhtina E. A., Rylova O. N. Results of the study of promising varieties of winter rye in the Kirov region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 1(25). P. 213–223. DOI 10.33952/2542-0720-2021-1-25-213-223.

### Введение

Озимая рожь – распространенная в Нечерноземной зоне культура, относительно нетребовательная к условиям произрастания. Её высокая адаптивная способность, стабильность получения урожая зерна, агротехническая значимость, ставят рожь в ряд стратегических культур. Неоспоримым достоинством озимой ржи

перед другими зерновыми культурами является её высокая кислотоустойчивость и низкие требования к плодородию почвы [1–3]. В мировом сельскохозяйственном производстве кислые почвы составляют 30–40 %. В Российской Федерации площади кислых почв занимают свыше 60 млн га [4]. В Северо-Восточном регионе страны более 70 % пашни – это низкоплодородные кислые почвы, а в Кировской области их более 80 %. При этом почти 35 % – почвы сильнокислые с высоким содержанием ионов алюминия [5]. Алюминий считают нетоксичным для растений при нейтральной или слабощелочной реакции почвенного раствора. При повышении кислотности почвы растворимость алюминия повышается и увеличивается содержание его подвижных форм ( $Al^{3+}$ ), что делает алюминий основным токсическим фактором кислых почв, снижающим урожайность и ухудшающим качество зерна сельскохозяйственных культур [6]. Благодаря этому целенаправленное создание сортов с адаптивными реакциями, обеспечивающими комплексную устойчивость к повышенной почвенной кислотности и токсичности алюминия, приобретает особую актуальность [5, 7]. Эдафическую селекцию в мире ведут только в Польше и Португалии, где актуален вопрос кислотовыносливых сортов озимой ржи. Селекция на кислото- и алюмоустойчивость озимой ржи в ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока» начата в 1980 г. и продолжается практически в единственном институте страны [5].

Сорт – это генетическая система, которая по-разному реагирует на внешние факторы окружающей среды. Отличительная особенность любого сорта – способность реализовывать потенциал урожайности независимо от складывающихся погодных условий и агрофона, поэтому правильный выбор сорта позволяет получать стабильно высокий и качественный урожай [8–10]. Главная задача селекционеров – создание высокоурожайных сортов, устойчивых к полеганию, патогенам и другим неблагоприятным факторам внешней среды, способных формировать зерно высокого класса качества [11]. Основным критическим параметром успешного создания устойчивых к стрессовым факторам сортов является разнообразие исходного материала [12]. Особое внимание нужно уделять оценке исходного материала по параметрам стабильности и адаптивности, это позволит выделить перспективные генотипы [13, 14].

Современным направлением в селекционных программах ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока» является выведение сортов озимой ржи, устойчивых к региональным биотическим и абиотическим стрессорам северного земледелия и внедрение их в производство.

**Цель исследований** – провести оценку урожайности, кислото- и алюмоустойчивости и адаптивности перспективных сортов озимой ржи селекции ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока» в контрастных почвенно-климатических условиях Кировской области.

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

Исследования проводили в 2016–2020 гг. на опытных полях Фалёнской селекционной станции – филиале ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока». Посев осуществляли на двух почвенных фонах: слабокислом (содержание подвижного фосфора – 272–316 мг/кг; калия – 150–183 мг/кг (ГОСТ Р 54650-2011); 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.)) и естественном провокационном по алюмокислотности (рН солевой вытяжки – 3,7–3,9 ед.; содержание ионов  $Al^{3+}$  – 26,5–28,4 мг/100 г почвы; подвижного фосфора – 72–102 мг/кг; калия – 66–100 мг/кг). Под предпосевную культивацию вносили минеральные удобрения (нитроаммофоска –  $N_{27}P_6K_6$ ) из расчета 2 ц/га (среднерекомендуемая доза для озимой ржи в условиях Северо-Восточного региона России) [15]. Предшественник – чистый пар, норма высева – 6 млн всхожих семян на 1 га сеялкой ССФК-7, убирали комбайном «Сампо-130» в фазе

полной спелости зерна. Опыт заложен рендомизированным методом в шести повторениях, учетная площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>. Материал для исследования – перспективные сорта озимой ржи (*Secale cereale* L.) конкурсного сортоиспытания селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока: Кипрез, Ниоба, Батист, Сара, Сармат, Роса, в качестве стандарта использовали внесенный в 1999 г. в Государственный реестр селекционных достижений высокозимостойкий, адаптивный кислотоустойчивый сорт Фалёнская 4 (является стандартом в Госсортоиспытании по Кировской области). Фенологические наблюдения, оценки и учёт урожая выполняли по общепринятым методикам [16, 17], статистическую обработку данных – методом дисперсионного анализа – с помощью пакета программ AGROS версия 2.07. Коэффициент регрессии ( $b_i$ ), индекс условий среды ( $I_j$ ) рассчитывали по методике S. A. Eberhart, W.A. Russell (1966) в изложении В. З. Пакудина и Л. М. Лопатиной [18], генетическую гибкость сорта  $((Y_1+Y_2)/2)$  и уровень устойчивости к стрессовым условиям произрастания  $(Y_2-Y_1)$  рассчитывали по А. А. Гончаренко [19], гомеостатичность (Ном) оценивали по В. В. Хангильдину [20]. Коэффициент адаптивности (КА) определяли по методике Л. А. Животкова, З. А. Морозовой, Л. И. Секутаевой [21].

Условия зимнего периода во все годы исследований складывались неблагоприятно для перезимовки озимой ржи. Высокий снежный покров и повышенная температура на глубине залегания узла кущения (до 0...–2 °С, при биологической норме –6...–8 °С) способствовали сильному развитию снежной плесени на ослабленных растениях. Агрометеорологические условия весенне-летней вегетации 2016–2020 гг. отличались своим разнообразием по тепло- и влагообеспеченности. По гидротермическому коэффициенту 2016 г. был засушливый (ГТК = 0,60), 2017 и 2019 гг. – сильно увлажненные (ГТК = 1,89 и 1,92 соответственно), 2018 и 2020 гг. характеризовались оптимальным увлажнением (ГТК = 1,59 и 1,11 соответственно) (таблица 1).

**Таблица 1 – Характеристика метеорологических условий (данные Фаленской метеостанции)**

Год	Май		Июнь		Июль		Август	
	средне-суточная /сумма осадков	отклонение от нормы	средне-суточная/ сумма осадков	отклонение от нормы	средне-суточная/ сумма осадков	отклонение от нормы	средне-суточная /сумма осадков	отклонение от нормы
Температура, °С								
2016	13,1	+2,9	15,9	–0,1	20,3	+2,5	20,9	+6,2
2017	7,5	–2,7	14,0	–2,0	17,3	–0,5	16,6	+1,9
2018	10,6	+0,3	14,1	–1,9	20,3	+2,5	16,0	+1,3
2019	13,2	+3,1	15,1	–0,9	15,9	–1,9	13,0	–1,7
2020	12,1	+1,8	14,3	–1,7	20,2	+2,4	14,7	0
Осадки, мм								
2016	11,2	–35,0	15,6	–50,4	51,0	–25,9	32,2	–33,8
2017	58,9	+12,7	58,6	–7,4	158,9	+82,0	24,5	–41,5
2018	58,1	+11,9	77,2	+11,1	73,8	–3,1	44,3	–21,7
2019	33,0	–13,0	108,0	+42,0	75,3	–1,7	157,3	+91,3
2020	65,1	+19,1	45,8	–20,2	84,1	+7,1	52,3	–13,7

### Результаты и их обсуждение

Существенным фактором, влияющим на формирование урожая зерна озимой ржи, являются погодные условия. В годы проведения исследований складывались достаточно благоприятные условия во время осенней вегетации, посевы уходили в зиму в удовлетворительном состоянии, тогда как условия перезимовки способствовали развитию снежной плесени (поражение составляло 80–100 % во всех

вариантах опыта). На слабокислом фоне высокой регенерационной способностью, после поражения снежной плесенью, обладали сорта Фалёнская 4 (стандарт) и Батист – в среднем за пять лет изучения 88 и 87 % соответственно (таблица 2).

**Таблица 2 – Регенерация растений озимой ржи после поражения снежной плесенью, %**

Сорт	2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.		Среднее		± к стандарту	
	1*	2*	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Фалёнская 4 (St.)	86	88	88	42	75	44	93	70	68	36	88	56	-	-
Кипрез	83	88	90	55	70	60	94	88	86	63	85	71	-3	+15
Ниоба	73	47	94	27	65	50	92	79	93	82	83	57	-5	+1
Батист	85	78	88	58	75	60	93	87	94	83	87	73	-1	+17
Сара	80	63	90	25	79	43	88	65	85	82	84	56	-4	-
Сармат	75	40	74	35	60	30	95	89	89	83	79	55	-9	-1
Роса	87	69	86	60	75	40	80	42	94	83	84	59	-4	+3

*Примечание.* 1 – слабокислый фон; 2 – провокационный по кислотности и содержанию ионов алюминия фон.

На алюмокислом фоне отмечено снижение регенерационной способности у всех сортов на 14–32 % по сравнению со слабокислым фоном. Наиболее высокая восстановительная способность после поражения снежной плесенью на провокационном фоне отмечена у сортов Кипрез (71 %) и Батист (73 %).

Большое влияние на развитие растений озимой ржи и её продуктивность оказывали условия весенне-летней вегетации. Засушливая погода в мае 2016 г. (количество осадков составило 24 % от нормы) привела к задержке роста и развития растений озимой ржи, что в дальнейшем повлияло и на урожайность. В мае 2017 г. преобладала холодная с ночными заморозками дождливая погода (осадков выпало 128 % от нормы). Озимая рожь неоднократно прекращала вегетацию, что негативно отразилось на урожайности. В неблагоприятные по метеоусловиям годы (2016 и 2017 гг.) на слабокислом фоне у сортов отмечена низкая урожайность (в среднем по опыту 3,81 и 3,66 т/га соответственно). Наибольший сбор зерна в таких условиях обеспечил сорт Батист (прибавка к стандарту Фалёнская 4 составила +0,61 т/га, +0,45 т/га соответственно) (таблица 3).

**Таблица 3 – Урожайность сортов озимой ржи в контрастных почвенных условиях, т/га**

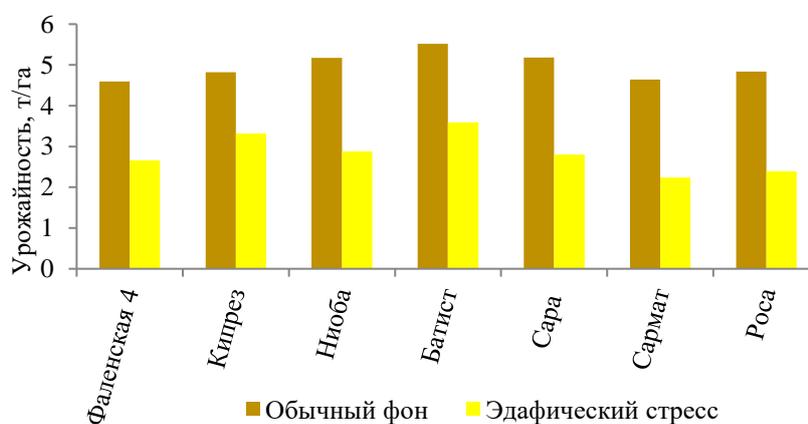
Сорт	2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.		Среднее	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Фалёнская 4 (St.)	4,21	3,37	3,75	2,38	5,80	3,20	5,42	3,21	3,78	1,12	4,59	2,66
Кипрез	4,14	3,63	3,64	2,61	5,91	4,17	5,03	4,79	5,37	1,40	4,82	3,32
Ниоба	3,40	1,23	3,53	1,87	5,77	3,91	6,72	4,14	6,42	3,25	5,17	2,88
Батист	4,82	3,58	4,20	2,57	6,07	4,17	6,21	4,32	6,28	3,30	5,52	3,59
Сара	3,90	2,23	3,84	1,59	6,25	3,15	6,07	4,03	5,83	2,98	5,18	2,80
Сармат	3,14	0,71	2,94	1,50	4,97	1,53	6,38	4,81	5,78	2,65	4,64	2,24
Роса	3,08	2,13	3,74	2,64	6,07	2,56	5,22	2,15	6,09	2,45	4,84	2,39
Среднее	3,81	2,37	3,66	2,15	5,83	3,24	5,86	3,92	5,65	2,45	4,97	2,84
НСР <sub>05</sub>	0,53	0,23	0,43	0,34	0,40	0,46	0,49	0,53	0,81	0,36	-	-
Индекс условий среды, I <sub>f</sub>	-1,16	-0,47	-1,31	-0,69	0,86	0,40	0,89	1,08	0,68	-0,39	-	-

*Примечание.* 1 – слабокислый фон; 2 – провокационный по кислотности и содержанию ионов алюминия фон.

В 2018 и 2020 гг. складывались более благоприятные условия вегетации, что положительно сказалось на уровне урожайности (средняя по опыту – 5,86 и 5,65 т/га соответственно). В 2018 г. достоверная прибавка урожайности по сравнению со стандартом отмечена у сорта Сара (+0,45 т/га). У остальных сортов, кроме сорта Сармат, урожайность находилась на уровне стандарта. Наиболее высокий сбор зерна в 2020 г. в сравнении со стандартом зафиксирован у сорта Ниоба (+2,64 т/га), Батист (+2,50 т/га), Роса (+2,31 т/га). Лучшие условия (достаточное обеспечение растений теплом и влагой) для налива и формирования зерна сложились в 2019 г.: средняя урожайность на слабокислом фоне составила 5,86 т/га (индекс условий среды  $I_j=0,89$ ). Достоверную прибавку урожайности к стандарту на слабокислом фоне в 2019 г. сформировали сорта: Ниоба (+1,30 т/га), Сармат (+0,96 т/га), Батист (+0,79 т/га) и Сара (+0,65 т/га). За 2016–2020 гг. в среднем на слабокислом фоне самая высокая прибавка к стандарту отмечена у сорта Батист (+0,93 т/га).

Эдафический стресс на фоне нестабильных гидротермических условий является одним из главных факторов, регулирующих развитие и урожайность сельскохозяйственных культур. На естественном провокационном фоне в 2016 г. изучаемые сорта снизили урожайность в среднем на 37,8 %; 2017 г. – на 41,3 %; 2018 г. – на 44,4 %; 2019 г. – на 33,1 %, 2020 г. – на 56,6 %. Благоприятные погодные условия 2019 г. ( $I_j=1,08$ ) частично нивелировали отрицательное действие повышенной почвенной кислотности, при этом зафиксирована наибольшая средняя урожайность за годы исследований – 3,92 т/га. В среднем наибольшая прибавка урожайности к стандарту на алюмокислом фоне отмечена у перспективных сортов Батист (+0,93 т/га) и Кипрез (+0,66 т/га).

Многолетние наблюдения показали, что сорта по-разному реагировали на стресс-фактор алюмокислотности. Средний показатель депрессии урожайности сортов в стрессовых условиях варьировал от 31,1 до 51,7 % (рисунок).



**Рисунок – Влияние эдафического стресса на урожайность сортов озимой ржи (среднее за 2016–2020 гг.)**

*Примечание.*  $HCP_{05}$  фактор фон – 0,39;  $HCP_{05}$  фактор сорт – 0,27;  $HCP_{05}$  взаимодействие АВ – 0,10.

Наибольшая толерантность к повышенной алюмокислотности почвы отмечена у сортов Кипрез и Батист, урожайность которых снизилась на 31,1 и 35,0 % соответственно. Максимальная степень депрессии выявлена у сорта Сармат – 51,7 %.

На фоне эдафического стресса снижение урожайности произошло из-за снижения регенерационной способности растений после поражения снежной

плесенью на 27 % ( $r=0,84^{**}$ ), уменьшения количества продуктивных стеблей на единице площади – на 49,2 % ( $r = 0,96^{**}$ ), озерненности колоса – на 21,4 % ( $r = 0,64^*$ ), и продуктивной кустистости – на 25 % ( $r = 0,38^*$ ) (таблица 4).

**Таблица 4 – Степень депрессии структурных показателей на фоне эдафического стресса (среднее за 2016–2020 гг.)**

Показатель	Слабокислый фон		Провокационный фон		Степень депрессии на провокационном фоне относительно слабокислого фона, %	Критерий Стьюдента ( $t_{\text{факт.}}$ , $p \leq 0,05$ )
	величина	взаимосвязь урожайности и структурных показателей (r)	величина	взаимосвязь урожайности и структурных показателей (r)		
Урожайность, т/га	4,97	-	2,84	-	42,9	9,7***
Регенерация после поражения снежной плесенью, %	84	0,73*	61	0,84**	27,0	6,4***
Зимостойкость, балл	8,0	0,77*	6,0	0,81*	25,0	5,9***
Количество продуктивных стеблей, шт./1 м <sup>2</sup>	543	0,93**	276	0,96**	49,2	7,8***
Длина колоса, см	12,1	0,64	12,3	0,54	-	1,8
Количество зерен в колосе, шт.	58,6	0,33	49,8	0,77	15,0	2,2***
Озерненность, %	84	0,53	66	0,64*	21,4	5,7***
Продуктивная кустистость, шт.	6,0	0,21	4,5	0,38*	25,0	3,1***

**Примечание.** \*, \*\* значимо соответственно при 5 и 1 %-ном уровнях значимости, \*\*\* значимое различие при  $t_{\text{факт.}} > t_{05}(2,18)$ .

В результате многолетнего изучения перспективных сортов на разных почвенных фонах выделен сорт Батист, средняя урожайность которого превышает стандарт в естественных условиях и в условиях эдафической нагрузки на 0,93 т/га. В 2019 г. сорт Батист передан на государственное сортоиспытание (заявка № 78483/8057361 от 02.08.2019 г.). Сорт продовольственного назначения, среднепоздний, высокозимостойкий, урожайный, кислото- и алюмоустойчивый.

Важным показателем любого сорта является устойчивость к стрессу, уровень которого определяется разностью между минимальной и максимальной урожайностью ( $Y_2 - Y_1$ ). Чем величина этого показателя меньше, тем выше стрессоустойчивость сорта [19]. Среди сортов озимой ржи, за годы исследований, высокая стрессоустойчивость на слабокислом фоне отмечена у сорта Кипрез (-1,17), на провокационном фоне у сорта Батист (-1,75) (таблица 5).

По средней урожайности сортов в стрессовых и не стрессовых условиях  $(Y_1 + Y_2)/2$  можно судить об их генетической гибкости [22]. Максимальное в опыте соотношение между генотипом и факторами среды зафиксировано у сортов Батист и Кипрез. По оценке экологической пластичности перспективных сортов выявлены сорта интенсивного типа с сильной реакцией на изменения условий среды – Сара, Ниоба, Сармат, у которых  $b_i > 1$  на различных почвенных фонах.

Важным показателем, характеризующим устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов среды, является гомеостаз. Наибольший интерес представляют сорта с высоким показателем гомеостаза. Критерием гомеостатичности

сортов можно считать их способность поддерживать низкую вариацию признаков продуктивности [23].

**Таблица 5 – Показатели адаптивного потенциала урожайности сортов озимой ржи (2016–2020 гг.)**

Показатель		Сорт						
		Фалёнская 4 (St.)	Кипрез	Ниоба	Батист	Сара	Сармат	Роса
Стрессоустойчивость, $Y_2 - Y_1$	1*	-2,05	-1,77	-3,32	-2,11	-2,41	-3,44	-3,01
	2	-2,25	-3,39	-2,91	-1,75	-2,44	-4,10	-0,51
Генетическая гибкость сорта, $\frac{Y_1+Y_2}{2}$	1	4,78	5,03	5,06	5,23	5,05	4,66	4,59
	2	2,25	3,10	2,69	3,45	2,81	2,76	2,39
Коэффициент вариации (CV), %	1	20,8	19,1	30,8	17,2	23,2	33,3	28,3
	2	35,5	40,3	44,4	19,7	33,2	71,2	9,8
Коэффициент регрессии, $b_i$	1	0,55	0,76	1,37	0,82	1,07	1,30	1,13
	2	0,58	1,39	1,43	0,85	1,15	1,64	0,13
Гомеостатичность, $Hom$	1	0,22	0,25	0,17	0,32	0,22	0,14	0,17
	2	0,07	0,07	0,06	0,18	0,08	0,03	0,24
Коэффициент адаптивности, $KA$	1	0,92	0,97	1,04	1,11	1,04	0,93	0,97
	2	0,94	1,17	1,01	1,26	0,99	0,79	0,84

*Примечание.* 1 – слабокислый фон; 2 – провокационный по кислотности и содержанию ионов алюминия фон.

Сочетание гомеостатичности ( $Hom$ ) с коэффициентом вариации ( $CV$ ) показывает устойчивость признака к изменению условий выращивания. За период исследований наибольшую стабильность при изменении условий среды показал перспективный сорт Батист, у которого наименьшее значение коэффициента вариации на разных почвенных фонах (17,2 и 19,7 % соответственно) и самый высокий показатель  $Hom$  (0,32 и 0,18 соответственно).

В исследуемый период коэффициент адаптивности ( $KA$ ) на разных почвенных фонах варьировал от 0,79 до 1,26. Коэффициент адаптивности выше единицы на слабокислом фоне получен у сортов Батист (1,11), Ниоба (1,04), Сара (1,04). На сильнокислом фоне высокой адаптивностью характеризовались сорта Батист (1,26), Кипрез (1,17).

### Выводы

За годы изучения перспективных сортов на слабокислом почвенном фоне выделен лучший по урожайности (5,52 т/га), с высокой регенерационной способностью после поражения снежной плесенью (87 %) перспективный сорт озимой ржи Батист. В 2019 г. сорт Батист передан на государственное сортоиспытание.

Наиболее толерантными к кислотности почвы за годы исследований проявили себя сорта Кипрез и Батист. В стрессовых условиях алюмокислого фона прибавка урожайности к стандарту у сортов Батист и Кипрез составила +0,93 т/га и +0,66 т/га соответственно.

Высокая стрессоустойчивость и генетическая гибкость отмечена у сортов Кипрез и Батист. По оценке экологической пластичности выделены сорта интенсивного типа с высокой реакцией на изменения условий среды, как на слабокислом фоне, так и на провокационном по кислотности и содержанию ионов алюминия фоне – Сара ( $b_i = 1,07; 1,15$  соответственно), Ниоба ( $b_i = 1,37; 1,43$

соответственно), Сармат ( $b_i=1,30$ ; 1,64 соответственно). Наиболее стабильным на разных почвенных фонах показал себя перспективный сорт Батист ( $CV=17,2$ ; 19,7 %;  $Hom = 0,32$ ; 0,18 соответственно).

Высокий коэффициент адаптивности на слабокислом фоне отмечен у сорта Батист (1,11), на провокационном – у сортов Батист (1,26) и Кипрез (1,17). В дальнейшем эти сорта можно рекомендовать использовать в качестве исходного материала в селекции на кислото- и алюмоустойчивость и для возделывания на низкоплодородных кислых почвах.

### Литература

1. Sysuev V. A., Ren Changzhong, Kedrova L. I., Utkina E. I., Lapteva N. K. Rue for a food and health of man. Baicheng, People's Republic of China, 2011. 196 p. (in Chinese).
2. Sysuev V. A., Kedrova L. I., Utkina E. I., Chanchzhun Zh. Prospects of production of winter rye for multifunctional use // Management and research on scientific & technological events. 2016. No. 6. P. 31–34 (in Chinese).
3. Сыуев В. А., Кедрова Л. И., Уткина Е. И. Значение озимой ржи для сохранения природного агроэкологического баланса и здоровья человека (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 1. С. 14–20. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-1-014-020.
4. Югай А. М. Эффективность производства и уровень кислотности почв // Вестник АПК Верхневолжья. 2015. № 4 (32). С. 3–8.
5. Кедрова Л. И., Уткина Е. И. Влияние почвенной кислотности на урожайность озимой ржи и возможности эдафической селекции // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 6 (67). С. 17–25. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.17-25.
6. Kochian L. V., Pineros M. A., Liu J., Magalhaes J. V. Plant adaptation to acid soils: the molecular basis for crop aluminum resistance // Annu Rev Plant Biol. 2015. P. 571–598. DOI: 10.1146/annurev-arplant-043014-114822.
7. Молодкин В. Н., Бусыгин А. С. Плодородие пахотных почв Кировской области // Земледелие. 2016. № 8. С. 16–18.
8. Moskalets V. V., Moskalets T. Z., Vasylykivskyi S. P., Grynyk I. V., Vovkohon A. G., Lodova O. V., Shevchuk O. A., Knyazyuk O. V. Common wheat: ecological plasticity by biological and technological markers // Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького. 2016. Т. 6. № 3. С. 311–318.
9. Жуйкова О. А., Баталова Г. А. Адаптивность линий и сортов овса голозерного в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 2. С. 118–125. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125.
10. Sarkar B., Sharma R. C., Verma R. P. S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2014. No. 1(74). P. 26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.
11. Максимов В. А., Золотарева Р. И. Результаты экологического испытания сортов озимой ржи в условиях Марий Эл // Вестник Марийского государственного университета. 2019. Т. 5. № 2. С. 178–184. DOI: 10.30914/2411-9687-2019-5-2-178-184.
12. Lisitsyn E. M., Shchennikova I. N., Shupletsova O. N. Cultivation of barley on acid sod-podzolic soils of North-East of Europe // In book: Barley: production, cultivation and uses // Ed. by Elfson S. B. New York: Nova Publishers, 2011. P. 49–92.
13. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
14. 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.
15. Кедрова Л. И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 158 с.
16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур // Под общ. ред. Федина М. А. Вып. 2. М.: МСХ СССР, 1985. 230 с.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
18. Пакудин В. З., Лопатина Л. М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 4. С. 109–113.
19. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.

20. Хангильдин В. В. Параметры оценки гомеостатичности сортов и селекционных линий в испытании колосовых культур // Научно-технический бюллетень ВСГИ. 1986. №2 (60). С. 36–41.
21. Животков Л. А., Морозова З. А., Секутаева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
22. Гончаренко А. А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // Зерновое хозяйство России. 2016. № 3. С. 31–37.
23. Константинова О. Б., Кондратенко Е. П. Урожайность и параметры адаптивности новых сортов озимой ржи в условиях лесостепной зоны кемеровской области // Социальная экология как основа экологизации общества. Сборник материалов молодежного научного семинара, посвященного 65-летию Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева. Кемерово: ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева», 2014. С. 20.

## References

1. Sysuev V. A., Ren Changzhong, Kedrova L. I., Utkina E. I., Lapteva N. K. Rue for a food and health of man. Baicheng, People's Republic of China, 2011. 196 p. (in Chinese).
2. Sysuev V. A., Kedrova L. I., Utkina E. I., Chanchzhun Zh. Prospects of production of winter rye for multifunctional use // Management and research on scientific & technological events. 2016. No. 6. P. 31–34 (in Chinese).
3. Sysuev V. A., Kedrova L. I., Utkina E. I. Importance of winter rye for maintaining natural agroecological balance and human health (review) // Theoretical and Applied Ecology. 2020. No. 1. P. 14–20. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-1-014-020.
4. Yugay A. M. Production efficiency and level of acidity of soils // Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region. 2015. No. 4 (32). P. 3–8.
5. Kedrova L. I., Utkina E. I. The influence of soil acidity on the yield of winter rye and the possibility of edaphic selection // Agricultural Science Euro-North-East. 2018. Vol. 67. No. 6. P. 17–25. DOI:10.30766/2072-9081.2018.67.6.17-25.
6. Kochian L. V., Pineros M. A., Liu J., Magalhaes J. V. Plant adaptation to acid soils: the molecular basis for crop aluminum resistance // Annu Rev Plant Biol. 2015. P. 571–598. DOI: 10.1146/annurev-arplant-043014-114822.
7. Molodkin V. N., Busygin A. S. Fertility of arable soils of Kirov region // Zemledelie. 2016. No. 8. P. 16–18.
8. Moskalets V. V., Moskalets T. Z., Vasyukivskiy S. P., Grynyk I. V., Vovkohon A. G., Lodova O. V., Shevchuk O. A., Knyazyuk O. V. Common wheat: ecological plasticity by biological and technological markers // Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University. 2016. Vol. 6. No. 3. P. 311–318.
9. Zhuikova O. A., Batalova G. A. Adaptability of naked oat lines and varieties in the conditions of Kirov region // Agricultural Science Euro-North-East. 2019. No. 20(2). P. 118–125. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125.
10. Sarkar B., Sharma R. C., Verma R. P. S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2014. No. 1(74). P.26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.
11. Maksimov V. A., Zolotareva R. I. The results of the ecological test of new varieties of winter rye in the Republic of Mari El // Vestnik of the Mari State University. Chapter “Agriculture. Economics”. 2019. Vol. 5. No. 2. P. 178–184. DOI: 10.30914/2411-9687-2019-5-2-178-184.
12. Lisitsyn E. M., Shchennikova I. N., Shupletsova O. N. Cultivation of barley on acid sod-podzolic soils of North-East of Europe // In book: Barley: production, cultivation and uses // Ed. by Elfson S. B. New York: Nova Publishers, 2011. P. 49–92.
13. Ribas I. A. Breeding grain crops to increase adaptability // Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya]. 2016. Vol. 51. No. 5. P. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
14. 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.
15. Kedrova L. I. Winter rye in the North-Eastern region of Russia. Kirov: Agricultural Research Institute of the North-East, 2000. 158 p.
16. Methodology of State variety testing of agricultural crops // Under general edition of Fedin M. A. Vol. 2. Moscow: Ministry of Agriculture of the USSR, 1985. 230 p.
17. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

18. Pakudin V. Z., Lopatina L. M. Assessment of ecological plasticity and stability of crop varieties // *Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya]*. 1984. No. 4. P. 109–113.
19. Goncharenko A. A. On adaptivity and ecological resistance of grain crop varieties // *Vestnik RAAS*. 2005. No. 6. P. 49–53.
20. Khangildin V. V. Parameters of assessing the homeostaticity of varieties and breeding lines in tests of cereal crops // *Nauchno-tekhnicheskii Byulleten Vsesoyuznogo selektsionno-geneticheskogo instituta*. 1986. No. 2 (60). P. 36–41.
21. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekutaeva L. I. Methods for evaluation of potential productivity and adaptivity in varieties and breeding forms of winter wheat on trait “productivity” // *Selekciya i semenovodstvo*. 1994. No. 2. P. 3–6.
22. Goncharenko A. A. Ecological stability of grain crop varieties of and tasks of breeding // *Grain Economy of Russia*. 2016. No. 3. P. 31–37.
23. Konstantinova O. B., Kondratenko E. P. Productivity and adaptability parameters of new varieties of winter rye in the forest-steppe zone of the Kemerovo region // *Social ecology as a basis for greening society. Collection of scientific works of the Youth Scientific Seminar dedicated to the 65<sup>th</sup> anniversary of the Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev*. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev, 2014. P. 20.

UDC 633.14:631.527:631.559

Shlyakhtina E. A., Rylova O. N.

#### RESULTS OF THE STUDY OF PROMISING VARIETIES OF WINTER RYE IN THE KIROV REGION

**Summary.** *An urgent task for increasing the level of winter rye production is the creation and introduction into production high yielding and adaptive varieties, which are less sensitive to stressful edaphic factors, and which is also important, providing the profitability of the cultivation of this crop. The purpose of the research was to assess the yield and adaptability of promising winter rye varieties created in the Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky under soil and climatic conditions of the Kirov region. The objects of study – six promising varieties of winter rye of competitive variety testing, standard – ‘Falenskaya 4’. The research was carried out in 2016–2020 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 two soil backgrounds: slightly acidic (pH 5.0–5.2; Al<sup>3+</sup> 5.0–6.5 mg/100 g of soil) and natural provocative for aluminum acid (pH 3.7–3.9; Al 26.5–28.4 mg/100 g of soil). Agroclimatic conditions in the years of research were contrasting. On a slightly acidic soil background, a promising variety ‘Batist’ with a high yielding capacity –5.52 t/ha (+0.93 t/ha compared to standard) and a high regenerative capacity (at the level of 87 %) after snow mold infestation was identified. Against the background of the edaphic stress, the yield of varieties under study on average decreased by 31.1–51.7% depending on the genotype. Over the years of research, varieties ‘Kiprez’ and ‘Batist’ were the most tolerant to soil acidity; yield decrease was 31.1 % and 35.0 %, respectively. Moreover, they have high stress tolerance and genetic flexibility. According to the assessment of ecological plasticity, varieties ‘Sarah’, ‘Nioba’, ‘Sarmat’ are of intensive type. Promising variety ‘Batist’ is the most stable on different soil backgrounds (CV – 17.2 and 19.7%; Hom – 0.32 and 0.18, respectively). A high coefficient of adaptability on a slightly acidic background was noted for ‘Batist’ variety, on the provocative – ‘Batist’ (1.26) and ‘Kiprez’ (1.17). Subsequently, these varieties can be recommended for cultivation on low-fertile acidic soils.*

**Keywords:** *winter rye (Secale cereale L.), regeneration, yield, adaptability coefficient, variety, coefficient of variation.*

Шляхтина Елена Анатольевна, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи, Фалёнская селекционная станция-филиал ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока»; 612440, Россия, Кировская область, п. Фаленки, ул. Тимирязева, 3; e-mail: fss.nauka@mail.ru.

Рылова Ольга Николаевна, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи, Фалёнская селекционная станция-филиал ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока»; 612440, Россия, Кировская область, п. Фаленки, ул. Тимирязева, 3; e-mail: fss.nauka@mail.ru.

Shlyakhtina Elena Anatolyevna, junior researcher, Falenskaya Breeding Station – Branch of “Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky”; 3, Timiryazev str., vill. Falenki, Kirov region, 612440, Russia; e-mail: fss.nauka@mail.ru.

Rylova Olga Nikolaevna, junior researcher, Falenskaya Breeding Station – Branch of “Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky”; 3, Timiryazev str., vill. Falenki, Kirov region, 612440, Russia; e-mail: fss.nauka@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 21.12.2020.*

*Дата принятия к печати – 01.03.2021.*