

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.2.172-180>

УДК 631.527:633.14:632.938.1

Иммунологическая структура и урожайность сортов озимой ржи селекции Федерального аграрного научного центра Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого

© 2024. Л. М. Щеклеина✉, Т. К. Шешегова, Е. И. Уткина

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Исследования выполнены в условиях Кировской области (2019–2023 гг.). На провокационно-инфекционных фонах снежной плесени, корневых гнилей, спорыньи, мучнистой росы, бурой и стеблевой ржавчины изучали иммунологическое состояние и урожайность 15 сортов озимой ржи, созданных за 73-летний период. С учетом методов селекции, используемого исходного материала, года создания они были условно распределены на пять последовательных периодов селекции и сортосмены: I – Вятка 2, Кировская 89; II – Фалёнская 4, Снежана, Рушник; III – Флора, Графиня, Батист; IV – Лика, Талица; V – Симфония, Гармония, Графит, Графит ФП, Перепел. При учёте болезней использовали общеизвестные методики. Исследования показали, что в результате селекции у вновь создаваемых сортов отмечено снижение развития на искусственных инфекционных фонах корневых гнилей (Флора, Перепел, Гармония – степень поражения 14,6 %, 15,5 и 15,0 %) и спорыньи (Флора, Графиня, Батист, Лика, Симфония, Графит ФП, Гармония – поражение 11,4...15,9 %, засорённость зерна склеротиями – 0,38...1,84 %). У сортов I периода селекции степень поражения корневыми гнилями составила 18,8 %, спорыньей – 31,7 %. Отсутствует прогресс в селекции на устойчивость к мучнистой росе и видам ржавчины. Наиболее урожайными являются сорта Лика и Батист (769,3 и 738,7 г/м²), которые существенно превышают стандарт Фалёнская 4 (578,8 г/м²). Выявлена тесная и значимая ($P \geq 0,05$) зависимость между урожайностью сортов озимой ржи и отрастанием растений после поражения снежной плесенью ($r = 0,693...0,830$), а также засоренностью зерна склеротиями ($r = -0,531...-0,712$). Между урожайностью озимой ржи и развитием других изученных болезней связь несущественная и слабая. Учитывая высокую вредоносность снежной плесени и спорыньи в регионе исследований, необходимо и далее осуществлять селекционное улучшение сортов по этим признакам, а также по повышению устойчивости к мучнистой росе и видам ржавчины.

Ключевые слова: *Secale cereale* L., сорта, этапы селекции, грибные болезни, иммунологическая оценка, продуктивность

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (тема FNWE-2022-0007).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К., Уткина Е. И. Иммунологическая структура и урожайность сортов озимой ржи селекции Федерального аграрного научного центра Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(2):172–180. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.2.172-180>

Поступила: 14.02.2024

Принята к публикации: 20.03.2024

Опубликована онлайн: 24.04.2024

Immunological structure and yield of winter rye varieties bred by the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky

© 2024. Lucia M. Shchekleina✉, Tatyana K. Sheshegova, Elena I. Utkina

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The study was carried out in the conditions of Kirov region in 2019–2023. Against provocative and infectious backgrounds of snow mold, root rot, ergot, powdery mildew, leaf and stem rust, the immunological state and yield of 15 varieties of winter rye created over a 73-year period were studied. Taking into account the breeding methods, the source material used and the year of creation, they were conditionally distributed over five successive periods of breeding and variety change: I – Vятка 2, Kirovskaya 89; II – Fалёнская 4, Snezhana, Rushnik; III – Flora, Grafinya, Batist; IV – Lika, Talitsa; V – Symphoniya, Garmoniya, Graphit, Graphit FP, Perepel. When recording diseases, well-known methods were used. Research has shown that as a result of breeding, on artificial infectious backgrounds newly created varieties showed a decrease in the development of root rot (Flora, Perepel, Garmoniya – degree of damage 14.6 and 15.5 and 15.0 %) and ergot (Flora, Grafinya, Batist, Lika, Symphoniya, Graphit FP, Garmoniya – damage 11.4...15.9 %), grain contamination with sclerotia – 0.38...1.84 %. In varieties of the I period of breeding the degree of root rot infection was 18.8 %, ergot infection – 31.7 %. There is no progress in breeding for resistance to powdery mildew and rust types. The most productive varieties are Lika and Batist (769.3 and 738.7 g/m²), which

significantly exceed the Falenskaya 4 standard (578.8 g/m²). A close and significant dependence ($p \geq 0.95$) was revealed between the yield of winter rye varieties and regrowth of plants after snow mold infection ($r = 0.693...0.830$) as well as grain contamination with sclerotia ($r = -0.531...-0.712$). The relationship between the yield of winter rye and the development of other studied diseases is insignificant and weak. Considering the high harmfulness of snow mold and ergot in the research region, it is necessary to continue to carry out breeding improvement of varieties for these characteristics, as well as to increase resistance to powdery mildew and types of rust.

Keywords: *Secale cereale* L., varieties, stages of breeding, fungal diseases, immunological assessment, productivity

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme FNWE-2022-0007).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citations: Shchekleina L. M., Sheshhegova T. K., Utkina E. I. Immunological structure and yield of winter rye varieties bred by the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(2):172–180. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.2.172–180>

Received: 14.02.2024

Accepted for publication: 20.03.2024

Published online: 24.04.2024

Озимая рожь – важная продовольственная культура в мировом земледелии [1, 2, 3]. Уникальность ее заключается в высокой зимостойкости [4, 5], выносливости к почвенной засухе, алюмо- и кислотоустойчивости [6], способности произрастать на низкоплодородных почвах [7, 8], сдерживать развитие сорных растений, защищать почву от эрозии и улучшать её структуру, созревать раньше других зерновых культур [9]. Однако одним из недостатков многих отечественных и зарубежных сортов ржи является восприимчивость к грибным болезням [10, 11, 12].

На территории Северо-Восточного региона европейской части Российской Федерации в посевах озимой ржи практически ежегодно диагностируются снежная плесень (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I. C. Hallett), корневые гнили (*Fusarium* Link.: *F. culmorum* (W.G.Sm.) Sacc, *F. sporotrichioides* Sherb. и др.), мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. secalis Marchal.), бурая ржавчина (*Puccinia recondita* Roberge ex Desm.), стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. secalis (Erikss. et Henn.)), спорынья (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.). Периодически та или иная болезнь достигают эпифитотийного уровня развития [11, 12]. Так, за 10-летний период экономически значимое проявление снежной плесени отмечалось с частотой 9–10 раз, корневых гнилей – 3–5 раз, фузариоза колоса – 3–4 раза, мучнистой росы – 4–5 раз, бурой ржавчины – 5–7 раз и стеблевой – 3–4 раза. Потери урожая зерна составили от 10 до 30 % [10, 13, 14].

Одной из прогрессирующих болезней озимой ржи становится спорынья, которая встречается во всех географических зонах при наличии факторов, способствующих циклу развития гриба *C. purpurea*. Наиболее благоприятными условиями для распространения

этой болезни являются зоны с влажностью воздуха более 70 % и температурой около +20 °C в период цветения растений, что характерно для Беларуси, Дальнего Востока, Северо-Востока европейской части России [15]. В Кировской области за последние 20 лет распространение спорыньи отмечено на уровне 0,2–1,7 %, максимальное – 5 % (2017 г.) [16].

Следует отметить, что сорта озимой ржи селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока занимают в озимом зерновом клине Кировской области 62,5 %, по Волго-Вятскому региону – 25 % [17]. Учитывая частоту проявления и вредность болезней, многолетняя селекция этой культуры в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока направлена, в т. ч. на повышение устойчивости к комплексу грибных болезней в меняющихся агротехнологических и климатических условиях.

Цель исследований – изучить иммунологическую структуру и уровень урожайности сортов озимой ржи селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, относящихся к разным этапам их создания.

Научная новизна – впервые проведен сравнительный анализ сортов озимой ржи, созданных в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока за 73-летний период, по иммунологическому состоянию и продукционному потенциалу, обозначены приоритеты для их дальнейшего селекционного улучшения.

Материал и методы. Исследования выполнены в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого» в 2019–2023 гг. На фитопатологическом участке изучали 15 сортов озимой ржи, созданных за 73-летний период, из них сорта Вятка 2, Кировская 89, Фалёнская 4, Снежана, Рушник, Флора, Графиня и Батист внесены в Государственный реестр селекционных достижений РФ, Лика и Талица проходят государ-

ственное испытание, Симфония, Гармония, Графит ФП, Графит и Перепел изучаются в питомнике конкурсного испытания. Площадь делянок – 1 м², повторность трёхкратная.

Полевые опыты закладывали в соответствии с методическими указаниями¹. Изучение сортифта проводили на искусственных инфекционных фонах по снежной плесени, корневым гнилям и спорынье с использованием общеизвестных методик В. К. Неофитовой², М. Ф. Григорьева³, Т. Миданер с соавт. (Т. Miedaner et al.) [18]. Восприимчивость к мучнистой росе и видам ржавчины оценивали в провокационных условиях, которые создавали путем весеннего посева озимой ржи по краям фитопатологического участка.

Поражение снежной плесенью учитывали весной до боронования посевов, а отрастание – через неделю после возобновления вегетации, определяя глазомерно процент площади делянки, занятой поражёнными и сохранившимися растениями.

Сорта по устойчивости к корневым гнилям⁴ (*Fusarium* spp.) характеризовали по признаку «развитие болезни»: иммунные – симптомов болезни нет; высокоустойчивые – развитие болезни 5–10 %; умеренно устойчивые – 11–15 %; среднеустойчивые – 16–25 %; слабоустойчивые образцы – более 25 %. Учёт степени поражения растений проводили при полной спелости зерна.

Интенсивность поражения листьев мучнистой росой проводили по шкале ВИР⁵: 0 баллов – отсутствие болезни (иммунитет); 1 балл – единичное поражение (1–10 % – высокая устойчивость); 2 балла – слабый налет на листьях и междоузлиях нижнего яруса (11–25 % – устойчивость); 3 балла – умеренный налет на листьях и междоузлиях нижнего листа (26–40 % – средняя устойчивость); 4 балла – обильный налет, особенно на нижних листьях (41–60 % – слабая устойчивость); 5 баллов – сильное поражение листьев и междоузлий (более 80 % поверхности листьев – высокая восприимчивость). Интенсивность поражения листьев налетом гриба *B. graminis* оценивали в период «трубкавание - колошение».

Характеристику сортов по устойчивости к бурой и стеблевой ржавчинам давали на основании шкалы Т. Д. Страхова и Л. Ф. Русакова⁶: 0 баллов – отсутствие признаков болезни (иммунитет); 1 балл – крайне слабое поражение, единичные мелкие уредопустулы возбудителя (1–20 % – высокая устойчивость); 2 балла – слабое поражение, уредопустулы небольшого или среднего размера, некроз (21–40 % – устойчивость); 3 балла – среднее поражение, уредопустулы среднего размера, некроза нет (41–60 % – средняя устойчивость); 4 балла – сильное поражение, уредопустулы сливающиеся, некроза нет (61–80 % – слабая устойчивость); 5 баллов – крайне сильное поражение, обильные уредопустулы (81–100 % – высокая восприимчивость). Учет видов ржавчины проводили в период их максимального развития, что обычно проявляется в фазу цветения (бурая) и молочной спелости зерна (стеблевая).

При создании искусственного инфекционного фона на спорынью использовали споровую суспензию конидий *S. purpurea*, которую вносили шприцом в цветки средней части колоса в начале колошения растений. Концентрация спор в инокуляте 5×10^5 конидий/мл. Учет болезни проводили по двум показателям: «поражение», отражающее процентное содержание пораженных растений в анализируемой выборке, и «засорённость» – процентное отношение весовой массы склероциев с делянки к массе зерна с неё. Устойчивость сортов к спорынье определяли по шкале Т. Миданер с соавт. (Т. Miedaner et al.) [18], согласно которой при распространении болезни в посевах от 0 до 0,5 % и наличии склероциев в анализируемой выборке от 0 до 0,01 % сорт относится к высокоустойчивым; от 0,5 до 1,5 % и от 0,01 до 0,10 % – к среднеустойчивым; от 1,5 до 3,0 % и от 0,10 до 0,30 % и выше – к восприимчивым.

Статистическую обработку проводили методами дисперсионного и корреляционного анализов с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализов в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07.) и Microsoft Office Excel.

¹Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. Вып. 2. Ч. 2. 230 с.; Кобылянский В. Д., Королёва Л. А. Методические указания по селекции озимой ржи на устойчивость к грибным болезням. Л., 1977. 26 с.

²Неофитова В. К. Методы полевой оценки устойчивости сортов озимых зерновых культур к снежной плесени. Минск, 1976. 4 с.

³Григорьев М. Ф. Методические указания по изучению устойчивости зерновых культур к корневым гнилям. Л.: ВАСХНИЛ, ВИР, 1976. 59 с.

⁴Там же.

⁵Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985.

⁶Гешеле Э. Э. Методическое руководство по фитопатологической оценке зерновых культур. Одесса: ВАСХНИЛ, 1971. 178 с.

Результаты и их обсуждение. Сорты озимой ржи с учетом применяемых в работе методов селекции, года районирования, долговечности в селекционном процессе и производстве распределили на пять последовательных периодов селекции и сортосмены: I – Вятка 2 (1950 г., метод массового отбора), Кировская 89 (1993 г., метод индивидуального отбора); II – Фалёнская 4 (1999 г., гибридизация и индивидуальный отбор), Снежана (2004 г., индивидуальный многократный отбор на искусственном инфекционном фоне *M. nivale*), Рушник (2008 г., индивидуальный отбор, в т. ч. на инфекционном фоне *M. nivale*); III – Флора (2010 г. индивидуальный отбор, в т. ч. на инфекционном фоне *Fusarium spp.*), Графиня (2012 г., индивидуальный многократный отбор на инфекционном фоне *M. nivale*, гибридизация с источниками устойчивости к снежной плесени), Батист (2023 г., индивидуальный отбор, в т. ч. на инфекционном фоне *Fusarium spp.*); IV – Лика (2021 г., индивидуальный отбор, в т. ч. на инфекционном фоне *Fusarium spp.*), Талица (2023 г. индивидуальный отбор, в т. ч. на инфекционном фоне *Fusarium spp.*); V – Симфония, Гармония, Графит, Графит ФП, Перепел (индивидуальный отбор, в т. ч. на инфекционном фоне *Fusarium spp.* и *Claviceps purpurea*) (табл. 1; рис.).

Исследования выявили различное иммунологическое состояние сортов в последовательной селекции. Все новые сорта не превышали по выносливости к снежной плесени высокозимостойкий Вятка 2 [19]. Начиная со второго периода селекции, отрастание после поражения снизилось в среднем по сортам на 7,6–18,1 %. Можно лишь отметить сорта Флора и Лика с состоянием признака на уровне сорта Вятка 2. Снижение выносливости к снежной

плесени происходило, в т. ч. и в результате отсутствия за последние 12 лет целенаправленной проработки селекционного материала и отбора источников в условиях жесткого инфекционного фона *M. nivale*. Несмотря на высокую частоту проявления этой болезни в Кировской области, степень поражения далеко не однозначна.

Поражение на естественном фоне *M. nivale* варьирует от 30 до 100 %, на инфекционном фоне – постоянно 100 %. При искусственном заражении создается более выравненный фон ($CV = 40,0 \%$), чем без него ($CV = 24,6 \%$), что очень важно для достоверной оценки селекционного материала и отбора устойчивых биотипов [14].

По отношению к корневым гнилям отмечена тенденция уменьшения их развития у некоторых сортов (Флора, Перепел, Гармония) по сравнению с восприимчивым – Кировская 89.

Исследования по повышению устойчивости озимой ржи к спорынье в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока начаты с 2009 г. В процессе искусственной инокуляции суспензией конидий *C. purpurea* выявлены несколько наименее поражаемых сортов: Флора, Графиня, Лика, Батист, Симфония, Гармония, Графит ФП. Отклонение иммунологических признаков у них по отношению к предыдущему периоду селекции составило $-12,6...+0,6 \%$ (поражение) и $-1,22...+0,44 \%$ (засоренность зерна склероциями) (рис.). Сорта сохраняют признак устойчивости в течение трех-пяти лет изучения и могут быть использованы в селекции в качестве источников. Среди них, популяции Гармония и Симфония созданы с использованием источников устойчивости к спорынье, выявленных и отобранных на изолированном фитопатологическом участке.

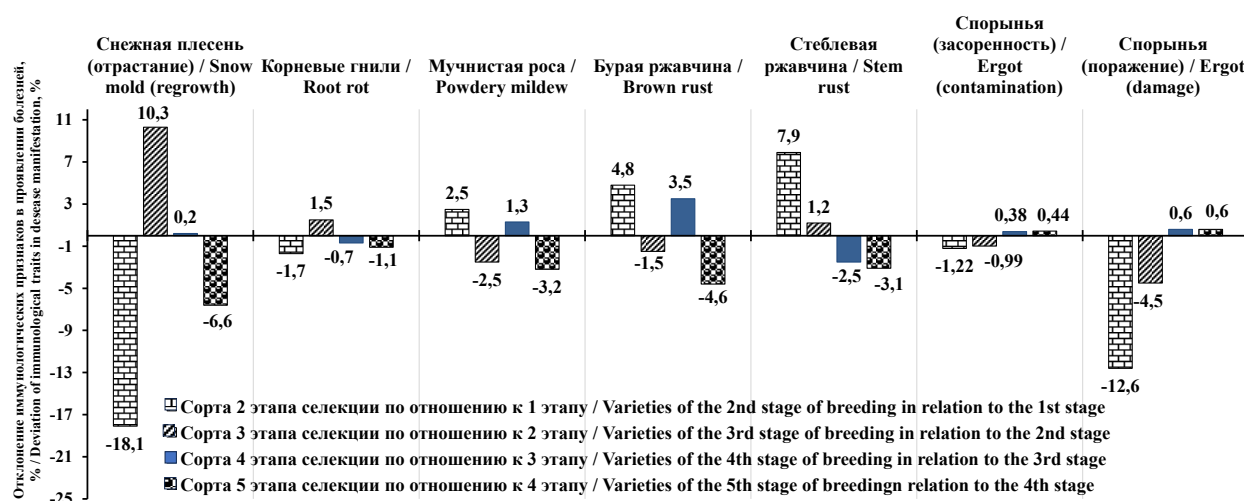


Рис. Изменчивость проявления болезней у сортов озимой ржи в разные периоды селекции /
Fig. Variability of disease manifestation in winter rye varieties in different periods of breeding

Таблица 1 – Динамика проявления болезней грибной этиологии у сортов озимой ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока в ряду последовательной селекции (провокационно-инфекционные фоны (2019–2023 гг.)), % /
Table 1 – Dynamics of the manifestation of diseases of fungal etiology in winter rye varieties bred by FARC North-East in the successive breeding (provocative and infectious backgrounds (2019–2023)), %

Сорт / Variety	Отрастание после поражения снежной плесенью / Regrowth after snow mold damage	Степень поражения / Degree of damage					Спорынья / Ergot	
		мучнистой росой / pow- dery mildew	бурой ржавчиной / brown rust	стеблевой ржавчиной / stem rust	корневыми гнилями / root rot	поражение / damage	поражение / damage	засорённость зерна склеротциями / sclerotia grain contamination
Вятка 2 / Vyatka 2	87,0±3,00	21,8±13,63	28,7±3,57	14,6±5,64	18,5±2,36	37,0±16,05		2,20±0,43
Кировская 89 / Kirovskaya 89	82,5±1,29	18,1±10,75	23,5±4,95	10,3±4,38	19,0±4,25	26,4±10,22		3,00±0,22
Среднее за I период селекции / Average for the I breeding period	84,8	20,0	26,1	12,5	18,8	31,7		2,60
Фалёнская 4 – ст. / Falenskaya 4 – st.	65,0±8,37	25,7±14,06	33,7±4,50	25,7±8,86	16,2±3,90	18,7±4,02		1,37±0,14
Снежная / Snezhana	65,0±7,75	19,3±12,05	29,5±6,28	15,8±5,59	18,7±4,54	22,2±4,99		1,40±0,16
Рушник / Rushnik	70,0±8,80	22,5±13,94	29,5±4,74	19,6±4,68	16,5±3,75	16,4±3,24		1,38±0,17
Среднее за II период селекции / Average for the II breeding period	66,7	22,5	30,9	20,4	17,1	19,1		1,38
Флора / Flora	84,0±6,20	18,9±12,27	28,4±5,35	20,1±6,85	14,6±3,50	15,9±4,57		0,40±0,07
Графиня / Grafinya	70,0±5,10	21,6±14,00	30,3±6,38	23,1±7,78	22,5±4,12	13,3±6,15		0,38±0,13
Среднее за III период селекции / Average for the III breeding period	77,0	20,3	29,4	21,6	18,6	14,6		0,39
Батист / Batist	76,7±2,58	19,6±9,65	44,5±17,81	20,9±6,45	16,9±3,75	11,4±3,36		0,87±0,80
Лика / Lika	85,0±3,16	19,6±9,65	22,0±5,95	14,4±4,92	18,3±2,52	14,6±6,16		0,58±0,26
Талица / Talica	70,0±7,11	25,6±17,39	32,3±4,12	22,1±5,87	18,5±3,83	19,6±8,88		0,85±1,11
Среднее за IV период селекции / Average for the IV breeding period	77,2	21,6	32,9	19,1	17,9	15,2		0,77
Симфония / Simfoniya	72,0±4,06	21,5±14,74	29,8±11,57	15,1±3,45	19,5±3,61	12,8±4,51		0,90±0,33
Гармония / Garmoniya	68,0±6,20	17,7±11,37	30,3±10,53	16,2±5,57	15,0±4,20	14,3±4,43		0,66±0,81
Графит ФП / Grafit FP	71,7±1,29	16,6±9,90	17,5±3,65	19,8±7,28	17,0±2,49	11,7±5,79		1,84±1,19
Графит / Grafit	70,5±4,38	16,6±9,66	33,4±12,48	15,0±3,67	16,9±3,34	21,1±11,78		1,62±0,81
Перепел / Perepel	70,8±7,49	19,5±13,15	30,4±8,54	13,9±4,73	15,5±3,06	18,9±11,97		1,01±0,93
Среднее за V период селекции / Average for the V breeding period	70,6	18,4	28,3	16,0	16,8	15,8		1,21
Среднее по сортам / Average by variety	73,9	20,3	29,6	17,8	17,6	18,3		1,23

В ходе селекционного процесса не улучшилось состояние сортов по устойчивости к мучнисто-росяной и ржавчинной инфекции, хотя большинство из них в провокационных условиях характеризуются как устойчивые к болезням. Наименьшая степень поражения мучнистой росой (16,6 %) и бурой ржавчиной (17,5 %) отмечена у новой популяции Графит ФП, стеблевой ржавчиной (10,3 %) – у сорта Кировская 89, который относится к числу первых в стране генотипов с неспецифической устойчивостью к ржавчинной инфекции [14]. Признак сохраняется с периода районирования (1993 г.) по настоящее время. Следует отметить, что изучение генофонда озимой ржи и отбор устойчивых биотипов при искусственной инокуляции *B. graminis* и *Puccinia* spp. в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока закончили проводить в конце

90-х годов. Усилия селекционеров были сконцентрированы в основном на повышении продуктивности растений и урожайности. Изучение генофонда озимой ржи на фитопатологическом участке показало, что урожайность сортов второго периода селекции составила в среднем 548,8 г/м², третьего – 604,1 г/м², четвертого – 661,5 г/м², пятого – 543,2,9 г/м², что на 85,8...204,1 г/м² больше первого периода (табл. 2). Следует отметить наиболее успешную в этом направлении селекцию третьего и четвертого периодов, в которых созданы наиболее урожайные сорта Флора, Лика, Батист при среднем уровне признака 645,3 г/м², 769,3 и 738,7 г/м² (НСР₀₅ = 175,4; P = 6,2 %). Среди перспективных популяций можно выделить Перепел, Графит ФП и Симфония с урожайностью 654,2 г/м², 629,5 и 611,2 г/м².

Таблица 2 – Урожайность сортов озимой ржи по периодам селекции в провокационно-инфекционных условиях развития грибных болезней (2019–2023 гг.) /
Table 2 – Productivity of rye varieties by breeding periods under provocative and infectious conditions of the development of fungal diseases (2019–2023)

Сорт / Variety	Масса зерна, г/м ² / Grain weight, g/m ²		
	среднее по сорту / average by variety	среднее за период селекции / average for the breeding period	± к I периоду селекции / ± to the I breeding period
I период селекции / I selection period			
Вятка 2 / Vyatka 2	460,3±16,75	457,4	-
Кировская 89 / Kirovskaya 89	454,4±155,33		
II период селекции / II breeding period			
Фалёнская 4 – ст. / Falenskaya 4 – st.	578,8±92,86	548,8	91,4
Снежана / Snezhana	492,6±132,20		
Рушник / Rushnik	575,1±59,15		
III период селекции / III breeding period			
Флора / Flora	645,3±116,91	604,1	146,7
Графиня / Grafinya	562,8±73,66		
IV период селекции / IV breeding period			
Батист / Batist	738,8±180,37	661,5	204,1
Лика / Lika	769,3±120,84		
Талица / Talitsa	476,4±145,20		
V период селекции / V breeding period			
Симфония / Simfoniya	611,2±157,83	543,2	85,8
Гармония / Garmoniya	404,3±147,27		
Графит ФП / Grafit FP	629,5±197,22		
Графит / Grafit	416,9±188,87		
Перепел / Perepel	654,2±161,21		
Среднее по сортам / Average by varieties	564,7	-	-
НСР ₀₅ / LSD ₀₅	175,4	-	-

Однако многие сорта в условиях повышенной инфекционной нагрузки фитопатогенов характеризуются значительной нестабильностью признака, о чем косвенным образом свидетельствует динамика признака в годы исследований. Это возможно снижает их селекционную ценность как источника признака. К наиболее адаптивным и пластичным можно отнести «старые» сорта: Вятка 2, Фалёнская 4, Рушник, Графиня.

Между урожайностью и устойчивостью к некоторым болезням выявлено наличие отрицательной взаимосвязи в той или иной степени. Тесная и значимая ($P \geq 0,05$) зависимость обнаружена между урожайностью и отращиванием после поражения снежной плесенью ($r = 0,693 \dots 0,830$), засоренностью зерна склеротциями ($r = -0,531 \dots -0,712$). Слабая и незначимая связь отмечена между урожайностью и степенью поражения корневыми гнилями ($r = -0,253 \dots -0,390$), мучнистой росой ($r = -0,291 \dots -0,442$), бурой ржавчиной ($r = -0,193 \dots -0,460$), стеблевой ржавчиной ($r = -0,070 \dots -0,332$). Выявленные взаимосвязи отражают приоритеты дальнейшей

селекции озимой ржи на фитоиммунитет для условий Северо-Восточного региона.

Заключение. Многолетняя селекция озимой ржи в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока имеет положительные тенденции в повышении устойчивости вновь создаваемых сортов к корневым гнилям и спорынье. Снижение развития корневых гнилей отмечено у сортов Флора, Перепел, Гармония, спорыньи – Флора, Графиня, Батист, Лика, Симфония, Графит ФП, Гармония. Отсутствует в настоящее время прогресс в селекции на устойчивость к мучнистой росе и видам ржавчины, за исключением новой популяции Графит ФП, что может быть связано с изучением генофонда озимой ржи на естественных фонах возбудителей и включением в селекционный процесс недостаточно устойчивых генотипов. Значительные успехи связаны с повышением урожайности новых сортов, особенно в третьем и четвертом периодах селекции. Наиболее урожайными являются Флора, Лика, Батист, Перепел, Графит ФП и Симфония ($611,2 \dots 769,3 \text{ г/м}^2$).

Список литературы

1. Гончаренко А. А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. М., 2014. 372 с.
2. Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Агроэкологическая оценка сортов озимой ржи по хозяйственно-биологическим и адаптивным показателям. Пермский аграрный вестник. 2023;(1(41)):63–71. DOI: https://doi.org/10.47737/2307-2873_2023_41_63 EDN: TKIJBV
3. Урбан Э. П. Селекция адаптивных сортов озимой ржи с комплексом хозяйственно полезных признаков. Земледелие и селекция в Беларуси. 2022;(58):304–308. Режим доступа: <https://elibrary.ru/hwzkfv> EDN: HWZKFFV
4. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н., Маннапова Г. С., Гильмуллина Л. Ф. Особенности селекции озимой ржи на адаптивность в Республике Татарстан. Достижения науки и техники АПК. 2015;29(5):11–14. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23608953> EDN: TWQMWN
5. Hackauf B., Haffke S., Fromme F. J., Roux S. R., Kusterer B., Musmann D., Kilian A., Miedaner T. QTL mapping and comparative genome analysis of agronomic traits including grain yield in winter rye. Theoretical and Applied Genetics. 2017;130(9):1801–1817. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2926-0>
6. Чайкин В. В., Тороп А. А., Рыльков А. И. Зимо- и засухоустойчивость озимой ржи в условиях Центрально-Черноземного региона. Земледелие. 2017;(2):32–36. Режим доступа: https://jurzemledelie.ru/images/dos/Zemledelie_2_2017.pdf
7. Потапова Г. Н., Галимов К. А., Зобнина Н. Л. Продуктивность и адаптивность сортов озимой ржи на Среднем Урале. Достижения науки и техники АПК. 2020;34(10):28–33. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-11004> EDN: GGNUZZ
8. Чайкин В. В., Тороп А. А., Тороп Е. А. Создание и характеристика сорта озимой ржи Таловская 45. Зерновое хозяйство России. 2022;14(6):29–33. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-83-6-29-33> EDN: TRGTDN
9. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н., Маннапова Г. С. Исходный материал для селекции озимой ржи (*Secale cereale* L.). Вестник КрасГАУ. 2018;(3):19–24. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35199892> EDN: XSFUTZ
10. Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К. Болезни *Secale cereale* L. в Кировской области и генетические источники устойчивости для селекции. Вестник КрасГАУ. 2020;(6):86–92. DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-86-92> EDN: GKQQSO
11. Николаев С. В., Зубаирова У. С., Сколотнева Е. С., Орлова Е. А., Афонников Д. А. Системный подход к моделированию развития листостебельных грибных инфекций пшеницы. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019;23(1):100–109. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ19.468> EDN: YXMGCL

12. Маннапова Г. С., Пономарева М. Л., Пономарев С. Н., Сайфутдинова Д. Д., Гараева Н. Ш., Иванова И. О., Павлова С. Ю. Генофонд озимой ржи для селекции на устойчивость к снежной плесени. Plant Genetics, Genomics, Bioinformatics, and Biotechnology (PlantGen2023): materials VII International scientific conference "Genetics, genomics, bioinformatics and plant biotechnology". Kazan: «Fen» Publishing House, 2023. С. 251.
13. Щеклеина Л. М. Мониторинг болезней озимой ржи в Кировской области и возможные направления селекции на иммунитет. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(2):124–132. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.124-132> EDN: PASXSJ
14. Кедрова Л. И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 158 с.
15. Рукшан Л. В. Спорынья ржи (возбудитель *Claviceps purpurea*). Минск: Издательский Центр БГУ, 2003. 216 с.
16. Щеклеина Л. М. Влияние погодных факторов на отдельные периоды развития гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul и уровень вредоносности спорыньи в Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):134–143. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143> EDN: LBQKTQ
17. Уткина Е. И., Кедрова Л. И., Набатова Н. А., Псарева Е. А., Парфенова Е. С. Урожайный потенциал сортов озимой ржи в условиях Волго-Вятского региона. Успехи современного естествознания. 2020;(1):12–17. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42320387> EDN: LJHDVM
18. Miedaner T., Mirdita V., Rodemann B., Drobeck T., Rentel D. Genetic variation of winter rye cultivars for their ergot (*Claviceps purpurea*) reaction tested in a field design with minimized interplot interference. Plant Breeding. 2010;129(1):58–62. DOI: <https://doi.org/10.1111/J.1439-0523.2009.01646.X>
19. Уткина Е. И., Кедрова Л. И., Парфенова Е. С., Шамова М. Г. Влияние снежной плесени на урожайность озимой ржи в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(4):315–323. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.315-323> EDN: DMDHAG

References

1. Goncharenko A. A. Current issues of winter rye breeding. Moscow, 2014. 372 p.
2. Safonova I. V., Aniskov N. I. Agroecological assessment of winter rye varieties by economic, biological and adaptive indicators. *Permskiy agrarnyy vestnik* = Perm Agrarian Journal. 2023;(1(41)):63–71. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.47737/2307-2873_2023_41_63
3. Urban E. P. Breeding of winter rye adaptive varieties with a set of economically valuable traits. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi* = Arable Farming and Plant Breeding in Belarus. 2022;(58):304–308. (In Belarus). URL: <https://elibrary.ru/hwzkfv>
4. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Mannapova G. S., Gilmullina L. F. Special features of breeding of winter rye on adaptability in Republic of Tatarstan. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2015;29(5):11–14. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23608953>
5. Hackauf B., Haffke S., Fromme F. J., Roux S. R., Kusterer B., Musmann D., Kilian A., Miedaner T. QTL mapping and comparative genome analysis of agronomic traits including grain yield in winter rye. *Theoretical and Applied Genetics*. 2017;130(9):1801–1817. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2926-0>
6. Chaykin V. V., Torop A. A., Ryl'kov A. I. Winter and drought resistance of winter rye under conditions of the Central Chernozem region. *Zemledelie*. 2017;(2):32–36. (In Russ.). URL: https://jurzemledelie.ru/images/dos/Zemledelie_2_2017.pdf
7. Potapova G. N., Galimov K. A., Zobnina N. L. Productivity and adaptability of winter rye varieties in the Middle Urals. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2020;34(10):28–33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-11004>
8. Chaikin V. V., Torop A. A., Torop E. A. Development and characteristics of the winter rye variety 'Talovskaya 45'. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2022;(6):29–33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-83-6-29-33>
9. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Mannapova G. S. Initial material for winter rye (*Secale cereale* L.) selection. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2018;(3):19–24. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35199892>
10. Shchekleina L. M., Sheshhegova T. K. The diseases *Secale cereale* L. in kirov region and genetic sources of sustainability for winter rye selection. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2020;(6):86–92. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-86-92>
11. Nikolaev S. V., Zubairova U. S., Skolotneva E. S., Orlova E. A., Afonnikov D. A. A system approach to the modeling of fungal infections of the wheat leaf. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*. 2019;23(1):100–109. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ19.468>
12. Mannapova G. S., Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Say-futdinova D. D., Garaeva N. Sh., Ivanova I. O., Pavlova S. Yu. The gene pool of winter rye for breeding for resistance to snow mold. Plant Genetics, Genomics, Bioinformatics, and Biotechnology (PlantGen2023): materials VII International scientific conference "Genetics, genomics, bioinformatics and plant biotechnology". Kazan: «Fen» Publishing House, 2023. pp. 251.

13. Shchekleina L. M. Monitoring of winter rye diseases in Kirov region and possible trends of breeding for immunity. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(2):124–132. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.124-132>
14. Kedrova L. I. Winter rye in the Northeastern region of Russia. Kirov: *NIISKh Severo-Vostoka*, 2000. 158 p.
15. Rukshan L. V. Ergot of rye (causative agent of *Claviceps purpurea*). Minsk: *Izdatel'skiy Tsentr BGU*, 2003. 216 p.
16. Shchekleina L. M. Influence of weather factors on separate periods of fungus *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul development and level of ergot harmfulness in Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):134–143. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143>
17. Utkina E. I., Kedrova L. I., Nabatova N. A., Psareva E. A., Parfenova E. S. Yield capacity of winter rye varieties in conditions of Volgo-Vyatsk region. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2020;(1):12–17. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42320387>
18. Miedaner T., Mirdita V., Rodemann B., Drobeck T., Rentel D. Genetic variation of winter rye cultivars for their ergot (*Claviceps purpurea*) reaction tested in a field design with minimized interplot interference. *Plant Breeding*. 2010;129(1):58–62. DOI: <https://doi.org/10.1111/J.1439-0523.2009.01646.X>
19. Utkina E. I., Kedrova L. I., Parfyonova E. S., Shamova M. G. Influence of snow mold on winter rye productivity in the Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(4):315–323. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.315-323>

Сведения об авторах

✉ **Щекленна Люция Муллахметовна**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3589-5524>, e-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Шешегова Татьяна Кузьмовна, доктор биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2371-4949>

Уткина Елена Игоревна, доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5650-6906>

Information about the authors

✉ **Lucia M. Shchekleina**, PhD in Agricultural Science, senior researcher, the Laboratory of Immunity and Plant Protection, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 166a Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3589-5524>, e-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Tatyana K. Sheshegova, DSc in Biological Science, leading researcher, the Laboratory of Immunity and Plant Protection, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 166a Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2371-4949>

Elena I. Utkina, DSc in Agricultural Science, leading researcher, the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production of Winter Rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 166a Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5650-6906>

✉ – Для контактов / Corresponding author