

Растениеводство, защита и биотехнология растений

УДК 633.14:632.938.1

DOI: 10.31857/S2500262724010042, EDN: CVFHBW

ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВОСТИ ОЗИМОЙ РЖИ К ГРИБНЫМ БОЛЕЗНЯМ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА ФИТОИММУНИТЕТЛ. М. Щеклеина, кандидат сельскохозяйственных наук,
Т. К. Шешегова, доктор биологических наукФедеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого,
610007, Киров, ул. Ленина, 166а
E-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Исследования проводили с целью поиска новых источников неспецифической устойчивости озимой ржи к наиболее вредоносным болезням для селекции на фитоиммунитет. Работу выполняли в 2020–2022 гг. в Кировской области. На провокационно-инфекционном фоне развития снежной плесени, мучнистой росы, бурой и стеблевой ржавчины, септориоза, корневых гнилей, спорыньи изучено более 140 отечественных сортов озимой ржи. При учете болезней использовали общепринятые методики. В течение онтогенеза растений (с фазы 31 по 85 по шкале Zadoks) осуществляли анализ нарастания грибной инфекции в сортовых биоценозах. Характер растительно-микробных взаимодействий и параметры устойчивости оценивали по двум показателям: площадь под кривой развития болезни (ПКРБ) и индексу устойчивости (ИУ). Выявлено 28 сортов, отличающихся неспецифической устойчивостью к двум и более болезням, а также медленным (slow rusting) нарастанием инфекции в сортовых биоценозах, среди них – Лика, Гармония, Симфония, Перепел, Графит, Графит ФП, Эра, Эврика, Викрас, Янтарная, Чусовая, Саратовская 7 и др. Они могут быть использованы в качестве источников в селекции на фитоиммунитет. Наиболее высокоурожайными (840...1060 г/м²) были сорта Батист, Дымка, Перепел, Лика, Симфония, Кипрез, Графит ФП, Флора, Эврика, Дана, Марусенька, Эра, Саратовская 7, Чусовая. Коэффициент корреляции (r) между урожайностью и отращиванием после поражения снежной плесенью варьировал от 0,49 (2022 г.) до 0,87 (2020 г.), что подтверждает высокую вредоносность этой болезни в регионе. Определенную иммунологическую ценность в селекции на устойчивость к спорынье могут представлять Рада, Кипрез, Флора, Лика, Батист, Гармония, Симфония, Чусовая, которые значительно меньше стандарта и других сортов поражались этим заболеванием. Уравнения регрессии носят линейный характер ($R^2=0,96...0,99$) и свидетельствуют о суточном нарастании бурой (от 5,4 до 16,4%) и стеблевой (от 4,7 до 26,5%) ржавчины.

SOURCES OF WINTER RYE RESISTANCE TO FUNGAL DISEASES FOR PHYTOIMMUNITY BREEDING

L. M. Shchekleina, T. K. Sheshegova

Federal Agrarian Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky,
610007, Kirov, ul. Lenina, 166a
E-mail: immunitet@fanc-sv.ru

The work was carried out at the Federal Agrarian Scientific Center of the North-East in 2020–2022. More than 140 domestic varieties of winter rye were studied under conditions of Kirov region on provocative-infectious background of snow mold, powdery mildew, brown and stem rust, septoriosiis, root rot, ergot. Commonly known methods were used to account for diseases. During the plant ontogenesis (from phase 31 to 85 on Zadoks scale), we analyzed the growth of fungal infection in the variety biocenoses. The nature of plant-microbe interactions and resistance parameters were evaluated according to two indicators PKRB (area under the disease development curve) and IS (resistance index). We identified 28 sortes characterized by nonspecific resistance to two or more diseases and slow (slow rusting) growth of infection in varietal biocenoses. Among them: Lika, Harmonia, Symphony, Perepel, Graphite, Graphite FP, Era, Eureka, Vikras, Amber, Chusovaya, Saratovskaya 7, etc. They can be used in breeding for phytoimmunity as sources. The highest yielding (840–1060 g/m²) among them are: Batiste, Dymka, Perepel, Lika, Symphony, Kiprez, Grafit FP, Flora, Eureka, Dana, Marusenka, Era, Saratovskaya 7, Chusovaya. The correlation coefficient (r) between the yield and regrowth after snow mold lesions varies from 0.49 (2022) to 0.87 (2020), which confirms the high harmfulness of this disease in the region. Rada, Kiprez, Flora, Lika, Batiste, Harmony, Symphony, Chusovaya can be of certain immunological value in breeding for ergot resistance, as they were much less affected by ergot than the standard and other varieties. The regression equations are linear ($R^2 = 0,96–0,99$) and show a daily increase of brown rust (from 5,4 to 16,4%) and stem rust (from 4,7 to 26,5%).

Ключевые слова: *Secale cereale L.*, сорта, иммунологическая оценка, растительно-микробные взаимодействия, провокационно-инфекционные фоны.

Key words: *Secale cereale L.*, varieties, immunological evaluation, plant-microbe interactions, provocation-infection backgrounds.

Известно, что озимая рожь проявляет широкое генетическое разнообразие, основанное на больших экологических различиях между регионами ее возделывания и центром происхождения [1, 2]. Обновление генетического материала путем привлечения новых исходных форм считают базисом селекции любой сельскохозяйственной культуры [3, 4]. При этом для ускорения селекционного процесса в работу целесообразно вовлекать генотипы, обладающие не только

биотической устойчивостью, но и комплексом других селекционно ценных признаков [5, 6, 7]. На сегодняшний день при создании конкурентоспособных сортов озимой ржи актуальны исследования по выявлению эффективных источников и анализу генетического разнообразия культуры по устойчивости к болезням.

На территории Кировской области в посевах озимой ржи практически ежегодно диагностируют снежную плесень (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I. C. Hallett),

корневые гнили (*Fusarium* Link.: *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc, *F. sporotrichioides* Sherb. и др.), мучнистую росу (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *secalis* Marchal.), бурую ржавчину (*Puccinia recondita* Roberge ex Desm.), стеблевую ржавчину (*Puccinia graminis* Pers. f.sp. *secalis* (Erikss.et Henn.)), септориоз (*Septoria nodorum* (Berk.) Berk). Периодически та или иная болезнь достигает эпифитотийного уровня развития [8]. Кроме того, в последние годы усилилась частота и уровень поражения ржи спорыньей (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) [9, 10, 11].

В России и мире остаются актуальными исследования по поиску генотипов с длительной устойчивостью и/или медленным нарастанием (*slow rusting*) инфекции в биоценозе. Мониторинг болезни в динамике развития растений позволяет прогнозировать ее вредоносность и возможные эпифитотии, а также выявлять сорта, восприимчивые на ранних этапах онтогенеза. Для этого можно использовать такие значимые параметры количественной устойчивости, как площадь под кривой развития болезни (ПКРБ) и индекс устойчивости (ИУ) [12, 13]. В полевых условиях их определяют в ходе сезонного мониторинга растительно-микробных взаимодействий.

Цель исследований – поиск новых источников неспецифической устойчивости озимой ржи к наиболее вредоносным болезням для селекции на фитоиммунитет.

Методика. Работу выполняли в 2020–2022 гг. на базе ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр имени Н. В. Рудницкого» (ФАНЦ Северо-Востока). Материал для исследований был представлен 140 перспективными сортами селекции ФАНЦ Северо-Востока и сортами из других научно-исследовательских учреждений (НИУ) РФ. Схема закладки фитопатологических питомников предусматривала использование следующих генотипов: стандарт (сорт, рекомендованный Государственной комиссией по сортоиспытанию), индикаторные сорта (восприимчивые), опытные образцы. В качестве стандарта использовали включенный в Госреестр РФ по Волго-Вятскому региону сорт озимой ржи Фаленская 4. Индикаторными считали наиболее восприимчивые к болезням сорта: Садко (2020 г.), Ниоба (2021 г.), НВАК 285/15 (2023 г.) – к поражению снежной плесенью; Волна (2020 г.), Фаленская универсальная (2021 г.), Фаленская крупнозерная (2022 г.) – к мучнистой росе; Фаленская универсальная (2020 г.), Дымка (2021 г.), Садко (2022 г.) – к септориозу; Роса (2020 г.), Снежана (2021 г.), НВАК 285/15 (2022 г.) – к бурой ржавчине; Графит ПИ 12–11/14 (2020 г.), Дымка (2021 г.), Фаленская крупнозерная (2022 г.) – к стеблевой ржавчине; Леда (2020 г.), Снежана (2021 г.), Ниоба (2022 г.) – к корневым гнилям; Вятка 2 (2020 г.), Графиня 2D (2021 г.), НВАК 285/15 (2022 г.) – к спорынье. Они косвенным образом характеризуют уровень естественной (природной) или искусственной инфекции конкретного патогена в период учета болезни. Ежегодно в изучении было по 40...45 образцов озимой ржи.

Почва опытных участков типичная для области – дерново-подзолистая, среднесуглинистая, окультуренная со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,43% (ГОСТ 26213-91), подвижного фосфора и калия – 360 и 210 мг/кг почвы соответственно (ГОСТ 54650-2011), pH солевой вытяжки – 5,7 ед. (ГОСТ 26483-85).

Агроклиматические условия вегетации растений в годы исследований были нестабильными. Отмечали как недостаточный, так и избыточное выпадение осадков и преимущественно высокий температурный фон (табл. 1). В мае 2020 и 2021 гг. преобладала теплая (12,2 и 15,0 °С) с достаточным увлажнением погода

(ГТК=1,25...2,36), в 2022 г. отмечали дефицит тепла и влаги (8,5 °С и 53 мм). Июнь 2021 г. характеризовался жаркой погодой (19,9 °С) при недостатке осадков (63 мм), в остальные годы сумма осадков и температура этого месяца находились на уровне среднееголетних, за исключением 2022 г., когда отмечали избыточное увлажнение (118 мм). В июле преобладала теплая погода (9,2...20,5 °С) с избыточным количеством осадков (92...130 мм), что провоцировало интенсивное развитие грибной инфекции в посевах. Август отличался преимущественно жаркой погодой при крайнем недостатке влаги, о чем свидетельствует уровень ГТК=0,13...0,65.

Табл. 1. Метеорологические условия в период вегетации растений озимой ржи

Месяц	За месяц			Среднееголетнее		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Температура воздуха, °С						
Май	12,2	15,0	8,5	11,3	11,9	11,9
Июнь	15,3	19,9	16,1	16,5	16,4	16,4
Июль	20,5	19,2	20,0	18,9	18,9	18,9
Август	15,1	18,8	20,0	15,6	18,8	15,9
Количество осадков, мм						
Май	89	58	53	58	54	54
Июнь	41	63	118	86	81	81
Июль	100	92	130	91	82	82
Август	61	38	18	84	73	73
Август	89	58	53	58	54	54
Гидротермический коэффициент (ГТК)						
Май	2,36	1,25	2,04			
Июнь	0,89	1,06	2,44			
Июль	1,57	1,55	2,10			
Август	0,13	0,65	0,29			

Посев проводили кассетной сеялкой СКС-6-10. Площадь делянки 1 м², повторность – трехкратная, размещение делянок – систематическое со смещением. Норма высева 250 всхожих семян на 1 м². Иммунологическую характеристику сортам давали при изучении их в провокационно-инфекционных условиях развития возбудителей болезней. Провокационные условия для мучнисторосяной, септориозной и ржавчинной инфекции обеспечивали путем весеннего посева восприимчивых сортов ржи по периметру фитопатологического участка. В этом случае происходило усиленное нарастание грибной инфекции на обильной биомассе таких растений и перенос спор патогенов на тестируемые сорта. Инфекционный фон на снежную плесень, корневые гнили, спорынью создавали с использованием общеизвестных методов.

Характер растительно-микробных взаимодействий *Secale cereale* L. с фитопатогенами *Blumeria graminis*, *Septoria nodorum*, *Puccinia recondita* и *Puccinia graminis* оценивали по скорости нарастания соответственно мучнистой росы, септориоза, бурой и стеблевой ржавчины у изучаемых образцов. Динамику развития заболеваний учитывали в четыре – пять сроков – с весеннего кущения до начала восковой спелости (фазы 31...85 по шкале Zadoks). Для этого, начиная с первых симптомов поражения, и через каждые 10...14 дней проводили учеты. Далее оценивали скорость нарастания грибной инфекции у каждого сорта с использованием показателя ПКРБ, впервые разработанного D. F. Johnson и R. D. Wilcoxson (1981) [12]:

$$S = \frac{1}{2} \times (X_1 + X_2) \times (t_2 - t_1) + \dots + (X_{n-1} + X_n) \times (t_n - t_{n-1}),$$

где S – площадь под кривой развития болезни, усл. ед.; n – количество учетов; X₁ – степень развития болезни на момент первого учета, %; X₂ – степень развития болезни на момент второго учета, %; X_n – степень развития болезни на момент последнего учета, %; X_{n-1} – ин-

тенсивность развития болезни между последним и предпоследним учетом, %; $(t_2 - t_1)$ – количество дней между вторым и первым учетом; $(tn + tn - 1)$ – количество дней между последним и предпоследним учетом.

Чем выше величина ПКРБ, тем интенсивнее идет нарастание болезни и тем более восприимчив сорт. Из-за того, что абсолютные значения ПКРБ варьируют по годам в зависимости от внешних условий и инфекционной нагрузки, дополнительным критерием считали индекс устойчивости (ИУ). Он дает возможность не только сравнивать результаты полевых оценок, но и классифицировать сорта по уровню частичной устойчивости или «slow rusting».

При учете спорыньи использовали два показателя – поражение (доля растений со склероциями в пробе) и засоренность зерна склероциями (доля массы склероциев в зерновой пробе) [14]. Характеристику сортов по устойчивости давали на основании шкалы Т. Мида-нера с соавторами [15].

К источникам относили сорта, сохраняющие высокую устойчивость (6...9 баллов) к конкретной болезни не менее 3-х лет изучения в условиях провокационно-инфекционного фона.

Иммунологическую характеристику изучаемым сортам давали по уровню развития листостебельных болезней: иммунитет – отсутствие симптомов; высокая устойчивость – до 10%; устойчивость – до 25%; средняя устойчивость – до 45%; восприимчивость – до 65%; высокая восприимчивость – более 65%.

В таблицах генотипы разделены на две группы. В первую вошли сорта селекции ФАНЦ Северо-Востока, во вторую – созданные в других НИУ РФ. Для статистической обработки результатов исследований использовали пакет программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07) и программы Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение. Изучение перспективных сортов, находящихся в конкурсном сортоиспытании ФАНЦ Северо-Востока в условиях провокационно-инфекционных фонов, продемонстрировало широкую дифференциацию генотипов по восприимчивости к основным болезням. Большинство из них характеризовалось высокой регенерационной способностью после поражения снежной плесенью (отрастание), которая на инфекционном фоне *M. nivale* достигала 95,0%. Наибольшее отрастание (70,0...95,0%) отмечали у 11 сортов, к числу которых относились Вятка 2, Кировская 89, Дымка и Рада, Лика и Батист (проходят Государственное испытание), Талица (передан на ГСИ в 2023 г.), перспективные образцы Симфония, Перепел и Графит ФП (табл. 2). Среди отечественных сортов высокой регенерационной способностью 60,0...90,0% при величине этого показателя у стандарта Фаленская 4 на уровне 55,0% в условиях Кировской области обладали Дана, Эврика, Викрас, Солнышко, Марусенька.

В провокационных для развития *B. graminis*, *S. nodorum*, *P. dispersa*, *P. recondita* условиях, обеспеченных весенним посевом озимой ржи на фитопатоло-

Табл. 2. Иммунологическая оценка некоторых перспективных и возделываемых отечественных сортов озимой ржи (провокационно-инфекционные фоны, среднее за 2020–2022 г.)

Сорт	Отрастание после поражения снежной плесенью*, %	Степень поражения, %					Спорынья	
		мучнистой росой	септориозом	бурой ржавчиной	стеблевой ржавчиной	корневыми гнилями	поражение, %	засоренность зерна склероциями, %
Сорта селекции ФАНЦ Северо-Востока								
Батист	80,0	18,4	14,2	27,8	40,0	18,8	14,7	0,6
Вятка 2	85,5	13,8	16,0	31,7	35,0	23,9	9,9	0,9
Гармония	55,0	11,9	9,6	24,3	30,0	19,8	17,7	0,6
Графиня	60,0	11,9	12,5	28,4	40,0	26,5	29,1	1,2
Графит ФП	70,0	13,4	14,6	26,2	35,5	21,6	20,8	0,6
Дымка	95,0	20,9	20,4	35,4	45,0	30,3	14,0	0,4
Кировская 89	85,0	12,9	11,6	20,8	25,0	14,1	28,4	1,4
Кипрез	85,0	17,1	19,2	35,8	26,3	24,2	6,6	0,2
Лика	95,0	11,0	12,9	21,8	30,0	24,3	14,1	0,4
Перепел	85,0	12,5	13,5	30,4	25,0	18,6	18,9	0,8
Рушник	55,0	21,9	14,6	32,5	21,3	25,0	16,3	0,7
Рада	75,0	16,7	20,0	27,5	30,5	21,5	4,2	0,3
Симфония	85,0	9,6	13,8	21,5	22,0	22,6	23,1	1,0
Снежана	65,0	17,8	18,6	34,6	32,8	26,4	13,0	0,5
Талица	80,0	17,5	17,5	36,7	30,5	25,1	19,6	0,5
Флора	65,0	10,4	12,0	35,8	25,0	26,7	11,1	0,4
Фаленская 4, стандарт	55,0	18,4	17,9	31,8	60,0	27,0	18,7	0,5
Индикаторный сорт	20,0	25,9	24,9	43,0	60,0	38,6	67,2	3,9
Среднее	89,6	16,4	16,8	31,6	35,5	23,5	18,8	0,8
НСР ₀₅	8,5	3,4	2,4	2,0	5,8	0,9	6,1	0,8
P, %	3,6	8,1	4,7	2,2	5,5	1,4	6,2	3,4
Сорта селекции других НИУ РФ								
Викрас	70,0	33,7	17,1	15,5	30,0	-**	11,9	0,5
Дана	70,0	19,2	18,8	19,0	30,0	-	26,1	0,9
Дарвет	50,0	25,7	24,6	17,0	35,0	-	26,3	0,9
Марусенька	90,0	23,8	17,9	37,0	70,0	-	13,1	0,5
Саратовская 7	70,0	40,9	17,9	39,6	60,0	-	16,7	0,3
Саратовская 10	70,0	39,6	22,5	38,0	50,0	-	34,7	1,8
Солнышко	90,0	40,0	16,7	51,5	70,0	-	27,1	1,1
Чусовая	50,0	21,3	10,8	22,0	60,0	-	6,7	0,2
Эврика	70,0	15,4	15,8	25,0	40,0	-	11,1	0,5
Эра	60,0	12,4	19,2	23,5	30,0	-	23,4	0,8
Янтарная	40,0	20,9	20,8	18,5	35,0	-	33,3	1,9
Индикаторный сорт	20,0	36,8	37,9	60,0	80,0	-	77,8	9,4
Среднее	68,6	26,4	18,5	32,6	46,5	-	22,9	1,2
НСР ₀₅	7,9	5,8	4,5	6,9	8,1	-	3,7	0,4
P, %	3,7	6,9	7,7	8,1	5,7	-	5,7	3,8

*поражение снежной плесенью 100%; **учеты не проводили.

гическом участке, изучаемый генофонд в значительной степени поражался мучнистой росой, септориозом, бурой и стеблевой ржавчиной. Наименьшая степень поражения мучнистой росой и септориозом до 15,0% выявлена у сортов Кировская 89, Флора, Графиня, Лика, Гармония, Симфония, Перепел, Графит ФП и Эврика. На фоне сильного развития ржавчинной инфекции можно выделить сорта Кировская 89, Симфония, Дана, Янтарная, Дарвет и Викрас с наименьшим (15,5...21,5%) проявлением бурой ржавчины. У стандарта Фаленская 4 степень поражения бурой и стеблевой ржавчиной составляла 31,8% и 60,0% соответственно.

Сорта ФАНЦ Северо-Востока характеризовались преимущественно средней устойчивостью к корневым гнилям. Наименьшее развитие болезни до 20,0% выявлено у сортов Кировская 89, Батист, Гармония, Перепел при величине этого показателя у стандарта на 7% больше.

При инокуляции цветков изучаемых сортов конидиями *S. purpurea* поражение спорыньей варьировало от 4,2 (Рада) до 34,7% (Саратовская 10) при засоренности зерна склероциями – от 0,2 (Кипрез, Чусовая) до 1,8% (Саратовская 10). В контроле (без инокуляции) в течение 3 лет наблюдений склероции отсутствовали у всех сортообразцов. Поэтому определенную ценность в селекции на устойчивость к спорынье могут представлять Рада, Кипрез, Чусовая, Вятка 2, Флора, Эврика, Викрас, Снежана, Марусенька, Дымка, Лика, Батист (4,2...14,7%), которые поразились этой болезнью значительно меньше стандарта на 4,0...14,5%.

Большинство изученных сортообразцов (Батист, Дымка, Перепел, Лика, Симфония, Кипрез, Графит ФП, Флора, Эврика, Дана, Марусенька, Эра, Саратовская 7, Чусовая) достоверно (при $P \geq 0,95$) превосходили стандарт Фаленская 4 по урожайности (рис. 1). У сортов ФАНЦ Северо-Востока она составила в среднем 761,6 г/м², других отечественных сортов – 864,7 г/м² ($HCP_{05} = 41,9$; $P = 1,8\%$).

Известно, что урожайность озимой ржи в условиях Кировской области в значительной степени определяют условия перезимовки и способность к отрастанию после поражения снежной плесенью [16]. В наших исследованиях коэффициент корреляции (r) между этими признаками варьировал от 0,49 (2022 г.) до 0,87 (2020 г.), что еще раз подтверждает высокую вредоносность болезни в регионе. В 2022 г. достоверное (при $P \geq 0,95$) негативное влияние на урожайность оказывало развитие бурой ржавчины ($r = -0,42$); воздействие других болезней на этот признак было слабым ($r = -0,24...-0,28$).

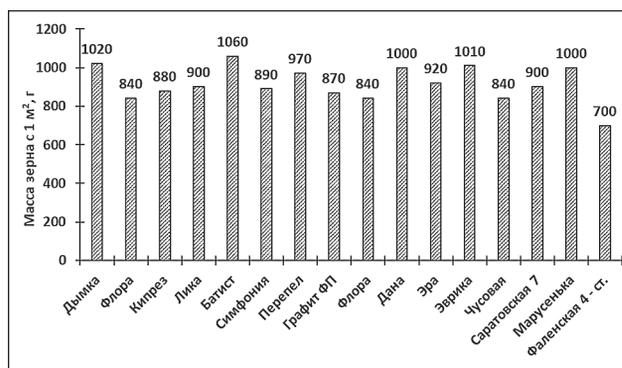


Рис. 1. Высокоурожайные отечественные сорта озимой ржи (провокационно-инфекционные фоны, среднее за 2020–2022 гг.; $HCP_{05} = 41,9$; $P = 1,8\%$).

В ходе многократных учетов развития болезней был проанализирован характер взаимодействия сортимента ржи с фитопатогенами и выявлены источники, обладающие длительным латентным периодом патогенезов, свойством «slow rusting» и комплексной устойчивостью к болезням.

Первые симптомы мучнистой росы отмечали в фазе 51 по шкале Zadoks. При этом у 6 сортов (Гармония, Перепел, Графит, Эра, Эврика, Янтарная) налет *B. graminis* отсутствовал, что может свидетельствовать о более длительном инкубационном периоде болезни в таких бинарных взаимодействиях (табл. 3). Интенсивное нарастание мучнистоспорной инфекции происходило к 3 и 4-му учетам – в фазы 69...75. Развитие болезни до 15,0% выявлено у сортов Лика, Гармония, Симфония, Графит, Графит ФП, Эра, Эврика, Янтарная, Чусовая, Дарвет, Викрас и Саратовская 7. Судя по показателям ПКРБ (139...374 ед.) и ИУ (0,2...0,5) относительно медленным нарастанием мучнистой росы и более длительным инкубационным периодом характеризуются сорта Симфония, Графит ФП, Эра, Эврика, Янтарная, Чусовая, Саратовская 10 и Памяти Бамбышева. Степень поражения этих сортов была меньше, чем у стандарта, на 1,2...9,0%.

Первые симптомы септориоза у большинства сортов, за исключением Янтарная и Чусовая, отмечали в начале колошения растений. При 2-м и 3-м учетах степень поражения варьировала от слабой (8,0%) до средней (15,0%), за исключением сорта Фаленская крупнозерная. Интенсивное нарастание септориозной инфекции происходило к 4-му учету (фаза 75). В этих условиях у сортов Лика, Симфония, Перепел, Эра, Эврика, Янтарная, Саратовская 7 развитие болезни не превышало

Табл. 3. Сорта озимой ржи с медленным нарастанием грибной инфекции в биоценозах

Сорт	Мучнистая роса			Септориоз			Бурая ржавчина			Стеблевая ржавчина		
	СП*, %	ПРКБ	ИУ	СП, %	ПРКБ	ИУ	СП, %	ПРКБ	ИУ	СП, %	ПРКБ	ИУ
Сорта ФАНЦ Северо-Востока												
Лика	15,0	315	0,5	15,0	365	0,5	25,0	643	0,6	18,0	353	0,4
Гармония	15,0	322	0,5	16,7	444	0,5	-	-	-	25,0	270	0,3
Симфония	13,3	312	0,4	14,5	359	0,4	-	-	-	20,0	440	0,5
Перепел	14,7	374	0,5	15,5	423	0,5	18,3	515	0,5	18,0	270	0,3
Графит	15,0	316	0,5	16,5	250	0,3	16,7	583	0,6	-	-	-
Графит ФП	11,7	292	0,4	-	-	-	20,0	500	0,5	22,0	573	0,6
Фаленская 4 - стандарт	16,7	557	0,8	21,7	525	0,8	32,5	729	0,8	30,0	462	0,6
Сорта других НИУ РФ												
Эра	15,5	304	0,4	13,3	402	0,5	-	-	-	20,0	373	0,5
Эврика	7,5	205	0,3	11,7	301	0,4	-	-	-	20,0	271	0,3
Викрас	12,5	422	0,5	18,3	443	0,5	-	-	-	-	-	-
Янтарная	12,5	273	0,4	12,5	342	0,4	-	-	-	-	-	-
Чусовая	11,7	373	0,5	16,7	389	0,5	-	-	-	-	-	-
Саратовская 7	15,0	403	0,5	15,0	415	0,5	-	-	-	20,0	271	0,3
Индикаторные сорта	25,0	690	-	28,3	720	-	37,5	954	-	50,0	830	-

* СП – степень поражения.

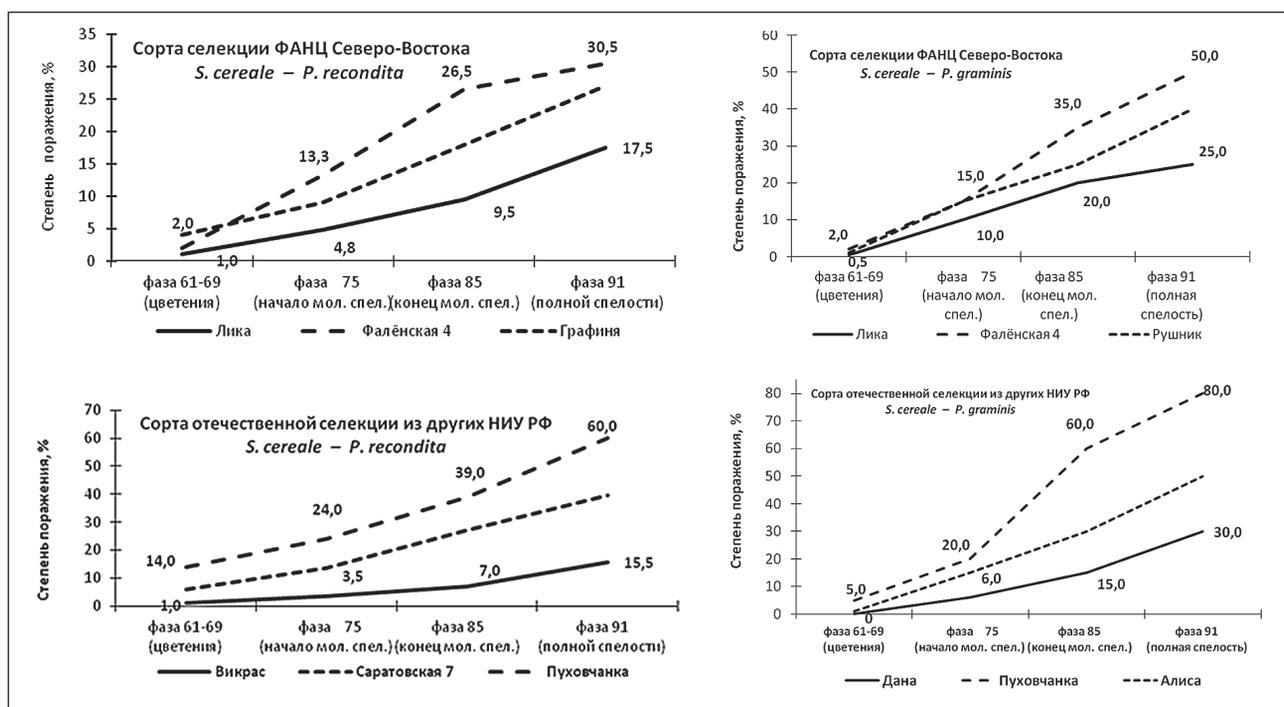


Рис. 2. Нарастание инфекции в биоценозах сортов, контрастных по уровню горизонтальной устойчивости к ржавчинной инфекции (среднее за 2020–2022 гг., n=40...45).

15,5% при значениях ПКРБ от 83 до 423 ед., ИУ – от 0,1 до 0,5. Степень поражения этих сортов была меньше, чем у стандарта Фаленская 4, на 3,4...7,2%.

Первые пустулы *P. recondita* на растениях большинства сортов, за исключением Фаленской крупнозерной, Батиста, Лики, Графита, Эврики, Янтарной, Дарвета, Саратовской 10, обнаруживали в фазе 51...55. Нарастание инфекции усиливалось к фазе 75. В этих условиях степень поражения до 20,0% была выявлена только у 3-х сортов – Графит, Перепел, Графит ФП (рис. 2). Степень поражения этих сортов была меньше, по сравнению со стандартом, на 7,5...15,8%.

Первые симптомы стеблевой ржавчины отмечали в период налива зерна, при котором у 18 сортов они отсутствовали. В годы исследований усиление поражения ржавчинной инфекцией происходило при повышении температуры с 18,0...18,6 °С (1 декада июля) до 19,6...20,2 °С (2 и 3 декада июля). В последу-

ющих учетах развитие болезни на индикаторном сорте достигало 80,0%. Наименьшую степень поражения (18,0...25,0%) отмечали у сортов Лика, Симфония, Перепел, Графит, Графит ФП, Эра, Саратовская 7 при ПКРБ – 271...440 ед., ИУ – 0,3...0,6 ед. Степень поражения этих сортов была меньше, чем стандарта, на 5,0...12,0%.

Регрессионный анализ косвенно отражает уровень возможного увеличения развития ржавчинной инфекции. Приведенные уравнения регрессии (табл. 4) свидетельствуют, что в годы исследований наблюдали значительные различия в росте вредоносности видов ржавчины в Кировской области. При этом на сортах селекции ФАНЦ Северо-Востока степень поражения варьировала в пределах 5,4...9,9% (бурая ржавчина) и 8,4...16,4% (стеблевая ржавчина); на сортах других НИУ РФ – 4,7...15,3% (бурая) и 9,9...26,5% (стеблевая). Коэффициент детерминации ($R^2 = 0,96...0,99$) указывает на сильную связь между уровнем развития бурой или стеблевой ржавчины и суммарным индексом степени поражения ржавчинными болезнями.

Выводы. Таким образом, выявлено 28 сортов озимой ржи, отличающихся неспецифической устойчивостью к двум и более болезням, а также медленным (*slow rusting*) нарастанием инфекции в сортовых биоценозах, которые рекомендуются к использованию в селекционных программах в качестве источников. В селекции на устойчивость к спорынье могут быть использованы наименее поражаемые при искусственной инокуляции *S. purpurea* сорта Рада, Кипрез, Флора, Лика, Батист, Гармония, Чусовая. Наиболее высокоурожайными (840...1060 г/м²) среди изученного генофонда были Батист, Дымка, Перепел, Лика, Симфония, Кипрез, Графит ФП, Флора, Эврика, Дана, Марусенька, Эра, Саратовская 7, Чусовая. Для условий Кировской области установлена достоверная связь между урожайностью и отращиванием растений после поражения снежной плесенью с коэффициентом корреляции (r) от 0,49 (2022 г.) до 0,87 (2020 г.).

Табл. 4. Уравнения регрессии на различных по восприимчивости к бурой и стеблевой ржавчине сортах озимой ржи

Сорт	Происхождение	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации, R ²
Бурая ржавчина			
Лика	ФАНЦ	$y = 5,42x - 5,35^*$	0,969
Фаленская 4	Северо-Востока	$y = 9,87x - 6,6$	0,962
Графиня		$y = 7,83x - 5,05$	0,984
Викрас	другие	$y = 4,7x - 5,0$	0,919
Саратовская 7	отечественные	$y = 11,43x - 7,05$	0,987
Пуховчанка	НИУ	$y = 15,3x - 4,0$	0,975
Стеблевая ржавчина			
Лика	ФАНЦ	$y = 8,35x - 7,0$	0,982
Фаленская 4	Северо-Востока	$y = 16,4x - 15,5$	0,994
Рушник		$y = 12,7x - 11,5$	0,995
Дана	другие	$y = 9,9x - 12,0$	0,959
Пуховчанка	отечественные	$y = 26,5x - 25,0$	0,970
Алиса	НИУ	$y = 16,2x - 16,5$	0,993

* у – уровень развития бурой или стеблевой ржавчины; x – суммарный индекс степени поражения ржавчинными болезнями.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» по теме FNWE-2022–0007.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ.

В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Шлегель Р. Селекция гибридных форм как стимул развития молекулярно-генетических исследований у ржи // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2015. Т. 19 (5). С 589–603. doi: 10.18699/VJ15.076.
2. Направления, методы и результаты селекции ржи (*Secale cereale* L.) в Беларуси / Э. П. Урбан, С. И. Гордей, Д. Ю. Артюх и др. // *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*. 2022. Vol. 60. No. 2. P. 160–170. doi: 10.29235/1817-7204-2022-60-2-160-170.
3. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н., Маннапова Г. С. Исходный материал для селекции озимой ржи (*Secale cereale* L.) // *Вестник Красноярского ГАУ*. 2018. № 3. С 19–24.
4. Сафонова И. В., Аниськов Н. И., Кобылянский В. Д. База данных генетических ресурсов коллекции озимой ржи ВИР как средство классификации генетического разнообразия, анализа истории коллекции и эффективного изучения и сохранения // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019. № 23(6). С 780–786. doi: 10.18699/VJ19.552.
5. Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Использование доноров ценных признаков растений в селекции новых сортов озимой ржи // *Достижения науки и техники АПК*. 2015. № 29 (7). С 7–12.
6. Создание исходного материала озимой пшеницы на устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам в Центральном Нечерноземье / Б. И. Сандухадзе, Р. З. Мамедов, В. В. Бугрова и др. // *АгроФорум*. 2019. № 7. С 58–62.
7. Фитосанитарный мониторинг наиболее вредоносных болезней озимой ржи в республике Татарстан / М. Л. Пономарева, С. Н. Пономарев, Г. С. Маннапова и др. // *Вестник Красноярского ГАУ*. 2019. № 9 (150). С 27–34.
8. Щеклеина Л. М. Мониторинг болезней озимой ржи в Кировской области и возможные направления селекции на иммунитет // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020. № 21(2). С 124–132. doi: 10.30766/2072–9081.2020.21.2.124–132.
9. 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. № 2. С 134–143. doi: 10.30766/2072–9081.2019.20.2.134–143.
10. Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К. Сорта озимой ржи, умеренно устойчивые к спорынье // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022. № 183(4). С 229–238. doi: 10.30901/2227-8834-2022-4-229-238.
11. Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Развитие спорыньи на низкоопентозановой диплоидной озимой ржи // *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 4. С 73–78.
12. Johnson D. F., Wilcoxson R. D. A table of areas under disease progress curves // *Technical Bulletin. Texas: Texas Agriculture Experiment Station*, 1981. Vol. 1377. P. 2–10.
13. Селекция озимой ржи на устойчивость к спорынье: методическое пособие / Т. К. Шешегова, Л. М. Щеклеина, Л. И. Кедрова и др. Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2018. 27 с.
14. Miedaner T., Mirdita V., Geiger H. H. Strategies in breeding for ergot (*Claviceps purpurea*) resistance // *Book of abstracts: International Symposium on Rye Breeding & Genetics*. Minsk: ИВЦ Минфина, 2010. P. 26.
15. Кедрова Л. И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 158 с.

Поступила в редакцию 08.10.2023
 После доработки 25.12.2023
 Принята к публикации 09.01.2024