УДК 633.14:632.938.1
EDN ARVLXP

Щеклеина Л. М.

АДАПТИВНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ К ГРИБНЫМ БОЛЕЗНЯМ

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

Реферат. *В России и мире актуальна проблема поиска сортов сельскохозяйственных растений, обладающих генетической устойчивостью к заболеваниям. Цель исследований – выявить новые генетические источники неспецифической устойчивости сортов озимой ржи к эпифитотийно-опасным болезням и провести их сравнительную оценку по пластичности и стабильности в условиях Кировской области. Исследования проводили в 2019–2021 гг. на фитопатологическом участке Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого. В условиях провокационно-инфекционных фонов снежной плесени, мучнистой росы, септориоза, бурой и стеблевой ржавчины, корневых гнилей и спорыньи изучено 20 перспективных сортов озимой ржи. При учёте болезней использовали общеизвестные методики. Агроклиматические условия в годы исследований были контрастными, что позволило провести исследования в полном объеме. Выделено семь относительно устойчивых к трём и более болезням сортов: Лика (снежная плесень, мучнистая роса, септориоз, бурая и стеблевая ржавчина, спорынья), Графит (снежная плесень, мучнистая роса, септориоз, стеблевая ржавчина, корневые гнили и спорынья), Кировская 89 (снежная плесень, мучнистая роса, септориоз, стеблевая ржавчина), Гармония (снежная плесень, септориоз, корневые гнили, стеблевая ржавчина), Вятка 2 (снежная плесень, септориоз, стеблевая ржавчина), Флора (снежная плесень, корневые гнили и спорынья) и Симфония (септориоз, стеблевая ржавчина и спорынья), которые могут быть использованы в качестве источников. При расчете статистических параметров пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2) выявлено, что наиболее благоприятные погодные условия для развития бурой ржавчины сложились в 2019 г. (I_j = 24,04), для других болезней – в 2020 г. (I_j = 2,97–11,10). Установлено, что все источники неспецифической устойчивости, за исключением сортов Вятка 2 и Перепел, отличались стабильностью признака независимо от условий среды. Поэтому, при использовании источников в селекции на фитоиммунитет следует учитывать также и стабильность признака.*

Ключевые слова: *озимая рожь (Secale cereale L.), искусственные инфекционные фоны, источники устойчивости, селекция, пластичность, стабильность.*

Для цитирования: *Щеклеина Л. М. Адаптивность и устойчивость сортов озимой ржи к грибным болезням // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 164–173. EDN: ARVLXP.*

For citation: *Shchekleina L. M. Adaptability and resistance of winter rye varieties to fungi diseases // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 164–173. EDN: ARVLXP.*

Введение

Возможности современной селекции позволяют создавать более урожайные сорта сельскохозяйственных культур. Однако из-за воздействия разного рода биотических и абиотических факторов их высокий продукционный потенциал часто остаётся нереализованным [1]. Озимая рожь – важная зерновая культура в мировом

земледелии. Уникальность её заключается в высокой зимо- и морозостойкости, выносливости к выпреванию, почвенной засухе, алюмо- и кислотоустойчивости, способности произрастать на низкоплодородных почвах, сдерживать развитие сорных растений, защищать почву от эрозии, улучшать структуру почвы и созревать раньше других зерновых культур. Для Кировской области, занимающей четвёртую по величине посевную площадь озимой ржи в Российской Федерации [2], вопросы устойчивости к болезням являются первостепенными. Это связано с усиливающимися негативными факторами производства зерна: низкое естественное плодородие почвы, насыщение севооборотов зерновыми культурами, нарушение обработки почвы, рост количества «бросовых земель» и отсутствие фитосанитарного контроля за ними, засорённость территорий сорняками, недостаточное применение фунгицидов [3].

В Кировской области отмечено ежегодное проявление снежной плесени (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I. C. Hallett), корневых гнилей (*Fusarium* Link.) и спорыньи *(Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.). Далее идут: бурая ржавчина (*Puccinia recondita* Roberge ex Desm.) – 95 %, мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *secalis* Marchal.) – 75 %, склеротиния и фузариоз колоса (*Fusarium* Link.) – 70 %, стеблевая ржавчина *(Puccinia graminis* Pers. f. sp. *secalis* Eriks. et.) – 50 %. Наиболее низкая частота проявления у септориоза (*Septoria secalis* Prill. et Dell.) и ринхоспориоза (*Rhynchosporium secalis* (Oudem) Davis.) – 35 % и 30 %. При этом развитие бурой ржавчины выше экономического порога вредоносности диагностировано 13 раз за 19 лет, мучнистой росы – шесть раз за 15 лет; септориоза – шесть раз за семь лет и стеблевой ржавчины – пять раз за 10 лет [4].

Прогресс в селекции может быть ускорен путём выявления новых и эффективных источников резистентности, исследованием генетических факторов, контролирующих устойчивость хозяина, а также путём улучшения и стандартизации методов скрининга [5]. Озимая рожь, благодаря генетическому разнообразию в качестве перекрестно опыляемых видов, высокой устойчивости к замерзанию и доступности новых, основанных на маркерах ресурсов, может сыграть ключевую роль в этом вопросе [6]. Оценка болезнеустойчивости и поиск генетических источников результативны лишь в условиях естественных и провокационно-инфекционных фонов. Моделирование фитопатологических сообществ в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» проводят с дополнительным включением в патологический процесс природных популяций патогенов.

Главная задача селекционеров – создание высокоурожайных сортов, устойчивых к полеганию, патогенам и другим неблагоприятным факторам внешней среды, способных формировать зерно высокого класса качества [7–9]. Основным параметром успешного создания устойчивых к стрессовым факторам сортов является разнообразие исходного материала [10]. Особое внимание необходимо уделять оценке исходного материала по параметрам стабильности и адаптивности, что позволит выделить перспективные генотипы [11, 12].

Цель исследований – выявить новые генетические источники неспецифической устойчивости сортов озимой ржи к эпифитотийно-опасным болезням и провести их сравнительную оценку по пластичности и стабильности в условиях Кировской области.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2019–2021 гг. на фитопатологическом участке ФАНЦ Северо-Востока. Материал исследований – 20 перспективных сортов озимой ржи селекции института, находящихся на заключительном этапе селекционного изучения – в питомниках конкурсного испытания (Вятка 2, Кировская 89, Фалёнская 4, Снежана, Рушник, Фора, Графиня, Фалёнская универсальная, Триумф, Лика,

Гармония, Перепел, Симфония, Графит, Кипрез, Садко, Батист, Сармат, Ниоба и Роса). Искусственный инфекционный фон создавали по снежной плесени, корневым гнилям и спорынье. Виды ржавчин и мучнистую росу оценивали в провокационных условиях, созданных путём весеннего посева озимой ржи вокруг фитопатологического питомника. Схема закладки питомника следующая: стандарт (сорт Фалёнская 4, рекомендованный Госкомиссией по сортоиспытанию), индикатор (наиболее восприимчивый сорт) и опытные образцы. Сорт Фалёнская 4 является стандартом в Госсортоиспытании по Кировской области. Индикатором к снежной плесени, мучнистой росе, септориозу являлся сорт Фалёнская универсальная, к бурой и стеблевой ржавчине – Сармат, к корневым гнилям – Графиня, к спорынье – Ниоба. Повторность в опытах трехкратная, площадь делянок – 1 м^2, предшественник – чистый пар. Учёты развития болезней проводили однократно в период наибольшего их развития. К источникам устойчивости относили сорта, сохраняющие иммунитет или высокую устойчивость в течение двух и более лет изучения.

Характеристику по устойчивости к болезням осуществляли по шкалам: В. К. Неофитовой [13] – снежная плесень, В. Д. Кобылянского, Л. А. Королевой [14] – мучнистая роса, A. Takele et al. [15] – септориоз, R. F. Peterson [16] – бурая и стеблевая ржавчина, М. Ф. Григорьева [17] – корневые гнили, T. Miedaner et al. [18] – спорынья.

Иммунологическую ценность сортов по устойчивости и адаптивности определяли по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell [19] в изложении В. А. Зыкина [20]. Метод основан на расчёте линейной регрессии (b_i), характеризующей пластичность сорта, и среднего квадратичного отклонения от линий регрессии (S_i^2), определяющего стабильность сорта в условиях среды. Чем он выше, тем более существенна реакция генотипа на изменение условий среды. И, наоборот, чем меньше среднее квадратичное отклонение от линий регрессии (S_i^2), тем выше его стабильность. Сорта, у которых значение b_i значительно меньше 1 и даже имеет отрицательное значение, не отличаются высокой пластичностью и слабо реагируют на изменения среды [21].

Метеорологические условия в годы исследований характеризовались значительной нестабильностью, о чём косвенным образом свидетельствует величина гидротермического коэффициента (ГТК – 0,13–2,36) (таблица 1). В мае наблюдали засуху (2019 г.) и недостаточное увлажнение (2020 г.); в июне – недостаток осадков (2020 и 2021 гг.) и его избыток (2019 г.); в июле 2019 г. ощущался недостаток влаги, а в 2020 и 2021 гг. осадки были близки к норме. Эти условия в определенные фазы развития растений стимулировали ускоренное развитие патогенов и усиливали поражение болезнями.

Таблица 1 – Метеорологические условия в годы исследований

Месяц	Температура воздуха, °С			Сумма осадков, мм			ГТК		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г
Май	13,6	12,2	15,0	38	89	58	0,90	2,36	1,25
Июнь	15,8	15,3	19,9	94	41	63	1,98	0,89	1,06
Июль	16,1	20,5	19,2	57	100	92	1,14	1,57	1,55
Август	13,4	15,1	18,8	63	61	38	1,52	0,13	0,65

Достоверность результатов оценивали методом дисперсионного анализа с помощью пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS, версия 2.07 и пакета прикладных программ Microsoft Office Excel 2013.

Результаты и их обсуждение

Изучение сортов в условиях провокационно-инфекционных фонов выявило широкую дифференциацию генофонда по восприимчивости к основным болезням (таблица 2, рисунок). Большинство из них характеризовались высокой регенерационной способностью после поражения снежной плесенью, которая варьировала от 53,3 до 93,3 %. Наилучшее состояние признака (73,3–93,3 %) выявлено у 11 сортов: Вятка 2, Кировская 89, Рушник, Флора, Триумф, Лика, Гармония, Графит, Кипрез, Батист и Сармат. Следует отметить, что в условиях Кировской области основным фактором, лимитирующим урожайность и определяющим зимостойкость озимых зерновых культур, является поражение снежной плесенью, которое ежегодно составляет 80–100 % [22], так как региональные абиотические условия наиболее благоприятны для гриба *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels Hallete.

Наименьшая степень поражения мучнистой росой (16,2–18,8 %) выявлена у трёх сортов: Кировская 89, Лика и Графит. Умеренной устойчивостью (до 25,0 %) к септориозу характеризуются 10 сортов: Вятка 2, Снежана, Рушник, Флора, Графиня, Гармония, Перепел, Садко, Ниоба и Роса. Слабое развитие бурой ржавчины (24,1 %) выявлено только у одного сорта Лика, а стеблевой ржавчины (5,4–12,5 %) у восьми: Вятка 2, Кировская 89, Снежана, Лика, Гармония, Перепел, Симфония и Графит.

Таблица 2 – Параметры сортов-источников устойчивости к болезням озимой ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока (среднее за 2019–2021 гг.)

Название болезни	Параметры	
	сорт–источник	индикаторный сорт
Снежная плесень	О–73,3–93,3	20,0
Мучнистая роса	СП–16,2–18,8	35,6
Септориоз	СП–9,3–14,9	23,3
Бурая ржавчина	СП–24,1	49,4
Стеблевая ржавчина	СП–5,4–15,8	27,2
Корневые гнили	СП–9,6–15,5	31,7
Спорынья	З–0,67–1,93	18,2

Примечание. *О – отрастание после поражения снежной плесенью; СП – степень поражения; З – засорённость зерновой массы склероциями.*

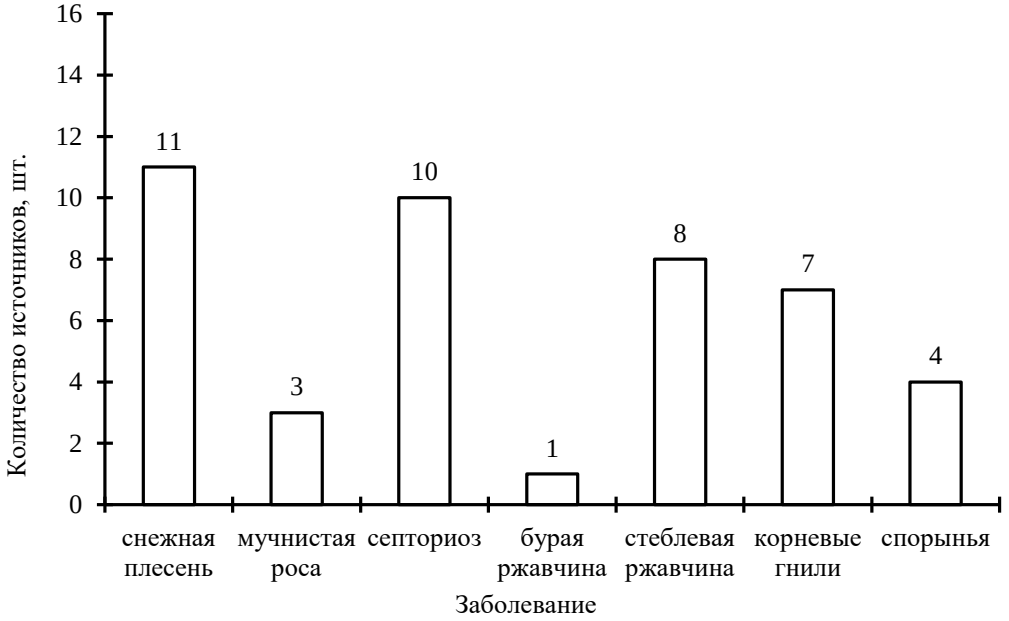

Рисунок – Генетические источники устойчивости к грибным болезням озимой ржи среди сортов селекции ФАНЦ Северо-Востока (среднее за 2019–2021 гг.)

По отношению к фузариозным корневым гнилям семь сортов в конце вегетации характеризовались преимущественно средней устойчивостью (16,0–25,3 %), за исключением сортов Фалёнская 4, Рушник, Флора, Триумф, Гармония, Перепел и Графит, с умеренным (9,6–14,7 %) проявлением признака.

Степень поражения спорыньей оценивали по засорённости зерновой массы склероциями, выраженное в процентах к массе зерна с делянки. Состояние признака варьировало от 0,67 % (Лика) до 18,23 % (Ниоба). Согласно шкале Т. Миданера [18], все сорта на этом фоне характеризовались как восприимчивые к спорынье. В меньшей степени поражалось лишь четыре: Лика (0,67 %), Симфония (1,47 %), Флора (1,53 %) и Графит (1,93 %). Они сохраняли признак в течение нескольких лет изучения, поэтому их можно использовать в качестве источников в селекции на повышение устойчивости к спорынье.

Таким образом, среди новых сортов озимой ржи выделены наименее поражаемые несколькими грибными болезнями. Среди них: Лика (снежная плесень, мучнистая роса, септориоз, бурая и стеблевая ржавчина, спорынья), Графит (снежная плесень, мучнистая роса, септориоз, стеблевая ржавчина, корневые гнили и спорынья), Кировская 89 (снежная плесень, мучнистая роса, септориоз, стеблевая ржавчина), Гармония (снежная плесень, септориоз, корневые гнили, стеблевая ржавчина), Вятка 2 (снежная плесень, септориоз, стеблевая ржавчина), Флора (снежная плесень, корневые гнили и спорынья) и Симфония (септориоз, стеблевая ржавчина и спорынья).

Однако среди них лишь небольшая часть сохраняет высокие урожайные свойства при повышенной инфекционной нагрузке патогенов. Для урожайных признаков и неспецифической устойчивости характерны достаточно сильные взаимодействия в системе «генотип–среда» [22]. Поэтому мы проанализировали адаптивность наших сортов по иммунологическим показателям с использованием коэффициентов bi и S_i^2.

Косвенным признаком влияния условий года на восприимчивость к болезням может быть индекс условий среды (I_j). Судя по I_j, наиболее благоприятные метеорологические условия для развития бурой ржавчины складывались в 2019 г. (I_j = 24,04), других болезней – в 2020 г. (I_j = 2,97–11,10).

Оценивая изучаемые сорта по статистическим характеристикам, к пластичным ($bi > 1$, $S_i^2 \approx 0$) по устойчивости к мучнистой росе можно отнести Кировская 89 (bi = 0,81; Si^2 = 0,26), Лика (bi = 1,06; Si^2 = 0,93), Графит (bi = 0,75; Si^2 = 0,23); к септориозу – Фалёнская универсальная (bi = 1,56; Si^2 = 0,05), Лика (bi = 1,87; Si^2 = 0,32), Флора (bi = 0,95; Si^2 = 0,00), Сармат (bi = 1,23; Si^2 = 0,29); к бурой ржавчине – Фалёнская универсальная (bi = 1,31; Si^2 = 0,04), Флора (bi = 0,70; Si^2 = 0,06); к стеблевой ржавчине – Рушник (bi = 1,06; Si^2 = 0,44), Графиня (bi = 2,11; Si^2 = 0,03), Фалёнская универсальная (bi = 0,97; Si^2 = 0,19), Сармат (bi = 1,74; Si^2 = 0,29); к корневым гнилям – Флора (bi = 0,52; Si^2 = 0,00), Ниоба (bi = 1,03; Si^2 = 0,42) (таблица 3).

Фенотипическое проявление устойчивости у данных генотипов сохраняется достаточно длительное время, независимо от меняющихся условий среды. И, наоборот, у сортов с высоким значением b_i доля средовых факторов в изменчивости устойчивости превалирует над генотипом. Такие сорта требуют постоянного фитосанитарного контроля и своевременных мероприятий по защите от развития мучнистой росы (Рушник, Графиня, Фалёнская универсальная. Триумф, Перепел и Кипрез), септориоза (Снежана, Рушник, Фалёнская универсальная и Графит), бурой ржавчины (Гармония, Симфония, Графит, Батист и Сармат), стеблевой ржавчины (Флора, Триумф, Кипрез и Сармат), корневых гнилей (Кировская 89, Снежана, Рушник, Графиня, Фалёнская универсальная, Триумф, Гармония, Симфония, Сармат, Батист и Роса) и спорыньи (Вятка 2, Кировская 89, Фалёнская 4, Снежана, Рушник,

Графиня, Кипрез, Ниоба и Роса).

По величине дисперсии отклонения от линии регрессии (Si^2) определяли стабильность сорта. Ценны генотипы с наименьшей дисперсией отклонения от линии регрессии, так как они стабильно устойчивы во времени и пространстве. Наибольшую стабильность по устойчивости к мучнистой росе проявили пять сортов: Кировская 89, Лика, Гармония, Графит и Кипрез (S_i^2 = 0,18–0,93), к септориозу 10 – Кировская 89, Фалёнская 4, Лика, Симфония, Садко, Сармат, Батист, Фалёнская универсальная, Триумф и Графит (S_i^2 = 0,03–0,90), к бурой ржавчине три – Флора, Фалёнская универсальная и Гармония (S_i^2 = 0,04–0,99), к стеблевой ржавчине семь – Вятка 2, Кировская 89, Рушник, Графиня, Фалёнская универсальная, Батист и Сармат (S_i^2 = 0,03–0,61), к корневым гнилям два – Флора, Ниоба (S_i^2 = 0,00–0,42), к спорынье три – Лика, Симфония, Сармат (S_i^2 = 0,10–0,41). К изучаемым болезням комплексной иммунологической стабильностью характеризовались восемь сортов: Лика, Графит, Гармония, Симфония, Батист, Кировская 89, Флора и Сармат.

Таблица 3 – Сорта озимой ржи с наилучшим сочетанием параметров экологической пластичности и стабильности по отношению к болезням

Сорт	Мучнистая роса		Септориоз		Бурая ржавчина		Стеблевая ржавчина		Корневые гнили		Спорынья	
	bi	Si^2	*bi*	Si^2	*bi*	Si^2	*bi*	Si^2	*bi*	Si^2	*bi*	Si^2
Вятка 2	1,22	18,40	0,09	10,61	0,31	15,78	0,15	0,61	0,52	10,29	4,36	46,62
Кировская 89	0,81	0,26	0,17	0,03	0,62	18,35	−0,02	0,22	1,34	9,91	5,64	81,67
Фалёнская 4 (St.)	−0,03	4,21	0,68	0,39	0,26	2,82	0,54	12,16	1,06	4,09	1,87	8,74
Снежана	1,03	3,97	1,56	15,90	0,75	12,30	0,61	13,58	1,22	44,49	2,68	35,22
Рушник	1,64	14,22	2,43	9,56	0,64	5,85	1,06	0,44	1,19	2,59	4,80	63,96
Флора	1,20	4,01	0,95	0,00	0,70	0,06	2,11	27,63	0,52	0,00	1,02	2,61
Графиня	1,56	13,19	1,25	4,04	0,87	4,69	2,11	0,03	1,52	97,05	9,01	219,45
Фалёнская универсальная	1,48	6,38	1,56	0,05	1,31	0,04	0,97	0,19	1,11	2,35	0,59	10,12
Триумф	1,75	117,29	1,00	0,57	0,49	2,66	0,96	82,09	1,11	4,36	0,65	4,78
Лика	1,06	0,93	1,87	0,32	0,80	19,04	1,32	1,71	0,20	51,39	−0,06	0,41
Гармония	1,23	0,40	1,12	3,40	1,42	0,99	1,20	6,91	1,53	1,42	−1,34	4,65
Перепел	1,75	1,92	1,25	1,69	1,13	19,96	1,02	3,23	0,74	50,21	-0,16	7,78
Симфония	1,03	95,43	0,06	0,82	1,58	17,47	0,53	17,22	1,28	16,37	−0,11	0,05
Графит	0,75	0,23	1,73	0,90	1,66	1,76	0,81	2,61	0,93	7,81	−0,38	4,25
Кипрез	1,55	0,18	0,36	1,81	0,97	19,77	1,83	32,00	0,48	9,93	4,16	60,85
Садко	−0,11	7,70	0,38	0,12	0,99	6,47	1,25	8,21	0,35	84,35	0,13	6,67
Батист	0,80	3,37	0,97	0,71	1,81	70,39	0,39	0,47	1,50	1,76	0,91	3,38
Сармат	0,43	1,95	1,23	0,29	1,61	29,16	1,74	0,29	1,11	6,35	−0,13	0,10
Ниоба	−0,06	1,92	0,96	6,54	1,20	44,61	0,43	78,96	1,03	0,42	5,02	63,91
Роса	0,92	3,53	0,38	1,88	0,88	70,96	0,97	29,15	1,24	26,70	2,55	16,39

Высокими значениями S_i^2 характеризовались устойчивые к септориозу сорта: Гармония и Перепел (S_i^2 = 1,69–3,40), к стеблевой ржавчине – Лика, Гармония, Перепел, Графит и Садко (S_i^2 = 2,61–8,21), к корневым гнилям – Кировская 89, Фалёнская 4, Рушник, Триумф, Графит, Садко и Сармат – (S_i^2 = 2,59–9,93), к спорынье – Флора и Графит (S_i^2 = 2,61–4,25). Это свидетельствует, что устойчивость у данных генотипов нестабильна и находится в значительной зависимости от условий среды.

Выводы

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что при выборе генетического источника устойчивости для селекции по фитоиммунитету следует учитывать не только уровень неспецифической устойчивости, но и адаптивность, выраженную в статистических параметрах пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2).

К пластичным сортам по устойчивости к мучнистой росе можно отнести: Кировская 89, Лика, Графит (*bi* = 0,75–1,06; Si^2 = 0,23–0,93); к септориозу – Фалёнская

универсальная, Лика, Флора, Сармат (*bi* = 0,95–1,87; Si^2 = 0,00–0,32); к бурой ржавчине – Фалёнская универсальная, Флора (*bi* = 0,70–1,31; Si^2 = 0,04–0,06); к стеблевой ржавчине – Рушник, Графиня, Фалёнская универсальная, Сармат (*bi* = 0,97–2,11; Si^2 = 0,03–0,44); к корневым гнилям – Флора, Ниоба (*bi* = 0,52–1,03; Si^2 = 0,00–0,42).

Стабильность по устойчивости к мучнистой росе проявили сорта: Кировская 89, Лика, Гармония, Графит, Кипрез (S_i^2 = 0,18–0,93); к септориозу – Кировская 89, Фалёнская 4, Лика, Симфония, Садко, Сармат, Батист, Фалёнская универсальная, Триумф, Графит (S_i^2 = 0,03–0,90); к бурой ржавчине – Флора, Фалёнская универсальная, Гармония (S_i^2 = 0,04–0,99); к стеблевой ржавчине – Вятка 2, Кировская 89, Рушник, Графиня, Фалёнская универсальная, Батист, Сармат (S_i^2 = 0,03–0,61); к корневым гнилям – Флора, Ниоба (S_i^2 = 0,00–0,42); к спорынье – Лика, Симфония, Сармат (S_i^2 = 0,10–0,41).

Среди изученных сортов озимой ржи наилучшее сочетание иммунологических и статистических признаков в условиях Кировской области выявлено у сортов Лика, Графит, Гармония, Симфония, Батист, Кировская 89, Флора и Сармат.

Литература

1. Санин С. С. Фитосанитарные проблемы интенсивного растениеводства // Защита и карантин растений. 2013. № 12. С. 3–8.
2. Сысуев 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.
3. Sheshegova T., Shchekleina L. Problems of phytoimmunity of grain crops in the Euro-Northeast of the Russian Federation and ways their solution // International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021). BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 36. Art. No. 01011. DOI: 10.1051/bioconf/20213601011.
4. 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.
5. Ponomareva M. L., Gorshkov V. Yu., Ponomarev S. N., Korzun V., Miedaner T. Snow mold of winter cereals: a complex disease and a challenge for resistance breeding // Theoretical and Applied Genetics. 2021. Vol. 134. P. 419–433. DOI: 10.1007/s00122-020-03725-7.
6. Miedaner T., Wilde P. Selection strategies for disease-resistant hybrid rye // Advances in crop breeding techniques. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing, 2019. P. 223–246.
7. Moskalets V. V., Moskalets T. Z., Vasylkivskyi S. P., Grynyk I. V., Vovkohon A. G., Lobova 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Неофитова В. К. Методы полевой оценки устойчивости сортов озимых зерновых культур к снежной плесени. Минск, 1976. 4 с.
14. Кобылянский В. Д., Королёва Л. А. Методические указания по селекции озимой ржи на устойчивость к грибным болезням. Л.: ВИР, 1977. 26 с.
15. Takele A., Lencho A., W/Ab G., Hailu E., Kassa B. Status of wheat septoria leaf blotch (*Septaria tritici* Roberge in Desmaz) in south west and western Shewa zones of Oromiya Regional state, Ethiopia //

Research in Plant Sciences. 2015. Vol. 3. P. 43–48. DOI: 10.12691/plant-3-3-1.

16. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. Adiagrammatic scale for estimating rust infensity of leaves and stem of cereals // Canadian Journal of Research. 1948. Vol. 26c. P. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.

17. Григорьев М. Ф. Методические указания по изучению устойчивости зерновых культур к корневым гнилям. Л.: ВИР, 1976. 60 с.

18. Miedaner T., Mirdita V., Geiger H.H. Strategies in breeding for ergot (*Claviceps purpurea*) resistance. Book of abstracts: international symposium on rye breeding & genetics. Belarus, Minsk, 2010. P. 83.

19. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol. 6. No. 1. P. 36–40.

20. Зыкин В. А., Мешкова В. В., Сапега В. А. Параметры пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Новосибирск: Сибирское отделение ВАСХНИЛ, 1984. 24 с.

21. Логинов Ю. П., Казак А. А. Экологическая пластичность и стабильность новых сортов картофеля // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № 1 (61). С. 24–28.

22. Кедрова Л. И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 158 с.

23. Бебякин В. М., Кедрова Л. И., Кериватова Т. Б. Адаптивность: методические подходы и критерии её оценки // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2005. № 7. С.4–9.

References

1. Sanin S. S. Phytosanitary problems of intensive plant breeding // Plant Protection and Quarantine. 2013. No. 12. P. 3–8.

2. 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.

3. Sheshegova T., Shchekleina L. Problems of phytoimmunity of grain crops in the Euro-Northeast of the Russian Federation and ways their solution // International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021). BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 36. Art. No. 01011. DOI: 10.1051/bioconf/20213601011.

4. Shchekleina L. M. Monitoring of winter rye diseases in Kirov region and possible trends of breeding for immunity // Agricultural Science Euro-North-East. 2020. No. 21 (2). P. 124–132. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.124-132.

5. Ponomareva M. L., Gorshkov V. Yu., Ponomarev S. N., Korzun V., Miedaner T. Snow mold of winter cereals: a complex disease and a challenge for resistance breeding // Theoretical and Applied Genetics. 2021. Vol. 134. No. 2. P. 419–433. DOI: 10.1007/s00122-020-03725-7.

6. Miedaner T., Wilde P. Selection strategies for disease-resistant hybrid rye //Advances in crop breeding techniques. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing, 2019. P. 223–246.

7. Moskalets V. V., Moskalets T. Z., Vasylkivskyi S. P., Grynyk I. V., Vovkohon A. G., Lobova O. V., Shevchuk O. A., Knyazyuk O. V. Common wheat: ecological plasticity by biological and technological markers // Biological Bulletin of Bogdan Chmelnitskiy Melitopol State Pedagogical University. 2016. Vol. 6. No. 3. P. 311–318.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. Rybas’ I. A. Breeding grain crops to increase adaptability (review) // Sel’skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2016. Vol. 51. No. 5. P. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617eng.

12. 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.

13. Neofitova V. K. Methods of field assessment of the resistance of winter cereal varieties to snow mold. Minsk, 1976. 4 p.

14. Kobylyansky V. D., Koroleva L. A. Methodological guidelines for the breeding of winter rye for resistance to fungi diseases. Leningrad: VIR, 1977. 26 p.

15. Takele A., Lencho A., W/Ab G., Hailu E., Kassa B. Status of wheat septoria leaf blotch (*Septaria tritici* Roberge in Desmaz) in south west and western Shewa zones of Oromiya Regional state, Ethiopia // Research in Plant Sciences. 2015. Vol. 3. P. 43–48. DOI: 10.12691/plant-3-3-1.

16. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals // Canadian Journal of Research. 1948. Vol. 26c. P. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.

17. Grigoriev M. F. Methodological guidelines for the study of the stability of grain crops to root rots. Leningrad: VIR, 1976. 60 p.

18. Miedaner T., Mirdita V., Geiger H. H. Strategies in breeding for ergot (*Claviceps purpurea*) resistance. Book of Abstracts: International Symposium on Rye Breeding & Genetics. Belarus, Minsk, 2010. P. 83.

19. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol. 6. No. 1. P. 36–40.

20. Zykin V. A., Meshkova V. V., Sapega V. A. Parameters of plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis: methodological recommendations. Novosibirsk: Siberia branch of VASKHNIL, 1984. 24 p.

21. Loginov Yu. P., Kazak A. A. Ecological plasticity of potatoes cultivars in Tyumen region // Bulletin of Kemerovo State University. 2015. No. 1 (61). P. 24-28.

22. Kedrova L. I. Winter rye in the North-Eastern region of Russia. Kirov: Agricultural Research Institute of the North-East, 2000. 158 p.

23. Bebyakin V. M., Kedrova L. I., Kerivatova T. B. Adaptability: methodological approaches and criteria for its assessment // Agricultural Science Euro-North-East. 2005. No. 7. P. 4–9.

UDC 633.14:632.938.1

Shchekleina L. M.

ADAPTABILITY AND RESISTANCE OF WINTER RYE VARIETIES TO FUNGI DISEASES

Summary. *In Russia and abroad, the search for varieties of agricultural crops with genetic resistance to diseases is relevant. The purpose of the research is to identify new genetic sources of nonspecific resistance of winter rye varieties to epiphytotic-dangerous diseases and conduct their comparative assessment in terms of plasticity and stability under conditions of the Kirov region. The studies were carried out in 2019–2021 at the phytopathological site of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky. Twenty promising varieties of winter rye were studied under conditions of provocative and infectious backgrounds of snow mold, powdery mildew, septoria, leaf and stem rust, root rot and ergot. Generally accepted methods were used in diseases accounting. Agro-climatic conditions during the years of research were contrasting, which allowed conducting all the studies fully. We identified seven varieties relatively resistant to three or more diseases. They are: 'Lika' (snow mold, powdery mildew, septoria, brown and stem rust, ergot), 'Grafit' (snow mold, powdery mildew, septoria, stem rust, root rot and ergot), 'Kirovskaya 89' (snow mold, powdery mildew, septoria, stem rust), 'Garmoniya' (snow mold, septoria, root rot, stem rust), 'Vyatka 2' (snow mold, septoria, stem rust), 'Flora' (snow mold, root rot and ergot) and 'Symfoniya' (septoria, stem rust and ergot). The aforementioned varieties can be used as sources of increasing resistance to the studied diseases. When calculating the statistical parameters of plasticity (b_i) and stability (S_i^2), it was revealed that the most favorable weather conditions for brown rust development were in 2019 (Ij = 24.04); for other diseases – in 2020 (Ij = 2.97…11.10). It has been established that all sources of nonspecific resistance, with the exception of varieties 'Vyatka 2' and 'Perepel', are distinguished by the stability of the trait, regardless of environmental conditions. Therefore, when using sources in breeding for phytoimmunity, the stability of the trait should also be taken into account.*

Keywords: *Secale cereale L., artificial infectious backgrounds, sources of resistance, breeding, plasticity, stability.*

Щеклеина Люция Муллаахметовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»; 610007, Россия, г. Киров, ул. Ленина, 166а; e-mail: immunitet@fanc-sv.ru.

Shchekleina Lucia Mullaakhmetovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher at the Laboratory of immunity and plant protection, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky; 166a, Lenin str., Kirov, 610007, Russia; e-mail: immunitet@fanc-sv.ru.

Дата поступления в редакцию – 21.02.2022.
Дата принятия к печати – 20.03.2022.