

Оценка устойчивости сортов и сортообразцов пшеницы и тритикале озимых к северокавказской популяции возбудителя желтой ржавчины

Г. В. ВОЛКОВА, А. Г. ИЗВАРИНА

Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, п/о 39, 350039, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью оценки устойчивости 62 сортов и сортообразцов пшеницы и тритикале озимых к северокавказской популяции возбудителя желтой ржавчины (*Puccinia striiformis*) в фазе взрослого растения (фаза Z72 по Цадоксу) для выделения перспективных генотипов. Работу выполняли в г. Краснодар в 2020–2023 гг. Метеорологические условия в период проведения исследований складывались благоприятно для развития как патогена, так и растения-хозяина. Почва полевого участка – чернозем выщелоченный легкоглинистый с содержанием гумуса 2,4...3,0 %. Каждый сорт высевали на делянках площадью 1 м² в трехкратной повторности. Искусственное заражение растений спорами возбудителя желтой ржавчины и учеты проводили согласно общепринятым методикам. Сорта, согласно международной классификации CIMMYT, ранжировали на 4 группы: с абсолютной устойчивостью (степень поражения 0); с высокой устойчивостью (1R...5MR); с умеренной устойчивостью (5MR...25MS); восприимчивые (30MS...90S). Установлена высокая устойчивость к патогену сорта тритикале озимой Стюард (1R, 0, 5R тип реакции за 3 года исследований соответственно). Умеренная устойчивость выявлена у сортов и сортообразцов пшеницы озимой – 1166/15 (10R, 1R, 15R), Велена (5R, 1R, 10R), Тимирязевка 150 (10R, 1R, 10R) и тритикале озимой – Арго (0,0,15MR), Ариозо (1R, 0,10R), Слон (5R, 0, 10R), Форте (5R, 1R, 15MR), Хлебоборб (5R, 0, 10R). Сорта и сортообразцы озимой пшеницы 339/15, 483/15, 1936/16, 542/15, 375/17, Гомер, Граф, Тихон и сорта озимой тритикале Аргус и Валентин 90 снижали свою устойчивость к *P. striiformis* с 2021 г. по 2023 г. исследований. Потеря устойчивости может быть связана с образованием новых более агрессивных рас патогена. Полученные результаты представляют практическую значимость, как в селекционной работе при создании устойчивых сортов, так и при территориальном их размещении.

Ключевые слова: пшеница (*Triticum aestivum* L.), тритикале (*×Triticosecale* Wittmack), желтая ржавчина, *Puccinia striiformis*, сорт, сортообразец, иммунологическая оценка, устойчивость.

Сведения об авторах: Г. В. Волкова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, член-корреспондент РАН (e-mail: galvol.bpp@yandex.ru); А. Г. Изварина, младший научный сотрудник.

Для цитирования: Волкова Г. В., Изварина А. Г. Оценка устойчивости сортов и сортообразцов пшеницы и тритикале озимых к северокавказской популяции возбудителя желтой ржавчины // Достижения науки и техники АПК. 2024. Т. 38. №. С. 35–41. doi: 10.53859/02352451_2024_38_7_35

Evaluation of resistance of varieties and accessions of winter wheat and triticale to the North Caucasian population of the stripe rust pathogen

G. V. Volkova, A. G. Izvarina

Federal Scientific Center for Biological Plant Protection, Krasnodar, p/o 39, 350039, Russian Federation

Abstract. The studies aimed to assess immunologically the resistance of 62 varieties and accessions of winter wheat and triticale to the North Caucasian population of the causal agent of stripe rust (*Puccinia striiformis*) in the adult plant phase (phase Z72 according to Tsadoks) to identify promising genotypes. The work was carried out in the Krasnodar region in 2020–2023. Meteorological conditions during the research period were favourable for the development of both the pathogen and the host plant. The soil of the field plot was leached light clayey chernozem with a humus content of 2.4–3.0%. Artificial infection of plants with spores of the causative agent of stripe rust and counts were carried out according to generally accepted methods. According to the international classification of CIMMYT, the varieties were ranked into 4 groups: with absolute resistance (degree of damage 0); with high resistance (1R–5MR); with moderate resistance (5MR–25MS); susceptible (30MS–90S). High resistance to the pathogen was established in the winter triticale variety Steward (1R, 0, 5R reaction type over 3 years of research, respectively). Moderate resistance was revealed in the varieties and accessions of winter wheat – 1166/15 (10R, 1R, 15R), Velena (5R, 1R, 10R), Timiryazevka 150 (10R, 1R, 10R) and winter triticale – Argo (0, 0, 15MR), Arioso (1R, 0, 10R), Slon (5R, 0, 10R), Forte (5R, 1R, 15MR), Khleborob (5R, 0, 10R). Winter wheat varieties and accessions 339/15, 483/15, 1936/16, 542/15, 375/17, Homer, Graf, Tikhon and winter triticale varieties Argus and Valentin 90 reduced their resistance to *P. striiformis* from 2021 to 2023. The loss of resistance may be associated with the formation of new, more aggressive races of the pathogen. The results obtained are of practical importance both in breeding work to create resistant varieties and in their territorial distribution.

Keywords: wheat (*Triticum*); triticale (*Triticosecale*); stripe rust; *Puccinia striiformis*; variety; accession; immunological assessment; resistance.

Author Details: G. V. Volkova, D. Sc. (Biol.), corresponding member of the RAS, chief research fellow (e-mail: galvol.bpp@yandex.ru); A. G. Izvarina, junior research fellow.

For citation: Volkova GV, Izvarina AG. [Evaluation of resistance of varieties and accessions of winter wheat and triticale to the North Caucasian population of the stripe rust pathogen]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2024;38(7):35–41. Russian. doi: 10.53859/02352451_2024_38_7_35

Зерновые культуры имеют важное значение для продовольственной безопасности страны и кормовых нужд. В масштабах мирового земледелия зерновые культуры занимают наибольшую площадь, в сравнении с другими культурами, – 55 % всей пашни. Пшеница озимая (*Triticum aestivum* L.) – основная продовольственная культура, возделываемая в Краснодарском крае, в стране и во всем мире в целом. Широкое ее распространение объясняют обширным потенциалом использования

зерна и соломы. Тритикале (*×Triticosecale* Wittmack) представляет собой искусственно созданный вид из семейства Мятликовые (Poaceae), синтезированный человеком в результате скрещивания видов пшеницы и ржи [1].

В связи с важностью этих культур, остро стоит вопрос их защиты от патогенов, которые при благоприятных погодных условиях способны вызвать снижение урожайности. Значительную часть заболеваний пшеницы занимают болезни, вызванные ржавчинными



Рис. 1. Уредоспоры возбудителя желтой ржавчины, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР (2023 г.).

грибами, которые могут приводить к 10...70 % потери урожая [1, 2].

К одной из основных и прогрессирующих болезней зерновых колосовых культур в условиях Краснодарского края относят желтую ржавчину, возбудитель – гриб *Puccinia striiformis* West. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn. [3].

На Северном Кавказе межвегетационный период развития озимой пшеницы составляет около 3 месяцев. В таких условиях инфекционное начало, сохраняющееся на растительных остатках, погибает. Основными источниками инфекции патогена считают злаковые травы. При благоприятных условиях на них желтая ржавчина развивается до поздней осени. В сухое жаркое лето злаки почти не вегетируют и инокулюм сохраняется лишь в предгорной и горной зонах. Уредоспоры, сохраняющиеся в этих зонах, служат источником инфекции всходов озимой пшеницы [4] (рис. 1).

Согласно динамике развития желтой ржавчины в Краснодарском крае, отмечают различия в степени развития по годам и агроклиматическим зонам. В 2001 г. отмечено эпифитотийное развитие желтой ржавчины во всех агроклиматических зонах. В 2004–2008 гг. в южно-предгорной зоне края развитие желтой ржавчины достигало 20...40 %. В 2009–2011 гг. развитие заболевания составляло 0,3...6,1 %. В 2012 г. патоген не был обнаружен ни в одной агроклиматической зоне Северного Кавказа, что вероятнее всего связано с низкими температурами в зимний период (до -20 °C). В 2013–2018 гг. развитие и распространение желтой ржавчины колебалось в пределах 0,2...3,5 % [5].

Желтая ржавчина распространена на всех континентах, кроме Антарктики. Исторической родиной желтой ржавчины считают Евразию. В Европе она распространена на посевах пшеницы и встречается

во Франции, Нидерландах, Германии, Дании, Великобритании и других странах [6]. В Казахстане основной ареал желтой ржавчины находится в южном и юго-восточном регионах. Постоянный природный очаг локализован в горной зоне Алматинской области на высоте 1500...2000 м над уровнем моря. В последние годы локальные эпифитотии желтой ржавчины на пшенице наблюдали в 1992, 1999, 2000, 2002 гг. [6, 7].

Болезнь существует почти во всех регионах возделывания пшеницы, в результате широкого распространения фитопатогена происходят мутации и появляются новые расы возбудителя заболевания, которые инфицируют ранее устойчивые сорта [8, 9].

В последние годы наблюдают повышение динамики поражения посевов

желтой ржавчиной, особенно на Северном Кавказе. Это связано с возделыванием восприимчивых сортов, в результате чего образуются агрессивные расы патогена, изменением климатических условий, заносом инфекционного материала с соседних территорий, что объясняется активным распространением урединоспор на сотни тысяч километров [9, 10].

Самым экологически безопасным методом борьбы с желтой ржавчиной считают селекционно-генетический метод, который предполагает возделывание устойчивых к болезни сортов. Это позволяет минимизировать использование химического метода, который наносит вред окружающей среде, становится причиной биологического дисбаланса [11, 12].

За последние 20 лет были зафиксированы 2 эпифитотии заболевания, отмечены 2 мутации генов устойчивости. В период с 1993–2014 гг. проанализированы 4293 изолята *Puccinia striiformis* из 32 стран Европы, Центральной и Южной Азии, Южной Америки и Восточной Африки. Выявлено, что в последние годы увеличилась доля агрессивных рас гриба. Так, в Европе были отмечены изоляты, вирулентные к гену *Yr25*, потерял эффективность *Yr27* [13]. Поэтому крайне важен регулярный мониторинг развития желтой ржавчины, иммунологическая оценка устойчивости сортов и сортообразцов относительно *P. striiformis*.

Цель исследования – оценка устойчивости сортов и сортообразцов пшеницы и тритикале озимых селекции ведущих научных центров страны к северокавказской популяции возбудителя желтой ржавчины в фазе взрослого растения для выделения лучших генотипов.

Условия, материалы и методы. Эксперименты выполняли в 2020–2023 гг. на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защи-

ты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР), расположенного в центральной зоне Краснодарского края, в условиях полевого стационара.

Почвы представлены черноземами выщелоченными легкоглинистыми. Содержание гумуса в поверхностном горизонте (по Тюрину) составляло 2,4...3,0 %, N – 0,26...0,35 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 26,5 и 215,0 мг/кг соответственно. Гидролитическая кислотность достигала 3,5 мг-экв./100 г.

Вегетационный сезон 2020/21 сельскохозяйственного года отличался малым количеством выпавших осадков (0,5 мм) в период посева озимой пшеницы, что повлияло на ухудшение дружности всходов. Зима была относительно теплой, в среднем температура опускалась до -3,1 °С. В фазе выхода в трубку складывались оптимальные условия для развития желтой ржавчины, температура в среднем составляла +11 °С, а относительная влажность воздуха достигала 85 % (рис. 2а).

В 2021/22 сельскохозяйственном году в начале вегетации озимой пшеницы складывались благоприятные условия для появления всходов, наблюдали хорошее почвенное увлажнение, за октябрь выпало

57,9 мм осадков, в сравнении с прошлым годом (1,5 мм). Но в период зимовки сложились неблагоприятные условия для развития озимой пшеницы, относительно теплые температуры во второй декаде февраля (+9,5 °С) и резкое понижение температуры во второй декаде марта (-3,7 °С). В период выхода в трубку наблюдали отрицательные условия для развития желтой ржавчины, влажность воздуха в среднем составляла 64,9 %, при минимальной величине 35 %, температура воздуха в среднем за декаду составила +11,7 °С (рис. 2б).

Вегетационный сезон 2022/23 сельскохозяйственного года по почвенному увлажнению был благоприятен в период посева озимой пшеницы, что привело к дружности появления всходов. Зима была теплой и бесснежной. В период выхода в трубку отмечали благоприятные условия для развития желтой ржавчины, днем температура составляла +13,6 °С, ночью – 8,9 °С, влажность – 95 % (рис. 2в). Перепады температуры и хорошая увлажненность стали причиной эпифитотии желтой ржавчины.

Материалом для исследования служили 12 сортов тритикале озимой и 50 сортов пшеницы озимой российской селекции: 16 сортов пшеницы озимой и 6 сортов



Рис. 2. Климатограмма погодных условий лет исследований (метеостанция «Круглик», г. Краснодар): а – 2020/21 сельскохозяйственный год, б – 2021/22 сельскохозяйственный год, в – 2022/23 сельскохозяйственный год; ■ – осадки, мм, — — средняя температура воздуха, °С, — — относительная влажность воздуха, %.

тритикале озимой из Национального центра зерна имени П. П. Лукьяненко (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»), 4 сорта и 20 сортообразцов пшеницы озимой селекции Аграрного научного центра «Донской» (ФГБНУ АНЦ «Донской»), 6 сортов тритикале озимой и 6 сортов пшеницы озимой из Федерального Ростовского аграрного научного центра (ФГБНУ ФРАНЦ), 4 сорта пшеницы озимой селекции Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра (ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»). В качестве контрольного сорта по восприимчивости был использован сорт пшеницы озимой Мичиган Амбер (США).

Для оценки устойчивости в фазе взрослых растений (фаза Z72) семена каждого сорта высевали в условиях полевого стационара на делянках площадью 1 м² в трехкратной повторности. Инокуляцию проводили согласно общепринятой методике [14].

В исследованиях использовали материально-техническую базу УНУ «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» (https://ckprf.ru/usu/671925/?sphrase_id=3926639) и объекты УНУ «Государственная коллек-

Таблица 1. Иммунологическая оценка сортов и сортообразцов пшеницы и тритикале озимых к северокавказской популяции возбудителя желтой ржавчины

Оригинатор	Сорт/сортообразец	Степень поражения %, тип реакции		
		2021 г.	2022 г.	2023 г.
	Пшеница озимая (сорта)			
ФГБНУ АНЦ «Донской»	Вольница	25MS	5R	10R
	Вольный Дон	30MS	5R	20MR
	Жаворонок	35S	15MR	25MR
	Подарок Крыму	30MS	5R	15MR
ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»	Ахмат	15MR	5R	30MS
	Ваня	25MR	5R	5R
	Велена	5R	1R	10R
	Вежа	25MR	5R	10R
	Видея	20MR	15MR	15R
	Гомер	5R	1R	25MR
	Граф	5R	1R	20MR
	Дуплет	25MS	15MR	20MS
	Еланчик	20MR	5R	15MR
	Илиада	15MR	10R	25MS
	Кавалерка	15MR	1R	10R
	Караван	30MS	15R	25MR
	Сварог	20MR	10R	20MS
	Собербаш	31MS	5R	15MR
	Степь	38MS	5R	30MS
ФГБНУ ФРАНЦ	Тимирязевка 150	10R	1R	10R
	Акапелла	50S	15R	15MR
	Богема	37MS	10R	20MR
	Былина Дона	20MR	1R	25MR
	Вольная Заря	25MR	5R	30MS
	Донская 20	20MR	5R	25MR
	Пальмира 18	40MS	15MR	25MR
ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»	Арсенал	30MS	1R	30MS
	Каролина	33MS	15MR	35MS
	Корона	45S	5R	30MS
	Секлетия	50S	35MS	20MR
	Пшеница озимая (сортообразцы)			
ФГБНУ АНЦ «Донской»	1166/15	10R	1R	15R
	1754/15	15MR	5R	20MR
	339/15	5R	1R	20MR
	483/15	10R	5R	20MR
	1936/16	10R	5R	30MS
	1908/16	15MR	10R	20R
	1043/17	15MR	10R	15 MR
	1533/17	13MR	10MR	25MS
	1431/18	25MS	15MR	15MR
	403/15	15MR	15MR	30MS
	325/15	10R	10R	30MS
	542/15	5R	5R	20MR
	606/16	15MR	10R	10R
	623/16	10R	5R	15MR
	370/17	10R	1R	25MS
	340/17	10R	1R	20MR
	616/17	15MR	5R	25MS
	504/17	20MR	10R	20MR
	375/17	5R	5R	20MR
	315/18	20MR	10R	5R
	Тритикале озимая (сорта)			
ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»	Валентин 90	5R	0	20MR
	Илия	10R	0	15R
	Слон	5R	0	10R
	Тихон	1R	0	20MR
	Уллубий	25R	0	20MR
	Хлебобоб	5R	0	10R
ФГБНУ ФРАНЦ	Азнавур	15MR	0	20MR
	Арго	0	0	15MR
	Аргус	0	0	25MS
	Ариозо	1R	0	10R
	Стюард	1R	0	5R
	Форте	5R	1R	15MR
США	Мичиган Амбер, контроль по восприимчивости	85S	40MS	80S

ция энтомоакарифагов и микроорганизмов» (https://сскр-rf.ru/usu/585858/?sphrase_id=5369152).

При учете использовали международную классификацию CIMMYT [4]: 0 – нет признаков инфекции; R–

мелкие урединии с некрозом; MR – средние урединии с некрозом; MS – умеренный размер урединий с хлорозом; S – крупные урединии. Тип реакции определяли по шкале Майнса и Джексона [5]. Сорта ранжировали на 4 группы: с абсолютной устойчивостью (степень поражения 0); с высокой устойчивостью (1R...5MR); с умеренной устойчивостью (5MR...25MS); восприимчивые (30MS...90S).

Статистическую обработку результатов проводили методами дисперсионного анализа [15] и описательной статистики [16]; расчеты и построение диаграмм – в программе MS Excel.

Результаты и обсуждение. В 2020/21 сельскохозяйственном году на высоком инфекционном фоне было выделено 2 сорта тритикале озимой с абсолютной устойчивостью к *P. striiformis* – Арго и Аргус (табл. 1). К сортам с высокой устойчивостью к патогену отнесено 3 сортообразца и 4 сорта пшеницы озимой (339/15, 542/15, 375/17, Велена, Гомер, Граф, Тихон) и 6 сортов тритикале озимой (Ариозо, Валентин 90, Слон, Стюард, Форте, Хлебобоб). К группе сортов с умеренной устойчивостью к возбудителю желтой ржавчины отнесен 31 сорт и сортообразец озимой пшеницы (1166/15, 1754/15, 483/15, 1936/16, 1908/16, 1043/17, 1533/17, 1431/18, 403/15, 325/15, 606/16, 623/16, 370/17, 340/17, 616/17, 504/17, 315/18, Ахмат, Былина Дона, Ваня, Веха, Видея, Вольная Заря, Вольница, Донская 20, Дуплет, Еланчик, Илиада, Кавалерка, Сварог, Тимирязевка 150) и 3 сорта тритикале озимой (Азнавур, Илия, Уллубий). Остальные 13 сортов сформировали восприимчивую группу.

В 2021/22 году при неблагоприятных условиях для развития желтой ржавчины выделено 11 сортов тритикале озимой с абсолютной устойчивостью (Азнавур, Арго, Аргус, Ариозо, Валентин 90, Илия, Слон, Стюард, Тихон, Уллубий, Хлебобоб). Высокую устойчивость к патогену показали 30 сортов и сортообразцов озимой пшеницы (1166/15, 1754/15, 339/15, 483/15, 1936/16, 542/15, 623/16, 370/17, 340/17, 616/17, 375/17, Арсенал, Ахмат, Былина Дона, Ваня, Велена, Веха, Вольная Заря, Вольница, Вольный Дон, Гомер, Граф, Донская 20, Еланчик, Кавалерка, Корона, Подарок Крыму, Собербаш, Степь, Тимирязевка 150) и 1 сорт тритикале озимой (Форте). Умеренной устойчивостью к северокавказской популяции возбудителя желтой ржавчины обладали 19 сортов и сортообразцов озимой пшеницы (1908/16, 1043/17, 1533/17, 1431/18, 403/15, 325/15, 606/16, 504/17, 315/18, Акапелла, Богема, Видея, Дуплет, Жаворонок, Илиада, Караван, Каролина, Пальмира 18, Сварог). 1 сорт озимой пшеницы (Секлетия) был отнесен к восприимчивому.

В вегетационном сезоне 2022/23 гг. наблюдали благоприятные погодные условия для развития патогена. Сорта с абсолютной устойчивостью к *P. striiformis* выделено не было. Всего 1 сорт и 1 сортообразец озимой пшеницы (315/18, Ваня) и 1 сорт тритикале (Стюард) характеризовались высокой устойчивостью. Умеренную устойчивость к возбудителю желтой ржавчины проявили 39 сортов и сортообразцов озимой пшеницы (1166/15, 1754/15, 339/15, 483/15, 1908/16, 1043/17, 1533/17, 1431/18, 542/15, 606/16, 623/16, 370/17, 340/17, 616/17, 504/17, 375/17, Вольница, Вольный Дон, Жаворонок, Подарок Крыму, Велена, Веха, Видея, Гомер, Граф, Дуплет, Еланчик, Илиада, Кавалерка, Караван, Сварог, Собербаш, Тимирязевка 150, Богема, Донская 20, Былина Дона, Акапелла, Пальмира 18, Секлетия) и 11 сортов тритикале озимой (Азнавур, Арго, Аргус, Ариозо, Валентин 90, Илия,

Слон, Тихон, Уллубий, Форте, Хлебобоб). 9 сортов были отнесены к восприимчивым к *P. striiformis*.

Устойчивость сортов к *P. striiformis* в течение трех исследуемых вегетационных сезонов имела прямую зависимость от агроклиматических условий. Самым благоприятным для развития желтой ржавчины был сезон 2020/21 гг., степень поражения и тип реакции контроля по восприимчивости составляли 85S. Вегетационный сезон 2021/22 гг. был неблагоприятным для развития патогена. В результате отмечено большое количество сортов с абсолютной и высокой устойчивостью к *P. striiformis*. В 2022/23 гг. наблюдали оптимальные погодные условия для развития желтой ржавчины, степень поражения и тип реакции контроля по восприимчивости составил 80S.

В результате трехлетних исследований выделены сорта, показавшие высокую устойчивость к патогену. Сорт озимой тритикале Стюард показал себя как высокоустойчивый. Три года исследований степень и тип реакции составляли 1R, 0, 5R соответственно. Умеренно устойчивыми (степень поражения до 15 %) оказались следующие сорта и сортообразцы: пшеницы озимой – 1166/15 (10R, 1R, 15R), Велена (5R, 1R, 10R), Тимирязевка 150 (10R, 1R, 10R) и сорта тритикале озимой – Арго (0,0,15MR), Ариозо (1R,0,10R), Форте (5R,1R,15MR), Хлебобоб (5R, 0, 10R), Слон (5R, 0, 10R).

Прослежена тенденция снижения устойчивости к *P. striiformis* сортов и сортообразцов в течение трех лет исследований. Такие сорта и сортообразцы озимой пшеницы, как 339/15, 483/15, 1936/16, 542/15, 375/17,

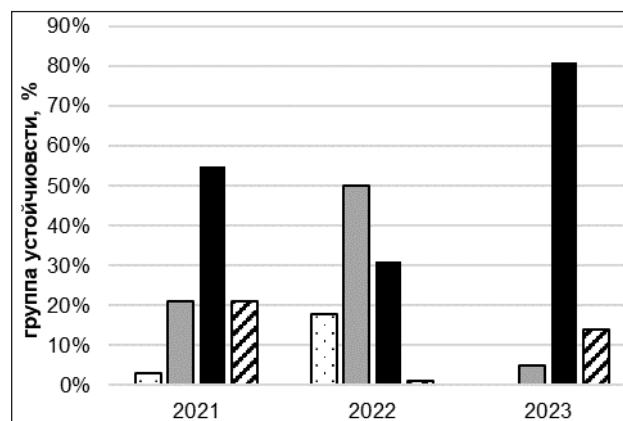


Рис. 3. Ранжирование сортов и сортообразцов пшеницы и тритикале озимых по группам устойчивости к северокавказской популяции *Puccinia striiformis*: □ – абсолютная устойчивость, ■ – высокая устойчивость, ■ – умеренная устойчивость, ▨ – восприимчивость.

Гомер, Граф и сорта озимой тритикале Аргус, Валентин, Тихон в первый год изучения имели степень поражения и тип реакции от 0 до 10R, а в третий год – от 20MR до 30MS. Полученные данные свидетельствуют о снижении устойчивости сортов к патогену.

В 2021 г. большая часть изученных сортов характеризовались умеренной устойчивостью к *P. striiformis*. В этот год отмечали одинаковое количество сортов с высокой устойчивостью и восприимчивостью (21 % от числа изученных), малая часть сортов были отнесены к группе абсолютно устойчивых (рис. 3). В 2022 г. увеличилась доля сортов с абсолютной и высокой устойчивостью. По сравнению с прошлым годом, уменьшилось количество сортов с умеренной устойчивостью (55 % от числа изученных – 2021 г., 31 % от числа изученных – 2022 г.). Восприимчивых сортов было меньшее количество (1 % от числа изученных). В 2023 г. пре-

обладали сорта с умеренной устойчивостью (81 % от числа изученных). К высокоустойчивым отнесены 5 % сортов от числа изученных, что меньше, по сравнению с прошлым годом (2022 г. – 50 %). Восприимчивость отмечали у 14 % сортов от числа изученных.

Выводы. В результате оценки устойчивости 62 сортов и сортообразцов пшеницы и тритикале озимых к северокавказской популяции возбудителя желтой ржавчины была подтверждена прямая зависимость устойчивости сорта от агроклиматических условий сезона вегетации. Сорта озимой тритикале поражались заболеванием меньше, чем сорта и сортообразцы пшеницы озимой.

В вегетационный сезон 2020/21 гг. было выделено 2 сорта с абсолютной устойчивостью (3 % от числа изученных), по 13 сортов с высокой устойчивостью и восприимчивых сортов к *P. striiformis*. В 2021–2022 гг. выявлено 11 сортов (17 % от числа изученных) с абсолютной устойчивостью к патогену, 31 высокоустойчивый сорт (50 %) и 1 восприимчивый сорт (3 %). В 2022/23 гг. не определено сортов с абсолютной устойчивостью, высокоустойчивыми оказались 3 сорта (9 % от числа изученных); восприимчивыми – 9 сортов (14 %).

За 3 года исследований высокую устойчивость к *P. striiformis* показал сорт тритикале озимой Стюард, умеренную устойчивость демонстрировали сорта и сортообразцы пшеницы озимой 166/15, Велена, Тимирязевка 150 и тритикале озимой Хлебобоб, Слон, Арго, Ариозо, Форте.

Литература.

1. Идентификация гена устойчивости к желтой ржавчине Yr 24 в коллекционном материале озимой мягкой пшеницы / Н. Н. Вожжова, Н. Т. Купрейшвили, А. Ю. Мышастая и др. // *Зерновое хозяйство России*. 2018. № 1 (55). С. 35–37.
2. Совершенствование системы защиты посевов озимой пшеницы от болезней / Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, Н. Н. Филипенко и др. // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2023. № 104. С. 88–93.
3. Конькова Э. А., Ляцева С. В., Сергеева А. И. Скрининг мировой коллекции озимой мягкой пшеницы по устойчивости к листовым болезням в условиях Нижнего Поволжья // *Зерновое хозяйство России*. 2022. Т. 14. № 2. С. 36–40.
4. Volcova G. V., Kudinova O. A., Matveeva I. P. Virulence and diversity of *Puccinia striiformis* in south Russia // *Phytopathologia Mediterranea*. 2021. Vol. 60. P. 119–127.
5. Volkova G. V., Vaganova O. F., Kudinova O. A. Virulence of *Puccinia triticea* in the North Caucasus region of Russia // *Spanish journal of agricultural research*. 2020. Vol. 18. No. 1. Article 1001. URL: <https://sjar.revistas.csic.es/index.php/sjar/article/view/14749/4707> (дата обращения: 10.02.2024). doi: 10.5424/sjar/2020181-14749.
6. Virulence and molecular characterization reveal sign of sexual genetic recombination of *Puccinia striiformis* F. Sp. *tritici* and *Puccinia striiformis* F. Sp. *Hordei* in Tibet / Zh. Du, Z. Li, M. Liu, et al. // *Plant Disease*. 2024. URL: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-05-23-0852-RE> (дата обращения 25.07.2024). doi: 10.1094/PDIS-05-23-0852-RE.
7. Каримова А. М. Фитопатологическая оценка влияния желтой ржавчины на генотипы мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) азербайджанского происхождения // *Аграрный научный журнал*. 2023. № 5. С. 16–23.
8. Источники устойчивости к желтой ржавчине (возбудитель *Puccinia striiformis* West.) среди селекционного и коллекционного материала озимой пшеницы ФГБНУ «АНЦ Донской» / Г. В. Волкова, И. П. Матвеева, Т. Г. Дерова и др. // *Зерновое хозяйство России*. 2020. № 4 (70). С. 69–76.
9. Злаковые травы – резерватеры инфекции видов ржавчины для озимой мягкой пшеницы на Северном Кавказе России / Е. И. Гулятьева, Л. А. Беспалова, И. Б. Аблова и др. // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021. Т. 25. № 6. С. 636–643.
10. Волкова Г. В., Матвеева И. П., Кудинова О. А. Вирулентность популяции возбудителя желтой ржавчины пшеницы в северо-кавказском регионе России // *Микология и фитопатология*. 2020. Т. 54. № 1. С. 33–41.
11. Мониторинг устойчивости сортов озимой пшеницы к возбудителю желтой ржавчины в условиях Нижнего Дона / Т. Г. Дерова, Н. В. Шишкин, Д. М. Марченко и др. // *Зерновое хозяйство России*. 2017. № 6 (54). С. 68–70.
12. A polysaccharide deacetylase from *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* is an important pathogenicity gene that suppresses plant immunity / Q. Xu, J. Wang, J. Zhao, et al. // *Plant Biotechnology Journal*. 2020. Vol. 18. No. 8. P. 1830–1842.
13. Койбышев М. Второй международной симпозиум по желтой ржавчине пшеницы // *Защита и карантин*. 2014. № 7. С. 48–51.
14. Анпилогова Л. К., Волкова Г. В. Методы создания искусственных инфекционных фонов и оценки сортообразцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням (фузариозу колоса, ржавчинам, мучнистой росе): рекомендации. Краснодар: РАСХН, ВНИИБЗР, 2000. С. 28.
15. Белоусов А. А. Основы научных исследований в агрономии: электронный учебно-методический комплекс. URL: <https://clck.ru/39oFmQ> (дата обращения: 01.03.2024).
16. Губарева В. Т., Зенкина С. В. Применение графического метода описательной статистики при обработке экспериментальных биологических показателей // *Вестник Ставропольского государственного университета*. 2005. № 42. С. 23–34.

References

1. Vozzhova NN, Kupreishvili NT, Myshastaya AY, et al. [Identification of the yellow rust resistance gene Yr 24 in collection

Сорта и сортообразцы озимой пшеницы 339/15, 483/15, 1936/16, 542/15, 375/17, Гомер, Граф, Тихон и озимой тритикале Аргус и Валентин 90 снижали устойчивость к *P. striiformis* с 2021 г. по 2023 г. исследований, что может быть связано с образованием новых более агрессивных рас патогена.

Полученные результаты представляют практическую значимость, как в селекционной работе при создании ржавчиноустойчивых сортов, так и при территориальном их размещении.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследование выполнено согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2023-0004.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем большую благодарность за предоставление семенного материала для исследований ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко», ФГБНУ АНЦ «Донской», ФГБНУ ФРАНЦ, ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

- material of winter common wheat]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2018;(1):35-7. Russian.
2. Kravchenko RV, Luchinskii SI, Filipenko N N, et al. [Improving the system of protecting winter wheat crops from diseases]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023;(104):88-93. Russian.
3. Kon'kova EA, Lyashcheva SV, Sergeeva AI. [Screening of the world collection of winter common wheat for resistance to leaf-stem diseases under the conditions of the Lower Volga region]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2022;14(2):36-40. Russian.
4. Volcova GV, Kudinova OA, Matveeva IP. Virulence and diversity of *Puccinia striiformis* in south Russia. *Phytopathologia Mediterranea*. 2021;60:119-27.
5. Volkova GV, Vaganova OF, Kudinova OA. Virulence of *Puccinia triticina* in the North Caucasus region of Russia. *Spanish journal of agricultural research [Internet]*. 2020 [cited 2024 Feb 10];18(1): Article 1001. Available from: <https://sjar.revistas.csic.es/index.php/sjar/article/view/14749/4707>. doi: 10.5424/sjar/2020181-14749.
6. Du Zh, Li Z, Liu M, et al. Virulence and molecular characterization reveal sign of sexual genetic recombination of *Puccinia striiformis* F. Sp. *Tritici* and *Puccinia striiformis* F. Sp. *Hordei* in Tibet. *Plant Disease [Internet]*. 2024 [cited 2024 Jul 25]. Available from: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-05-23-0852-RE>. doi: 10.1094/PDIS-05-23-0852-RE.
7. Karimova AM. [Phytopathological assessment of the effect of yellow rust on common wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes of Azerbaijani origin]. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*. 2023;(5):16-23. Russian.
8. Volkova GV, Matveeva IP, Derova TG, et al. [Sources of resistance to yellow rust (pathogen *Puccinia striiformis* West.) among the selection and collection material of winter wheat from the Agricultural Scientific Center "Donskoy"]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2020;(4):69-76. Russian.
9. Gul'tyaeva EI, Bepalova LA, Ablova IB, et al. [Cereal grasses are reservoirs of rust infection for winter common wheat in the North Caucasus of Russia]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*. 2021;25(6):636-43. Russian.
10. Volkova GV, Matveeva IP, Kudinova OA. [Virulence of the population of wheat yellow rust in the North Caucasus region of Russia]. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2020;54(1):33-41. Russian.
11. Derova TG, Shishkin NV, Marchenko DM, et al. [Monitoring the resistance of winter wheat varieties to the yellow rust pathogen in the Lower Don region]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2017;(6):68-70. Russian.
12. Xu Q, Wang J, Zhao J, et al. A polysaccharide deacetylase from *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* is an important pathogenicity gene that suppresses plant immunity. *Plant Biotechnology Journal*. 2020;18(8):1830-42.
13. Koibyshev M. [Second international symposium on yellow rust of wheat]. *Zashchita i karantin*. 2014;(7):48-51. Russian.
14. Anpilogova LK, Volkova GV. *Metody sozdaniya iskusstvennykh infektsionnykh fonov i otsenki sortoobraztsov pshenitsy na ustoychivost' k vredonosnym boleznyam (fuzariozu kolosa, rzhavchinam, muchnistoi rose): rekomendatsii* [Methods for developing artificial infectious backgrounds and evaluating wheat varieties for resistance to harmful diseases (*Fusarium* head blight, rust, powdery mildew): Recommendations]. Krasnodar (Russia): RASKhN, VNIIBZR; 2000. p. 28. Russian.
15. Belousov AA. *Osnovy nauchnykh issledovaniy v agronomii: elektronnyi uchebno-metodicheskii kompleks* [Fundamentals of scientific research in agronomy: Electronic educational and methodological complex] [Internet]; [cited 2024 Mar 1]. Available from: <https://clck.ru/39oFmQ>. Russian.
16. Gubareva VT, Zenkina SV. [Application of the graphical method of descriptive statistics in the processing of experimental biological indicators]. *Vestnik Stavropol'skogo gosudarstvennogo universiteta*. 2005;(42):23-34. Russian.

Поступила в редакцию 25.05.2024 После доработки 14.06.2024 Принята к публикации 02.07.2024

Требования к оформлению статей в журнале «Достижения науки и техники АПК»

В статье должно быть кратко изложено состояние дел по изучаемой проблеме со ссылками на публикации (желательно не менее трех ссылок). Затем указаны цели, задачи, условия и методы исследований. Подробно представлены результаты экспериментов и их анализ. Сделаны выводы и даны предложения производству. В статье следует по возможности выделять следующие блоки: введение; цель и задачи исследований; условия, материалы и методы исследований; результаты исследований; выводы.

Вместе со статьей должны быть представлены перевод названия на английский язык; аннотация (200-250 слов) на русском и английском языках; ключевые слова на русском и английском языках; полные почтовые адреса всех учреждений, в которых работают авторы, на русском и английском языке; ученые степени и должности авторов на русском и английском языке код УДК; библиографический список.

В тексте ссылка на источник отмечается соответствующей цифрой в квадратных скобках в порядке цитирования. В списке литературы приводятся только те источники, на которые есть ссылка в тексте. Использование цитат без указания источника информации запрещается.

Материал для подачи в журнал набирается в текстовом редакторе Word версия не ниже 97 файл с расширением *.rtf.

Объем публикации не менее 12 стр. машинописного текста (без учета резюме и списка литературы), набранного шрифтом Times New Roman, размер кегля 14 с полуторным интервалом. На 2,5 страницы текста допускается не более 1 рисунка или таблицы.

Статьи необходимо направлять с сопроводительным письмом с указанием сведений об авторах (фамилия, имя, отчество – полностью, ученая степень, место работы и занимаемая должность) на русском и английском языке, контактных телефонов и адреса электронной почты для обратной связи.

На публикацию представляемых материалов необходимо письменное разрешение и рекомендация руководства организации, на средства которой проводились исследования. Его вместе с одним экземпляром рукописи, подписанным авторами, и статьей в электронном виде нужно отправлять по адресу: 101000, г. Москва, Моспочтамт, а/я 166, ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК». Для ускорения выхода в свет материалы в электронном виде можно направлять по адресу: agroark@mail.ru.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Несоответствие статьи по одному из перечисленных пунктов может служить основанием для отказа в публикации.

Все рукописи, содержащие сведения о результатах научных исследований, рецензируются, по итогам рецензирования принимается решение о целесообразности опубликования материалов.