

4.1.3. Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

doi 10.18286/1816-4501-2024-3-81-88

УДК 631.365.22

Устойчивость тритикале озимой к возбудителю желтой пятнистости листьев в условиях центральной агроклиматической зоны Краснодарского края

Г. В. Волкова, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник
Ю. С. Ким[✉], научный сотрудник
Федеральный научный центр биологической защиты растений
350039, Краснодар, п/о 39
[✉]kimiur@yandex.ru

Резюме. Представлены результаты изучения устойчивости 12 сортов тритикале озимой отечественной селекции к возбудителю желтой пятнистости листьев – *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler: Азнавур, Арго, Аргус, Ариозо, Стюард, Форте, Валентин 90, Илия, Слон, Тихон, Уллубий, Хлебобоб. Изучено 6 сортов тритикале озимой селекции Федерального Ростовского аграрного научного центра (ФГБНУ ФРАНЦ) и 6 сортов Национального центра зерна имени П. П. Лукьяненко (ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»). Изучаемые сорта относились к категориям кормовых (6 шт.) и продовольственных (6 шт.). Иммунологическая оценка степени развития патогена проведена на полевых сайтах федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» в течение вегетационных сезонов 2020–2023 гг. Инфекционный фон создавали по общепринятым методикам. Оценка устойчивости проводили с использованием шкалы Sarry & Prescott, которая отражает степень развития патогена на растении-хозяине и соответствующую градацию устойчивости: высокоустойчивый (VR), устойчивый (R), умеренно устойчивый (MR), умеренно восприимчивый (MS), восприимчивый (S), высоковосприимчивый (VS). Большинство изученных сортов (83,3 %) показали умеренную устойчивость к *Pyrenophora tritici-repentis* с развитием болезни в пределах 16...30 %. Два сорта являются восприимчивыми к патогену и поразились на 41...60 %. Высокоустойчивых и высоко восприимчивых сортов к возбудителю желтой пятнистости не выявлено. Полученные результаты имеют большую практическую значимость для возможной селекционной разработки сортов тритикале озимой, территориальном их размещении и включения их в органические системы земледелия в условиях центральной агроклиматической зоны Юга России.

Ключевые слова тритикале озимая, желтая пятнистость листьев, развитие болезни, устойчивость

Для цитирования: Волкова Г. В., Ким Ю. С. Устойчивость тритикале озимой к возбудителю желтой пятнистости листьев в условиях центральной агроклиматической зоны Краснодарского края // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 3 (67). С. 81-88. doi 10.18286/1816-4501-2024-3-81-88

Resistance of winter triticale to the agent of yellow leaf spot in the conditions of the central agroclimatic zone of the Krasnodar territory

G. V. Volkova, Yu. S. Kim[✉]
Federal Scientific Center of Biological Plant Protection,
350039, Krasnodar, p/o 39
[✉]kimiur@yandex.ru

Abstract. The article presents results of the study of the resistance of 12 varieties of winter triticale of domestic selection to the agent of yellow leaf spot - *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler: Aznavour, Argo, Argus, Arioso, Steward, Forte, Valentin 90, Iliya, Slon, Tikhon, Ullubiy, Khleborob. Six winter triticale varieties bred by the Federal Rostov Agrarian Scientific Center and six varieties of National Grain Center named after P. P. Lukyanenko were studied. The studied varieties belonged to the categories of feed (6 pcs.) and food (6 pcs.). Immunological assessment of the degree of pathogen development was carried out at the field sites of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Biological Plant Protection" during the 2020-2023 growing seasons. The infection background was created using generally accepted methods. Resistance was assessed using the Sarry & Prescott scale, which reflects the degree of pathogen development on the host plant and the corresponding gradation of resistance: highly resistant (VR), resistant (R), moderately resistant (MR), moderately susceptible (MS), susceptible (S), highly susceptible (VS). The majority of the studied varieties (83.3%) showed moderate resistance to *Pyrenophora tritici-repentis* with the development of the disease within 16-30%. Two varieties are susceptible to the pathogen and were affected by 41-60%. Highly resistant

and highly susceptible varieties to the causative agent of yellow spot were not detected. The obtained results are of great practical importance for the possible selection development of winter triticale varieties, their territorial distribution and their inclusion in organic farming systems in the conditions of the central agroclimatic zone of the South of Russia.

Keywords: winter triticale, yellow leaf spot, disease development, resistance.

For citation: Volkova G. V., Kim Yu. S. Resistance of winter triticale to the agent of yellow leaf spot in the conditions of the central agroclimatic zone of the Krasnodar territory // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2024;3(67): 81-88 doi:10.18286/1816-4501-2024-3-81-88

**Исследования проведены в рамках НИР по теме № FGRN-2022-0004 согласно Государственному заданию
Министерства науки и высшего образования.**

Введение

Синтетические аллополиплоиды зерновых культур занимают особое место в севооборотах. Наиболее значимыми считаются тритикале (*x Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) [1]. Гибриды, секционированные в 20 веке, отличаются от пшеницы и ржи высокой экологической пластичностью (зимостойкость, возможность возделывания на обедненных почвах), высоким содержанием белка, зеленая масса содержит 0,3 кормовые единицы (в пшенице кормовая единица равна 0,18 единицы). В среднем урожайность тритикале озимой составляет 10...12 т/га зерна и 100 т/га зеленой массы [2].

Посевные площади тритикале озимой в мире составляют 3,5 млн. га, в Российской Федерации 124 тыс. га [3, 4, 5]. Одной из ключевых особенностей тритикале является способность обеспечивать высокие урожаи даже на почвах с дефицитом питательных веществ. Это делает тритикале перспективной культурой для использования в регионах с неблагоприятными почвенно-климатическими условиями или в условиях обедненного земельного фонда, который может быть преобразован под нужды животноводства, органического или экстенсивного земледелия [6]. В рамках органических систем земледелия увеличивается значимость предшественников тритикале [5]. Эта культура рассматривается как перспективная не только в кормопроизводстве, но и в соответствующих аспектах хлебопекарной промышленности. Муку из тритикале используют при изготовлении кондитерских изделий [7].

Тритикале, как и пшеницу, и другие злаковые поражают различные грибные болезни. Потери урожая тритикале озимой от вредных организмов могут составить 20...30 %, на пшенице потери урожая могут достигать 50 % [8]. Одной из наиболее актуальных болезней на тритикале является желтая пятнистость листьев пшеницы (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler.) [9].

Известно, что желтая пятнистость листьев пшеницы способна поражать более 60 видов культурных и диких злаков [8]. Обширный круг поражаемых растений, создает условия для сохранения и накопления инфекционного начала на посевах, также дополнительной нагрузкой на агроценозы является перенасыщение севооборотов зерновыми культурами,

что влечет закономерное ухудшение фитосанитарного состояния агроценозов [10]. Вредоносность желтой пятнистости заключается в наличии у патогена селективных патотоксинов, взаимодействующих с клетками растения-хозяина, это ведет к возникновению патологического процесса, который вызывает физиологические изменения, проявляющиеся в двух специфических симптомах: хлороз и некроз (рис. 1) [11].

Конидии прорастают после контакта с поверхностью хозяина, и в течение 24 часов при высокой относительной влажности грибок проникает в ткань хозяина [12]. Конидиальное прорастание возможно в диапазоне температур от 10 до 28°C. Прорастающие конидии образуют от одной до шести зародышевых трубок, хотя чаще всего от двух до четырех, из базальных (полярных) и интеркалярных клеток (меристемные клетки) [13, 14]. Образование аппрессорий на зародышевых трубочках наблюдается над местом соединения или в антиклинальных и периклинальных стенках эпидермальных клеток, иногда на трихомах или над устьичным комплексом независимо от уровня восприимчивости хозяина [15]. Образование аппрессориума обычно начинается через 3...6 ч. после инокуляции, но скорость его образования может различаться у разных изолятов в зависимости от расы возбудителя и устойчивости растения-хозяина [16]. После формирования аппрессория инфекционный колышек развивается над антиклинальной клеточной стенкой и происходит проникновение через периклиналиную стенку для попадания в лист непосредственно или через устьица [14]. Ряд исследователей показали, что проникновение в эпидермальные клетки листьев растения-хозяина может происходить через устьичный комплекс, узкие эпидермальные клетки, идущие параллельно жилкам листа, или через трихомы [17, 18]. Образование аппрессория не является гарантией заражения. Иногда при первичном заражении под аппрессорием происходит образование папилл или ореолов преимущественно у резистентных хозяев [19]. Тем не менее возбудитель противодействует этому защитному механизму, образуя несколько аппрессориев на

одной и той же зародышевой трубке, увеличивая вероятность заражения [20]. Таким образом проявление симптомов может наблюдаться у растений независимо от восприимчивости или устойчивости сорта. У устойчивых генотипов грибковая инвазия мезофилла ограничена, что приводит к образованию лишь нескольких небольших пятен или повреждений на листьях. У восприимчивых сортов гифы непрерывно растут сквозь клетки мезофилла и превращаются в видимые поражения ткани листа [21].

Воздействие токсинов на растительную клетку восприимчивого растения запускают процессы некротизации, которые приводят к постепенному отмиранию клеток. В ходе патологического процесса некротическая область ткани увеличивается, область листа способного к фотосинтезу уменьшается, что влечет потерю урожая, особенно опасно поражение флагового листа [22].

Для улучшения фитосанитарной обстановки и экономичного возделывания сельскохозяйственных культур необходимо иметь четкое представление об устойчивости возделываемых сортов. Это важно в прогнозировании ухудшения фитосанитарной обстановки при высевах восприимчивых сортов, что позволит своевременно среагировать на появление патогена в конкретном хозяйстве. При неблагоприятных агроклиматических условиях устойчивый сорт может поражаться в пределах ЭПВ, что позволит существенно снизить количество фунгицидных обработок, поэтому в РФ уделяется большое внимание изучению вопросов, связанных с устойчивостью сорта к возбудителям болезней культурных растений. Вопросами изучения устойчивости сортов сельскохозяйственных культур к фитопатогенам занимается ряд научных организаций, таких как ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений», ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», ФГБНУ «Научный центр зерна им. П.П. Лукьяненко», ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова» и др.

Цель исследования – оценка полевой устойчивости 12 сортов тритикале озимой к возбудителю желтой пятнистости листьев в условиях центральной зоны Краснодарского края для дальнейшего использования в сельскохозяйственном производстве и в селекции при выведении сортов, устойчивых к *Pyrenophora tritici-repentis*.

Материалы и методы

Исследования проводили в вегетационные сезоны 2020–2023 гг. в условиях центральной агроклиматической зоны Краснодарского края (полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, г. Краснодар). Агроклиматические условия на протяжении исследования были неоднородны. В 2021 г. средняя температура составляла 12°C, что было самым холодным вегетационным сезоном из трех (рис. 2). В 2022 г. средняя температура была выше, что способствовало активному размножению и распространению конидий



Рис. 1. Пораженные листья пшеницы возбудителем желтой пятнистости, инфекционный питомник, ФНЦБЗР. Краснодар 2021 г.

возбудителя. В 2023 г. средняя температура также была выше предыдущих вегетационных сезонов, благодаря чему складывались благоприятные условия для развития патогена. Влажность воздуха играет не менее важную роль в развитии патогена. В 2021 г. средняя влажность составляла 70 %, что замедляло развитие патогена. В 2022 г. средняя влажность была ниже, что также сдерживало развитие желтой пятнистости листьев пшеницы. В 2023 г. влажность была близка к предыдущим годам исследования, фитосанитарная обстановка была идентична предыдущим двум годам исследований. В 2021 г. сумма осадков составляла 58 мм, что могло компенсировать повышенное развитие патогена относительно других агроклиматических факторов. В 2022 г. средняя сумма осадков была ниже. В 2023 г. сумма осадков была выше, что создавало повышенную фитосанитарную нагрузку на ценозы зерновых культур.

Посевы изучаемых сортов тритикале осуществляли в оптимальные для региона сроки в условиях инфекционного фона, площадь делянок – 6 м², повторность – 4-х кратная, расположение – рандомизированное.

Изучено 6 сортов тритикале озимой селекции Федерального Ростовского аграрного научного центра (ФГБНУ ФРАНЦ) и 6 сортов Национального центра зерна имени П. П. Лукьяненко (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко») (табл. 1). Изучаемые сорта внесены в государственный реестр секционных достижений и актуальны для возделывания в Северо-Кавказском регионе возделывания.

По назначению сорта тритикале также были не однородны: 5 – кормовых, 4 – на зерно, 3 – универсального назначения, то есть пригодных для

4.1.3. Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

возделывания на зерно, зеленый корм. Заявленная характеристика устойчивости к возбудителю желтой пятнистости листьев указана лишь для двух сортов (Аргус, Азнавур). Контролем по восприимчивости был сорт озимой мягкой пшеницы Тая.

Оценку устойчивости сорта проводили с помощью шкалы Сарри и Прескотт, учеты развития

болезни осуществляли при появлении первых признаков (Saari E. E., Prescott I. M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases // Plant Disease Report. 1975. Vol. 59. 377. p.). В каждом вегетационном сезоне было сделано не менее 3-х учетов с интервалом 14 суток.

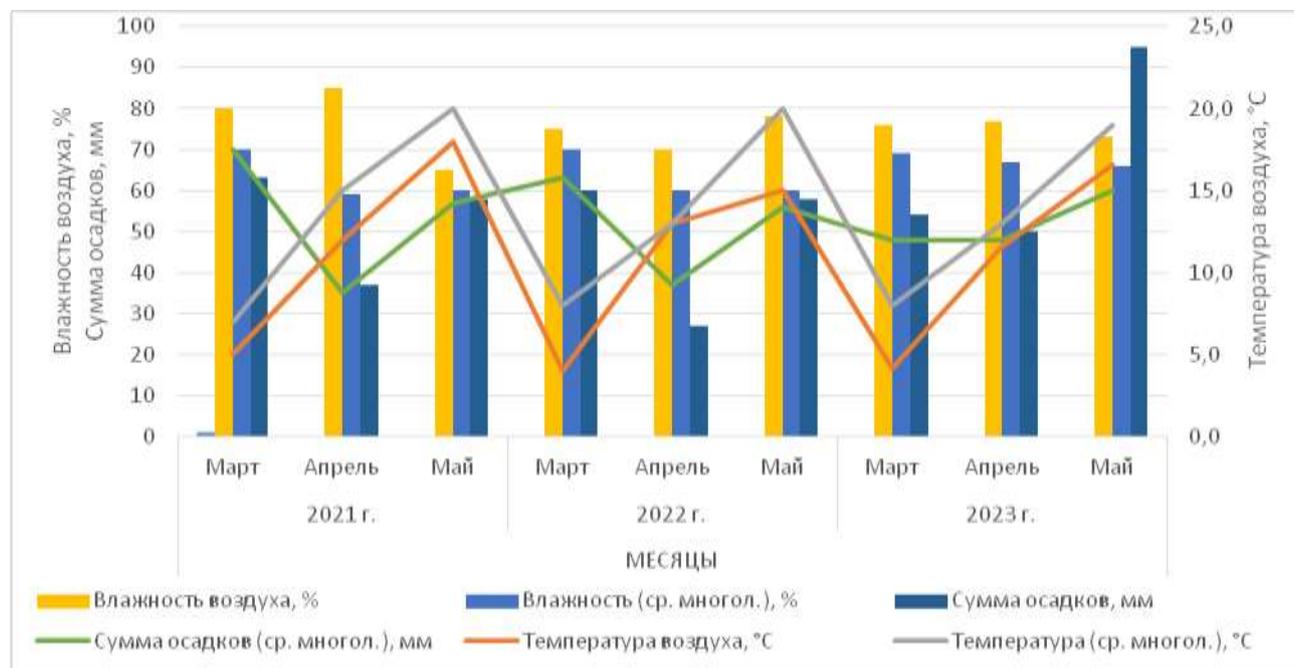


Рис. 2. Агроклиматические условия в вегетационных сезонах 2021 - 2023 гг. в центральной зоне Краснодарского края, по данным метеостанции Круглик, Краснодар

Таблица 1. Характеристика сортов тритикале озимой в условиях центральной агроклиматической зоны (ФГБНУ ФНЦБЗР, полевой стационар, Краснодар, 2020–2023 гг.)

Сорт	Оригинатор	Устойчивость к <i>P. tritici-repentis</i> по данным оригинаторов	Назначение сорта	Год включения в гос. реестр
Арго	Федеральный Ростовский аграрный научный центр (ФГБНУ ФРАНЦ)	-	Корм	2018
Аризо		-	Корм	2023
Аргус		Полевая устойчивость	Зерно	2023
Азнавур		Полевая устойчивость	Зерно	2007
Стюард		-	Корм	2017
Форте		-	Зерно	2022
Валентин 90	Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»)	-	Зерно	2007
Хлебороб		-	Зерно/корм	2017
Слон		-	Корм	2022
Тихон		-	Зерно/корм	2019
Илия		-	Зерно/корм	2022
Уллубий		-	Корм	2020
Тая (контроль)		Высокая восприимчивость	Зерно	2005
* - (нет информации об устойчивости к возбудителю желтой пятнистости листьев)				

Таблица 2. Шкала иммунологической оценки сортов относительно *Puynophora tritici-repentis* Сарри и Прескотт

Степень устойчивости	Степень развития болезни, %
Высокоустойчивый (VR)	0...5
Устойчивый (R)	5...15
Умеренно устойчивый (MR)	16...30
Умеренно восприимчивый (MS)	31...40
Восприимчивый (S)	41...60
Высоковосприимчивый (VS)	Более 60

Таблица 3. Развитие желтой пятнистости листьев на сортах тритикале озимой в центральной зоне Краснодарского края (инфекционный питомник полевого стационара ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021–2023 гг.)

Сорт	Развитие болезни по годам, %		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Азнавур	20	20	20
Арго	15	35	30
Аргус	30	20	45
Ариозо	25	25	30
Стюард	10	10	18
Форте	55	50	45
Валентин 90	25	20	20
Илия	20	30	25
Слон	25	24	30
Тихон	20	21	20
Уллубий	20	20	30
Хлебороб	15	20	15
Таня (контроль по восприимчивости)	55	60	55
НСР ₀₅	4,9	3,3	2,2

Ежегодно создавали искусственный инфекционный фон. Для этого пожнивные остатки, пораженные желтой пятнистостью, собирали в прошлом вегетационном периоде с сортов накопителей и хранили в сухом месте. На этих остатках формировались псевдотеции, которые растрескивались при увлажнении, высвобождая аскоспоры и служа для первичной инфекции после того, как их раскладывали на опытных делянках в начале марта текущего сезона [8]. Статистическую обработку проводили с помощью наименьшей существенной разности (НСР). Критерий НСР указывает предельную ошибку для разности выборочных средних (Доспехов Б. А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)* – 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. – С. 214-222).

Результаты

Изучение устойчивости сортов тритикале озимой относительно возбудителя желтой пятнистости листьев пшеницы позволило ранжировать их на шесть категорий в зависимости от степени развития болезни (табл. 3).

В 2021 г. сорта по устойчивости к *P. tritici-repentis* были ранжированы на следующие группы: высокоустойчивые (VR) – степень развития болезни менее 5 % (не выявлено); устойчивые (R) – степень развития болезни от 5 до 15 % – Арго, Стюард, Хлебороб; умеренно устойчивые (MR) – степень развития болезни от 16 до 30 % – Азнавур, Аргус, Ариозо, Валентин 90, Илия, Слон, Тихон, Уллубий; умеренно восприимчивые сорта (MS) – степень развития болезни от 31 до 40 % – не выявлены; восприимчивые (S) – степень развития болезни от 41 до 60 % – Форте; высоко восприимчивые (VS) – степень развития болезни более 60 % (не выявлены) (рис. 2).

Результаты изучения устойчивости в 2022 г. были отличные от предыдущего года. Изученные сорта тритикале озимой были поражены *P. tritici-repentis* сильнее. Высокоустойчивых (VR) сортов не выявлено. К устойчивыми (R) сортам отнесен один сорт – Стюард. Умеренно устойчивыми (MR) были сорта Азнавур, Аргус, Ариозо, Валентин 90, Илия, Слон, Тихон, Уллубий. Умеренно восприимчивых (MS) не выявлено. Восприимчивость (S) проявил сорт Форте. Высоковосприимчивых (VS) сортов не выявлено (рис. 3).

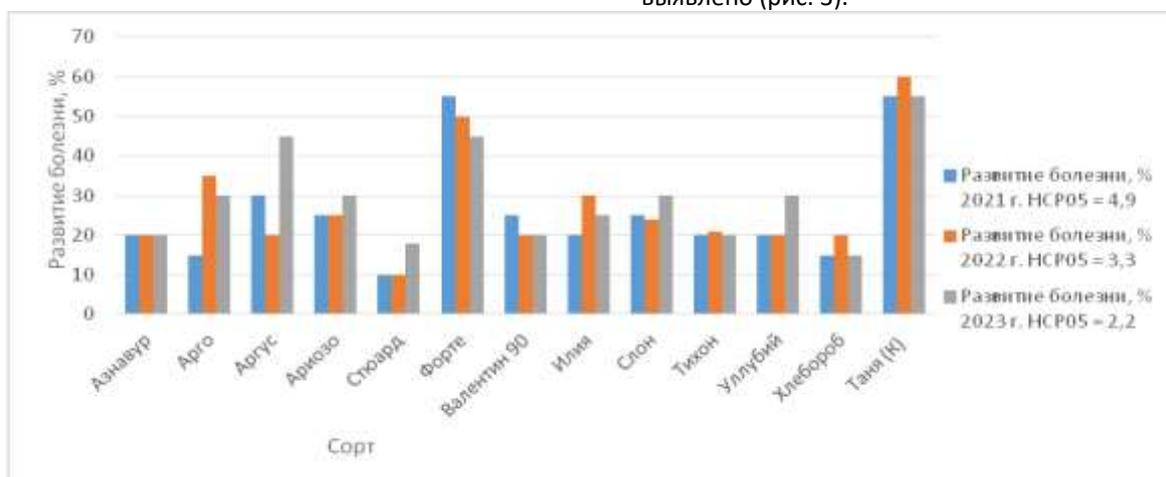


Рис. 3. Развитие *Pyrenophora tritici-repentis* на сортах тритикале озимой в 2021-2023 гг. в центральной зоне Краснодарского края (инфекционный питомник полевого стационара ФГБНУ ФНЦБЗР)

В 2023 г. пораженность сортов озимой тритикале была выше, чем в предыдущих вегетационных сезонах. Изученные сорта были поражены патогеном сильнее. Высокоустойчивых (VR) сортов не выявлено. Устойчивых (R) сортов не выявлено, а сорт Стюард был отнесен к группе умеренно устойчивых, его поражение составило 18 %. Умеренно устойчивыми (MR) были сорта Азнавур, Арго, Ариозо, Стюард, Валентин 90, Илия, Слон, Тихон, Уллубий. К умеренно восприимчивым (MS) сортам был отнесен сорт Аргус. Восприимчивость (S) проявил к патогену сорт Форте. Высоковосприимчивых (VS) сортов не выявлено. Умеренная устойчивость среди кормовых сортов тритикале озимой встречалась чаще (Азнавур, Арго, Сьюард, Слон, Хлебобоб). Сорта, предназначенные на зерно, проявили умеренную устойчивость (Ариозо, Валентин 90); остальные сорта были восприимчивыми к патогену (Аргус, Форте). Сорта, пригодные для возделывания на корм или на зерно, в подавляющем большинстве были умеренно устойчивыми к *P. tritici-repentis* (Илия, Тихон, Уллубий).

Обсуждение

Тритикале – перспективная культура, которая возделывается на зерно и корм, обладает высокой экологической пластичностью, что делает эту культуру перспективной в органических и биорациональных системах земледелия [23]. Исследуя современные сорта, было отмечено, что не у всех сортов имеется характеристика устойчивости по отношению к возбудителю *P. tritici-repentis*. Полученные новые знания об иммунологической характеристике сорта являются важной составляющей при принятии решения включения культуры в севооборот и прогнозировании фитосанитарной обстановки.

Литература

1. Горбунов В. Н., Шевченко В. Е. Селекционные достижения по тритикале в научных центрах России и ближайшего зарубежья // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 4. С. 24-27.
2. Неволина К. Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимых зерновых культур в Предуралье // Развитие и внедрение современных технологий и систем ведения сельского хозяйства, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Пермского НИИСХ. Пермь, 2013. Т. 1. Ч. 2. С. 94-102.
3. Грабовец А. И., Крохмаль А. В. Особенности селекции на Дону в условиях меняющегося климата // Тритикале. Роль тритикале в стабилизации производства зерна, кормов и технологии их использования: Материалы Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2014. С. 37-43.
4. Поиск источников ценных признаков озимой тритикале с целью создания высокопродуктивных сортов, устойчивых к экстремальным факторам внешней среды / А. М. Медведев, Н. Г. Пома, В. В. Осипов и др. // Тритикале: Материалы Международной научно-практической конференции. «Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки». Ростов-на-Дону: Донской издательский центр, 2018. С. 112-120.
5. Мамыкин Е. В. Влияние традиционного и органического земледелия на урожайность яровой тритикале // Почвоведение и агрохимия. 2020. № 2. С. 91-99.
6. Muratov A. Growth and development of triticale culture in the Amur Region (Russia) // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 203. P. 02007, doi: 10.1051/e3sconf/202020302007
7. Хлебпекарные качества сортов озимого гексаплоидной тритикале / Г. В. Щипак, В. Н. Плакса, Ю. В. Цупко и др. // Земледелие и селекция в Беларуси. 2013. № 49. С. 193–204.
8. Желтая пятнистость листьев пшеницы (возбудитель *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler) / Г. В. Волкова, О. Ю. Кремнева, А. Е. Андропова и др. М: ООО "АМА-ПРЕСС", 2012. 108 с.
9. Мироненко Н. В., Коваленко Н. М. Особенности взаимодействия генов *tsn1* и *тоха* в патосистеме *triticum aestivum* – *Pyrenophora tritici-repentis* // Вестник защиты растений. 2018. № 2 (96). С. 12–16.

Учитывая, что желтая пятнистость занимает доминирующее положение в патоккомплексе Юга России среди гембиотрофовых пятнистостей, возделывание устойчивых сортов тритикале может способствовать снижению пестицидного давления на агроценоз благодаря сокращению кратности обработок химическими фунгицидами. Снижение пестицидных обработок представляет практический интерес как с экологогигиенической стороны, так и с экономической, что особенно актуально в контексте органических систем земледелия. Среди исследуемых сортов тритикале отмечена наименьшая доля высоковосприимчивых и восприимчивых сортов по отношению к пшенице озимой и яровой в других исследованиях, поэтому полученные результаты имеют большую практическую значимость как при селекции сортов тритикале озимой, так как могут выступать в качестве исходного материала в дальнейшей селекции на устойчивость к желтой пятнистости листьев, так и при территориальном их размещении.

Заключение

Несмотря на незначительный рост степени развития патогена в третьем году исследования, сорта тритикале обладали в подавляющем большинстве умеренной устойчивостью. Умеренно устойчивыми (MR) были 9 сортов (Азнавур, Арго, Ариозо, Стюард, Валентин 90, Илия, Слон, Тихон, Уллубий), что составляет 66,6 % от общего числа изученных сортов. Умеренно восприимчивым (MS) был сорт Аргус. Эти сорта представляют наибольший интерес при возделывании в центральной агроклиматической зоне Юга России при размещении в севооборотах и в качестве исходного материала в дальнейшей селекционной работе.

10. Кремнева О. Ю., Волкова Г. В. Желтая пятнистость листьев пшеницы на Северном Кавказе: структура популяции патогена и устойчивость растения-хозяина // Защита и карантин растений. 2011. №. 10. С. 37–39.
11. Болезни и вредители пшеницы. Руководство для полевого определения (2-е издание) / Е. Дувейллер, П. К. Сингх, М. Меццалама и др. Анкара, 2018. 147 с.
12. Hosford R.M. Jr. Interaction of wet period and temperature on *Pyrenophora tritici-repentis* infection and development in wheats of differing resistance // *Phytopathology*. 1987. Vol. 77. No. 6. P.1021-1027. doi: 10.1094/phyto-77.
13. Penetration and infection of susceptible and resistant wheat cultivars by a necrosis toxin-producing isolate of *Pyrenophora tritici-repentis* / L. G. Dushnicky, G. M. Balance, M. J. Sumner, et al. // *Canadian Journal of Plant Pathology*. 1996. Vol. 18. No. 4. P. 392-402. doi: 10.1080/07060669609500594
14. Sumner Detection of infection and host responses in susceptible and resistant wheat cultivars to a toxin-producing isolate of *Pyrenophora tritici-repentis* / L. G. Dushnicky, G. M. Ballance, M. J. Canadian, et al. // *Journal of Plant Pathology*. 1998. Vol. 20. No.1. P. 19-27. doi: 10.1080/07060669809500441
15. Da Luz W. C, Bergstrom G. C. Interactions between *Cochliobolus sativus* and *Pyrenophora tritici-repentis* on wheat leaves. *Phytopathology*. 1987. Vol. 77. 9. P. 1355-1360. doi: 10.1094/Phyto-77-1355.
16. Quantification of ToxB gene expression and formation of appressoria by isolates of *Pyrenophora tritici-repentis* differing in pathogenicity / S. J. Amaike A. Ozga, U. Basu, et al. // *Plant Pathology*. 2008. 57. No. 4. P. 623-633. doi: 10.1111/j.1365-3059.2007.01821.x
17. Lamari L., Bernier C. C. Toxin of *Pyrenophora tritici-repentis*: Host-specificity, significance in disease. *Phytopathology*. 1989. Vol. 79. P. 740-744. doi: 10.1094/Phyto-79-740
18. Larez C.R., Hosford R. M. Jr, Freeman T. P. Infection of wheat and oats by *Pyrenophora tritici-repentis* and initial characterization of resistance // *Phytopathology*. 1986. Vol. 76. 9. P. 931-938. doi: 10.1094/Phyto-76-931.
19. Loughman R., Deverall B. J. Infection of resistant and susceptible cultivars of wheat by *Pyrenophora tritici-repentis*. *Plant Pathology*. 1986. Vol. 35. No. 4. P. 443-450. doi: 10.1111/j.1365-3059.1986.tb02041.x
20. Kutcher H. R., Malhi S. S. Residue Burning and tillage effects on diseases and yield of barley (*Hordeum vulgare*) and canola (*Brassica napus*). *Soil and Tillage Research*. 2010. Vol. 09. No. 2. P. 153-160. doi: 10.1016/j.still.2010.06.001.
21. Vistas of tan spot research / E. D. De Wolf, R. J. Effertz, S. Ali, et al. // *Canadian Journal of Plant Pathology*. 1998. 20. No. 4. P. 349-370. doi: 10.1080/07060669809500404
22. Защепкин Е. Е., Шутко А. П., Тутуржанс Л. В. Желтая пятнистость как составная часть патогенного комплекса озимой пшеницы в Центральном Предкавказье // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. №. 2-2. С. 828-828.
23. 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. № 7. С. 35-41. doi: 10.53859/02352451_2024_38_7_35

References

1. Gorbunov V. N., Shevchenko V. E. Triticale selection achievements in scientific centers of Russia and the near abroad // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2015. Vol. 29. No. 4. P. 24-27.
2. Nevolina K. N. Effect of mineral fertilizers on yield and quality of winter grain crops in the Cis-Urals // *Development and implementation of modern technologies and farming systems that ensure environmental safety: Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of Perm Research Institute of Agriculture*. Perm, 2013. Vol. 1. Part 2. P. 94-102.
3. Grabovets A. I, Krokmal A. V. Selection features in the Don region in a changing climate // *Triticale. The role of triticale in stabilizing the production of grain, feed and technology of their use: Materials of the International scientific and practical conference*. Rostov-on-Don, 2014. P. 37-43.
4. Medvedev A. M. Search for sources of valuable traits of winter triticale in order to create highly productive varieties resistant to extreme environmental factors / A. M. Medvedev, N. G. Poma, V. V. Osipov, et al. // *Triticale: Materials of the Int. scientific-practical conference "Triticale and stabilization of production of grain, feed and processed products"*. Rostov-on-Don: Don Publishing Center, 2018. P. 112-120.
5. Mamykin E. V. Influence of traditional and organic farming on yield of spring triticale // *Soil Science and Agrochemistry*. 2020. No. 2. P. 91-99.
6. Muratov A. Growth and development of triticale culture in the Amur Region (Russia) // *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 203. P. 02007, doi: 10.1051/e3sconf/202020302007
7. Baking qualities of winter hexaploid triticale varieties / G. V. Shchipak, V. N. Plaksa, Yu. V. Tsupko, et al. // *Agriculture and breeding in Belarus*. 2013. No 49. P. 193–204.
8. Yellow leaf spot of wheat (pathogen *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler) / G. V. Volkova, O. Yu. Kremneva, A. E. Andronova, et al. M: OOO AMA-PRESS, 2012. 108 p.
9. Mironenko N. V., Kovalenko N. M. Features of interaction of *tsn1* and *toxa* genes in the *triticum aestivum* – *Pyrenophora tritici-repentis* pathosystem // *Vestnik of plant protection*. 2018. No 2 (96). P. 12–16.

10. Kremneva O. Yu., Volkova G. V. Yellow leaf spot of wheat in the North Caucasus: pathogen population structure and host plant resistance // Plant Protection and Quarantine. 2011. No 10. P. 37–39.
11. Diseases and pests of wheat. Field identification guide (2nd edition) / E. Duveiller, P. K. Singh, M. Mezzalama et al. Ankara: 2018. 147 p.
12. Hosford RM Jr. Interaction of wet period and temperature on *Pyrenophora tritici-repentis* infection and development in wheats of differing resistance. *Phytopathology*. 1987. Vol. 77. No 6. P.1021-1027. doi: 10.1094/phyto-77
13. Penetration and infection of susceptible and resistant wheat cultivars by a necrosis toxin-producing isolate of *Pyrenophora tritici-repentis* / L. G. Dushnicky, G. M. Ballance, M. J. Sumner, et al. // *Canadian Journal of Plant Pathology*. 1996. Vol. 18. No. 4. P. 392-402. doi: 10.1080/07060669609500594
14. Detection of infection and host responses in susceptible and resistant wheat cultivars to a toxin-producing isolate of *Pyrenophora tritici-repentis* / L. G. Dushnicky, G. M. Ballance, M. J. Sumner, et al. // *Canadian Journal of Plant Pathology*. 1998. Vol. 20. No.1. P. 19-27. doi: 10.1080/07060669809500441
15. Da Luz W.C., Bergstrom G.C. Interactions between *Cochliobolus sativus* and *Pyrenophora tritici-repentis* on wheat leaves. *Phytopathology*. 1987. Vol. 77. No. 9. P. 1355-1360. doi:10.1094/Phyto-77-1355
16. Amaike S, Ozga JA, Basu U, Strelkov SE. Quantification of ToxB gene expression and formation of appressoria by isolates of *Pyrenophora tritici-repentis* differing in pathogenicity // *Plant Pathology*. 2008. 57. No. 4. P. 623-633. doi: 10.1111/j.1365-3059.2007.01821.x
17. Lamari L., Bernier C. C. Toxin of *Pyrenophora tritici-repentis*: Host-specificity, significance in disease // *Phytopathology*. 1989. Vol. 79. P. 740-744. doi: 10.1094/Phyto-79-740
18. Larez C.R., Hosford R.M. Jr, Freeman T.P. Infection of wheat and oats by *Pyrenophora tritici-repentis* and initial characterization of resistance. *Phytopathology*. 1986. Vol. 76. 9. P. 931-938. doi: 10.1094/Phyto-76-931
19. Loughman R., Deverall B. J. Infection of resistant and susceptible cultivars of wheat by *Pyrenophora tritici-repentis* // *Plant Pathology*. 1986. Vol. 35. No. 4. P. 443-450. doi: 10.1111/j.1365-3059.1986.tb02041.x
20. Kutcher H. R., Malhi S. S. Residue Burning and tillage effects on diseases and yield of barley (*Hordeum vulgare*) and canola (*Brassica napus*) // *Soil and Tillage Research*. 2010. Vol. 09. No. 2. P. 153-160. doi: 10.1016/j.still.2010.06.001
21. Vistas of tan spot research / E. D. De Wolf, R. J. Effertz, S. Ali, et al. // *Canadian Journal of Plant Pathology*. 1998. 20. No. 4. P. 349-370. doi: 10.1080/07060669809500404.
22. Zashchepkin E. E., Shutko A. P., Tuturzhans L. V. Yellow spot as a component of the pathogenic complex of winter wheat in the Central Ciscaucasia // *Modern problems of science and education*. 2015. No. 2-2. P. 828-828.
23. Volkova G.V., Izvarina A. G. Evaluation 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. Vol. 38(7) P. 35-41. doi: 10.53859/02352451_2024_38_7_35