

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1000-1008>

УДК 633.19:632.938:631.527

Ювенильная устойчивость районированных в Российской Федерации и перспективных сортов тритикале к грибным листовым болезням

© 2024. Е. В. Зуев ✉, Т. В. Лебедева, Л. Г. Тырышкин

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Тритикале – зерновая культура, созданная человеком в результате скрещивания пшеницы и ржи с целью объединения в одном организме лучших признаков от родительских видов. Ускоренному внедрению тритикале в практику и широкому ее возделыванию препятствует то, что многие коммерческие сорта, обладая высоким потенциалом продуктивности, отличаются недостаточной устойчивостью к полеганию и ряду опасных болезней. В 2023–2024 гг. изучали ювенильную устойчивость к четырем грибным болезням (листовая ржавчина, темно-бурая листовая пятнистость, септориоз, мучнистая роса) у 118 сортов из реестра РФ и перспективных сортов тритикале (озимого и ярового типа развития), переданных на ГСИ за последние 5 лет. Проростки заражали сборной популяцией *Puccinia triticina*, смесью изолятов *Bipolaris sorokiniana*, *Stagonospora nodorum* и *Blumeria graminis* f. sp. tritici, собранных в Северо-Западном регионе РФ. Оценку устойчивости к болезням проводили согласно методическому пособию ВИР. По результатам одного эксперимента из 118 образцов 93 были оценены как устойчивые к мучнистой росе. Однако по результатам трех независимых экспериментов среди озимой и яровой гексаплоидной тритикале только 27 и 12 сортов, соответственно, характеризовались высокой ювенильной устойчивостью к мучнистой росе. По результатам первого эксперимента 10 образцов отнесли к классу резистентных к листовой ржавчине, только озимый сорт Пахарь был устойчив к болезни по результатам трех независимых экспериментов. В настоящей работе все образцы были высоковосприимчивы к темно-бурой листовой пятнистости и септориозу. Таким образом, среди сортов тритикале выделены 39 устойчивых к мучнистой росе и 1 – к листовой ржавчине. Они представляют несомненный интерес для селекции. Также показано, что для выделения надежных источников устойчивости растительный материал должен изучаться не менее чем в трех независимых экспериментах.

Ключевые слова: *X Triticosecale* Wittm. ex A. Camus., мучнистая роса, темно-бурая листовая пятнистость, септориоз, листовая ржавчина, источники устойчивости

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (тема № FGEM-2022-0009).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Зуев Е. В., Лебедева Т. В., Тырышкин Л. Г. Ювенильная устойчивость районированных в Российской Федерации и перспективных сортов тритикале к грибным листовым болезням. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024;25(6):1000–1008. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1000-1008>

Поступила: 11.07.2024

Принята к публикации: 20.11.2023

Опубликована онлайн: 25.12.2024

Juvenile resistance of zoned in the Russian Federation and promising triticale cultivars to leaf fungal diseases

© 2024. Evgeny V. Zuev ✉, Tatyana V. Lebedeva, Lev G. Tyryshkin

Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russian Federation

Triticale is a grain crop developed by man as a result of crossing wheat and rye in order to combine the best traits of the parent species in a single organism. Fast introduction of triticale into practice and its wide spread cultivation is prevented by the fact that many commercial cultivars have high potential of productivity while varying in insufficient resistance to lodging and to a number of dangerous diseases. In 2023–2024 there was studied juvenile resistance to four fungal diseases (leaf rust, dark-brown leaf spot blotch, septoria blotch, powdery mildew) in 118 varieties from the register of the Russian Federation and promising triticale cultivars (winter and summer) included to the State Variety Testing over the past 5 years. The seedlings were infected with combined *Puccinia triticina* population, mixture of *Bipolaris sorokiniana*, *Stagonospora nodorum* and *Blumeria graminis* f. sp. tritici isolates collected in North-Western region of the Russian Federation. Disease resistance was evaluated according to the VIR methodology. By the results of one experiment, 93 samples of 118 were evaluated as resistant to powdery

mildew. But according to the results of three independent experiments among winter and summer hexaploid triticale only 27 and 12 cultivars, respectively, were characterized by high juvenile resistance to powdery mildew. According to the results of the first experiment 10 samples were included into the class of leaf rust resistant. Only Pakhar winter cultivar was resistant to the disease according to the results of three independent experiments. All the samples of the research were highly susceptible to dark brown leaf spot blotch and septoriosiis. Thus, among the triticale cultivars 39 were marked as powdery mildew resistant and 1 – as leaf rust resistant. They are of certain interest for breeding. It was also shown that for selection of reliable sources of resistance the plant material should be studied in not less than three independent experiments.

Keywords: *X Triticosecale* Wittm. ex A. Camus., dark brown leaf spot blotch, septoriosiis, powdery mildew, leaf rust, sources of resistance

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (theme no. FGEM-2022-0009).

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

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

For citations: Zuev E. V., Lebedeva T. V., Tyryshkin L. G. Juvenile resistance of zoned in the Russian Federation and promising triticale cultivars to leaf fungal diseases. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(6):1000–1008. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1000-1008>

Received: 11.07.2024

Accepted for publication: 20.11.2024

Published online: 25.12.2024

Тритикале (*X Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) – зерновая культура, созданная человеком в результате скрещивания пшеницы и ржи с целью объединения в одном организме лучших признаков от родительских видов.

Традиционно считается, что тритикале удачно совмещает устойчивость и толерантность к биотическим и абиотическим стрессам ржи с продуктивностью и питательными качествами пшеницы.

Возделывают тритикале в 44 странах мира, почти во всех европейских странах как зернофуражную и кормовую укосную культуру. По данным ФАО, в 2022 г. наибольшие площади в мире под культурой были заняты в Польше – 12,3 млн га, на втором месте – Беларусь – 0,4 млн га. По валовому сбору также лидирует Польша – 5,4 млн т. Германия по производству тритикале занимает второе место в мире – 1,9 млн т. Высокая урожайность культуры достигнута в Бельгии – 6,89 т/га¹.

В России, по данным Росстат, в 2023 г. озимая тритикале высевалась на площади 82,3 тыс. га. Валовой сбор культуры составил 2332,3 тыс. центнеров, средняя урожайность – 2,88 т/га. Значительные площади посевов и валовые сборы культуры отмечены в Приволжском, Центральном и Южном федеральных округах. Яровую тритикале высевали на площади 15,6 тыс. га, валовой сбор – 468 тыс. центнеров. Основные посевы и производство сосредоточены в Центральном федеральном округе. Урожайность яровой тритикале – 3,15 т/га².

Коллекция тритикале Всероссийского института генетических ресурсов растений (ВИР) представляет огромный интерес для вовлечения в селекцию культуры. В настоящее время она насчитывает 4308 образцов основного каталога. В коллекции представлены гексаплоидные (3923), тетраплоидные (124) и октоплоидные (261) сорта и линии, то есть 91 % коллекции – гексаплоидные тритикале.

Коллекция тритикале представлена 3679 (85 %) селекционными линиями и 629 (15 %) сортами из 48 стран мира, преобладает материал из России (1832), Мексики (976), Украины (303), Беларуси (162).

В реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ, на 2023 г. включены 101 сорт озимой тритикале и 26 – яровой³, из них в коллекции ВИР имеется 81 сорт озимой и 22 – яровой тритикале.

Ускоренному внедрению тритикале в практику и широкому ее возделыванию препятствует то, что многие коммерческие сорта, обладая высоким потенциалом продуктивности, отличаются недостаточной устойчивостью к полеганию и ряду опасных болезней [1].

Создание исходного селекционного материала тритикале с комплексом хозяйственно ценных признаков, отличающегося устойчивостью к мучнистой росе и бурой ржавчине, септориозу и другим патогенам, а также выделение форм с комплексной резистентностью – одно из приоритетных направлений селекции культуры на современном этапе [2].

¹FAOSTAT. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (дата обращения: 15.03.2024).

²Федеральная служба Государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 15.03.2024).

³ФГБУ «Госсорткомиссия». [Электронный ресурс]. URL: <https://gossortrf.ru> (дата обращения: 15.03.2024).

Во многих регионах возделывания тритикале в настоящее время вредоносны листовая ржавчина (возбудитель *Puccinia tritricina*), темно-бурая листовая пятнистость (*Bipolaris sorokiniana*), септориоз (*Stagonospora nodorum*), мучнистая роса (*Erysiphe graminis*) [3].

Эпифитотийное развитие этих и других грибных листовых болезней приводит к снижению урожайности и качества зерна данной культуры. Наиболее экономически эффективным и экологически безопасным методом борьбы с этими болезнями является возделывание устойчивых сортов. Среди источников и доноров устойчивости к листовой ржавчине, темно-бурой листовой пятнистости, септориозу и мучнистой росе особый интерес для селекции представляют генотипы, обладающие проростковой устойчивостью, так как, во-первых, она обычно экспрессируется на всех стадиях онтогенеза растения, во-вторых, устойчивые растения могут быть выявлены на ранних стадиях роста в образцах с использованием более простых и дешевых методов⁴ [3].

Цель исследования – изучить ювенильную резистентность к четырем вредоносным грибным листовым болезням районированных и перспективных сортов тритикале (озимого и ярового типа развития) из коллекции ВИР и выделить образцы с высоким уровнем экспрессии признака.

Научная новизна – к настоящему времени выделено довольно большое количество источников резистентности к болезням⁵ [4, 5, 6], но многие из них не подтвердили наличие резистентности в последующих экспериментах⁶ [7]. Устойчивые сорта являются наиболее интересным материалом для селекции, поскольку, помимо резистентности, они обладают и другими полезными агрономическими свойствами (например, повышенной урожайностью, устойчивостью к полеганию и т. д.). Отметим, что районированные и перспективные для районирования в РФ сорта тритикале в подавляющем своем большинстве не оценивались на ювенильную устойчивость к болезням. Кроме того, учитывая существующее относительно недавно мнение об устойчивости большинства генотипов тритикале к болезням, результаты оценки резистентности могут внести вклад в представ-

ление об эволюции фитопатогенов и их адаптации к новой синтетической культуре. Вследствие этого характеристика районированных и перспективных для районирования сортов тритикале по ювенильной устойчивости к болезням представляет интерес как с практической, так и теоретической точки зрения. В результате исследования среди районированных и перспективных сортов тритикале выделены высокоустойчивые к мучнистой росе и листовой ржавчине. Показана восприимчивость всех сортов к темно-бурой листовой пятнистости и септориозу.

Материал и методы. В 2023-2024 гг. проводили исследования по изучению ювенильной устойчивости 118 сортов из реестра РФ и перспективных сортов тритикале, переданных на ГСИ за последние 5 лет, к четырем грибным листовым болезням (табл. 1). По типу развития образцы были озимыми (91), яровыми (24) и двуручками (3).

Ювенильную устойчивость к болезням сортов тритикале определяли по методике ВИР⁷. При изучении ювенильной устойчивости к листовой ржавчине, темно-бурой листовой пятнистости и септориозу семена образцов тритикале (20...30 шт.) высевали на смоченные водой ватные валики в пластиковые кюветы, которые после прорастания семян помещали на светоустановку (22 °С, постоянное освещение 2500 лк). Через 10 сут проростки (1-2 листа) помещали в пластиковые контейнеры с прозрачными стенками и опрыскивали суспензиями спор патогенов.

Проростки заражали сборной популяцией *P. tritricina* (смесь сборов в Северо-Западном регионе России), которую поддерживали на листьях восприимчивых сортов пшеницы. Эта популяция была вирулентна к образцам пшеницы с известными генами устойчивости *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3bg*, *Lr10*, *Lr11*, *Lr12*, *Lr13*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr20*, *Lr21*, *Lr22a*, *Lr22b*, *Lr23*, *Lr25*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr27+31*, *Lr32*, *Lr33*, *Lr34*, *Lr35*, *Lr36*, *Lr37*, *Lr38*, *Lr43*, *Lr44*, *Lr45*, *Lr46*, *Lr48*, *Lr49*, *Lr52*, *Lr57*, *Lr60*, *Lr64* и авирулентна к генам резистентности *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr39* (= *Lr41*) и *Lr47*. Заражали экспериментальные растения водной суспензией уредоспор гриба (3×10^4 спор/мл).

⁴Тырышкин Л. Г. Генетическое разнообразие пшеницы и ячменя по эффективной устойчивости к болезням и возможности его расширения: дис. ... докт. биол. наук. СПб, 2007. 254 с.

⁵Абдуллаев К. М. Иммунологическое изучение мировой коллекции тритикале к возбудителям твердой головни и бурой ржавчины: дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1984. 234 с.

⁶Тырышкин Л. Г., Куркиев К. У. Каталог мировой коллекции ВИР. Тритикале. Характеристика образцов по ювенильной устойчивости к листовой ржавчине, темно-бурой листовой пятнистости и септориозу. СПб, 2010. Вып. 797. 20 с.

⁷Изучение генетических ресурсов зерновых по устойчивости к вредным организмам: методическое пособие. М.: РАСХН, 2008. 433 с. URL: https://kosmais.narod.ru/downloads/cereal_crop_resist.pdf

Таблица 1 – Районированные и перспективные сорта тритикале, изученные по ювенильной устойчивости к грибным листовым болезням /

Table 1 – Zoned and promising triticale cultivars studied for juvenile resistance to leaf fungal diseases

<i>Происхождение / Origin</i>	<i>Кол-во сор- тов / Number of cultivars</i>	<i>Сорт, номер каталога ВИР, тип развития / Cultivar, VIR catalogue number, growth class</i>
1	2	3
Алтайский край, РФ / Altai region, RF	2	Алтайская 4 (к-3638) оз., Алтайская 5 (к-3639) оз. / 'Altajskaya 4' (k-3638) oz., 'Altajskaya 5' (k-3639) oz.
Владимирская обл., РФ / Vladimir region, RF	11	Амиго (к-3913) яр., Кармен (к-3933) яр., Норманн (к-3934) яр., Ровня (к-3935) яр., Аморе (к-4084) яр., Заозерье (к-4091) яр., Россия (к-4092) яр., Доброе (к-4150) яр., Судогда (к-4159) оз., Слово (к-4222) яр., Сельцо (к-4239) яр. / 'Amigo' (k-3913) yar., 'Karmen' (k-3933) yar., 'Normann' (k-3934) yar., 'Rovnya' (k-3935) yar., 'Amore' (k-4084) yar., 'Zaozer'e' (k-4091) yar., 'Rossika' (k-4092) yar., 'Dobroe' (k-4150) yar., 'Sudogda' (k-4159) oz., 'Slovo' (k-4222) yar., 'Sel'co' (k-4239) yar.
Воронежская обл., РФ / Voronezh region, RF	5	Тальва 100 (к-1508) оз., Доктрина 110 (к-3640) оз., Рондо (к-3641) оз., Укро (к-3644) яр., Горка (к-4075) оз. / 'Tal'va 100' (k-1508) oz., 'Doktrina 110' (k-3640) oz., 'Rondo' (k-3641) oz., 'Ukro' (k-3644) yar., 'Gorka' (k-4075) oz.
Дагестан, РФ / Dagestan, RF	1	ПРАГ 3 (к-1589) оз. / 'PRAG 3' (k-1589) oz.
Краснодарский край, РФ / Krasnodar region, RF	31	Прорыв (к-3763) оз., Хонгор (к-3765) оз., Сотник (к-3876) оз., Ярило (к-3895) яр., Макар (к-3914) оз., Лидер (к-3915) оз., Дозор (к-4021) оз., Брат (к-4024) оз., Валентин 90 (к-4074) дв., Князь (к-4076) оз., Кунак (к-4079) яр., Сват (к-4080) оз., Жнец (к-4151) оз., Хлебобороб (к-4152) дв., Ярик (к-4155) яр., Тит (к-4160) оз., Тихон (к-4183) оз., Уллубий (к-4185) оз., Савва (к-4211) яр., Орден (к-4236) яр., Явор (к-4237) яр., Илия (к-4249) оз., Слон (к-4250) оз., Гольдварг (к-4251) оз., Тимур (к-4252) яр., Пахарь (к-4285) оз., Глеб (к-4284) оз.*, Югория (к-4286) оз.*, Лука (к-4287) оз.*, Гирей (к-4288) оз.*, Илия 25 (к-4248) оз.* / 'Proryv' (k-3763) oz., 'Hongor' (k-3765) oz., 'Sotnik' (k-3876) oz., 'Yarilo' (k-3895) yar., 'Makar' (k-3914) oz., 'Lider' (k-3915) oz., 'Dozor' (k-4021) oz., 'Brat' (k-4024) oz., 'Valentin 90' (k-4074) dv., 'Knyaz' (k-4076) oz., 'Kunak' (k-4079) yar., 'Svat' (k-4080) oz., 'Zhneec' (k-4151) oz., 'Hleborob' (k-4152) dv., 'Yarik' (k-4155) yar., 'Tit' (k-4160) oz., 'Tihon' (k-4183) oz., 'Ullubij' (k-4185) oz., 'Savva' (k-4211) yar., 'Orden' (k-4236) yar., 'Yavor' (k-4237) yar., 'Iliya' (k-4249) oz., 'Slon' (k-4250) oz., 'Gol'dvarg' (k-4251) oz., 'Timur' (k-4252) yar., 'Pahar' (k-4285) oz., 'Gleb' (k-4284) oz.*, 'Yugoriya' (k-4286) oz.*, 'Luka' (k-4287) oz.*, 'Girej' (k-4288) oz.*, 'Iliya 25' (k-4248) oz.*
Курская обл., РФ / Kursk region, RF	1	Богуслав (к-4115) оз. / 'Boguslav' (k-4115) oz.
Ленинградская обл., РФ / Leningrad region, RF	2	Золотой гребешок (к-3677) яр., Билинда (4164) оз. / 'Zolotoj grebeshok' (k-3677) yar., 'Bilinda' (4164) oz.
Московская обл., РФ / Moscow region, RF	4	Виктор (к-2859) оз., Гермес (к-3561) оз., Антей (к-3562) оз., Немчиновский 56 (к-3861) оз. / 'Viktor' (k-2859) oz., 'Germes' (k-3561) oz., 'Antej' (k-3562) oz., 'Nemchinovskij 56' (k-3861) oz.
Новосибирская обл., РФ / Novosibirsk region, RF	2	Цекад 90 (к-3906) оз., Сирс 57 (к-4114) оз. / 'Cekad 90' (k-3906) oz., 'Sirs 57' (k-4114) oz.
Омская обл., РФ / Omsk region, RF	1	Омское (к-557) оз. / 'Omskoe' (k-557) oz.

Продолжение табл.

1	2	3
Ростовская обл., РФ / Rostov region, RF	29	Аллегро (к-2454) оз., ТИ 17 (к-2455) оз., Каприз (к-3584) оз., Кентавр (к-3601) оз., Аграф (к-3609) оз., Корнет (к-3636) оз., Дон (к-3637) оз., Бард (к-3839) оз., Трибун (к-3859) оз., Легион (к-3860) оз., Зимогор (к-3903) оз., Консул (к-3904) оз., Вокализ (к-3905) оз., Алмаз (к-3908) оз., Топаз (к-3909) оз., Ацтек (к-3930) оз., Сколот (к-3932) оз., Пилигрим (к-4020) оз., Капрал (к-4025) оз., Рамзай (к-4071) оз., Гектор (к-4090) оз., Атаман Платов (к-4139) оз., Саур (к-4140) яр., Донслав (к-4141) оз., Торнадо (к-4142) оз., Форте (к-4197) оз., Аргус (к-4213) оз., Ариозо (к-4214) оз., Приам (к-4137) оз. / 'Allegro' (k-2454) oz., 'TI 17' (k-2455) oz., 'Kapriz' (k-3584) oz., 'Kentavr' (k-3601) oz., 'Agraf' (k-3609) oz., 'Kornet' (k-3636) oz., 'Don' (k-3637) oz., 'Bard' (k-3839) oz., 'Tribun' (k-3859) oz., 'Legion' (k-3860) oz., 'Zimogor' (k-3903) oz., 'Konsul' (k-3904) oz., 'Vokaliz' (k-3905) oz., 'Almaz' (k-3908) oz., 'Topaz' (k-3909) oz., 'Actek' (k-3930) oz., 'Skolot' (k-3932) oz., 'Piligrim' (k-4020) oz., 'Kapral' (k-4025) oz., 'Ramzaj' (k-4071) oz., 'Gektor' (k-4090) oz., 'Ataman Platov' (k-4139) oz., 'Saur' (k-4140) yar., 'Donslav' (k-4141) oz., 'Tornado' (k-4142) oz., 'Forte' (k-4197) oz., 'Argus' (k-4213) oz., 'Ariozo' (k-4214) oz., 'Priam' (k-4137) oz.
Самарская обл., РФ / Samara region, RF	3	Кроха (к-3929) оз., Арктур (к-4161) оз., Спика (к-4162) оз. / 'Kroha' (k-3929) oz., 'Arktur' (k-4161) oz., 'Spika' (k-4162) oz.
Саратовская обл., РФ / Saratov region, RF	7	Студент (к-2899) оз., Саргау (к-3599) оз., Орлик (к-3910) оз., Юбилейная (к-3911) оз., Сюрприз (к-4158) оз., Георг (к-4207) оз., Айна (к-4292) оз.* / 'Student' (k-2899) oz., 'Sargau' (k-3599) oz., 'Orlik' (k-3910) oz., 'Yubilejnaya' (k-3911) oz., 'Syurpriz' (k-4158) oz., 'Georg' (k-4207) oz., 'Ajna' (k-4292) oz.*
Свердловская обл., РФ / Sverdlov region, RF	1	Сибард (к-4294) оз.* / 'Sibard' (k-4294) oz.*
Северная Осетия, Алания, РФ / Alania, RF	1	Гор (к-4293) оз.* / 'Gor' (k-4293) oz.*
Ставропольский край, РФ / Stavropol' region, RF	3	Ставропольский 5 (к-3937) оз., Квазар (к-3938) дв., Мамучар (к-3939) оз. / 'Stavropol'skij 5' (k-3937) oz., 'Kvazar' (k-3938) dv., 'Mamuchar' (k-3939) oz.
Тамбовская обл., РФ / Tambov region, RF	1	Акинак (к-4240) оз. / 'Akinak' (k-4240) oz.
Татарстан, РФ / Tatarstan, RF	2	Бета (к-3941) оз., Светлица (к-4241) оз. / 'Beta' (k-3941) oz., 'Svetlica' (k-4241) oz.
Беларусь / Belarus	6	Михась (к-3689) оз., Ульяна (к-3887) яр., Лотас (к-3889) яр., Кристалл (к-3902) оз., Гелио (к-4289) яр.*, Браво (к-4290) яр.* / 'Mihas' (k-3689) oz., 'Ul'jana' (k-3887) yar., 'Lotas' (k-3889) yar., 'Kristall' (k-3902) oz., 'Gelio' (k-4289) yar.*, 'Bravo' (k-4290) yar.*
Германия / Germany	1	ГСА 173 (к-4295) оз.* / 'GSA 173' (k-4295) oz.*
Украина / Ukraina	4	Простор (АД 550 кормовой (к-561) оз., Зенит Одесский (к-3451) оз., Амфидиплоид 256 (к-3617) оз., Гарнэ (к-3918) оз. / 'Prostor' (AD 550 kormovoj (k-561) oz., 'Zenit Odesskij' (k-3451) oz., 'Amfidiploid 256' (k-3617) oz., 'Garne' (k-3918) oz.
Всего / Total	118	

Примечание: оз. – озимая, яр. – яровая, дв. – двуручка; * сорта, переданные на ГСИ /

Note: oz. – winter, yar. – spring, dv. – intermedium; * – cultivars transferred to the State Varietal Testing

Возбудителя темно-бурой листовой пятнистости (*B. sorokiniana*) выделяли из листьев пшеницы, собранных в Северо-Западном регионе России, в чашках Петри на полуселективной среде ЧЛМ. Инукулюм размножали на среде ЧЛМ. Конидии с поверхности среды скальпелем переносили в воду. Концентрацию спор доводили до 3×10^4 спор/мл.

Возбудителя септориоза (*S. nodorum*) выделяли из больных листьев пшеницы (Северо-Западный регион России) на картофельно-глюкозном агаре в чашках Петри и размножали на стерильной перловой крупе в колбах под ультрафиолетовым светом. Инокулировали растения суспензией спор пяти изолятов *S. nodorum*, полученной из равного количества

зараженных зерен каждого изолята. Конечная концентрация – 10^6 конидий/мл.

Контейнеры с зараженными растениями сразу закрывали полиэтиленовой пленкой, герметичной крышкой и помещали на светоустановку. На следующие сутки контейнеры с проростками, зараженными возбудителем ржавчины, открывали, а инокулированные возбудителями листовой пятнистости и септориоза оставляли закрытыми пленкой и крышкой до конца эксперимента.

Типы реакции на заражение ржавчиной определяли на 15-е сутки после инокуляции, используя шкалу Майнса и Джексона, где: 0 – отсутствие симптомов болезни; 0; – некрозы без пустул; 1 – очень мелкие пустулы, окруженные некрозом; 2 – пустулы среднего размера, окруженные некрозом или хлорозом; 3 – пустулы среднего и крупного размера без некроза [8]. Образцы с типами реакции 0–2 рассматривали как обладающие тем или иным уровнем устойчивости, 3 – как восприимчивые.

Развитие темно-бурой листовой пятнистости и септориоза определяли на седьмые сутки после заражения возбудителями по шкале: 0 – отсутствие симптомов поражения; 1, 2, 3, 4 – поражено 10, 20, 30, 40 % листовой поверхности соответственно; 5 – более 50 %; 6 – гибель листа. Поражение на 1-2 балла соответствует устойчивости, 3-4 – умеренной устойчивости, 5-6 – восприимчивости.

Ювенильную оценку устойчивости к мучнистой росе (Bgt) также проводили в лабораторных условиях. Размножение гриба, выращивание растений тритикале до стадии проростков и заражение испытуемого материала проводили в фитотроне (режим: 12 ч со светом, $t = 16^\circ\text{C}$; 12 ч без света, $t = 13^\circ\text{C}$). Через 7-8 дней после инокуляции проростков степень их поражения болезнью оценивали по шкале: 0 – иммунный или высокоустойчивый, нет видимого мицелия; 1 – устойчивый, слабое развитие мицелия; 2 – умеренно устойчивый, умеренное развитие мицелия, слабая споруляция; 3 – умеренно восприимчивый, умеренное развитие мицелия и умеренная споруляция; 4 – высоковосприимчивый, обильное развитие мицелия и обильная споруляция [9]. Северо-западная популяция гриба *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* Golovin (Bgt) характеризовалась наличием генов вирулентности к генам устойчивости пшеницы *Pm1a*, *Pm2*, *Pm3a-d*, *Pm4a*, *Pm5*, *Pm6*, *Pm7*, *Pm8*, *Pm9*, *Pm16*, *Pm17*, *Pm19* и авирулентности к *Pm12*.

Образцы, выделенные как устойчивые к конкретной болезни в первом эксперименте, проверяли на резистентность в двух дополнительных независимых опытах.

Результаты и их обсуждение. По результатам одного эксперимента, из 118 образцов 93 были оценены как устойчивые к мучнистой росе.

Однако по результатам трех независимых экспериментов среди озимой гексаплоидной тритикале только 27 сортов характеризовались ювенильной устойчивостью к мучнистой росе (0 баллов): Тальва 100 (к-1508), ПРАГ 3 (к-1589), Виктор (к-2859), Студент (к-2899), Антей (к-3562), Каприз (к-3584), Амфидиплоид 256 (к-3617), Доктрина 110 (к-3640), Михась (к-3689), Сотник (к-3876), Зимогор (к-3903), Топаз (к-3909), Орлик (к-3910), Юбилейная (к-3911), Мамучар (к-3939), Капрал (к-4025), Атаман Платов (к-4139), Торнадо (к-4142), Жнец (к-4151), Хлебобоб (к-4152), Сюрприз (к-4158), Судогда (к-4159), Георг (к-4207), Акинак (к-4240), Светлица (к-4241), Айна (к-4292), ГСА 173 (к-4295). Большинство устойчивых образцов было из Саратовской, Ростовской областей и Краснодарского края.

Умеренную устойчивость к Bgt (2 балла) показали образцы: Омское (к-557), Саргау (к-3599), Алтайская 5 (к-3639), Прорыв (к-3763), Бард (к-3839), Легион (к-3860), Немчиновский 56 (к-3861), Консул (к-3904), Вокализ (к-3905), Алмаз (к-3908), Дозор (к-4021), Сват (к-4080), Тит (к-4160), Арктур (к-4161), Тихон (к-4183), Форте (к-4197), Слон (к-4250), Глеб (к-4284). Остальные сорта сильно поражались мучнистой росой в стадии проростков (3 и 4 балла).

Высокую ювенильную устойчивость к мучнистой росе (0 баллов) имели 12 сортов яровой тритикале: Укро (к-3644), Золотой гребешок (к-3677), Ульяна (к-3887), Ярило (к-3895), Амиго (к-3913), Кармен (к-3933), Аморе (к-4084), Заозерье (к-4091), Россия (к-4092), Саур (к-4140), Савва (к-4211) и Браво (к-4290).

Умеренную устойчивость к популяции мучнисторосяного гриба (2 балла) показали яровые сорта тритикале Лотас (к-3889), Норманн (к-3934), Ровня (к-3935), Слово (к-4222), Гелио (к-4289), Ярик (к-4155), Орден (к-4236), Тимур (к-4252). Остальные яровые сорта тритикале не имели ювенильной устойчивости.

Результаты исследования ювенильной устойчивости к мучнистой росе образцов тритикале показали, что среди озимых сортов и двуручек 27 были устойчивыми (28,7 % от числа изученных этого типа развития), 18 – умеренно устойчивыми (19,1 %) и 49 восприимчи-

выми (52,2 %). Среди яровых сортов – 12 устойчивые к Bgt (50,0 % от общего числа изученных яровых), 7 – умеренно устойчивые (29,2 %) и 5 – восприимчивые к мучнистой росе (20,8 %).

Отметим, что на начальных этапах создания и селекции сортов тритикале эта культура рассматривалась как высокоустойчивая (и даже иммунная) к мучнистой росе. Изучение взаимодействия геномов пшеницы и ржи в контроле устойчивости к двум формам гриба *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* (Bgt), паразитирующего на пшенице, и *Blumeria graminis* f. sp. *secalis* (Bgs), паразитирующего на ржи, показало, что 554 образца тритикале разных уровней плоидности были высокоустойчивы к Bgs. Идентифицированы только единичные восприимчивые к болезни образцы [10]. Эксперимент по оценке устойчивости к мучнистой росе 300 образцов тритикале, проведенный в Дербенте в условиях интенсивного естественного провокационного фона, показал крайне небольшое наличие умеренно устойчивых и восприимчивых особей⁸. В данных опытах причиной обнаружения восприимчивых растений могла быть несбалансированность функционирования геномов пшеницы и ржи в одном организме и, как следствие, элиминация хромосом ржи, в которых локализованы гены устойчивости к мучнистой росе пшеницы [10]. Иммуитет растений F₁ пшенично-ржаных гибридов к обеим формам гриба, вероятно, связан с наличием в их генотипах полного набора хромосом пшеницы и ржи [10, 11].

Однако уже с начала 2000-х годов отмечается появление мучнистой росы на сортах тритикале предположительно в результате адаптации *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* к новому хозяину. Многие сорта тритикале описаны как высоковосприимчивые к мучнистой росе, особенно в ювенильной стадии, что указывает на крайнюю узость генетического разнообразия тритикале по устойчивости к Bgt [12].

Таким образом, мучнистая роса становится серьезной болезнью тритикале [13]. Вследствие этого выделенные 39 высокоустойчивых образцов тритикале представляют несомненный интерес для селекции культуры на резистентность.

По результатам первого эксперимента оценки устойчивости к листовой ржавчине 10 образцов были отнесены к классу резистентных, однако только сорт озимой тритикале краснодарской селекции Пахарь (к-4285) был устойчив к болезни (тип реакции 0; 1) по результатам трех независимых экспериментов. Все остальные сорта проявили тип реакции 3.

Согласно современным научным представлениям, в Мировой коллекции ВИР присутствует большое количество образцов тритикале, обладающих эффективной устойчивостью к ржавчине [4, 5, 14]. При изучении в середине 80-х годов прошлого столетия ювенильной устойчивости к листовой ржавчине 1000 образцов гексаплоидной тритикале было выделено 255 высокоустойчивых⁹. Позднее, из 336 образцов гексаплоидной тритикале выделили 129 высокоустойчивых к двум географически удаленным популяциям возбудителя [4, 5]. Потом было выделено всего 19 образцов гексаплоидной тритикале, устойчивых к ржавчине, причем подавляющее большинство из них создано с привлечением *Secale montanum* и *Triticum timopheevii*¹⁰ [7]. Узость генетического разнообразия тритикале по эффективной ювенильной устойчивости к листовой ржавчине подтверждается и настоящим исследованием – из 118 изученных образцов только один был резистентным к болезни.

Ранее из 420 изученных в стадии проростков образцов тритикале различного географического происхождения были выделены 105 резистентных к темно-бурой листовой пятнистости¹¹. Установлено большое количество высокоустойчивых к септориозу форм (из 364 образцов – 22,73...73,08 % в зависимости от происхождения) [6]. В то же время генофонд коллекции тритикале ВИР крайне беден по эффективной проростковой устойчивости к листовой ржавчине, темно-бурой листовой пятнистости и септориозу¹². В настоящей работе все образцы были высоковосприимчивы к темно-бурой листовой пятнистости и септориозу (6 баллов) уже по результатам одного эксперимента.

⁸Куркиев У. К. Селекционная ценность пшенично-ржаных амфидиплоидов (*Triticale*): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1974. 29 с.

⁹Абдуллаев К. М. Указ. соч.

¹⁰Тырышкин Л. Г., Куркиев К. У. Указ. соч.

¹¹Смурова С. Г. Новые источники и доноры устойчивости пшеницы к *Cochliobolus sativus* Drechs. Ex Dastur: дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2008. 236 с.

¹²Тырышкин Л. Г., Куркиев К. У. Указ. соч.

Заключение. Таким образом, среди сортов тритикале в стадии проростков выделены 39 устойчивых к возбудителю мучнистой росы и 1 – к возбудителю листовой ржавчины из Северо-Западного региона России. Все сорта восприимчивы к темно-бурой листовой пятнистости и септориозу. Несмотря на высокую частоту устойчивых к мучнистой росе форм тритикале, сортов с комплексной резистентностью не обнаружено. Выделенные устойчивые сорта представляют несомненный интерес для селекции на резистентность. Теоретически эти сорта могут оказаться восприимчивыми к болезням в других регионах вследствие различий в структурах популяций фитопатогенов. Отметим, однако, что эти различия наблюдаются чаще всего после широкого возделывания сортов с конкретными генами резистентности, что в настоящее время для тритикале неактуально.

Также хотим отметить очень важный методологический момент. Для выделения

надежных источников устойчивости растительный материал должен изучаться не менее чем в трех независимых экспериментах при инокуляции в одних и тех же условиях среды. Так, при сильном развитии мучнистой росы 93 сорта были устойчивы к болезни, но только 39 были оценены как резистентные к болезни по результатам трех независимых экспериментов. Аналогично по ржавчине: 10 оценены как устойчивые в первом эксперименте, но только один может рассматриваться как потенциальный источник резистентности к болезни по результатам трех независимых экспериментов. Данное утверждение очевидно верно и для полевых исследований: при использовании искусственных инфекционных фонов для выделения надежных источников резистентности необходимы 3-4-летние исследования, а на естественных фонах 9-10-летние опыты.

Список литературы

1. Медведев А. М., Лисеенко Е. Н., Митрошина О. В. К вопросу устойчивости озимой тритикале в Центральном Нечерноземье к наиболее опасным болезням и полеганию. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022;(1(41)):90–98. DOI: <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-1-90-98> EDN: SDBUOT
2. Волошенко Л. В. Селекция озимого тритикале на устойчивость к основным грибным болезням. Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции полевых культур в Беларуси: мат.-лы Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня основания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Минск: ИВЦ Минфина, 2017. С. 248–249. Режим доступа: <https://izis.by/wp-content/uploads/Conference/2017/Сборник.pdf>
3. Arseniuk E. Triticale biotic stresses – an overview. Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences. 2014;79(4):82–100. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-22551-7_4
4. Михайлова Л. А., Мережко А. Ф., Фунтикова Е. Ю. Генетический контроль устойчивости тритикале к бурой ржавчине. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010;(2):3–6. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=33389438> EDN: LAIWPD
5. Михайлова Л. А., Мережко А. Ф., Фунтикова Е. Ю. Разнообразие тритикале по устойчивости к бурой ржавчине. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009;(5):27–29. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13021512> EDN: KYRXXV
6. Колесников Л. Е., Власова Э. А., Фунтикова Е. Ю., Колесникова Ю. Р. Устойчивость тритикале к основным возбудителям болезней, распространенным в Северо-Западном регионе Российской Федерации. Сельскохозяйственная биология. 2013;48(3):110–116. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2013.3.110rus> EDN: QZKYKT
7. Тырышкин Л. Г., Курбанова П. М., Куркиев К. У., Саруханов И. Г., Куркиев У. К. Эффективная ювенильная устойчивость гексаплоидного тритикале к бурой ржавчине. Защита и карантин растений. 2008;(10):25. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13794550> EDN: LPWNKD
8. Mains E. B., Jackson H. S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat. *Puccinia triticina* Erikss. Phytopathology. 1926;16:89–120.
9. Mains E. B., Dietz S. M. Physiologic form of barley mildew *Erysiphe graminis* DC. Phytopathology. 1930;20(3):229–239.
10. Ригин Б. В., Орлова И. Н. Пшенично-ржаные амфидиплоиды. Л.: Колос, 1977. 279 с.
11. Ригин Б. В., Лебедева Т. В. Взаимодействие геномов пшеницы и ржи в контроле устойчивости к мучнистой росе. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1990;132:60–64.
12. Bouguennec A., Trottet M., Du Cheyron Ph., Lonnet Ph. Triticale powdery mildew: population characterization and wheat gene efficiency. Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences. 2014;79(4):106–121.
13. Troch V., Audenaert K., Bekaert B., Hofte M., Haesaert G. Phylogeography and virulence structure of the powdery mildew population on its 'new' host triticale. BMC Ecology and Evolution. 2012;12:76. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-12-76>
14. Груздев И. В., Захарова Е. В., Большакова Л. С., Соловьев А. А. Оценка образцов яровой тритикале (*Triticosecale* Wittm.) по устойчивости к бурой ржавчине (*Puccinia triticina* Erikss.) в полевых условиях московской области. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017;(3):5–18. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29897308> EDN: ZEGHWP

References

1. Medvedev A. M., Liseenko E. N., Mitroshina O. V. To sustainability issue winter triticale to the most dangerous diseases and lodging in the central region of the non-chernozem zone. *Zernobobovye i krupnyanye kul'tury* = Legumes and Groat Crops. 2022;(1(41)):90–98. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-1-90-98>
2. Voloshenko L. V. Winter triticale breeding for resistance to main fungal diseases. Strategy and priorities for the development of agriculture and field crop breeding in Belarus: Proceedings of International scientific and practical conf., dedicated to the 90th anniversary of the founding of the RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture». Minsk: IVTs Minfina, 2017. pp. 248–249. URL: <https://izis.by/wp-content/uploads/Conference/2017/Сборник.pdf>
3. Arseniuk E. Triticale biotic stresses – an overview. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*. 2014;79(4):82–100. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-22551-7_4
4. Mikhaylova L. A., Merezhko A. F., Funtikova E. Yu. Genetic control of resistance to stem rust in triticale. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk* = Reports of the Russian Academy of agricultural sciences. 2010;(2):3–6. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=33389438>
5. Mikhaylova L. A., Merezhko A. F., Funtikova E. Yu. Triticale diversity in resistance to stem rust. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk* = Reports of the Russian Academy of agricultural sciences. 2009;(5):27–29. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13021512>
6. Kolesnikov L. E., Vlasova E. A., Funtikova E. Yu., Kolesnikova Yu. R. Triticale resistance to the main phytopathogenic organisms of northwest region of the Russian Federation. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2013;48(3):110–116. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2013.3.110rus>
7. Tyryshkin L. G., Kurbanova P. M., Kurkiev K. U., Sarukhanov I. G., Kurkiev U. K. Effective juvenile resistance of hexaploid triticale to brown rust. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2008;(10):25. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13794550>
8. Mains E. B., Jackson H. S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat. *Puccinia triticina* Erikss. *Phytopathology*. 1926;16:89–120.
9. Mains E. B., Dietz S. M. Physiologic form of barley mildew *Erysiphe graminis* DC. *Phytopathology*. 1930;20(3):229–239.
10. Rigin B. V., Orlova I. N. Wheat-rye amphidiploids. Leningrad: *Kolos*, 1977. 279 p.
11. Rigin B. V., Lebedeva T. V. Interaction of wheat and rye genomes in the control of resistance to powdery mildew. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 1990;132:60–64. (In Russ.).
12. Bouguennec A., Trottet M., Du Cheyron Ph., Lonnet Ph. Triticale powdery mildew: population characterization and wheat gene efficiency. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*. 2014;79(4):106–121.
13. Troch V., Audenaert K., Bekaert B., Hofte M., Haesaert G. Phylogeography and virulence structure of the powdery mildew population on its 'new' host triticale. *BMC Ecology and Evolution*. 2012;12:76. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-12-76>
14. Gruzdev I. V., Zakharova E. V., Bolshakova L. S., Soloviev A. A. Evaluation of spring triticale samples (*x-Triticosecale* Wittm.) for leaf rust resistance (*Puccinia triticina* Erikss.) in field experiments in moscow region conditions. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2017;(3):5–18. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29897308>

Сведения об авторах

✉ **Зуев Евгений Валерьевич**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», ул. Большая Морская, д. 44, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190031, e-mail: secretary@vir.nw.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9259-4384>, e-mail: e.zuev@vir.nw.ru

Лебедева Татьяна Вениаминовна, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», ул. Большая Морская, д. 44, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190031, e-mail: secretary@vir.nw.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2344-9233>

Тырышкин Лев Геннадьевич, доктор биол. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», ул. Большая Морская, д. 44, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190031, e-mail: secretary@vir.nw.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3502-549X>

Information about the authors

✉ **Evgeny V. Zuev**, PhD in Agricultural Science, leading researcher, Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Bolshaya Morskaya St., 44, St. Petersburg, Russian Federation, 190031, e-mail: secretary@vir.nw.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9259-4384>, e-mail: e.zuev@vir.nw.ru

Tatyana V. Lebedeva, PhD in Biological Science, senior researcher, Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Bolshaya Morskaya St., 44, St. Petersburg, Russian Federation, 190031, e-mail: secretary@vir.nw.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2344-9233>

Lev G. Tyryshkin, DSc in Biological Science, leading researcher, Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Bolshaya Morskaya St., 44, St. Petersburg, Russian Federation, 190031, e-mail: secretary@vir.nw.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3502-549X>

✉ – Для контактов / Corresponding author