

4.1.3. АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 633.112.9:632.3 (470.32)

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2024_2_44

EDN: DJKTXL

**Оценка устойчивости сортового материала и комбинаций
скрещивания озимой тритикале к бурой листовой ржавчине
в условиях искусственного инфекционного фона**

**Ирина Васильевна Ефремова¹, Елизавета Айрапетовна Мелькумова²,
Анатолий Фёдорович Климкин^{3✉}**

^{1, 2, 3} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия

³ aklimkin.73@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты исследования, выполненного с целью изучения и выделения устойчивого к бурой листовой ржавчине селекционного материала озимой тритикале в условиях жесткого искусственного инфекционного фона. В плане решения проблемы растительного белка несомненный интерес представляет именно тритикале, способная, при выращивании в равных условиях, накапливать в зерне на 1–2% белка больше, чем пшеница. Так как тритикале является гибридом между пшеницей и рожью и имеет общий патоконкомплекс и с пшеницей, и с рожью, необходим тщательный мониторинг, позволяющий предвидеть доминирующие виды патогенов, в частности возбудителя бурой листовой ржавчины – базидиомицета *Puccinia recondita* Rob. et Desm. Данный возбудитель болезни очень вредоносен, относится к облигатным паразитам с узкой филогенетической специализацией и широким температурным диапазоном заражения – от 3 до 30 °С, что приводит к снижению качества зерна и продуктивности этой ценной культуры более чем на 20%. В настоящее время для защиты тритикале от патоконкомплекса, включая все виды ржавчинных грибов, разрешен к применению на этой культуре один препарат – Альто Супер, КЭ с двухкомпонентным действующим веществом (250 г/л пропиконазола + 80 г/л ципроконазола). Широкие перспективы открывает использование устойчивого к бурой листовой ржавчине сортового материала тритикале, что приветствуется и в органическом земледелии. В 2016–2018 гг. проводилась оценка 411 образцов конкурсного и предварительного сортоиспытаний лаборатории селекции тритикале Воронежского федерального аграрного научного центра имени В.В. Докучаева. Отобраны сортообразцы озимой тритикале, отличающиеся разной степенью устойчивости к бурой листовой ржавчине. Среди них выделены иммунные (13), высокоустойчивые (21) и умеренно устойчивые (16), представляющие интерес для дальнейших изысканий. Иммунные формы, отличающиеся хозяйственно ценными признаками, найдут широкое применение в производстве и в дальнейшем будут предложены для госсортоиспытания (ГСИ).

Ключевые слова: озимая тритикале, бурая листовая ржавчина, искусственный инфекционный фон, устойчивые сорта, хозяйственно ценные признаки

Для цитирования: Ефремова И.В., Мелькумова Е.А., Климкин А.Ф. Оценка устойчивости сортового материала и комбинаций скрещивания озимой тритикале к бурой листовой ржавчине в условиях искусственного инфекционного фона // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17, № 2(81). С. 44–50. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_2_44–50.

4.1.3. AGRICULTURAL CHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE,
PROTECTION AND QUARANTINE OF PLANTS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Assessment of the resistance of varietal material and
combinations of crossing winter triticale to brown leaf
rust in conditions of artificial infectious background**

Irina V. Efremova¹, Elizaveta A. Melkumova², Anatoliy F. Klimkin^{3✉}

^{1, 2, 3} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

³ aklimkin.73@yandex.ru

Abstract. The authors present the results of investigations carried out to study and isolate the breeding material of winter triticale resistant to brown leaf rust in conditions of a hard artificial infectious background. In terms of solving the problem of vegetable protein, triticale is of undoubted interest, which, when grown under equal conditions, is able to accumulate 1-2% more protein in grain than wheat. Since triticale is a hybrid between wheat and rye and has a common pathocomplex with both wheat and rye, close monitoring is necessary to forecast the

dominant types of pathogens, in particular the causative agent of brown leaf rust – basidiomycete *Puccinia recondita* Rob. et Desm. This pathogen is extremely harmful, belongs to obligate parasites with a narrow phylogenetic specialization and a wide temperature range of infection – from 3 to 30°C, which leads to a decrease in grain quality and productivity of such valuable crop as triticale by more than 20%. Currently, to protect triticale from the pathocomplex including all types of rust fungi one chemical agent is allowed to be used on this culture, i.e. Alto Super, CE with a two-component active ingredient (250 g/l propiconazole + 80 g/l ciproconazole). The use of triticale resistant varietal material to brown leaf rust opens up wide prospects, which is also welcome in organic farming. In 2016-2018, 411 samples of competitive and preliminary variety tests of the Triticale Breeding Laboratory of Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev were evaluated. Varieties of winter triticale with varying degrees of resistance to brown leaf rust were selected. Among them, immune (13), highly resistant (21) and moderately resistant (16) were identified, which are of interest for further research, and immune forms that differ in economic utility characteristics will find wide application in production and will be offered for state crop variety testing in the future.

Key words: winter triticale, brown leaf rust, artificial infectious background, resistant varieties, economic utility characteristics

For citation: Efremova I.V., Melkumova E.A., Klimkin A.F. Assessment of the resistance of varietal material and combinations of crossing winter triticale to brown leaf rust in conditions of artificial infectious background. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2024;17(2):44-50. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_2_44-50.

Введение
Тритикале (*×Triticosecale* Wittm. & A. Camus) представляет собой гибрид между пшеницей и рожью. В этой культуре сочетаются высокая урожайность пшеницы и зимостойкость ржи, а также толерантность к распространенным и вредоносным болезням. Озимая тритикале – пластичная культура зернового направления, которая формирует высокую урожайность зерна (60–90 ц/га и выше в зависимости от региона выращивания), а также используется на зеленый корм животным (показатель урожайности зеленой массы составляет 300 ц/га и выше) [7]. В плане решения проблемы растительного белка, несомненный интерес представляет именно тритикале, способная, при выращивании в равных условиях, накапливать в зерне на 1–2% белка больше, чем пшеница. В научной литературе имеется большое количество экспериментальных данных, свидетельствующих о более высокой питательной ценности зерна тритикале в сравнении с пшеницей, рожью, ячменем и кукурузой [7, 10, 13–17].

Так как тритикале является гибридом между пшеницей и рожью, то для этой культуры характерен общий патоккомплекс с пшеницей и рожью, в связи с чем необходимо проводить тщательный мониторинг, позволяющий предвидеть появление доминирующих видов патогенов, в частности возбудителя бурой листовой ржавчины. Установлено, что возбудителем бурой листовой ржавчины является паразитический базидиальный гриб *Puccinia recondita* Rob. et Desm., который представлен как на пшенице, так и на ржи. Данный возбудитель очень вредоносен, относится к облигатным паразитам с узкой филогенетической специализацией и широким температурным диапазоном заражения – от 3 до 30 °С, при этом оптимум является 15–25 °С. Сложный цикл развития позволяет сохраниться грибу в разной стадии, то есть поражение может происходить без промежуточного растения-хозяина, чаще – летом в урединиостадии, которая является наиболее паразитической. Вредоносность болезни приводит к щуплости зерна, при этом снижается продуктивность культуры более чем на 20% [8]. С использованием устойчивых сортообразцов, а также при применении малотоксичных многокомпонентных фунгицидов широкого спектра действия можно значительно снизить эпифитотию – массовое развитие болезни.

В последнее десятилетие озимая тритикале начинает занимать лидирующее положение среди зерновых культур, что связано с изменением климата в сторону потепления. На это обращают внимание ученые из Центрально-Черноземного и южных регионов России, занимающиеся селекцией этой культуры.

Появление в середине 90-х гг. XX в. на посевах тритикале мучнистой росы, бурой листовой ржавчины и других микозов, проявляющихся в виде налетов, пустул и

пятнистостей на вегетативных органах растений, привело к необходимости поиска источников устойчивости среди селекционного материала. Приводятся сведения, что при развитии бурой листовой ржавчины свыше 60% урожайность озимой тритикале снижалась в зависимости от сроков проявления заболевания и погодных условий, способствующих распространению болезни, на 10–29% [2].

Как отмечали В.Ф. Пересыпкин (1987) и Й. Станчева (2003), на сортах злаковых растений с повышенной реакцией устойчивости к возбудителю вокруг урединий образуются хлоротические ореолы и некротические пятна [3, 5].

Для защиты тритикале от патокомплекса, включая бурую листовую ржавчину, в список пестицидов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, включен всего лишь один препарат – Альто Супер, КЭ (250 г/л пропиконазола + 80 г/л ципроконазола, производитель – ООО «Сингента») с нормой применения препарата 0,4–0,5 л/га. Опрыскивание осуществляли в период вегетации 1–2 раза, в зависимости от степени развития болезни [4].

Однако с экологической точки зрения наиболее безопасным способом защиты тритикале от патогенов является внедрение устойчивых сортов и перспективных форм, что предусмотрено и в органическом земледелии.

Одним из главных способов повышения устойчивости озимой тритикале к болезням является поиск доноров, который предполагает обязательную иммунологическую оценку всего селекционного материала.

Методика эксперимента

В 2016–2018 гг. на искусственном инфекционном фоне бурой листовой ржавчины изучено 411 образцов конкурсного и предварительного сортоиспытаний лаборатории селекции тритикале Воронежского НИИ сельского хозяйства имени В.В. Докучаева, включая 79 коллекционных и 49 созданных отбором в жестких условиях поражающихся форм из гетерогенных по устойчивости образцов.

Посев инфекционного питомника осуществляли ручной сеялкой РС-20. Делянки однометровые, трехрядковые, повторность двукратная.

Высевали по 20 зерен в рядок, что обеспечивало возможность проводить отборы непоражающихся бурой листовой ржавчиной растений гетерогенных по устойчивости сортообразцов.

Для накопления инфекции высевался восприимчивый к данной болезни сорт Доктрина 110, который служил индикатором инфекции и располагался через каждые 10 номеров (вариантов) опыта.

Для сравнительного изучения вредоносности болезни рядом с сортом-индикатором (Доктрина 110) высевали один иммунный сортообразец Водолей у и два гетерогенных по устойчивости: 93-103t-5, Кентавр × Л-8. Данные образцы высевали в почву рядом расположенного питомника естественного перезаражения и химической защиты в десятикратной повторности.

Инокуляцию растений бурой листовой ржавчиной проводили в начале фазы онтогенеза «выход в трубку» по методике Госкомиссии [6].

В качестве инфекции использовали местную популяцию бурой ржавчины, собранную с куствующих растений тритикале сорта Доктрина 110 при весеннем посеве неярковизированными семенами. Инфекционная нагрузка – 2 г жизнеспособных урединиоспор на 100 м². В качестве балласта применяли пищевой крахмал.

Искусственное заражение бурой листовой ржавчиной проводили в безветренное вечернее время суток с предварительным увлажнением почвы. Опрыскивание растений осуществляли нанесением инокулюма на влажные растения с последующим укрытием делянок полиэтиленовой пленкой с экспозицией 12–14 часов с целью поддержания 100% относительной влажности воздуха для проникновения и прорастания урединиоспор.

Оценку устойчивости к бурой листовой ржавчине растений озимой тритикале по сортообразцам проводили в уязвимой фазе растения-хозяина молочно-восковой спелости зерна при максимальном поражении сорта-индикатора Доктрина 110. При этом по шкале Петерсона с соавт. [12] устанавливали степень поражения сортообразцов тритикале (в %), а по шкале Мейнса и Джексона [11] определяли тип реакции растений на внедрение и развитие патогена в баллах. По результатам оценок сортообразцы относили в одну из следующих групп [9]:

- 0 баллов – иммунные, поражение отсутствует – 0%;
- 1 балл – высокоустойчивые, степень поражения 1–15%;
- 2 балла – умеренно устойчивые, степень поражения 16–35%;
- 3 балла – умеренно восприимчивые, степень поражения 36–70%;
- 4 балла – сильно восприимчивые, степень поражения 71–100%.

При анализе расщепления признака на устойчивые/восприимчивые к болезни сортообразцы распределяли в соответствии с балльной оценкой поражения, руководствуясь тем, что при значении 0–2 балла селекционный материал оценивается как устойчивый, а 3–4 – как восприимчивый.

Результаты и их обсуждение

Из всего изученного селекционного материала лаборатории селекции озимой тритикале выделены иммунные и устойчивые сорта, формы и комбинации скрещиваний, которые не поражались бурой листовой ржавчиной в течение трехлетнего изучения: Водолей у, Блик 81 у, Виктор у, Каприз у, Алтайский 4 × 93-389Т-15 у, Степан × Доктрина 110, а также которые не поражались бурой листовой ржавчиной в течение двухлетнего изучения: Доктрина 110 × Гарнэ, Михась × Доктрина 110, (Алтайский 4 × 93-389Т-15) × (Кентавр × Л-8) у, Хлебороб у, 07-81Т-9, Степан × Зимогор.

Характеристика устойчивого к бурой листовой ржавчине селекционного материала озимой тритикале (фрагмент)

| Сортообразец | 2016 г. | | 2017 г. | | 2018 г. | |
|---|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| | Балл поражения | Степень поражения | Балл поражения | Степень поражения | Балл поражения | Степень поражения |
| 1. Доктрина 110 – индикатор | 4 | 100 | 4 | 100 | 4(3) | 60–80 |
| 2. Водолей у | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3. Блик 81 у | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4. Виктор у | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5. Доктрина 110 × Кастусь* | 4 | ед. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6. (Кентавр × Л-8) × АДМ-4* | 1–4 | 5,0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7. Рондо × Гарнэ* | 0–4 | 10,0 | 1 | 1–5 | 1 | ед. |
| 8. Алтайский 4 × 93-389Т-15 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | ед. |
| 9. Степан × Бард (49)* | 0–4 | 68,4 | 0,4 | 6,0 | 0 | 0 |
| 10. Доктрина 110 × Степан* | 0–4 | 4,0 | 1–4 | 5,5 | 0–4 | 2,3 |
| 11. Кастусь × Ратнэ* | 1–4 | 28,6 | 1–4 | 10–20 | 1–4 | 5–10 |
| 12. Кастусь × Гарнэ* | 0–4 | 4,2 | 1–4 | 10–20 | 1–4 | 5–15 |
| 13. (Алтайский 4 × 93-389Т-15) × (Кентавр × Л-8) инф.* | 0–4 | 27,3 | 0,4 | 38,6 | 0,4 | 14,0 |
| 14. Тарасовская юбилейная × Kitaro* | 0,4 | | 0,4 | 23,1 | 0,4 | 11,3 |
| 15. [Таловский 1 × {(Новинка 2 × Гк 615)} × Прорыв] × Прорыв* | 0,4 | 44,5 | 1–4 | 10–20 | 1–4 | 20–30 |
| 16. Т-1224 × Водолей* | 1–4 | 8,4 | 2–4 | 60–70 | 2–4 | 30–40 |
| 17. Степан × Дубрава* | 0–2 | ед. | 1–4 | 30,6 | 1–4 | 40–50 |
| 18. 93-103т-5* | 0–4 | 7,5 | 0 | 0 | 0–4 | 17,9 |
| 19. Кентавр × Л-8* | 1–4 | 40,2 | 1–4 | 70 | 0–4 | 50,7 |

Примечание: у – устойчивый сортообразец; * – иммунные растения – без видимых признаков поражения патогеном.

Десять образцов проявили высокую устойчивость в течение трехлетнего изучения: Доктрина 110 × Кастусь, (Кентавр × Л-8) × АДМ-4, Алтайский 4 × 93-389Т-15, Рондо × Гарнэ, Степан × Бард, Доктрина 110 × Степан, Михась × 97-48Т-71, Кастусь × Ратнэ, Кастусь × Гарнэ, Тарасовская юбилейная × Kitago; восемь – умеренную: Горка, Доктрина 110 × Михась, Степан × Тарасовская юбилейная, Степан × Л-14 у, Л-14 × (Кентавр × Л-8) у, Рондо × Кастусь, Блик 81 × Союз у, (Кентавр × Л-8) × АДМ-4 у.

Из большого количества коллекционного фонда озимой тритикале выделены сортообразцы, обладающие различным типом резистентности к бурой листовой ржавчине.

В результате проведенных исследований на жестком инфекционном фоне выявлены 13 коллекционных образцов, не поражаемых патогеном: Дон, Аграф, Консул (R по h), Сибирский, Трибун, Алмаз, Легион, Тризуб, Булат, Юбилейная, Валентин 90, Тарасовская юбилейная, Яша. Эти выделенные формы тритикале следует считать иммунными, так как видимых симптомов поражения бурой листовой ржавчиной не обнаружено.

Высокую устойчивость, со степенью поражения от 1 до 10,5% проявил 21 сортообразец: Горка, 93-67т-70, 97-48т-71, Ацтек, АД-206, Гарнэ, Степан, Тулус, Дубрава, Ковчег, Амulet, Велетень, 07-156т-1-5, Корнет, Вокализ, Лотос, Патриот 71, Бард, Михась, Василиса, Устинья.

Умеренная устойчивость, до 28,3% поражения, отмечена у 16 сортообразцов, состоящих из номерных форм и сортового материала: Патриот, 98-199т-12-22, 97-67Т-6П-20, Лидер, Макар, 07-81т-9, Бета, Мамучар, Ти-17, Каприз, Капрал, Разгар, Варвара, Святозар, Сотник, 97-65т-48-24.

Образцы 06-27т3-3, 01-164т-10, Союз (R по h), Князь, Ставропольский 5 проявили умеренную восприимчивость. Остальные 14 форм и сортообразцов обнаружили сильную восприимчивость к патогену: 98-191-22, 93-103-12-19, Сколот, Витязь, Кристалл, Динамо, 03-125-37, Ратнэ, Торчинске, Интерес, Тальва 100, Привада, Никлап, Орлик, из них 8 имели максимальную (как стандарт) степень поражения – 100%.

Следует отметить, что 58% коллекционных образцов по степени поражения расщеплялись на группы, причем некоторые из них расщеплялись на 3, а один – на 4 группы. Так, у 22 высокоустойчивых образцов озимой тритикале произошло расщепление, причем 17 из них оказались иммунными (17 : 5). Применение данного метода позволяет на искусственных инфекционных фонах проводить испытательные отборы не только иммунных к болезни растений тритикале, но также обладающих признаками высокой продуктивности [1]. Среди умеренно устойчивых образцов расщеплялось 14, причем у 4 из них выделены иммунные растения. В группе умеренно восприимчивых образцов расщеплялось 4, и только в одном из них присутствовали непоражаемые формы. Установлено, что даже у сильно восприимчивых образцов из 6 наблюдалось расщепление, причем в четырех обнаружены иммунные растения.

С 2007 г. в естественных условиях проявление болезни отмечалось редко, и в конце периода вегетации культуры вредоносность практически не регистрировалась. На искусственном инфекционном фоне вредоносность бурой ржавчины в 2016 г. по массе 1000 зерен у сорта Доктрина 110, которая являлась индикатором, в сравнении с химической защитой, достигала 23,6%, а при естественном перезаражении – 11,4%. В комбинации скрещивания Кентавр × Л-8 этот показатель составил соответственно 10,4 и 4,7%. В отношении номерного сортообразца 93-103т-5 достоверных различий не обнаружено. В 2017 г. вредоносность на сорте-индикаторе Доктрине 110 на искусственном инфекционном фоне по массе 1000 зерен составила 13,5%, в то время как по гетерогенным образцам тритикале достоверных различий не обнаружено.

Вегетационный период озимой тритикале оказался на неделю длиннее, чем озимой пшеницы, что связано с засухой и отсутствием влаги в виде рос. С 27 мая по 18 июля 2018 г. не получено достоверных различий по степени поражения растений патогеном.

Вследствие этого норма высева семян у тритикале снизилась в 2 раза, что позволило сохраниться листьям нижнего яруса с признаками поражения урединиями патогена. В связи с этим к концу вегетационного периода получены достоверные различия по степени поражения растений бурой листовой ржавчиной, однако по продуктивности такой закономерности не обнаружено.

Выводы

На основании выполненной оценки устойчивости сортового материала и комбинаций скрещивания озимой тритикале к бурой листовой ржавчине в условиях жесткого искусственного инфекционного фона отобраны сортообразцы, отличающиеся разной степенью устойчивости. Среди них выделены иммунные (13), высокоустойчивые (21) и умеренно устойчивые (16), представляющие интерес для дальнейших селекционно-генетических изысканий. Иммунные формы, отличающиеся хозяйственно-ценными признаками, найдут широкое применение в производстве и будут предложены для гос-сортоиспытания (ГСИ).

Список источников

1. Ефремова И.В., Дедяев В.Г., Горбунов В.Н. и др. Искусственный инфекционный фон бурой листовой ржавчины в селекции тритикале // Защита и карантин растений. 2015. № 10. С. 14–16.
2. Ефремова И.В., Мелькумова Е.А., Дедяев В.Г. и др. Использование искусственных инфекционных фонов при создании высокоустойчивого селекционного материала озимой тритикале к бурой ржавчине // Агротехнологии XXI века: концепции устойчивого развития: матер. международной конференции, посвященной 100-летию кафедры ботаники, защиты растений, биохимии и микробиологии (Воронеж, 17–18 апреля 2014 г.). Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. С. 246–250.
3. Пересыпкин В.Ф. Атлас болезней полевых культур: 2-е изд., испр. и доп. Киев: Урожай, 1987. 142 с.
4. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2016 год: справочное издание // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». Москва: Редакция журнала, 2016. № 4.
5. Станчева И. Атлас болезней сельскохозяйственных культур: в 4 т. Т. 4. Болезни полевых культур; пер. с болгарского. София-Москва: Пенсофт, 2003. 175 с.
6. Степанов К.М., Рашевская В.Ф., Коновалова Н.Е. и др. Методика оценки сортов зерновых культур на устойчивость к ржавчине с применением искусственного заражения. Москва: Рот. бюро МСХ СССР, 1977. 48 с.
7. Федотов В.А., Кадыров С.В., Щедрина Д.И. и др. Растениеводство Центрального Черноземья России: учебник. Воронеж: ООО «Издат-Черноземье», 2019. 605 с.
8. Шкаликов В.А., Белошапкина О.О., Букреев Д.Д. и др. Защита растений от болезней: учебное пособие для студентов вузов. Москва: Колос, 2001. 256 с.
9. Эльчибаев А.А. Шкалы для оценки поражения болезнями (методические рекомендации). Воронеж: ВНИИЗР, 1981. 84 с.
10. Herrera L.A., Gustavsson L.G., Inger A. A systematic review of rye (*Secale cereale* L.) as a source of resistance to pathogens and pests in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Hereditas BioMed Central. 2017. Vol. 154(1). Pp. 1–9. DOI: 10.1186/s41065-017-0033-5.
11. Mains E.B., Jackson H.S. Physiological specialization in the leaf rust of wheat *Puccinia triticina* Erikss. // Phytopathology. 1926. Vol. 16(1). Pp. 89–120.
12. Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals // Canadian Journal of Research, Section A. 1948. Vol. 26(5). Pp. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.
13. Wedzony M., Zur I., Krzewska M. et al. Doubled Haploids in Triticale // Eudes F. (ed.). Triticale. Springer International Publishing Switzerland. 2015. Pp. 111–128. DOI: 10.1007/978-3-319-22551-7_6.
14. Wurschum T., Tucker M.R., Reif J. et al. Improved efficiency of doubled haploid generation in hexaploid triticale by in vitro chromosome doubling // BMC Plant Biology. 2012. Vol. 12. Article No. 109. DOI: 1471-2229/12/109.
15. Wurschum T., Tucker M.R., Maurer H.P. Stress influence efficiency of microspore embryogenesis and green plant regeneration in hexaploid triticale // In vitro Cellular & Developmental Bioljgy. 2014. Vol. 50. Pp. 143–148. DOI: 10.1007/s11627-013-9539-3.
16. Zur I., Dubas E., Golemiac E. et al. Stress-induced changes important for effective androgenic induction in isolated microspore culture of triticale (\times *Triticosecale* Wittm.) // Plant Cell, Tissue, and Organ Culture. 2008. Vol. 94. Pp. 319–328. DOI: 10.1007/s11240-008-9360-6.
17. Zur I., Dubas E., Krzewska M. Triticale and barley microspore embryogenesis induction requires both reactive oxygen species generation and efficient system of antioxidative defence // Plant Cell, Tissue, and Organ Culture. 2021. Vol. 145. Pp. 347–366. DOI: 10.1007/s11240-021-02012-7.

References

1. Efremova I.V., Dedyayev V.G., Gorbunov V.N. et al. Artificial infectious background of brown leaf rust in selection of triticale. *Plant Protection and Quarantine*. 2015;10:14-16. (In Russ).
2. Efremova I.V., Melkumova E.A., Dedyayev V.G. et al. The use of artificial infectious backgrounds in the creation of highly resistant breeding material of winter triticale to brown rust. Agrotechnologies of the XXI century: concepts of sustainable development: Proceedings of the International Conference dedicated to the 100th anniversary of the Department of Botany, Plant Protection, Biochemistry and Microbiology (Voronezh, April 17-18, 2014). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2014;246-250. (In Russ).
3. Peresyphkin V.F. Atlas of diseases of field crops. 2nd edition, revised and enlarged. Kyiv: Urozhay Publishers; 1987. 142 p. (In Russ).
4. List of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation, 2016: reference edition: Appendix to *Plant Protection and Quarantine*. Moscow: Publishing House of the Journal. 2016;4. (In Russ).
5. Stancheva Y. Atlas of diseases of agricultural crops: in 4 vols. Vol. 4. Atlas of diseases of agricultural crops; translated from Bulgarian. Sofia-Moscow: Pensoft Publishers; 2003. 185 p. (In Russ.).
6. Stepanov K.M., Rashevskaya V.F., Konovalova N.E. et al. Methodology for evaluating grain varieties for rust resistance using artificial contamination. Rotaprint Publishers of the Ministry of Agriculture of the USSR; 1977. 48 p. (In Russ).
7. Fedotov V.A., Kadyrov S.V., Shchedrina D.I. et al. Crop production in the Central Chernozem Region of Russia. Voronezh: Izdat-Chernozemie Publishers; 2019;119-120. (In Russ).
8. Shkalikov V.A., Beloshapkina O.O., Bukreev D.D. et al. Protection of plants from diseases: study guide for graduate students. Moscow: Kolos Publishers; 2001;71-72. (In Russ).
9. Elchibaev A.A. Scales for assessing disease damage (methodological recommendations). Voronezh: All-Russian Research Institute for Plant Protection; 1981. 84 p. (In Russ).
10. Herrera L.A., Gustavsson L.G., Inger A. A systematic review of rye (*Secale cereale* L.) as a source of resistance to pathogens and pests in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Hereditas BioMed Central*. 2017;154(1):1-9.
10. Mains E.B., Jackson H.S. Physiological specialization in the leaf rust of wheat *Puccinia triticina* Erikss. *Phytopathology*. 1926;16(1):89-120.
11. Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. *Canadian Journal of Research, Section A*. 1948;26(5):496-500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.
13. Wedzony M., Zur I., Krzewska M. et al. Doubled Haploids in Triticale. Eudes F. (ed.). Triticale. Springer International Publishing Switzerland; 2015:111-128. DOI: 10.1007/978-3-319-22551-7_6.
14. Wurschum T., Tucker M.R., Reif J. et al. Improved efficiency of doubled haploid generation in hexaploid triticale by in vitro chromosome doubling. *BMC Plant Biology*. 2012;12:109. DOI: 1471-2229/12/109.
15. Wurschum T., Tucker M.R., Maurer H.P. Stress influence efficiency of microspore embryogenesis and green plant regeneration in hexaploid triticale. *In vitro Cellular & Developmental Biology*. 2014;50:143-148.
16. Zur I., Dubas E., Golemić E. et al. Stress-induced changes important for effective androgenic induction in isolated microspore culture of triticale (*x Triticosecale* Wittm.). *Plant Cell, Tissue, and Organ Culture*. 2008;94:319-328. DOI: 10.1007/s11240-008-9360-6.
17. Zur I., Dubas E., Krzewska M. Triticale and barley microspore embryogenesis induction requires both reactive oxygen species generation and efficient system of antioxidative defence. *Plant Cell, Tissue, and Organ Culture*. 2021;145:347-366. DOI: 10.1007/s11240-021-02012-7.

Информация об авторах

И.В. Ефремова – соискатель кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», irina.v.efremova@mail.ru.

Е.А. Мелькумова – доктор биологических наук, профессор кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», zemledel@agronomy.vsau.ru.

А.Ф. Климкин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», aklimkin.73@yandex.ru.

Information about the authors

I.V. Efremova, Candidate Degree Seeking Applicant, the Dept. of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, irina.v.efremova@mail.ru.

E.A. Melkumova, Doctor of Biological Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, zemledel@agronomy.vsau.ru.

A.F. Klimkin, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, aklimkin.73@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 15.03.2024; одобрена после рецензирования 30.04.2024; принята к публикации 10.05.2024.

The article was submitted 15.03.2024; approved after reviewing 30.04.2024; accepted for publication 10.05.2024.

© Ефремова И.В., Мелькумова Е.А., Климкин А.Ф., 2024