

МУЧНИСТАЯ РОСА – ОПАСНАЯ БОЛЕЗНЬ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Т. А. Асеева, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН,
К. В. Зенкина, кандидат сельскохозяйственных наук

Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения РАН,
680521, Хабаровский край, Хабаровский р-н, с. Восточное, ул. Клубная, 13
E-mail: aseeva59@mail.ru

Работу проводили в 2015–2022 гг. с целью определения степени поражения коллекционных образцов яровой тритикале мучнистой росой в почвенно-климатических условиях Хабаровского края. Объект исследований – 84 образца различного эколого-географического происхождения. Метеоусловия в период исследований были контрастными, при норме осадков за апрель–август 466 мм, превышение составило 16...263 мм, переувлажнение способствовало повышению относительной влажности воздуха до 100%. Почва опытного участка – тяжелосуглинистая лугово-бурая оподзоленно-глеявая. Интенсивность развития (R) мучнистой росы в посевах тритикале была высокой (80...100%), распространение (P) достигало эпифитотийных значений ежегодно. По интенсивности развития заболевания коллекционные сорта яровой тритикале относились к трем группам: средневосприимчивые (13 образцов), восприимчивые (35 образцов), сильновосприимчивые (36 образцов). Между количеством осадков, выпавших в фазе трубкование–колошение, и степенью инфицирования растений мучнистой росой отмечены высокие коэффициенты корреляции ($r=0,861...0,897$). Зависимость между интенсивностью развития возбудителя мучнистой росы и количеством выпавших осадков за вторую декаду июня характеризует уравнение прямой регрессии. Средней восприимчивостью к возбудителям мучнистой росы ($P=30...40\%$) характеризовались сорта яровой тритикале Аморе, Саур, Праг 409, Дагво (Россия), Лана, Лотос (Беларусь), Згуривский, Обериг харьковский (Украина), 70 HN 458 (Канада), Je 57 (США), Anoas 5, MX 51 (Мексика), Tleridal (Швейцария).

POWDERY MIDLEW IS A DANGEROUS DISEASE OF SPRING TRITICALE IN THE FAR EAST

T. A. Aseeva, K. V. Zenkina

Far Eastern Research Institute of Agriculture, Khabarovsk Federal Research Center,
Far Eastern branch, Russian Academy of Sciences,
680521, Khabarovskii krai, Khabarovskii r-n, s. Vostochnoe, ul. Klubnaya, 13
E-mail: aseeva59@mail.ru

The studies were carried out in 2015–2022. in order to determine the degree of damage to collection samples of spring triticale by powdery mildew in the soil and climatic conditions of the Khabarovsk Territory of the Far East. The object of research is 84 samples of various ecological and geographical origins. The weather conditions during the research period were contrasting; with the normal precipitation for April–August being 466 mm, the excess was 16...263 mm; waterlogging contributed to an increase in relative air humidity to 100%. The soil of the experimental plot is heavy loamy meadow-brown podzolized-gley. The distribution (R) of powdery mildew in triticale crops was high (80...100%), the intensity of development (P) reached epiphytotic values annually. Collection varieties of spring triticale were distributed according to the intensity of disease development: moderately susceptible (13 samples), susceptible (35 samples), highly susceptible (36 samples). High correlation coefficients were calculated between the amount of precipitation in the booting-earing phase and the degree of infection of plants with powdery mildew ($r = 0.861...0.897$), and a linear regression equation was compiled that shows the dependence of the intensity of development of the powdery mildew pathogen and the amount of precipitation in the second ten days of June. Thus, spring triticale varieties were identified that have average susceptibility to powdery mildew pathogens ($P = 30...40\%$): Amore, Saur, Prag 409, Dagvo (Russia), Lana, Lotos (Belarus), Zgurivskiy, Oberig Kharkovskiy (Ukraine), 70 HN 458 (Canada), Je 57 (USA), Anoas 5, MX 51 (Mexico), Tleridal (Switzerland).

Ключевые слова: яровая тритикале (*×Triticosecale* Wittmack), коллекция, эпифитотия, мучнистая роса, Дальний Восток.

Key words: spring triticale (*×Triticosecale* Wittmack), collection, epiphytoty, powdery mildew, Far East.

Возрастающая опасность микозов – общая проблема как для растениеводства, так и животноводства [1]. Обнаружение неизвестных ранее на территории Российской Федерации патогенов требует разработки и освоения новых методов защиты растений, определения порогов вредоносности и поражаемости сорта мента возделываемых культур, поиска источников и идентификации генов устойчивости, а также разработки способов их использования [2]. Возбудителей мучнистой росы – *Blumeria graminis* (DC) Speer., серьезного заболевания сельскохозяйственных культур во многих регионах мира [3], подразделяют на более чем 873 видов грибных патогенов, поражающих более 10000 видов растений [4]. В период вегетации растений грибок распространяется конидиями, которые прорас-

тают при влажности воздуха 80...100% (оптимум 96...99%), температуре воздуха 4...30 °C (оптимум 15...20 °C) и рассеянном свете [5]. Под действием высоких температур, как правило, уменьшается продолжительность инкубационного периода патогена, увеличивается количество фитопатогенных микроорганизмов и, как следствие, инфекционная нагрузка [6]. Для снижения вредоносности мучнистой росы на зерновых колосовых культурах целесообразно использовать комплекс приемов, включающий лучших предшественников, устойчивые сорта, оптимальные нормы и сроки посева, сбалансированные дозы внесения минеральных удобрений [7].

Тритикале (*×Triticosecale* Wittmack) – искусственный гибрид пшеницы и ржи. Большинство исследова-

телей считали, что она обладает иммунитетом к возбудителю мучнистой росы [8], а ее современные сорта как в естественных условиях, так и на фоне искусственного заражения, не поражаются этой болезнью [9, 10]. В связи с расширением ареала выращивания тритикале с 2001 г. отмечают тенденцию к увеличению поражения растений мучнистой росой [11, 12]. Большое разнообразие видов возбудителя и рост площадей, занятых несколькими доминирующими сортами, ускорили адаптацию патогена и привели к снижению устойчивости растений тритикале [13].

Между популяциями мучнистой росы тритикале и ее родительских видов установлено незначительное генетическое сходство [14]. Выявлено, что мучнистая роса тритикале (*Blumeria graminis* f. sp. *triticales*) – гибридная форма между мучнистой росой пшеницы (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) и ржи (*Blumeria graminis* f. sp. *secalis*) [15]. Постоянный мониторинг вирулентности популяций гриба, поиск новых эффективных генов устойчивости к болезни и введение их в перспективные сорта – необходимые этапы селекции [16]. Информация по развитию и распространению мучнистой росы в посевах сортов тритикале, рекомендованных для возделывания в Дальневосточном регионе, на сегодняшний день отсутствует.

Цель исследования – определить степень поражения коллекционных образцов яровой тритикале мучнистой росой в условиях Дальнего Востока.

Методика. Работу выполняли в 2015–2022 гг. в Дальневосточном научно-исследовательском институте сельского хозяйства (Россия, Хабаровский край). Объект исследований – 84 образца яровой тритикале различного происхождения. Контроля устойчивости в опыте не было, так как в регионе не найдено сортов иммунных или устойчивых к заболеванию.

Почва экспериментального участка – тяжелосуглинистая лугово-бурая оподзоленно-глеевая тяжелосуглинистая с содержанием гумуса (по Тюрину) 3,6...3,8%, фосфора и калия (по Кирсанову) – соответственно 9,9...15,5 и 27,7...30,4 мг/100 г абсолютно сухой почвы; рН_{сол.} – 5,1...5,3 ед.; гидролитическая кислотность – 1,14...2,40 мг-экв./100 г почвы.

Материал высевали в оптимальные для региона сроки рендомизировано в трехкратной повторности сеялкой ССФК-7М, уборку проводили комбайном ХЕГЕ-125. Предшественник – черный пар, агротехника – общепринятая для региона [17].

Учет мучнистой росы осуществляли в течение вегетации на естественном инфекционном фоне, определяли интенсивность развития (*R*) и степень распространения (*P*) болезни [18]. По величине *P* образцы оценивали по следующей шкале: устойчивые – <10%, среднеустойчивые – 11...30%, средневосприимчивые – 31...40%, восприимчивые – 41...70%, сильно восприимчивые – 71...100%.

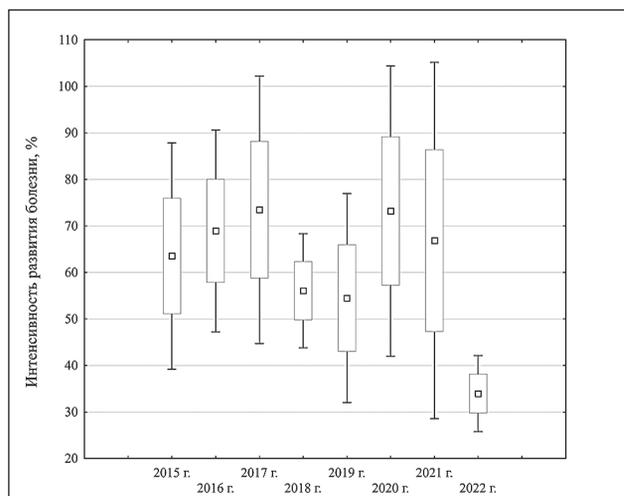
Метеорологические условия в годы исследований характеризовались варьированием температур приземного слоя воздуха и выраженным избытком влаги в летнее время. В период с мая по август ежегодно складывались благоприятные погодные условия для развития мучнистой росы в посевах тритикале – переувлажнение в мае 2015, 2016, 2019 гг. (на 75...106% выше среднегогодовой нормы), июне 2015, 2016, 2018, 2020, 2021 гг. (на 68...167% выше нормы), июле 2015, 2018, 2019 гг. (на 22...39% выше среднегогодовых значений), августе 2016, 2017, 2019, 2020, 2022 гг. (на 27...106% выше нормы). В результате влажность воздуха достигала 80...100% (табл. 1).

Табл. 1. Метеорологические условия в годы проведения исследований

Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август
Температура воздуха, °С					
2015	4,2	10,8	17,2	20,5	20,9
2016	4,8	13,0	17,4	21,9	20,1
2017	5,3	14,5	16,5	22,7	19,8
2018	6,4	13,8	16,7	21,7	19,7
2019	6,1	13,6	15,9	21,6	18,9
2020	5,2	14,3	15,2	22,1	18,5
2021	4,2	12,6	19,0	25,1	20,1
2022	4,7	12,6	19,0	25,1	20,1
Среднегоголетнее значение	4,4	12,0	17,9	21,4	19,6
Количество осадков, мм					
2015	50	105	174	172	119
2016	46	122	136	116	192
2017	31	47	90	112	227
2018	30	24	208	161	59
2019	11	124	99	184	311
2020	16	27	131	118	231
2021	40	63	134	26	9
2022	56	53	89	57	333
Среднегоголетнее значение	45	60	78	132	151

Статистическую обработку данных (корреляционный и регрессионный анализы) проводили с использованием программы Statistica 10.

Результаты и обсуждение. Мучнистую росу на растениях яровой тритикале в условиях Дальневосточного региона отмечали в различной степени ежегодно, средняя интенсивность развития заболевания по годам составляла от 34 до 73% (см. рисунок). Первые симптомы проявлялись в фазе всходов, максимального развития болезнь достигала в межфазный период колошение–цветение.



Распространение мучнистой росы у коллекционных образцов тритикале: □ – Mean, ▭ – Mean ± SD, T – Mean ± 1,96 × SD

В результате исследований образцы яровой тритикале по распространению инфицирования (*P*) мучнистой росой при развитии заболевания по всей площади (*R*=80...100%) были распределены следующим образом: средневосприимчивые – 15%, восприимчивые – 42%, сильно восприимчивые – 43%.

К первой группе (средневосприимчивые) отнесены сорта Аморе, Саур, Праг 409, Дагво (Россия), Лана, Лотос (Беларусь), Згурівський, Оберіг харківський (Украина), 70 HN 458 (Канада), Je 57(США), Аноас 5, МХ 51 (Мексика), Tleridal (Швейцария). Распространение заболевания (*P*) на растениях этих образцов в среднем

за годы исследований составляло 38% с варьированием по годам в следующих диапазонах: в 2015 г. – 29...42%, 2016 г. – 37...43%, 2017 г. – 46...58%, 2018 г. – 34...43%, 2019 г. – 22...35%, 2020 г. – 45...54%, 2021 г. – 28...48%, в 2022 г. – 10...30%.

Сорта, вошедшие во вторую группу (восприимчивые) – Скорый, Скорый 2, Золотой Гребешок, Ярило, ЗГ 186, Память Мережко, Ровня, Амиго, СПТГ 5–2, Праг 503, Праг 505, Т-378, Квадро, Ярик, Праг 46/1 (Россия), AC Certa (Канада), Виктория, Кобзар, Хлібодар харківський, Коровай харківський (Украина), Ульяна, Узор, Клад, Рубин, Магнит, Привет (Беларусь), Brio, Sandio (Швейцария), Crato (Португалия), Gabo, Wanad, Kargo (Польша), Ardi 1/Торо 1419//Erizo 9/4, Ardi 1/Торо 1419//Erizo 9/3, Fahad 8–2*2// PTR/PND–Т/3 (Мексика). В среднем за годы исследований распространение (Р) болезни в их посевах достигало 65%: в 2015 г. – 52...75%, 2016 г. – 63...78%, 2017 г. – 82...94%, 2018 г. – 45...58%, 2019 г. – 52...60%, 2020 г. – 73...89%, 2021 г. – 53...90%, в 2022 г. – 35...45%.

Сильное поражение наблюдали у сортов Кармен, Норманн, ЛТ-Ф6–540–4, Доброе, Россика, Заозерье, Доброе (Россия), Примэвара 5 (Молдавия), AC Soría, AC Alta (Канада), Moloc 4, F7NV Tcl 154, Alamos (Tcl.84), Pollmer 2.1.1, Presto // 2*Тесмо 1 / Mus x 603, Tapir S, Presto 401 (Мексика), Садко, Русло (Беларусь), Жайворонок харківський, Аист харьковский, Соловей харківський, Арсенал, Крупільске, Микола, Легінь харківський, Харків АВІАС, ЯТХ 42, ЯТХ 26–07 (Украина), Trik (Франция), Таугус (Великобритания), Guadajira (Испания), Лайлак богари (Таджикистан), Breakwell (Австралия), Jenk-60 (США), IT (71/72) – Armadillo (Португалия) с распространением заболевания (Р) в 2015 г. 82...98%, 2016 г. – 81...86%, 2017 г. – 76...79%, 2018 г. – 58...100%, 2019 г. – 77...81%, 2020 г. – 84...90%, 2021 г. – 82...98%, в 2022 г. – 41...44%.

Интенсивность развития и распространение фитопатогенов в значительной степени определяют погодные условия периода вегетации. В годы исследования на развитие возбудителя мучнистой росы яровой тритикале наибольшее влияние оказывали осадки в период от трубкования до колошения растений ($r=0,861...0,897$, $P \geq 95\%$). Самому интенсивному развитию мучнистой росы способствовало обильное выпадение осадков в июне – на 10...167% больше среднемесячных значений. Среднесуточная температура воздуха не оказывала влияния на поражение тритикале возбудителем мучнистой росы ($r=0,140...0,232$).

Для установленной зависимости было составлено уравнение прямолинейной регрессии:

$$Y = 53,973 + 0,5562 \times X,$$

где Y – интенсивность развития возбудителя мучнистой росы, %; X – сумма осадков, выпавших за вторую декаду июня, мм.

С использованием этого уравнения можно прогнозировать развитие заболевания в посевах яровой тритикале в зависимости от количества выпавших осадков.

Выводы. В результате исследований выделены средневосприимчивые ($P=30...40\%$) сорта яровой тритикале – Аморе, Саур, Праг 409, Дагво (Россия), Лана, Лотос (Беларусь), Згурівський, Оберіг харківський (Украина), 70 HN 458 (Канада), Je 57 (США), Aноас 5, МХ 51 (Мексика), Tleridal (Швейцария). Все остальные образцы в почвенно-климатических условиях региона характеризовались сильной восприимчивостью к воз-

будителям мучнистой росы, поэтому необходим поиск устойчивых генотипов и селекции культуры тритикале в регионе по данному направлению.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ.

Работа финансировалась за счет средств бюджета института (учреждения, организации) – номер госзадания 0822–2014–0007; FWWR 2019–0020. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ.

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Захарченко В. А. Экономика оценки проявления микозов и угнетения эпифитотий стратегических культур // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 12. С. 95–98. doi: 10.24411/0235-2451-2020-11216.
2. Афанасенко О. С. Генетическая защита зерновых культур: итоги и перспективы // *Защита и карантин растений*. 2020. № 9. С. 3–7.
3. Virulence structure of the powdery mildew (*Blumeria graminis*) population occurring on triticale (*x Triticosecale*) in Poland / H. J. Czembor, O. Domeradzka, J. Czembor, et al. // *Journal of Phytopathology*. 2014. No. 162. P. 499–512. doi: 10.1111/jph.12225.
4. Bradshaw M., Tobin P. Sequencing herbarium specimens of a common detrimental plant disease (powdery mildew) // *Phytopathology*. 2020. Vol. 110. P. 1248–1254. doi: 10.1094/PHYTO-04-20-0139-PER.
5. Азбукина З. М. Возбудители болезней сельскохозяйственных растений Дальнего Востока. М.: Наука, 1980. 370 с.
6. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М. Фитопатогенная биота в условиях потепления климата (обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. № 3. С. 6–13. doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-006-013.
7. Димитриенко О. В. Мучнистая роса зерновых культур и меры борьбы с ней в Краснодарском крае // *Тенденции развития науки и образования*. 2022. № 90–4. С. 11–14. doi: 10.18411/trnio-10-2022-144.
8. Ретьмян С. В., Ключевич М. М. Заболевания листьев тритикале озимой в Полесье Украины // *Защита и карантин растений*. 2017. № 4. С. 24–26.
9. Ковтуненко В. Я., Панченко В. В., Калмыш А. П. Селекция тритикале с пшеничным типом зерна // *Зерновое хозяйство России*. 2016. № 1. С. 42–47.
10. Simultaneous transfer of leaf rust and powdery mildew resistance genes from hexaploid triticale cultivar Sorento into bread wheat / F. Li, Y. Li, C. Li-rong, et al. // *Frontiers in Plant Science*. 2018. No. 9. P. 85–98. doi: 10.3389/fpls.2018.00085.
11. Hybridization of powdery mildew strains gives rise to pathogens on novel agricultural crop species / F. Menardo, C. Praz, S. Wyder, et al. // *Nature Genetics*. 2016. No. 48. P. 201–205. doi: 10.1038/ng.3485.
12. Evaluation of resistance to powdery mildew in triticale seedlings and adult plants / V. Troch, K. Audenaert, A. Vanheule, et al. // *Plant Disease*. 2013. No. 97. P. 410–417. doi: 10.1094/PDIS-02-12-0161-RE.
13. Klocke B., Flath K., Miedaner T. Virulence phenotypes in powdery mildew (*Blumeria graminis*) populations and resistance genes in triticale (*x Triticosecale*) // *European Journal of Plant Pathology*. 2013. No. 137. P. 463–476. doi: 10.1007/s10658-013-0257-9.

14. Мамаева В. С., Еремин Д. И. Генетическая устойчивость зерновых культур к болезням – как фактор экологизации земледелия // *Эпохи науки*. 2022. № 30. С. 27–32. doi: 10.24412/2409-3203-2022-30-27-32.
15. Non-parent of origin expression of numerous effector genes indicates a role of gene regulation in host adaptation of the hybrid triticale powdery mildew pathogen / C. Praz, F. Menardo, M. D. Robinson, et al. // *Frontiers in Plant Science*. 2018. No. 9. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.00049/full> (дата обращения 28.12.2023). doi: 10.3389/fpls.2018.00049.
16. Лебедева Т. В., Брыкова А. Н., Зуев Е. В. Устойчивость к мучнистой росе скандинавских образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. Т. 181. № 3. С. 146–154. doi: 10.30901/2227-8834-2020-3-146-154.
17. Новый сорт яровой мягкой пшеницы Анфея / Т. А. Асеева, К. В. Зенкина, И. В. Ломакина, и др. // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 4. С. 61–65. doi: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-61-65.
18. Койшыбаев М., Муминджанов Х. Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур. Анкара: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, 2016. 42 с.

Поступила в редакцию 02.12.2023

После доработки 20.12.2023

Принята к публикации 09.01.2024