



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНГИЦИДНОЙ ЗАЩИТЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ МУЧНИСТОЙ РОСЫ И ПИРЕНОФОРОЗА

✉ Кекало А.Ю., Заргарян Н.Ю., Немченко В.В.

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр  
Уральского отделения Российской академии наук  
Екатеринбург, Россия  
✉ e-mail: alena.kekalo@mail.ru

Представлены результаты исследования эффективности средств защиты растений против мучнистой росы (*Blumeria graminis*) и пиренофороза (*Pyrenophora tritici-repentis*) для яровой пшеницы. Отмечено, что вероятность массового поражения посевов фитопатогенами определяется запасом инфекционного начала возбудителей болезней, восприимчивостью растения-хозяина и благоприятностью погодных условий для их развития и распространения. Эксперимент проведен с использованием общепринятых в Российской Федерации методик. За период наблюдений степень поражения растений более 20% в фазу колошения отмечена в 46% лет наблюдений (в 2009, 2013, 2014, 2016, 2017 гг.). Эпифитотийное развитие мучнистой росы совместно с бурой листовой ржавчиной (*Puccinia triticina* Eriks.) зарегистрировано в 2013–2014 и 2016–2017 гг. За 2009–2019 гг. степень поражения растений более 20% в фазу колошения отмечена в 46% лет наблюдений (в 2009, 2013, 2014, 2016, 2017 гг.). Эффективную защиту пшеницы от мучнистой росы (75–87%) обеспечивали фунгициды на основе 2–3 действующих веществ. Биологическая эффективность биофунгицида (*Bacillus subtilis*) проявлялась только в годы с умеренным поражением пшеницы и не превышала средний уровень – 58%. Оперативный контроль желтой пятнистости листьев пшеницы целесообразнее осуществлять препаратами на основе таких действующих веществ, как «азоксистробин + эпоксиконазол», «тебуконазол + пропиконазол». Уровень статистически достоверного сохраненного за счет фунгицидной защиты урожая в годы депрессии составлял 5–6%, при умеренном развитии болезней листьев за счет химических фунгицидов – 18%, а биопрепарат обеспечивал прибавку продуктивности 9%. В годы эпифитотий химзащита посевов сохраняла в среднем 24% урожайности пшеницы, лучшей результативностью и стабильностью действия обладали поликомпонентные препараты, а биологическая защита растений в этих условиях была малоэффективна.

**Ключевые слова:** мучнистая роса, пиренофороз, яровая пшеница, фунгициды

## EFFECTIVENESS OF FUNGICIDAL PROTECTION OF SPRING WHEAT AGAINST POWDERY MILDEW AND TAN SPOT

✉ Kekalo A.Yu., Zargaryan N.Yu., Nemchenko V.V.

Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
Ekaterinburg, Russia  
✉ e-mail: alena.kekalo@mail.ru

The results of the study of the effectiveness of plant protection products against powdery mildew (*Blumeria graminis*) and tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) for spring wheat are presented. It has been noted that the probability of mass destruction of crops by phytopathogens is determined by the stock of the infectious beginning of pathogens, the susceptibility of the host plant and the

favorable weather conditions for their development and spread. The experiment was carried out using the methods generally accepted in the Russian Federation. During the observation period, the degree of plant damage of more than 20% in the heading phase was noted in 46% of the years of observation (in 2009, 2013, 2014, 2016, 2017). Epiphytotic development of powdery mildew together with brown leaf rust (*Puccinia triticina* Eriks.) was registered in 2013–2014 and 2016–2017. For 2009–2019 the degree of plant damage of more than 20% in the heading phase was noted in 46% of the years of observation (in 2009, 2013, 2014, 2016, 2017). Effective protection of wheat against powdery mildew (75–87%) was provided by fungicides based on 2–3 active ingredients. The biological effectiveness of the biofungicide (*Bacillus subtilis*) was manifested only in the years with moderate wheat damage and did not exceed the average level of 58%. It is more expedient to carry out operational control of yellow spotting of wheat leaves with preparations based on such active substances as "azoxystrobin + epoxiconazole", "tebuconazole + propiconazole". The level of statistically significant yield preserved due to fungicidal protection during the years of depression was 5–6%, with a moderate development of leaf diseases due to chemical fungicides - 18%, and the biological product provided an increase in productivity of 9%. During the years of epiphytotic, the chemical protection of crops retained an average of 24% of the wheat yield, polycomponent preparations had the best performance and stability of action, and the biological protection of plants under these conditions was ineffective.

**Keywords:** powdery mildew, tan spot, spring wheat, fungicides

**Для цитирования:** Кекало А.Ю., Заргарян Н.Ю., Немченко В.В. Эффективность фунгицидной защиты яровой пшеницы от мучнистой росы и пиренофороза // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 45–52. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-6>

**For citation:** Kekalo A. Yu., Zargaryan N. Yu., Nemchenko V. V. Effectiveness of fungicidal protection of spring wheat against powdery mildew and tan spot. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 45–52. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-6>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Благодарность

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН № 0532-2021-0002.

#### Acknowledgments

The studies were carried out in accordance with the research plan of the FSBSI UrFASRC, UrB RAS No. 0532-2021-0002.

## ВВЕДЕНИЕ

Значительный ущерб урожайности и качеству зерна яровой пшеницы наносят инфекционные болезни, в основном они грибной этиологии. Потери урожая зерновых культур от их воздействия могут достигать 30% [1]. Оперативным методом контроля фитопатогенов, питающихся на листьях, является применение фунгицидных средств, которые угнетают и (или) останавливают развитие микроорганизмов. Однако интенсивное применение пестицидов биоцидной природы приводит к химическому загрязнению экосистем, а также к появлению резистентных к пестицидам форм патогенов. Использование данного метода в системе защиты растений должно быть обоснованным [1–3].

Возбудители таких болезней злаковых культур, как мучнистая роса и пиренофороз или желтая пятнистость листьев, являются вредоносными инфекциями, способными привести к потерям урожайности от 5–10% при умеренном развитии инфекций до 35–50% в годы эпифитотий [1, 2]. Мучнистой росой поражаются все хлебные и многие кормовые и дикорастущие злаки. *Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *Triticum March* – сложный вид гриба, в состав которого входят специализированные формы, способные заражать один или несколько видов злаков [2–4].

Распространение мучнистой росы достаточно широкое: Европа, Азия, Африка, Америка, Австралия. В России заболевание наблюдается повсеместно, но особенно вре-

доносно в Уральском и Волго-Вятском регионах, на Северном Кавказе, в Поволжье, Центрально-Черноземном районе [3, 4]. Имеет оно хозяйственное значение в Беларуси, Казахстане, на Украине, странах Балтии, Закавказье, а также в других зерносеющих регионах Евразии [4]. Районы с возделыванием озимых и яровых злаковых культур находятся в особой зоне фитосанитарного риска, поскольку грибы выстраивают высокоэффективный «конвейер питания». Вредоносность мучнистой росы проявляется прежде всего в уменьшении ассимиляционной поверхности и в разрушении хлорофилла и других пигментов [2, 5]. Основываясь на практическом опыте, следует отметить, что часто агрономы не воспринимают поражение растений данным патогеном как угрозу урожаю в отличие, например, от ржавчины. В результате не предпринимаются своевременные меры защиты, что приводит к потере урожайности пшеницы и снижению качества зерна, накоплению инокулюма на полях.

Мучнистая роса способна питаться только на живых зеленых растениях, то есть пока растение-хозяин зеленое, до тех пор живет и гриб. Он не выделяет токсинов и не пытается быстро убить растение. Иное отношение к растению хозяину выказывает возбудитель пиренофороза, который является некрофитом и продуцирует хозяин-специфичные токсины [2, 5–8]. Эти токсины индуцируют симптомы некроза или хлороза при взаимодействии с соответствующими им генами восприимчивости [9].

Желтая пятнистость листьев – относительно новая болезнь пшеницы для Уральского региона. Возбудитель болезни аскомицетный гриб *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler. В Северной Америке и в Австралии она проявилась на уровне эпифитотий еще в 70-е годы XX в.; в Европе (включая Россию) – в 80-е годы. Эпифитотии этой болезни периодически наблюдаются в разных странах мира, потери зерна у восприимчивых сортов достигают 65% [5, 7–10]. Следует помнить, что излишнее внимание созданию сортов, устойчивых к од-

ной из болезней, может привести к генетической уязвимости другими болезнями, что имело место ранее в Канаде. Распространению желтой пятнистости могла способствовать также современная система обработки почвы (mini-till, no-till), при которой на ее поверхности остается большое количество растительных остатков, где обитают псевдоперитеции *P. tritici-repentis* [11, 12].

Оперативный контроль листовых инфекций осуществляется посредством обработки растений фунгицидами. На вопрос об оправданном их использовании ответить нелегко, так как применение средств защиты растений является инвестицией в часто непредсказуемое будущее. Для результативности защитных мероприятий следует вносить фунгициды адресно, учитывая уровень напряженности фитосанитарной обстановки, спектр действия препарата, ценовые категории на зерно и пестициды. Многочисленные научные (собственные и литературные) данные показывают, что тот или иной запас инфекции не всегда может привести к массовому развитию болезни. Важен мониторинг развития фитопатогенов и погодных условий периода вегетации [13, 14].

Вопросы контроля пятнистостей листьев актуальны практически в каждый растениеводческий сезон. В реалиях настоящего времени, когда традиционные отвальные технологии обработки почвы заменяются на ресурсо- и влагосберегающие системы (mini-till, no-till), на стерневых остатках в поле успешно сохраняется запас инфекционных начал таких болезней растений, как мучнистая роса, пиренофороз, септориоз, фузариоз и др.

Цель исследований – определить уровень развития мучнистой росы и пиренофороза на пшенице яровой (*Triticum aestivum* L.) в условиях Зауралья и эффективность фунгицидных препаратов для контроля фитопатогенов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены в 2009–2019 гг. на опытном поле Курганского научно-исследовательского института сельского хо-

зяйства – филиала Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (УрФАНИЦ УрО РАН) в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по теме: «Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимизации обработки почвы, диверсификации севооборотов, рационального применения пестицидов и биопрепаратов, сохранения и повышения почвенного плодородия и разработать информационно-аналитический комплекс компьютерных программ, обеспечивающий инновационное управление системой земледелия». В опытах использована яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) сорта Омская 36. Предшественником являлся чистый ранний пар. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднегумусный среднесуглинистый. Обработки посевов фунгицидами проводили в фазу выхода флагового листа (ф. 37 по Цадоксу) опрыскивателем «Solo 456», оборудованным метровой штангой, расход рабочего раствора 300 л/га. Площадь делянки 20 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная, размещение делянок систематическое. Для устранения влияния сорняков проводилась фоновая обработка опыта баковой смесью гербицидов. Наблюдения и учеты проведены по общепринятым в Российской Федерации методикам<sup>1-3</sup>. Расчет биологической эффективности препаратов проводили по формуле Аббота.

Схема опыта включала следующие флиарные фунгициды: пропиконазол 250 + ципроконазол 80 г/л (Альто Супер), спирокарсамин 250 + тебуконазол 167 + триадименол 43 г/л (Фалькон), пропиконазол 300 + тебуконазол 200 г/л (Колосаль ПРО), тиофанат-метил 310 + эпоксиконазол 187 г/л (Рекс Дуо), пропиконазол 140 + тебуконазол 140 +

эпоксиконазол 72 г/л (Триада), тебуконазол 225 + флутриафол 75 г/л (Страйк Форте), пропиконазол 390 г/л (Титул 390), ципроконазол 400 г/л (Рекрут), тебуконазол 250 г/л (Шансил), азоксистробин 240 + эпоксиконазол 160 г/л (Спирит), *Bacillus subtilis*, штамм 26Д (Фитоспорин-М, Ж), а также контроль без фунгицидной защиты.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Мониторинг развития грибных инфекций на листьях пшеницы яровой показал, что мучнистая роса осуществляла питание на них практически ежегодно, первичные симптомы поражения отмечались, как правило, в конце фазы выхода в трубку (фенофаза 34–36 по Цадоксу). Эпифитотийное развитие мучнистой росы в комплексе с бурой листовой ржавчиной (*Puccinia triticina* Eriks.) зарегистрировано в 2013, 2014 и 2016, 2017 гг. В 2015–2017 гг. в период цветения – налива зерна наблюдали также поражение соломины и стеблевой ржавчиной (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.). За 2009–2019 гг. степень поражения растений свыше 20% в фазу колошения отмечена в 46% лет наблюдений (в 2009, 2013, 2014, 2016, 2017 гг.).

Результаты полевых экспериментов по определению результативности защитного действия фунгицидов показали, что высокую биологическую эффективность (более 80%) в отношении пиренофороза обеспечивали такие сочетания фунгицидных действующих веществ, как «азоксистробин 240 + эпоксиконазол 160 г/л», «пропиконазол 300 + тебуконазол 200 г/л», «тиофанат-метил 310 + эпоксиконазол 187 г/л», а также препарат на основе тебуконазола (см. табл. 1). Слабый контроль гриба *Pyrenophora tritici-repentis* отмечен на вариантах с однокомпонентными фунгицидами на основе ципроконазола и пропиконазола (38.0–45.6%) (см. табл. 1). Распространенность инфекций

<sup>1</sup>Экологический мониторинг и методы совершенствования защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков: методические рекомендации / под ред. В.И. Танского. СПб.: ВИЗР, 2002. 76 с.

<sup>2</sup>Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1989. 239 с.

<sup>3</sup>Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВИЗР, 2009. 378 с.

**Табл. 1.** Поражение пшеницы яровой пиренофорозом в зависимости от применения фунгицидных препаратов, 2018, 2019 гг.

**Table 1.** Damage to spring wheat by *Pyrenophora tritici-repentis* depending on the use of fungicides, 2018, 2019

Вариант	Развитие болезни в период налива зерна (ф. 71–73), %	Биологическая эффективность препарата, %*	Распространенность болезни в период налива зерна, %
Контроль без фунгицидной обработки	3,89	–	75,0
Пропиконазол 390 г/л (Титул 390 0,26 л/га)	2,12	45,6	72,5
Ципроконазол 400 г/л (Рекрут 0,2 л/га)	2,41	38,0	75,0
Тебуконазол 250 г/л (Шансил 1 л/га)	0,60	84,5	80,0
Пропиконазол 250 + ципроконазол 80 г/л (Альто Супер 0,4 л/га)	1,17	69,9	76,5
Пропиконазол 300 + тебуконазол 200 г/л (Колосаль ПРО 0,4 л/га)	0,62	84,2	63,5
Тиофанат-метил 310 + эпоксиконазол 187 г/л (Рекс Дуо 0,5 л/га)	0,73	81,2	67,5
Тебуконазол 225 + флутриафол 75 г/л (Страйк Форте 0,5 л/га)	1,00	74,4	75,5
Азоксистробин 240 + эпоксиконазол 160 г/л (Спирит 0,6 л/га)	1,00	94,4	45,0
Спироксамин 250 + тебуконазол 167 + триадименол 43 г/л (Фалькон 0,6 л/га)	1,83	53,0	82,5
Пропиконазол 140 + тебуконазол 140 + эпоксиконазол 72 г/л (Триада 0,6 л/га)	0,79	79,7	71,0
<i>Bacillus subtilis</i> , штамм 26Д (Фитоспорин-М 1 л/га)	4,14	5,4	70,0

\*Расчет проведен по формуле Аббота.

до 45% снижал только препарат Спирит на основе азоксистробина и эпоксиконазола.

Первичные признаки поражения пшеницы мучнистой росой фиксировали преимущественно в фазу выхода в трубку. Дальнейшая скорость развития инфекции напрямую зависела от гидротермических условий. Многолетние данные свидетельствуют о том, что развитие *Blumeria graminis* находилось в заметной отрицательной связи ( $r = -0,65-0,70$ ) с температурой в периоды от кущения до выхода флагового листа и от колошения до цветения, а также в тесной положительной связи ( $r = 0,77-0,82$ ) с осадками периода стеблевания пшеницы.

В годы с умеренным и массовым поражением растений отмечена хорошая (более 70%) биологическая эффективность химических фунгицидов. Биологический фунгицид в условиях эпифитотии и депрессии не справлялся с защитной функцией (33–35% техническая эффективность) (см. табл. 2).

В 2011 и 2015 гг. степень поражения растений характеризовалась как умеренное

развитие (10% в ф. 51–61). Биологическая эффективность изучаемых химических фунгицидов составляла 77–79%, что практически на уровне результативности в годы массового развития инфекций. Биологический препарат при умеренном развитии мучнистой росы на 58% снижал степень поражения растений. В эти годы отмечено меньше засушливых явлений во второй половине вегетации, и результативность инокуляции бактерий на листьях пшеницы существенно повышалась. В годы массового развития аэрогенных инфекций своевременные фунгицидные обработки сохраняли значительную часть урожая пшеницы. При этом корреляционная зависимость урожайности и степени поражения болезнями характеризовалась как сильная отрицательная ( $r = -0,94$ ). При умеренном поражении растений теснота зависимости снижалась ( $r = -0,85$ ).

Биологическая эффективность препаратов фунгицидного действия в отношении суммарного поражения всеми листовыми инфекциями характеризовалась как хорошая

**Табл. 2.** Биологическая эффективность фунгицидных препаратов при разных уровнях поражения пшеницы мучнистой росой, 2009–2017 гг.

**Table 2.** Biological effectiveness of fungicidal preparations at different levels of wheat damage by powdery mildew, 2009-2017

Вариант	Эпифитотия листовых инфекций (2009, 2013, 2014, 2016, 2017 гг.)		Умеренное развитие инфекций (2011, 2015 гг.)		Депрессия (2018, 2019 гг.)	
	R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %
Контроль без фунгицидной обработки	38,9	–	10,0	–	3,4	–
Пропиконазол 250 + ципроконазол 80 г/л (Альто Супер 0,4 л/га)	9,9	75	2,3	77	1,1	68
Пропиконазол 300 + тебуконазол 200 г/л (Колосаль ПРО 0,4 л/га)	9,1	77	2,2	78	0,9	74
Тиофанат-метил 310 + эпоксиконазол 187 г/л (Рекс Дуо 0,5 л/га)	8,6	78	2,1	79	1,6	53
Спироксамин 250 + тебуконазол 167 + триадименол 43 г/л (Фалькон 0,6 л/га)	5,1	87	2,3	77	1,7	50
<i>Vaccillus subtilis</i> , штамм 26Д (Фитоспорин-М 1 л/га)	25,9	33	4,2	58	2,2	35

Примечание: R – развитие болезни в период колошения – цветения (ф. 55–65 по Цадоксу); БЭ – биологическая эффективность препарата по формуле Аббота.

(66–68%) на вариантах Титул 390 и Рекрут и достигала 80–90% при обработках препаратами на основе 2–3 действующих веществ. Биологический фунгицид Фитоспорин-М в среднем за годы исследований обеспечивал контроль болезней листьев на 40%. Урожайность пшеницы яровой в опыте составила в среднем за годы исследований 21,9 ц/га (от 10 ц/га в острозасушливых 2010 и 2012 гг. до 39 ц/га в благоприятном 2011 г.), что для условий влагообеспеченности вегетационного периода 175–200 мм является хорошей продуктивностью.

Уровень сохраненного за счет фунгицидной защиты урожая составлял 5–6% в годы депрессии. Применение химических фунгицидов при умеренном развитии болезней листьев позволяло сберечь 18% урожайности, а биопрепарат обеспечивал прибавку продуктивности 9% к контролю, что было статистически достоверно во всех случаях. В годы эпифитотий химзащита посевов сохраняла в среднем 24% урожайности пшеницы, лучшей результативностью и стабильностью действия обладали поликомпонентные препараты.

## ВЫВОДЫ

1. Мониторинг развития грибных инфекций на листьях пшеницы яровой показал, что мучнистая роса осуществляла питание на них практически ежегодно, первичные признаки поражения отмечались, как правило, в конце фазы выхода в трубку (фенофаза 34–36 по Цадоксу). За 2009–2019 гг. степень поражения растений более 20% в фазу колошения отмечена в 46% лет наблюдений (в 2009, 2013, 2014, 2016, 2017 гг.).

2. Эффективную защиту пшеницы от мучнистой росы (75–87%) обеспечивали фунгициды на основе 2–3 действующих веществ. Биофунгицид показал среднюю биологическую эффективность только в годы с умеренным поражением пшеницы.

3. Оперативный контроль желтой пятнистости листьев (пиренофороза) пшеницы целесообразнее осуществлять препаратами на основе таких действующих веществ, как «азоксистробин + эпоксиконазол», «пропиконазол + тебуконазол». Биологический фунгицид слабо контролировал данный вид фитопатогена.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санин С.С. Адаптивная защита растений – важнейшее звено современного растениеводства // Защита и карантин растений. 2019. № 2. С. 3–10.
2. Кекало А.Ю., Немченко В.В., Заргарян Н.Ю., Цыпышева М.Ю. Защита зерновых культур от болезней: монография. Куртамыш, ООО «Куртамышская типография». 2017. 172 с.
3. Санин С.С. Фитосанитарная экспертиза зернового поля и принятие решений по опрыскиванию пшеницы фунгицидами // Приложение к журналу “Защита и карантин растений”. 2016. № 5. С. 83–88.
4. Бабоса А.В., Комарова Г.И. Морфология и ориентация первичных инфекционных структур некоторых специализированных форм возбудителя мучнистой росы злаков // Микология и фитопатология. 2019. Т. 53. № 3. С. 146–155. DOI: 10.1134/S0026364819030048.
5. Коишибаев М. Болезни пшеницы: монография. Анкара. 2018. 365 с.
6. Левитин М.М. Микроорганизмы в условиях глобального изменения климата // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 641–647. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.641rus.
7. Доронин В.Г., Ледовский Е.Н., Кривошеева С.В. Эффективность защиты яровой мягкой пшеницы от листостеблевых болезней в Южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2017. № 2 (47). С. 6–12.
8. Кохметова А.М., Коваленко Н.М., Кумарбаева М.Т. Структура популяции *Pyrenophora tritici-repentis* в Республике Казахстан и идентификация устойчивой к пиренофорозу гермоплазмы пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. № 24 (7). С. 722–729. DOI 10.18699/VJ20.666.
9. Мироненко Н.В., Коваленко Н.М. Особенности взаимодействия генов *Tsn1* и *Toxa* в патосистеме *Triticum aestivum* – *Pyrenophora tritici-repentis* // Вестник защиты растений. 2018. № 2 (96). С. 12–16.
10. Евсеев В.В. Пиренофороз пшеницы в лесостепи Южного Зауралья: монография. Beau Bassac: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 148 с.
11. Lamari L., McCallum B.D., DePauw R.M. Forensic pathology of Canadian bread wheat: The case tan spot // Phytopathology. 2005a. Vol. 95. № 2. P. 144–152.

12. Михайлова Л.А., Тернюк И.Г., Мироненко Н.В. Характеристика популяций *Pyrenophora tritici-repentis* по признаку вирулентности // Микология и фитопатология. 2010. Т. 44. № 3. С. 262–272.
13. Кекало А.Ю., Немченко В.В. Болезни яровой пшеницы и оперативные приемы борьбы с ними // АПК России. 2017. Т. 24. № 5. С. 1093–1098.
14. Научно обоснованная зональная система земледелия Свердловской области: монография. Екатеринбург: Издательство ООО "Джи Лайм", 2020. 372 с.

## REFERENCES

1. Sanin S.S. Adaptive protection of plants: the most important component of the modern plant cultivation. *Zashchita i karantin rastenii = Plant protection and quarantine*, 2019, no. 2, pp. 3–10. (In Russian).
2. Kekalo A.Yu., Nemchenko V.V., Zargaryan N.Yu., Tsypysheva M.Yu. *Protection of grain crops from diseases*. Kurtamysh, ООО «Kurtamyshskaya tipografiya», 2017, 172 p. (In Russian).
3. Sanin S.S. Phytosanitary examination of the grain field and decision-making on the spraying of wheat with fungicides. *Prilozhenie k zhurnal "Zashchita i karantin rastenii" = Supplement to the journal Plant Protection and Quarantine*, 2016, no. 5, pp. 83–88. (In Russian).
4. Babosha A.V., Komarova G.I. Morphology and orientation of primary infectious structures of some specialized forms of the pathogen of powdery mildew of cereals. *Mikologiya i fitopatologiya = Mycology and Phytopathology*, 2019, vol. 53, no. 3, pp. 146–155. (In Russian). DOI: 10.1134/S0026364819030048.
5. Koishibaev M. *Diseases of wheat*. Ankara, 2018, 365 p.
6. Levitin M.M. Microorganisms and global climate change. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural biology*, 2015, vol. 50, no. 5, pp. 641–647. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.641rus.
7. Doronin V.G., Ledovskiy E.N., Krivosheeva S.V. Effectiveness of spring soft wheat protection against leaf-stem diseases in the Southern forest-steppe of Western Siberia. *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filippova = Bulletin of the Buryat*

- State Agricultural Academy n.a. V.R. Filippov*, 2017, no. 2 (47), pp. 6–12. (In Russian).
8. Kokhmetova A.M., Kovalenko N.M., Kumbayeva M.T. *Pyrenophora tritici-repentis* population structure in the Republic of Kazakhstan and identification of wheat germplasm resistant to tan spot. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2020, no. 24 (7), pp. 722–729. (In Russian). DOI 10.18699/VJ20.666.
  9. Mironenko N.V., Kovalenko N.M. Peculiarities of interaction of *Tsn1* and *Toxa* genes in *Triticum aestivum* - *Pyrenophora tritici-repentis* pathosystem. *Vestnik zashchity rastenii = Plant Protection News*, 2018, no. 2 (96), pp. 12–16. (In Russian).
  10. Evseev V.V. *Pyrenophorosis of wheat in the forest-steppe of Southern Urals*. Beau Bassac, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018, 148 p. (In Russian).
  11. Lamari L., McCallum B.D., DePauw R.M. Forensic pathology of Canadian bread wheat: The case tan spot. *Phytopathology*, 2005a, vol. 95, no. 2, pp. 144–152.
  12. Mikhailova L.A., Ternyuk I.G., Mironenko N.V. Characteristic of *Pyrenophora tritici-repentis* populations by their virulence. *Mikologiya i fitopatologiya = Mycology and Phytopathology*, 2010, vol. 44, no. 3, pp. 262–272. (In Russian).
  13. Kekalo, A. Yu., Nemchenko V.V. Diseases of spring wheat and efficient techniques to control them. *APK Rossii = Agro-Industrial Complex of Russia*, 2017, vol. 24, no. 5, pp. 1093–1098. (In Russian).
  14. *Scientifically substantiated zonal system of agriculture in the Sverdlovsk region*. Ekaterinburg, OOO "Dzhi Laim" Publ., 2020, 372 p. (In Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Кекало А.Ю.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 620142, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Белинского, 112а; e-mail: alena.kekalo@mail.ru

**Заргарян Н.Ю.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

**Немченко В.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник

#### AUTHOR INFORMATION

✉ **Alena Yu. Kekalo**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 112a, Belinskogo St., Ekaterinburg, Sverdlovsk Region, 620142, Russia; e-mail: alena.kekalo@mail.ru

**Natalia Yu. Zargaryan**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

**Vladimir V. Nemchenko**, Doctor of Science in Agriculture, Professor, Head Researcher

*Дата поступления статьи / Received by the editors 02.06.2022*  
*Дата принятия к публикации / Accepted for publication 15.08.2022*  
*Дата публикации / Published 20.02.2023*