

УДК 633.11:632.9

ФИТОСАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПШЕНИЧНОГО ПОЛЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ БОЛЕЗНЕЙ¹

© 2020 г. А. Ю. Кекало^{1,*}, В. В. Немченко¹, Н. Ю. Заргарян¹, А. С. Филиппов¹

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН (УрФАНИЦ УрО РАН)

620142 Екатеринбург, ул. Беллинского, 112а, Россия

*E-mail: alena.kekalo@mail.ru

Поступила в редакцию 03.02.2020 г.

После доработки 03.03.2020 г.

Принята к публикации 10.07.2020 г.

Приведены результаты исследований и наблюдений в течение 11 лет за фитосанитарным состоянием посевов яровой пшеницы и результативностью действия фунгицидных средств защиты растений на продуктивность и качество зерна в различные по уровню поражения годы. Меры защиты от фитопатогенов требовались в 64% лет, когда развитие болезней было эпифитотийным либо умеренным. В среднем за годы массового развития аэрогенных инфекций на пшенице хозяйственная эффективность применения препаратов фунгицидного действия была значительной (24%). При умеренном поражении пшеницы фунгицидная защита сохраняла 18% урожайности культуры. В годы с депрессивным развитием аэрогенных инфекций применение химических фунгицидов было нецелесообразным. Своевременное применение фунгицидной защиты при опасности массового распространения листовых инфекций позволяло стабилизировать получение зерна пшеницы хорошего качества с содержанием клейковины >23%.

Ключевые слова: яровая пшеница, болезни растений, фунгициды, биологическая эффективность, урожайность.

DOI: 10.31857/S0002188120100038

ВВЕДЕНИЕ

Уровень урожайности и качества зерна пшеницы, как и большинства сельскохозяйственных культур, определяется сочетанием многочисленных факторов, таких как погодные условия периода вегетации, генетические особенности возделываемых сортов, потенциал почвенного плодородия и т.п. [1]. Помимо перечисленных факторов, важнейшая роль отводится технологии возделывания и эффективной системе защиты растений от вредных организмов [2, 3]. Анализ результативности работы растениеводческих хозяйств региона показал, что в один год при схожем сортовом наборе получают зерно, существенно отличающееся по количественным и качественным пока-

зателям, следовательно, и разную экономическую эффективность [4].

Применение в растениеводческих хозяйствах Уральского региона элементов минимальных и нулевых технологий возделывания сельскохозяйственных культур привело к изменениям в составе хозяйственно-значимых болезней, сорняков и вредителей. Это в свою очередь требует разработки адекватных мер защиты растений.

Аэрогенные (листочечковые) инфекции проявляются на пшеничном поле нерегулярно, но потери урожайности в случае их массового развития могут составить >50%. Хозяйственное значение в регионе имеют такие болезни листьев злаковых культур, как бурая ржавчина, мучнистая роса, септориоз, темно-бурая пятнистость. Массовые вспышки распространения мучнистой росы в посевах пшеницы, как правило, наблюдают в 4-х–5-ти из 10 лет, как и темно-бурой пятнистости листьев [4, 5]. Бурая ржавчина может проявляться ежегодно, но в разные сроки. Массовое развитие инфекции отмечали, как правило, в годы с обильным увлажнением второй половины

¹ Исследование выполнено в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по направлению 153 Программы ФНИ государственных академий наук по теме “Усовершенствовать систему интегрированной защиты растений в ресурсосберегающих технологиях на основе одностороннего применения биологических и химических средств защиты растений нового поколения и комплексного их использования с регуляторами роста и внекорневыми подкормками”.

периода вегетации (2–3 раза в 10 лет) в сочетании с температурным режимом 18–20°C. Результаты многолетних наблюдений свидетельствуют о том, что потери урожайности пшеницы от бурой листовой ржавчины составляют в обычные годы 3–5, а в годы эпифитотий – 20–30% [4–6]. Поражение растений септориозом в основной массе лет находилось на депрессивном уровне, но с ростом числа стерневых фонов усилилась вредоносность данного фитопатогена [7, 8]. В отсутствии оборота почвенного пласта и усиления пестицидного прессинга на агроценоз имеет место усиление развития желтой пятнистости листьев (пиренофороза), фузариоза колоса [9, 10]. В период 2015–2017 гг. на пшенице практически всех возделываемых сортов отмечали развитие стеблевой ржавчины пшеницы. Аналогичные поражения наблюдали в Западной Сибири [11–13], в Казахстане [3], в Центральном регионе РФ [14].

Современный российский рынок средств защиты растений предлагает широкий набор препаратов фунгицидного действия для пшеницы [15]. Но эффективность защитных обработок не всегда бывает хорошей. Причины этого – как в несоблюдении технологии внесения пестицидов, так и в ошибках со сроками внесения, а также с выбором препаратов [16, 17].

Цель работы – изучение уровня поражения растений в посевах в различные годы и оценка действия фунгицидов (химических и биологических) на яровую мягкую пшеницу (*Triticum aestivum* L.) для стабилизации продуктивности культуры и качества зерна в условиях УрФО.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено в лаборатории регуляторов роста и защиты растений Курганского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра Уральского отделения РАН (УрФАНИЦ УрО РАН) в 2009–2019 гг. В опытах использовали яровую мягкую пшеницу (*Triticum aestivum* L.) сорта Омская 36. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднегумусный среднесуглинистый. Предшественником яровой пшеницы был чистый ранний пар. Обработки посевов фунгицидами проводили в фазе выхода флагового листа (ф. 37 по Цадоксу) опрыскивателем “Solo 456”, расход рабочего раствора 300 л/га. Схема опыта включала контроль без фунгицидной защиты, обработки фунгицидами альто супер 0.5 л/га (ципроконазол + пропиконазол), колосаль ПРО 0.4 л/га (тебуконазол + пропиконазол), фалькон

0.6 л/га (спироксамин + тебуконазол + триадименол), триада 0.6 л/га (пропиконазол + тебуконазол + эпоксиконазол), абакус Ультра 1.5 л/га (пираклостробин + эпоксиконазол), рекс Дуо 0.5 л/га (тиофанат-метил + эпоксиконазол) и микробиологическим препаратом на основе сенной палочки фитоспорин-М, Ж 1 л/га. Площадь делянки 20 м², повторность четырехкратная, размещение делянок систематическое. Погодные условия периода вегетации в годы эпифитотий листовых инфекций характеризовались обильным увлажнением во второй ее половине (ГТК за май–август составил 0.9–1.2) и существенным количеством дней в июле–августе, когда солнечная жаркая погода сменялась дождливыми днями. В годы с умеренным распространением инфекций ГТК был также >1, но имелись отличия по годам. Например, в 2015 г. июль был с пониженным температурным режимом и обилием осадков, а в 2011 г. недобор тепла имел место во 2-й декаде июля, а в августе установилась жаркая погода; кроме этого, запас инфекционных начал после острозасушливого 2010 г. был низким. Депрессивный уровень поражения пшеницы отмечали в годы с ярко выраженной июльской засухой. Наблюдения и учеты проведены по общепринятым в РФ методикам [17–20].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В период с 2009 по 2019 гг. массовое поражение посевов пшеницы аэрогенными инфекциями отмечено в 45% лет (2009, 2013, 2014, 2016, 2017 гг.). В 2011 и 2015 гг. развитие болезней носило умеренный характер, а в 2018 и 2019 гг. уровень поражения характеризовался как депрессия. Отличия наблюдали в видовой представленности паразитических грибов на растениях пшеницы. Основными хозяйственно значимыми болезнями культуры, как правило, были бурая ржавчина (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm f. sp. *tritici*), мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *tritici* March), линейная ржавчина (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.). В последние 2 года (2018–2019 гг.) доминирующим фитопатогеном на листьях был гриб *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler., соседствовавший с мучнисто-росяными грибами. В 2010 и 2012 гг. отмечали единичное поражение листьев пятнистостями в силу острозасушливых условий периода вегетации (ГТК = 0.3).

В годы эпифитотий появление болезней фиксировали в период конец выхода в трубку–начало выхода флагового листа (ф. 32–37 по Цадоксу) с существенной скоростью процесса заражения, чему благоприятствовали погодные условия

Таблица 1. Биологическая и хозяйственная эффективность фунгицидов в посевах яровой пшеницы против листовых инфекций в годы массового и умеренного поражения (2013–2017 гг.)

Вариант	Бурая ржавчина (<i>Puccinia recondita</i> Rob. ex Desm f. sp. <i>tritici</i>), %		Мучнистая роса (<i>Blumeria graminis</i> (DC.) Speer f. sp. <i>tritici</i> March), %		Урожайность, ц/га
	%				
	развитие*	биологическая эффективность	развитие	биологическая эффективность	
Контроль	10.2	—	30.5	—	20.5
Фитоспорин-М, Ж 1 л/га	5.4	47	19.9	35	21.9
Альто Турбо 0.4 л/га	0.7	94	8.9	71	26.3
Колосаль ПРО 0.4 л/га	0.1	99	7.2	76	27.1
Абакус Ультра 1.5 л/га	0.2	98	6.0	80	27.3
Рекс Дуо 0.5 л/га	0.1	99	6.9	78	28.3
Фалькон 0.6 л/га	0.2	98	5.1	82	27.5
<i>HCP</i> ₀₅					1.7

*Определение фитосанитарного состояния посевов в период колосение–цветение, через 10 сут после фунгицидной обработки.

(влажно, тепло). Кроме того, в 2015–2017 гг. в период созревания зерна отмечали поражение соломины линейной ржавчиной, ставшей еще одной причиной существенного снижения продуктивности пшеницы (потери 9–12% только от одного вида инфекции) и массовой доли клейковины в зерне.

Вредоносность комплекса аэрогенных инфекций в годы эпифитотий составила 21–50%, и на 11–21% снижалось содержание клейковины в зерне. В таких условиях своевременное применение фунгицидов имело положительное действие на фитосанитарное состояние посевов и результативность производства зерна.

Наблюдала высокую биологическую эффективность системных препаратов против возбудителя бурой ржавчины в опыте (94–98%), биологического фунгицида – низкую (47%). В отношении мучнисто-росяных грибов подавление было несколько слабее (71–82%), результативнее боролась с данным видом инфекции поликомпонентные препараты на основе сочетаний следующих действующих веществ: спироксамин + тебуконазол + триадименол (фалькон), пиракlostробин + эпоксиконазол (абакус Ультра) (80–82%). Биофунгицид фитоспорин-М (*Bacillus subtilis*) малоэффективно подавлял мучнистую росу на листьях пшеницы (табл. 1).

В годы эпифитотий хозяйственная эффективность применения препаратов фунгицидного действия была значительной – в среднем в линейке препаратов была равна 24% при защите системными фунгицидами, при использовании биопрепарата – 8% (табл. 2). Корреляционная зависимость между

степенью поражения болезнями и урожайностью в эти годы характеризовалась как сильная отрицательная ($r = -0.75...-0.94$). Экономическая оправданность защитных мероприятий при применении фунгицидов обеспечила повышение рентабельности на 23% относительно контроля.

В годы умеренного поражения листьев инфекциями за счет химической защиты посевов сохранялось 18% урожайности, при использовании биологического препарата – 9%. Проведенные ранее исследования доказали эффективность применения в таких условиях баковых смесей половинной нормы расхода химического фунгицида с биопрепаратом на основе *Bacillus subtilis* [4]. Применение баковой смеси химического фунгицида в сниженной норме и биофунгицида способствовало сокращению фунгицидной нагрузки на посевы зерновых культур, обеспечивало надежную защиту посевов от комплекса листовых фитопатогенов на 77–81%. Сохраненный урожай составил 3.7 ц/га при использовании биопрепарата, 4.7 ц/га – при защите химическим фунгицидом и 5.3 ц/га – в варианте смеси защитой. Отмечено повышение экономической эффективности защиты растений: рентабельность биологизированной защиты была больше на 13%, чем химической защиты (табл. 3).

Важно получение качественного зерна, что в большинстве случаев без использования средств защиты невозможно. В условиях региона белковость зерна пшеницы может достигать 14–16%. Большинство районированных современных сортов пшеницы способны формировать зерно с

Таблица 2. Эффективность фунгицидной защиты яровой пшеницы в зависимости от уровня развития листовых фитопатогенов (2009–2019 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Хозяйственная эффективность	Суммарное развитие болезней	Биологическая эффективность препарата	Рентабельность*
Единичное поражение листьев (2010, 2012 гг.)					
Контроль	12.0	–	0.8	–	–12
Системный фунгицид	12.0	0	0.3	63	–22
Биофунгицид	13.7	14	0.1	88	–4
Депрессия листовых инфекций (2018, 2019 гг.)					
Контроль	27.5	–	3.9	–	93
Системный фунгицид	29.9	8	1.2	69	88
Биофунгицид	29.0	5	2.6	33	94
Умеренное развитие болезней (2011, 2015 гг.)					
Контроль	27.9	–	9.9	–	89
Системный фунгицид	32.8	18	3.8	62	96
Биофунгицид	30.5	9	4.4	56	100
Массовое развитие болезней (2009, 2013, 2014, 2016, 2017 гг.)					
Контроль	21.2	–	48.6	–	44
Системный фунгицид	27.8	24	8.8	82	67
Биофунгицид	23.0	8	30.0	38	50

Примечание. Расчеты (среднее в линейке изученных препаратов): системный фунгицид – 1200 руб./га, биофунгицид – 206 руб./га.

Таблица 3. Эффективность комбинированной фунгицидной защиты посевов яровой пшеницы (2011–2014 гг.)

Вариант	Урожайность		Рентабельность, %
	ц/га	+/- к контролю	
Контроль	23.0	–	40
Биофунгицид на основе <i>Bacillus subtilis</i> (Фитоспорин-М 1, л/га)	25.4	3.7	61
Системный фунгицид (фалькон 0.6 л/га)	26.4	4.7	58
Системный фунгицид 1/2 нормы расхода + биофунгицид	27.0	5.3	71
<i>НСР</i> ₀₅	1.9		

содержанием клейковины >23% при надлежащем питании растений и защите от вредных организмов.

В опыте массовая доля клейковины в зерне пшеницы в среднем за годы исследования в контроле составила 24.9%, в вариантах с защитой биопрепаратом – 25.3%, а при использовании химических фунгицидов – >28.0%. В годы массового и умеренного поражения листьев пшеницы болезнями корреляционная зависимость между развитием инфекций и содержанием клейковины в зерне характеризовалась как сильная и очень сильная отрицательная ($r = -0.89...-0.97$).

Достаточно часто ограничивающим фактором для качества зерна пшеницы был показатель упругости клейковины. В опыте ее ослабление до

80–92 ед. ИДК отмечали в 2009, 2013, 2014 и 2016 гг. Заметная корреляционная зависимость ($r = 0.66-0.70$) была у обсуждаемого показателя с температурным режимом в период формирования зерна и его налива (во 2-й и 3-й декадах июля и в 1-й декаде августа), что согласуется с данными других исследователей в схожих почвенно-климатических условиях.

Оценивая данные качества зерна пшеницы за годы исследования, следует отметить, что после парового предшественника с гербицидной прополкой среднеранний сорт яровой мягкой пшеницы обеспечивал получение зерна 3-го класса в контроле в 40% лет, а при использовании системных фунгицидов – в 80% лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За период наблюдений за поражением пшеницы листовыми инфекциями меры защиты требовались в 64% лет, когда развитие болезней было эпифитотийным либо умеренным. В годы эпифитотий аэрогенных инфекций своевременное применение фунгицидов имело положительное действие на фитосанитарное состояние посевов и результативность производства зерна. Биологическая эффективность системных препаратов против *Puccinia recondita* была высокой (94–98%), в отношении мучнисторосяных грибов подавление было слабее, составив 71–82%. Биофунгицид фитоспорин-М слабо боролся с инфекциями (35–47%).

В среднем за годы массового развития аэрогенных инфекций в посевах пшеницы хозяйственная эффективность применения препаратов фунгицидного действия была значительной, составив 24%. Экономически целесообразно было применение химических фунгицидов, обеспечивших рентабельность 67%, что было больше контроля на 23%.

При умеренном поражении пшеницы листовыми инфекциями хозяйственная эффективность фунгицидной защиты составила 18%, если применяли препараты на основе 2–3-х действующих веществ. Биофунгицид на основе сенной палочки позволял сохранять 9% продуктивности культуры. Целесообразным было использование баковых смесей биофунгицида с половинной нормой расхода химического препарата.

В годы с депрессивным уровнем поражения листовыми инфекциями применение химических препаратов для защиты от болезней не целесообразно, применение микробиологических средств оправдано в высокопродуктивных посевах яровой пшеницы.

Своевременное применение фунгицидной защиты при опасности массового распространения листовых инфекций позволяло стабилизировать получение зерна пшеницы хорошего качества с содержанием клейковины >23%, особенно в годы проявления не только инфекций на листьях, но и поражения соломины стеблевой ржавчиной.

Следует учитывать, что при использовании фунгицидной защиты посевов возможны затягивание периода вегетации культуры (особенно среднепоздних интенсивных сортов), сложности с уборкой и подработкой урожая, возможно наличие остаточных количеств пестицидов в продукции. Применять фунгициды нужно адресно, с соблюдением технологии внесения их в агроценоз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санин С.С. Фитосанитарная экспертиза зернового поля и принятие решений по опрыскиванию пшеницы фунгицидами // Прилож. к журн. “Защита и карантин растений”. 2016. № 5. С. 83–88.
2. Система защиты растений в ресурсосберегающих технологиях / Под ред. Немченко В.В. Куртамыш: Куртамышская типография, 2011. 524 с.
3. Власенко Н.Г. К вопросу об агротехнологиях вообще и фитосанитарных технологиях в частности // Вестн. защиты раст. 2008. № 2. С. 3–10.
4. Кекало А.Ю., Немченко В.В., Заргарян Н.Ю., Цытышева М.Ю. Защита зерновых культур от болезней. Куртамыш: Куртамышская типография, 2017. 172 с.
5. Санин С.С. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур (Болезни растений): Рекомендации. М.: Росинформагротех, 2002. 140 с.
6. Койшибаев М. Болезни пшеницы. Анкара, 2018. 365 с.
7. Торопова Е.Ю., Казакова О.А., Пискарев В.В., Порцев И.Н., Христов Ю.А. Роль сортов и фунгицидов в контроле септориоза яровой пшеницы // Агрохимия. 2019. № 5. С. 66–75. <https://doi.org/10.1134/S0002188119050107>
8. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2018 году и прогноз развития вредных объектов в 2019 году. М., 2019. 150 с.
9. Евсеев В.В. Пиренофороз пшеницы в лесостепи Южного Зауралья. Beau Bassic: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 148 с.
10. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилков К.В. Фузариоз зерновых культур // Прилож. к журн. “Защита и карантин растений”. 2011. № 5. С. 70–120.
11. Шаманин В.П. Селекция яровой пшеницы на устойчивость к стеблевой ржавчине в условиях Западной Сибири. Омск: ОмскГАУ, 2015. 149 с.
12. Васильева Н.В., Синещиков В.Е. Листостебельные инфекции яровой пшеницы при почвозащитном земледелии в лесостепи Западной Сибири // Вестн. НГАУ. 2014. № 2(31). С. 7–13.
13. Россеева Л.П., Белан И.А., Мешкова Л.В., Блохина Н.П., Ложникова Л.Ф., Осадчая Т.С., Трубочеева Н.В., Першина Л.А. Селекция на устойчивость к стеблевой ржавчине яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири // Вестн. АлтайГАУ. 2017. № 7(153). С. 5–10.
14. Сколотнева Е.С., Волкова В.Т., Зайцева Л.Г., Леконцева С.Н. Вирулентность возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы в Центральном регионе России // Микол. и фитопатол. 2010. Т. 44. Вып. 4. С. 367–372.
15. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ // Прилож. к журн. “Защита и карантин растений”. 2018. № 5. 816 с.
16. Тютчев С.Л. Механизмы действия фунгицидов на фитопатогенные грибы. СПб.: ВИЗР, 2010. 172 с.

17. Экологический мониторинг и методы совершенствования защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков: Метод. рекоменд. / Под ред. Танского В.И. СПб.: ВИЗР, 2002. 76 с.
18. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1989. 239 с.
19. ГОСТ Р 54478-2011 Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. М.: Стандартинформ, 2012. 39 с.
20. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВИЗР, 2009. 378 с.

Phytosanitary Problems of Wheat Field and Effectiveness of Means for Protection against Diseases

A. Yu. Kekalo^{a,#}, V. V. Nemchenko^a, N. Yu. Zargaryan^a, and A. S. Filippov^a

*^a Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre,
Ural Branch of the RAS*

ul. Belinskogo 112a, Ekaterinburg 620142, Russia

[#]E-mail: alena.kekalo@mail.ru

It was presented the results of observations over 11 years of the phytosanitary condition of wheat crops and the effectiveness of the action of fungicide plant protection products on the productivity and quality of grain in years with different levels of damage. Protection measures against leaf infections were required in 64% of years, when the development of diseases was epiphytotic or moderate. On average, over the years of the mass development of infections on wheat, the economic efficiency of the use of fungicides was significant (24%). With moderate damage to wheat, their use retained 18% of the crop yield. In years with depressive development of infections, the use of chemical fungicides was not advisable. Timely application of fungicidal protection in case of the danger of mass spread of leaf infections made it possible to stabilize the production of good—quality wheat grain with a gluten content of more than 23%.

Key words: spring wheat, plant diseases, fungicides, biological effectiveness, yield.