

ФИТОПАТОЛОГИЯ

УДК 633.11«321»:632.952:632.4

Е. И. Жук, А. Н. Халаев

РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский р-н

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНГИЦИДОВ В ЗАЩИТЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ БОЛЕЗНЕЙ КОЛОСА

Дата поступления статьи в редакцию: 10.07.2024

Рецензент: канд. биол. наук Янковская Е. Н.

Аннотация. Представлены данные многолетних (2010–2023 гг.) исследований по оценке биологической эффективности фунгицидов в условиях искусственных инфекционных фонов в защите яровой пшеницы от септориоза и фузариоза колоса. В защите от септориоза колоса данный показатель составлял в среднем от 46,2 до 88,3 %, от фузариоза колоса – от 46,0 до 79,4 % в зависимости от препарата и стадии проведения учетов.

Ключевые слова: яровая пшеница, фунгициды, септориоз колоса, фузариоз колоса, биологическая эффективность.

Введение. В условиях современного рынка сельскохозяйственной продукции яровая пшеница является ценной зерновой культурой, важность которой заключается в высоком технологическом качестве зерна, используемом чаще всего для изготовления хлебобулочных изделий. Потенциальная урожайность некоторых сортов культуры превышает 80,0 ц/га, однако средняя урожайность в условиях конкурсного сортоиспытания за последние годы не достигала 50,0 ц/га, а в хозяйствах республики – не превышала 34,0 ц/га. Несмотря на достижения в мировом сельском хозяйстве, проблема поражения патогенными грибами в производстве зерновых культур продолжает оставаться актуальной. Посевы яровой пшеницы ежегодно поражаются комплексом болезней, среди которых септориоз и фузариоз колоса имеют высокую вредоносность. Причем болезни колоса негативно влияют не только на величину получаемого урожая, но и, в большей степени, на качественные характеристики зерна. В связи с этим обработка по колосу – важный элемент в системе защиты посевов и ориентир на хорошую урожайность со стабильно высоким качеством.

Материалы и методика проведения исследований. Исследования выполнены в 2010–2023 гг. на опытном поле РУП «Институт защиты растений». Почвы опытного участка дерново-подзолистые, средне-суглинистые. Агротехника общепринятая для возделывания яровой пшеницы в центральной агроклиматической зоне Беларуси [4]. Фенологические стадии развития растений отмечали по десятичному коду согласно шкале ВВСН [6]. Развитие болезней определяли по методикам, разработанным С. С. Саниным с соавторами [5, 9]. Постановку и проведение полевых опытов проводили согласно «Методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве» [3].

Оценку биологической эффективности фунгицидов в защите от болезней колоса проводили в условиях искусственных инфекционных фонов. Для наработки инфекционного материала грибов-возбудителей использовали накопленный в лаборатории фитопатологии опыт [7]. Для создания инфекционного фона септориоза колоса инокулюм гриба *Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvl., Verkley & Crous размножали на агаризованной питательной среде в течение 2–3 недель. Нарботку инфекционного материала гриба *Fusarium culmorum* (Wm. G. Sm.) Sacc. проводили на жидкой питательной среде с использованием шейкера. Инокуляцию колосьев споро-мицелиальной суспензией гриба *P. nodorum* проводили в ст. 51–55, гриба *F. culmorum* – в ст. 61–65, расход суспензии – 50 мл/м². Растения заражали в вечернее время с помощью пульверизатора «Marolex master 1500». Обработка фунгицидами проводилась на третьи сутки после инокуляции патогенами. Первый учет развития септориоза и фузариоза колоса проводили при появлении первых симптомов, последующие – с интервалом 7–10 дней.

Площадь опытной делянки составляла 1 м², повторность опытов – четырехкратная.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием пакета Excel (описательная статистика).

В исследования по изучению биологической эффективности фунгицидов в защите от септориоза и фузариоза колоса были включены 10 препаратов, отличающиеся по количеству действующих веществ и их сочетанию, среди них 1 однокомпонентный препарат, 8 – двухкомпонентных, 1 – трехкомпонентный (таблица 1).

Согласно общепринятой классификации комитета по фунгицидной резистентности (FRAC), состав оцениваемых фунгицидов представлен действующими веществами, относящимися к 3 классам: метилбензимидазолкарбаматы, стробилурины, азолы [11] (таблица 2).

Азолы, представленные 7 действующими веществами, являются самым обширным классом и входят в состав всех изучаемых препаратов.

Таблица 1 – Торговые названия и состав фунгицидов, включенных в исследования (РУП «Институт защиты растений», 2010–2023 гг.)

Торговое название, препаративная форма	Норма расхода, л/га	Действующие вещества, их количество в препарате, г/л	Годы проведения исследований
Однокомпонентные			
Абаронца, СК	0,5	флутриафол, 250	2010–2011
Двухкомпонентные			
Абаронца Супер, КС	0,9	флутриафол, 75 + тебуконазол, 225	2012–2013
Альто Супер, КЭ	0,4	пропиконазол, 250 + ципроконазол, 80	2010, 2013–2014
Альто Турбо, КЭ	0,5	ципроконазол, 160 + пропиконазол, 250	2013, 2016, 2019–2022
Амистар Экстра, СК	0,75	азоксистробин, 200 + ципроконазол, 80	2010, 2012–2014, 2022–2023
Замир, ЭМВ	1,5	прохлораз, 267 + тебуконазол, 133	2015–2016
Прозаро, КЭ	1,0	протиоконазол, 125 + тебуконазол, 125	2013–2017, 2019–2020, 2022–2023
Рекс Дуо, КС	0,6	эпоксиконазол, 187 + тиофанат-метил, 310	2010–2011, 2013–2014
Чугур, СК	0,75	азоксистробин, 200 + ципроконазол, 80	2012–2013
Трехкомпонентные			
Титул Трио, ККР	0,6	тебуконазол, 160 + пропиконазол, 80 + ципроконазол, 80	2019–2020

Таблица 2 – Классификация действующих веществ фунгицидов, включенных в исследования [10]

Класс	Химическая группа	Действующее вещество
Метилбензимидазолкарбаматы (МВС-фунгициды)	тиофанаты	тиофанат-метил
Азолы (DMI-фунгициды, ингибиторы деметилирования)	имидазолы	прохлораз
	триазолы	пропиконазол
		тебуконазол
		флутриафол
		ципроконазол
	эпоксиконазол	
триазолинтионы	протиоконазол	
Стробилурины (QoI-фунгициды, ингибиторы переноса хинона на внешнюю мембрану митохондрий)	метокси-акрилаты	азоксистробин

Результаты и их обсуждение. Использование в исследовательском процессе искусственных инфекционных фонов обусловлено прежде всего тем, что таким образом возможно ежегодно получать высокое развитие болезней, позволяющее качественно проводить изучение эффективности препаратов. В то же время успешность процесса инфицирования, динамика и конечный уровень развития болезней по годам несколько колеблется.

В целом, за 14 лет исследований к стадии поздняя молочная – полная спелость развитие септориоза и фузариоза колоса в вариантах без применения фунгицидов в среднем превышало 40,0 %. Причем интенсивность поражения септориозом колоса уже к ст. 71–83 находилась на уровне – 21,8 % и фузариозом – 27,8 % (таблица 3).

Таблица 3 – Развитие болезней колоса яровой пшеницы в условиях искусственных инфекционных фонов (РУП «Институт защиты растений», 2010–2023 гг.)

Год	Септориоз		Фузариоз	
	1-й учет*	2-й учет**	1-й учет*	2-й учет**
2010	75,0	84,3	67,5	70,0
2011	32,0	53,0	29,0	55,3
2012	18,0	49,0	44,7	73,3
2013	7,2	40,8	22,3	54,7
2014	16,0	60,5	10,2	12,2
2015	10,7	17,3	29,3	39,0
2016	18,3	30,0	18,3	30,0
2017	21,0	65,7	21,0	65,7
2019	10,7	16,7	15,0	32,7
2020	23,7	45,3	30,7	53,7
2021	25,7	47,7	25,7	47,7
2022	16,5	23,3	25,0	55,7
2023	9,0	18,7	22,3	40,3
Среднее	21,8±17,5***	42,5±20,8***	27,8±14,6***	48,5±17,3***
Min–max	7,2–75,0	16,7–84,3	10,2–67,5	12,2–73,3

Примечание – «*» – ст. 71–83 (первые зерна достигли половины своей окончательной величины. Содержимое зерна водянистое – ранняя восковая спелость); «**» – ст. 77–89 (поздняя молочная – полная спелость); «***» – стандартное отклонение.

В защите от септориоза колоса биологическая эффективность однокомпонентного фунгицида составляла 46,2 %, двухкомпонентных – в среднем в зависимости от стадии проведения учета от 55,1 до 94,6 %, трехкомпонентного – от 57,4 до 88,3 % соответственно (таблица 4).

Таблица 4 – Биологическая эффективность фунгицидов в ограничении развития септориоза колоса в условиях искусственных инфекционных фонов (РУП «Институт защиты растений», 2010–2023 гг.)

Класс	Препарат	Биологическая эффективность, %			
		1-й учет		2-й учет	
		средняя	min–max	средняя	min–max
Однокомпонентные					
Азолы	Абаронца, СК	46,2±18,7	32,9–59,4	46,2±22,8	30,0–62,3
Двухкомпонентные					
Азолы	Абаронца Супер, КС	75,0±19,7	61,1–88,9	88,6±6,9	83,7–93,4
	Альто Супер, КЭ	58,8±16,9	46,3–77,8	55,1±29,3	22,1–77,9
	Альто Турбо, КЭ	72,6±6,4	63,3–80,6	68,8±15,8	41,9–87,0
	Замир, ЭМВ	94,6±7,7	89,1–100	85,9±3,6	83,3–88,4
	Прозаро, КЭ	84,3±9,7	66,9–100	77,7±12,0	53,9–92,6
	В среднем	77,0±13,5	58,5–94,6	75,2±13,6	55,1–88,6
Азолы + МБК	Рекс Дуо, КС	66,3±16,0	45,2–79,2	71,0±24,0	38,2–92,6
Азолы + стро- билурины	Амистар Экстра, СК	70,2±15,7	57,5–91,7	73,7±12,2	61,0–93,4
	Чугур, СК	76,5±27,3	57,2–95,8	84,4±5,9	80,2–88,5
	В среднем	73,4±4,5	70,2–76,5	79,1±7,6	73,7–84,4
Трехкомпонентные					
Азолы	Титул Трио, ККР	88,3±0,5	87,9–88,6	57,4±4,9	53,9–60,9

Примечание – Приведены средние значения ± стандартное отклонение.

Во время проведения второго учета (стадия 77–89) эффективность ограничения септориоза колоса у изучаемых двухкомпонентных препаратов в среднем (71,0–79,1 %) была выше, чем у одно- (46,2 %) и трехкомпонентного (57,4 %).

Эффективность в ограничении развития фузариоза колоса яровой пшеницы составляла в среднем в зависимости от даты проведения учетов для однокомпонентного препарата – 46,0–72,4 %, двухкомпонентных – 62,9–76,5 %, трехкомпонентного – 75,4–79,4 % соответственно (таблица 5).

Азолы, входящие в состав изучаемых препаратов, относятся к триазолам и триазолинтионам, механизм действия которых основан на блокировке биосинтеза эргостерола в клетках патогенов, что обеспечивает профилактическое и лечебное действие. Анализ полученных данных позволил отметить тенденцию повышения биологической эффективности азолсодержащих препаратов в защите яровой пшеницы от фузариоза колоса пропорционально увеличению количества компонентов. Так, к стадии поздняя молочная – полная спелость показатель составлял 46,0 % (однокомпонентный), 69,9 % (в среднем по двухкомпонентным) и 79,4 % (трехкомпонентный). Однако, для утверждения выявленной закономерности исследования необходимо продолжить.

Таблица 5 – Биологическая эффективность фунгицидов в ограничении развития фузариоза колоса в условиях искусственных инфекционных фонов (РУП «Институт защиты растений», 2010–2023 гг.)

Класс	Препарат	Биологическая эффективность, %			
		1-й учет		2-й учет	
		средняя	min–max	средняя	min–max
Однокомпонентные					
Азолы	Абаронца, СК	72,4±3,4	70,0–74,8	46,0±9,9	39,0–53,0
Двухкомпонентные					
Азолы	Абаронца Супер, КС	67,6±20,6	53,0–82,1	72,7±18,0	60,0–85,4
	Альто Супер, КЭ	59,4±3,1	56,6–62,8	58,2±18,1	39,0–75,0
	Альто Турбо, КЭ	67,5±11,0	51,7–85,2	70,3±8,0	59,0–80,3
	Прозаро, КЭ	77,8±7,2	69,6–89,7	78,4±7,8	64,1–88,7
	В среднем	68,1±7,5	59,4–77,8	69,9±8,5	58,2–78,4
Азолы + МБК	Рекс Дуо, КС	76,5±12,6	63,7–92,4	67,9±14,8	49,3–85,4
Азолы + строби-лурины	Амистар Экстра, СК	66,1±11,1	56,3–86,5	60,6±15,7	37,6–80,4
	Чугур, СК	63,1±20,6	48,5–77,6	65,2±11,2	57,3–73,1
	В среднем	64,6±2,1	63,1–66,1	62,9±3,3	60,6–65,2
Трехкомпонентные					
Азолы	Титул Трио, ККР	75,4±5,8	71,3–79,5	79,4±1,1	78,6–80,1

Примечание – Приведены средние значения ± стандартное отклонение.

Протиоконазол, который является ингибитором диметилазы – наиболее «новый» азол из химической группы триазолинтионов, появившийся на рынке средств защиты растений в 2002 г. [2]. Среди всех триазолов протиоконазол выгодно отличается высокой биологической эффективностью в защите от фузариоза колоса. В исследованиях зарубежных авторов [10] наряду с высокой эффективностью ограничения развития болезни протиоконазол показал высокую эффективность по снижению содержания дезоксиниваленола в зерне.

Появление на рынке средств защиты растений стробилуринов стало очередной ступенькой в развитии защиты растений от болезней. С их появлением найдено экологически малоопасное средство в защите от комплекса болезней широкого спектра сельскохозяйственных культур. Основным недостатком этой группы фунгицидов является быстрое развитие к ним устойчивости у грибов [8]. Перспективным способом снижения риска возникновения резистентности у грибов к этим действующим веществам является применение их в смеси с триазолами, что, например, реализовано в составе таких препаратов как Амистар Экстра, СК и Чугур, СК. Как показывают полученные результаты, высокая эффективность азоксистробина и ципроконазола обеспечивает

хорошую защиту колоса яровой пшеницы от септориоза и фузариоза продолжительное время.

Анализ результатов многолетних исследований по ограничению развития болезней колоса яровой пшеницы показал высокую биологическую эффективность фунгицидов в защите как от септориоза, так и фузариоза. Наряду с тем, что грибы рода *Fusarium* не только снижают количество получаемой продукции, а также известны как продуценты биологически активных веществ – микотоксинов, представляющих значительную угрозу для здоровья при употреблении контаминированного зерна, идущего на пищевые и кормовые цели [1], необходимость проведения фунгицидных обработок с целью защиты колоса яровой пшеницы от болезней является обоснованной.

Заключение. Таким образом, анализ данных многолетних опытов по оценке биологической эффективности фунгицидов в ограничении развития болезней колоса яровой пшеницы показал, что в отношении септориоза колоса данный показатель составлял в среднем от 46,2 до 88,3 %, фузариоза колоса – от 46,0 до 79,4 % в зависимости от препарата и стадии проведения учетов.

Список литературы

1. Гагкаева, Т. Ю. Биоразнообразие и ареалы основных токсинопродуцирующих грибов рода *Fusarium* / Т. Ю. Гагкаева, О. П. Гаврилова, М. М. Левитин // Биосфера. – 2014. – Т. 6, № 1. – С. 36–45.
2. Крупенько, Н. А. Классификация и механизм действия фунгицидов, применяемых на зерновых культурах в Беларуси : справочник / Н. А. Крупенько. – Минск : Журн. «Белорус. сел. хоз-во», 2023. – 47 с.
3. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; под ред.: А. Г. Жуковского, Н. А. Крупенько, С. Ф. Буги. – Минск : Колорград, 2024. – 462 с.
4. Организационно-технические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур : сб. отраслевых регламентов // Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова. – Минск : Бел. наука, 2012. – 288 с.
5. Практические рекомендации по диагностике, учету и защите пшеницы от бурой ржавчины, септориоза и мучнистой росы / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т фитопатологии ; сост.: С. С. Санин [и др.]. – М.: АгроНИИТЭИП, 1988. – 26 с.
6. Пригге, Г. Грибные болезни зерновых культур / Г. Пригге [и др.]; под ред. Ю.М. Стройкова. – Лимбургерхоф: Ландвиртшафтсферлаг ГмбХ, 2004. – 183 с.
7. Радивон, В.А. Биологическое обоснование защиты ярового тритикале от болезней : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.07 / В.А. Радивон. – Прилуки, 2022. – 123 л.
8. Тютерев, С. Л. Механизмы действия фунгицидов на фитопатогенные грибы / С. Л. Тютерев ; Всерос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т защиты растений. – СПб.: Нива, 2010. – 172 с.
9. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур (болезни растений) : рекомендации / М-во сел. хоз-ва РФ ; подгот.: С. С. Санин [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2002. – 138 с.
10. Efficacy of triazole-based fungicides for *Fusarium* head blight and deoxynivalenol control in wheat: a multivariate meta-analysis / P. A. Paul [et al.] // Phytopathology. – 2008. – Vol. 98. – p. 999–1011.

11. FRAC Code List 2021: Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action (including FRAC Code numbering) [Electronic resource] // FRAC Code List. – Mode of access: FRAC Code List. – Date of access: 25.04.2024.

E. I. Zhuk, A. N. Khalaev

RUE «Institute of Plant Protection», Priluki, Minsk region

A RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE BIOLOGICAL EFFICACY OF FUNGICIDES FOR PROTECTION SPRING WHEAT AGAINST FUSARIUM HEAT BLIGHT AND GLUME BLOTCH

Summary. The data of long-term (2010–2023) evaluation of fungicides efficacy against *Fusarium* heat blight and glume blotch in the conditions of artificial inoculation are presented. Efficacy against glume blotch was 46,2–88,3 % on average, against *Fusarium* heat blight was 46,0–79,4 %.

Keywords: spring wheat, fungicides, glume blotch, *Fusarium* heat blight, biological efficacy.