

ФИТОПАТОЛОГИЯ

УДК: 633.11«321»:632.421(476)

<https://doi.org/10.47612/0135-3705-2022-46-66-80>

Е.И. Жук, А.Н. Халаев

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

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНГИЦИДОВ В ОГРАНИЧЕНИИ РАЗВИТИЯ ДОМИНИРУЮЩИХ ЛИСТОВЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В БЕЛАРУСИ

Дата поступления статьи в редакцию: 08.06.2022

Рецензент: канд. биол. наук Плесацкевич Р.И.

Аннотация. Проблема продовольственной безопасности страны является первоочередной задачей зерносеющих субъектов хозяйствования. Яровая пшеница занимает важное место в достижении поставленной цели благодаря качеству получаемой продукции. В результате патологического процесса болезни грибной этиологии приводят к снижению объема урожая, а также, из-за биохимических изменений в пораженных растениях, – к ухудшению его качества. На фоне соблюдения агротехнических требований к выращиванию яровой пшеницы биологически обоснованное применение фунгицидов (при достижении развития одной или комплекса болезней порогового уровня) с целью защиты листового аппарата от болезней (мучнистая роса, комплекс пятнистостей листьев и др.) в период вегетации является высокоэффективным приемом. Анализ результатов многолетних исследований (2010–2021 гг.) по изучению биологической эффективности 27 фунгицидов, состоящих из различных комбинаций действующих веществ, показал, что в целом однокомпонентные препараты обеспечили ограничение развития пятнистостей листьев в среднем на 44,1–55,3 %, мучнистой росы – на 43,0–85,1 %, двухкомпонентные – на 61,9–83,4 и 60,0–78,3 %, трехкомпонентные – на 68,7–88,9 и 70,2–90,9 % соответственно. Проведение своевременной фунгицидной обработки позволит сохранить до 30,4 % урожая (сочетание азота и стробилурина).

Ключевые слова: яровая пшеница, фунгициды, комплекс пятнистостей листьев, мучнистая роса, площадь под кривой развития болезни (ПКРБ), биологическая и хозяйственная эффективность.

Введение. В обеспечении продовольственной безопасности страны возделыванию яровой пшеницы отводится значимое место, прежде всего благодаря качеству получаемой продукции, которая

широко используется в хлебопечении, изготовлении макаронных и кондитерских изделий. Генетически зерно яровой пшеницы, по сравнению с озимой, характеризуется более высокими технологическими показателями качества. Например, содержание белка у сортов мягкой яровой пшеницы составляет в среднем по республике 14,0–15,2 %, что на 1,6–3,2 % выше, чем у озимой (по данным ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»). Вместе с тем, получение высоких урожаев с хорошими качественными показателями на практике не всегда возможно. Основным фактором, снижающим количество и качество зерна яровой пшеницы, являются возбудители болезней грибной этиологии, поражение которыми приводит как к прямым потерям, так и снижению качественных характеристик получаемой продукции. Листовой аппарат яровой пшеницы представляет собой основную фотосинтезирующую поверхность, обеспечивающую «наработку» будущего урожая. Стратегически важной задачей является сохранение его здоровым. Известно, что на протяжении вегетации яровая пшеница может поражаться: мучнистой росой, септориозом листьев, пиренофорозом (желтой пятнистостью), ржавчинными и другими болезнями. Ситуация усложняется тем, что возбудители большинства болезней культуры не имеют видовой специализации и поражают широкий круг растений-хозяев, зерновых в частности. Насыщенность севооборотов зерновыми культурами в Республике Беларусь составляет более 40,0 % [11]. Многолетний мониторинг фитопатологического состояния посевов культуры позволяет отнести к доминирующим и ежегодно встречающимся: мучнистую росу и комплекс пятнистостей листьев, представленный септориозом и пиренофорозом [3]. Потери урожая при эпифитотийном развитии септориоза оцениваются исследователями на уровне 30–40 % [5]. Современная интегрированная система защиты яровой пшеницы от болезней предполагает наиболее рациональное использование и различное сочетание методов защиты, направленных на ограничение комплекса видов, оказывающих вредное воздействие на посев. Однако среди возможных именно химический признан наиболее прогрессивным, оперативным и эффективным методом [3]. Биологически обоснованное применение фунгицидов позволяет контролировать фитопатологическую ситуацию в посевах, поддерживать экологическую стабильность агроценоза и сохранять высокую рентабельность возделывания яровой пшеницы.

Материалы и методы исследования. Исследования выполнены в 2010–2021 гг. на опытном поле РУП «Институт защиты растений». Почвы опытного участка дерново-подзолистые, среднесуглинистые. Агротехника общепринятая для возделывания яровой пшеницы в

центральной агроклиматической зоне Беларуси [8]. Для проведения исследований были использованы непротравленные семена районированных сортов яровой пшеницы Мунк, Дарья, Ростань и Рассвет. Фенологические стадии развития растений отмечали по десятичному коду согласно шкале ВВСН [10]. Развитие болезней определяли по методикам, разработанным С.С. Саниным с соавторами [9, 14]. Постановку и проведение полевых опытов проводили согласно «Методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве» [6]. Обработки фунгицидами проводили при достижении одной или комплекса болезней порогового уровня развития. Площадь опытной делянки составляла 10 м², повторность опытов – четырехкратная.

Основными критериями оценки степени поражения растений служили: развитие болезни (%) и площадь под кривой развития болезни (ПКРБ, условные единицы), позволяющие проследить в исследованиях зависимость биологической эффективности фунгицида от уровня развития одной или комплекса болезней. Площадь под кривой развития болезни – интегральный показатель, наиболее полно отражающий характер развития болезни в течение всей вегетации, а именно – продолжительность и интенсивность вредного воздействия патогена [16]. ПКРБ для каждого опытного варианта и варианта без обработки рассчитывали в целом за вегетационный сезон:

$$F = \frac{\sum_{j=2}^m dj(Y_j + Y_{j-1})}{2}, \quad (1)$$

где F – площадь под кривой развития болезни, усл. ед.;

m – количество учетов (не менее 3–4);

dj – разница в днях между двумя последовательными учетами;

Y_j – степень поражения (развитие) при первом и каждом последующем учете, %;

Y_{j-1} – степень поражения (развитие) при втором и каждом последующем учете, %.

На основании ПКРБ рассчитывали биологическую эффективность [1] фунгицидов (%):

$$БЭ = \frac{M_k - M_o}{M_k} \times 100, \quad (2)$$

где M_k – показатель ПКРБ болезни в варианте без обработки (усл. ед.);

M_o – показатель ПКРБ болезни в варианте с фунгицидной обработкой (усл. ед.).

Уборку урожая проводили путем прямого комбайнирования и обмолота с учетной делянки. Определяли бункерный, а затем амбарный вес зерна в пересчете на стандартную 14 %-ю влажность и 100 %-ю

чистоту. Хозяйственную эффективность рассчитывали по увеличению показателя массы 1000 зерен и сохраненному урожаю. Статистическую обработку полученных результатов осуществляли по общепринятым методикам с использованием программного обеспечения MS Excel.

Для каждого фунгицида представлены как усредненные данные, так и колебания показателей биологической (%) и хозяйственной эффективности: увеличение массы 1000 зерен (г и %) и сохраненный урожай (ц/га и %).

В исследования включены 27 препаратов, отличающихся по количеству действующих веществ и их сочетанию. Среди них 3 однокомпонентных препарата, 18 – двухкомпонентных, 6 – трехкомпонентных (таблица 1).

Таблица 1 – Торговые названия и состав фунгицидов, включенных в исследования

Препарат	Норма расхода, л/га	Действующее вещество, количество в препарате, г/л	Годы исследований
Однокомпонентные			
Абаронца, СК	0,5	флутриафол, 250 г/л	2010-2011
Максони, ВЭ	1,0	тебуконазол, 250 г/л	2010-2011
Талиус, КЭ	0,25	проквиназид, 200 г/л	2012-2013
Двухкомпонентные			
Абакус Ультра, СЭ	1,5	эпоксиконазол, 62,5 г/л + пиракlostробин, 62,5 г/л	2013-2014
Абаронца Супер, КС	0,9	флутриафол, 75 г/л + тебуконазол, 225 г/л	2012-2013
Абруста, КС	1,3	пентиопирад, 15 г/л + ципроконазол, 60 г/л	2013-2014
Адексар, КЭ	1,0	эпоксиконазол, 62,5 г/л + флуксапироксад, 62,5 г/л	2011-2012, 2014
Азорро, КС	1,0	карбендазим, 300 г/л + азоксистробин, 100 г/л	2018-2019
Аканто Плюс, КС	0,6	пикоксистробин, 200 г/л + ципроконазол, 80 г/л	2010, 2013, 2016
Альго Супер, КЭ	0,4	пропиконазол, 250 г/л + ципроконазол, 80 г/л	2010, 2013-2014
Амистар Экстра, СК	0,75	азоксистробин, 200 г/л + ципроконазол, 80 г/л	2010, 2012-2014, 2016, 2021
Бампер Супер, КЭ	1,0	пропиконазол, 90 г/л + прохлораз, 400 г/л	2013, 2015
Зантара, КЭ	1,0	биксафен, 50 г/л + тебуконазол, 166 г/л	2010-2011, 2015-2016

Препарат	Норма расхода, л/га	Действующее вещество, количество в препарате, г/л	Годы исследований
Карбеназол, КС	1,0	карбендазим, 300 г/л + ципроконазол, 66 г/л	2018-2019
Колосаль Про, КМЭ	0,4	пропиконазол, 300 г/л + тебуконазол, 200 г/л	2019-2020
Менара, КЭ	0,5	ципроконазол, 160 г/л + пропиконазол, 250 г/л	2012-2014, 2016, 2019-2020
Прозаро, КЭ	0,8	протиоконазол, 125 г/л + тебуконазол, 125 г/л	2013-2014, 2016-2017, 2019-2020
Рекс Дуо, КС	0,6	эпоксиконазол, 187 г/л + тиофанат-метил, 310 г/л	2010-2014
Страж, КС	0,6	эпоксиконазол, 187 г/л + тиофанат-метил, 310 г/л	2010-2011
Чугур, СК	0,75	азоксистробин, 200 г/л + ципроконазол, 80 г/л	2012-2013
Элатус Эйс, КЭ	0,5	бензовиндифлупир, 40 г/л + пропиконазол, 250 г/л	2019-2020
Трехкомпонентные			
Замир Топ, КЭ	1,0	фенпропидин, 150 г/л + прохлораз, 200 г/л + тебуконазол, 100 г/л	2013, 2015
Капало, СЭ	1,5	эпоксиконазол, 62,5 г/л + фенпропиморф, 200 г/л + метрафенон, 75 г/л	2010, 2013
Солигор, КЭ	0,8	протиоконазол, 53 г/л + тебуконазол, 148 г/л + спироксамин, 224 г/л	2014, 2016
Титул Трио, ККР	0,6	тебуконазол, 160 г/л + пропиконазол, 80 г/л + ципроконазол, 80 г/л	2019-2020
Фалькон, КЭ	0,6	тебуконазол, 167 г/л + триадименол, 43 г/л + спироксамин, 250 г/л	2010-2011
Элатус Риа, КЭ	0,6	ципроконазол, 66,67 г/л + пропиконазол, 208,33 г/л + бензовиндифлупир, 83,33 г/л	2015-2016

Как известно, существует несколько классификаций, позволяющих дать полную характеристику химического препарата. Фунгициды подразделяют: на защитные и лечащие; контактные и системные; для обработки растений в период вегетации, для протравливания семенного материала и для обработки почвы; ингибирующие энергетический метаболизм, подавляющие биосинтез жизненно важных веществ и нарушающие проницаемость клеточных мембран и т. д. [2, 7, 12, 13]. В современном мире общепринятой является классификация Международного комитета по фунгицидной резистентности (FRAC), согласно которой состав оцениваемых фунгицидов представлен

действующими веществами, относящимися к 6 группам: метилбензимидазолкарбаматам, арилфенилкетонам, карбоксамидам, стробилуринам, азолам, аминам и азанафталинам [15] (таблица 2).

Таблица 2 – Классификация действующих веществ фунгицидов, включенных в исследования

Группа	Химическая группа	Действующее вещество
Метилбензимидазолкарбаматы (МБК)	бензимидазолы	карбендазим
	тиофанаты	тиофанат-метил
Арилфенилкетоны	бензофеноны	метрафенон
Карбоксамиды	пиразол-4-карбоксамиды	бензовиндифлупир
		биксафен
		пентиопирад
		флуксапироксад
Стробилурины	метокси-акрилаты	азоксистробин
		пикоксистробин
		пираклостробин
Азолы	имидазолы	прохлораз
	триазолы	пропиконазол
		тебуконазол
		триадименол
		флутриафол
		ципроконазол
	эпоксиконазол	
триазолинтионы	протиоконазол	
Амины (морфолины)	морфолины	фенпропиморф
	пипередины	фенпропидин
	спирокетал-амины	спироксамин
Азанафталины	квиназолиноны	проквиназид

Среди действующих веществ, входящих в состав фунгицидов, самая обширная группа азолов (триазолов в частности), представленная 6 наименованиями. Относительно новая группа карбоксамидов продемонстрирована в исследованиях в сочетании с азолами в составе двух- и трехкомпонентных препаратов.

Результаты и их обсуждение. Анализ данных, представленных на рисунке 1, позволяет отметить, что в условиях каждого вегетационного сезона на листовом аппарате яровой пшеницы доминирует одна из болезней: комплекс пятнистостей листьев или мучнистая роса.

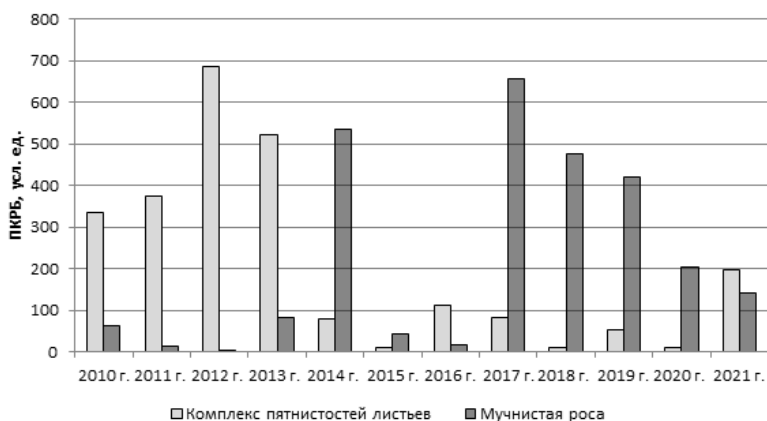


Рисунок 1 – Площадь развития под кривой пятнистостей листьев и мучнистой росы яровой пшеницы (2010–2021 гг.)

Ретроспективный анализ развития болезней листового аппарата, проводимый в течение 12 лет (2010–2021 гг.), свидетельствует о существенных изменениях в их динамике. Как отмечалось выше, значение ПКРБ высоко коррелирует с конечной степенью поражения растений. Максимальное значение ПКРБ относительно септориоза отмечено в 2012 г., когда болезнь носила характер эпифитотии с интенсивностью поражения более 60,0 %. Эпифитотия мучнистой росы зарегистрирована в 2017 г. (развитие болезни свыше 30,0 %). С 2010 по 2013 гг., а также в 2016 и 2021 гг. на листовом аппарате культуры отмечалось доминирование пятнистостей листьев, с преобладанием септориоза. В условиях 2014–2015 гг., а также с 2017 по 2020 гг. – ситуация в посевах яровой пшеницы была диаметрально противоположной – доминировала мучнистая роса. Для объективной оценки действия фунгицида в ограничении развития болезней основополагающим является уровень инфекции, на фоне которого проходит оценка препарата. Кроме того, особенности динамики развития болезней обуславливают колебания эффективности препаратов по годам. Тактика применения фунгицидов на зерновых культурах с целью защиты от листовых болезней строится на использовании порогов вредоносности болезней [2, 3]. Порог вредоносности, используемый в качестве критерия для применения фунгицидов, представляет собой развитие одной или комплекса болезней на уровне 1,0–5,0 %. Такой уровень интенсивности поражения при создании благоприятных для патогенов условий может вызвать умеренное развитие или эпифитотию. Многолетние исследования, проводимые в лаборатории фитопатологии, показали, что использование порогов

вредоносности как порога целесообразности применения фунгицида – наиболее биологически и экономически обоснованный подход.

Частота встречаемости порогового уровня развития одной или комплекса болезней в ту или иную стадию развития растений яровой пшеницы изменяется по годам. Обобщение данных 2006–2010 гг., проведенное ранее, свидетельствовало о формировании порогового уровня развития одной или комплекса болезней в посевах яровой пшеницы к стадии 37-39 лишь в 10,0 % случаев, а к стадиям 47-59 и 61-65 распределение было равным: по 45,0 % случаев [4]. Однако в 2010-2021 гг. уже в 50,0 % случаев к ст. 37–39 отмечалось достижение порогового уровня одной или комплекса болезней, ст. 51–59 – 41,7 %, ст. 61-65 – 8,3 %. В этой связи фунгицидные обработки (50,0 %) проводились до появления колоса. Задача исследований состояла в оценке биологической эффективности фунгицидов в ограничении развития листовых болезней, в связи с чем дополнительное применение фунгицидов с целью защиты колоса от болезней не планировалось (соблюдение принципа единственного различия при проведении полевых испытаний). В сложившейся ситуации ввиду ограниченного периода действия фунгицидов показатели их хозяйственной эффективности (масса 1000 зерен и величина сохраненного урожая) не находились в прямой зависимости от показателей биологической эффективности.

Биологическая эффективность однокомпонентных триазольных препаратов в ограничении развития листовых болезней находилась на одном уровне и составляла в среднем 50,9–55,3 % (таблица 3).

Таблица 3 – Эффективность однокомпонентных фунгицидов в защите листового аппарата яровой пшеницы от болезней

Препарат	Биологическая эффективность, %				Увеличение массы 1000 зерен,		Сохраненный урожай,	
	комплекс пятнистостей		мучнистая роса		г	%	ц/га	%
	среднее	min-max	среднее	min-max				
Азол								
Абаронца, СК	44,1± 16,9	32,2- 56,1	43,0± 35,5	17,9- 68,1	1,30± 0,14	4,1± 0,3	4,9± 0,7	17,8± 9,5
Максони, ВЭ	66,5± 13,1	57,2- 75,7	58,7± 17,5	46,3- 71,1	2,40± 0,14	7,6± 0,3	10,3± 2,5	34,4± 5,9
В среднем	55,3± 17,9	32,2- 75,7	50,9± 24,6	17,9- 71,1	1,85± 0,65	5,9± 2,0	7,6± 3,4	26,1± 11,6
Азанафталин								
Талиус, КЭ	–	–	85,1± 8,8	78,9- 91,3	1,45± 0,07	4,3± 0,1	2,1± 1,8	4,9± 4,5

Примечание. Представлены средние значения ± стандартное отклонение, «–» – нет данных.

Действующее вещество специализированного фунгицида Талиус, КЭ (проквиназид) относится к химической группе квиназолинонов (группа азафталинов) и широко применяется для контроля мучнистой росы в посевах яровой пшеницы. Проквиназид имеет контактно-защитное действие, что обеспечивает профилактическую защиту, а также антипорулирующий эффект, предотвращающий вторичное инфицирование растений, подавляет прорастание спор и образование апрессориев, способен к быстрому проникновению в обработанные ткани и к дальнейшему локально-системному перемещению [12]. Биологическая эффективность препарата Талиус, КЭ в ограничении развития мучнистой росы была стабильно высокой: в среднем составляла 85,1 %, максимум – 91,3 %. Показатели хозяйственной эффективности однокомпонентных фунгицидов для защиты листового аппарата яровой пшеницы от болезней были выше у азолсодержащих препаратов. В целом, за время проведения опытов было сохранено в среднем до 7,6 ц/га (26,1 %).

Двухкомпонентные фунгициды в исследовании были представлены наиболее широко. Препараты сочетали азол и действующие вещества из групп метилбензимидазолкарбаматов, стробилуринов, карбоксамидов, непосредственно азолов, а также стробилурин и метилбензимидазолкарбамат.

Наиболее удачным оказалось сочетание азола и стробилурина. Биологическая эффективность препаратов этой группы в ограничении развития болезней листьев составляла в среднем 75,4–83,4 % (таблица 4).

В целом, следует отметить, что эффективность ограничения развития мучнистой росы и пятнистостей листьев других групп двухкомпонентных фунгицидов находилась на одном уровне и составляла 60,0–75,4 и 61,9–71,3 % соответственно. Препарат Азорро, КС – единственный среди двухкомпонентных фунгицидов, не содержащий азольного действующего вещества. Сочетание карбендазима (метилбензимидазолкарбамат) и азоксистробина (стробилурин) обеспечило защиту от мучнистой росы в среднем на уровне 78,3 %, от пятнистостей листьев – 67,2 %, что было на уровне азолсодержащих двухкомпонентных препаратов, однако показатели хозяйственной эффективности этого фунгицида в годы исследований оказались ниже.

Показатели хозяйственной эффективности у препаратов, содержащих стробилуриновый компонент, за счет защитного действия и физиологического эффекта выше, чем таковые у других групп двухкомпонентных фунгицидов. Так, применение подобных препаратов позволило в среднем увеличить массу 1000 зерен на 13,3 % и благодаря этому сохранить до 30,4 % урожая.

Таблица 4 – Эффективность двухкомпонентных фунгицидов в защите листового аппарата яровой пшеницы от болезней

Препарат	Биологическая эффективность, %				Увеличение массы 1000 зерен,			Сохраненный урожай,	
	комплекс пятнистостей		мучиная роса		г	%	ц/га	%	
	среднее	min-max	среднее	min-max					
Азолы									
Абаронна Супер, КС	48,4±12,8	39,4-57,4	–	–	2,75±0,5	8,1±1,3	7,9±0,5	20,3±3,6	
Альфо Супер, КЭ	55,7±6,5	48,5-61,0	53,7±23,3	20,5-72,2	3,40±1,84	10,5±5,8	8,8±2,8	25,7±9,3	
Бамлер Супер, КЭ	–	–	49,5±35,0	24,7-74,2	0,64±0,20	1,7±0,2	3,9±0,1	7,4±1,5	
Колосаль Про, КМЭ	73,4±13,6	63,7-73,0	91,2±5,1	87,6-94,9	1,42±0,05	3,3±0,7	4,2±0,6	8,7±1,4	
Менара, КЭ	58,8±18,6	28,1-82,5	78,4±15,7	56,6-95,2	2,24±0,89	6,1±2,8	6,0±2,0	13,5±5,0	
Прозаро, КЭ	74,9±19,0	36,6-86,4	81,7±14,8	58,6-99,2	1,38±1,54	3,9±4,1	6,4±2,9	14,4±5,6	
В среднем	63,5±17,9	28,1-86,4	72,8±21,9	20,5-99,2	2,10±1,41	6,0±4,4	6,4±2,5	15,8±8,1	
Азол + метилбензимидазолкарбамат									
Карбеназол, КС	45,7±2,0	44,3-47,1	74,3±16,4	62,7-85,9	1,09±0,16	2,6±0,1	3,7±0,1	7,2±0,9	
Рекс Дуо, КС	65,5±20,0	32,3-91,9	55,9±17,4	25,3-75,1	2,77±1,61	9,0±4,8	7,6±2,6	21,1±9,6	
Страж, КС	59,9±32,3	37,0-82,7	–	–	2,30±0,71	8,6±4,2	7,3±2,5	24,9±15,7	
В среднем	61,9±20,2	32,3-91,9	60,0±18,1	25,3-85,9	2,46±1,49	8,0±4,8	7,0±2,7	19,6±10,6	
Азол + стробилурин									
Абакус Ультра, СЭ	84,6±17,3	72,4-96,9	70,6±7,5	65,2-75,9	3,16±1,05	9,8±3,5	13,0±7,9	29,5±20,3	
Аканто Плюс, КС	90,1±6,5	83,8-96,7	77,6±10,8	65,2-84,9	3,07±1,38	9,6±4,8	11,2±7,0	34,4±18,1	
Амистар Экстра, СК	83,5±7,2	75,8-92,7	76,1±4,4	68,7-79,7	4,59±2,90	15,1±9,6	12,5±6,9	33,5±19,3	
Чугур, СК	71,6±8,9	65,3-77,8	–	–	5,05±3,04	15,4±9,9	13,6±7,6	13,0±6,6	
В среднем	83,4±9,6	65,3-96,9	75,4±6,9	65,2-84,9	4,15±2,41	13,3±8,0	12,4±6,3	30,4±17,8	

Продолжение таблицы 4

Препарат	Биологическая эффективность, %				Увеличение массы 1000 зерен,			Сохраненный урожай,	
	комплекс пятнистостей		мучнистая роса		г	%	ц/га	%	
	среднее	min-max	среднее	min-max					
Азол + карбоксамид									
Абруста, КС	57,2±18,8	43,9-70,5	63,8±6,9	58,9-68,7	3,73±2,09	10,6±5,2	9,1±0,1	19,4±0,8	
Алексар, КЭ	73,0±8,0	65,3-81,3	65,7±9,3	59,2-72,3	1,72±0,57	5,2±1,8	6,3±2,1	14,7±4,6	
Зангара, КЭ	76,9±12,9	63,3-89,0	86,0±4,1	83,1-88,9	2,22±0,73	7,1±3,8	7,0±1,0	18,9±9,6	
Элатус Эйс, КЭ	74,3±11,5	66,2-82,4	89,9±5,0	86,2-93,3	1,71±0,49	4,1±1,8	4,6±0,1	9,8±2,8	
В среднем	71,3±12,8	43,3-89,0	76,3±13,4	58,9-93,3	2,26±1,12	6,7±3,6	6,7±1,8	16,2±6,8	
Стробилурин + метилбензилидазолкарбамаг									
Азорро, КС	67,2±0,4	67,0-67,5	78,3±8,8	72,1-84,5	1,35±0,52	3,4±1,5	3,8±1,6	7,9±3,2	

Примечание. Представлены средние значения ± стандартное отклонение, «-» – нет данных.

Таблица 5 – Эффективность трехкомпонентных фунгицидов в защите листового аппарата яровой пшеницы от болезней

Препарат	Биологическая эффективность, %				Увеличение массы 1000 зерен,			Сохраненный урожай,	
	комплекс пятнистостей		мучнистая роса		г	%	ц/га	%	
	среднее	min-max	среднее	min-max					
Азолы									
Титул Трио, ККР	72,3±3,3	69,9-74,6	90,9±4,1	88,0-93,8	1,63±0,52	3,9±1,8	4,3±0,4	9,3±3,5	
Амин + азолы									
Замир Тол, КЭ	–	–	63,7±12,5	54,9-72,6	1,89±1,01	5,2±3,5	5,4±2,0	10,7±5,6	
Солигор, КЭ	78,1±14,4	67,9-88,3	–	–	1,67±1,36	4,8±4,0	5,4±4,0	11,9±7,0	
Фалькон, КЭ	59,3±20,7	44,6-73,9	76,6±7,9	71,1-82,2	1,30±1,41	4,2±4,2	3,7±1,4	8,1±5,2	
В среднем	68,7±18,2	44,6-88,3	70,2±11,3	54,9-82,2	1,62±1,02	4,7±3,1	4,8±2,3	10,2±4,9	
Амин + азол + арилфенилкетон									
Капало, СЭ	88,9±12,6	75,0-99,4	83,7±4,8	78,2-87,2	4,20±3,72	14,5±10,7	12,4±9,0	37,6±17,7	
Азолы + карбоксамид									
Элатус Риа, КЭ	–	–	89,8±1,2	88,9-90,6	1,90±0,89	5,0±2,9	5,8±1,8	12,2±6,6	

Примечание. Представлены средние значения ± стандартное отклонение, «–» – нет данных.

Среди изучаемых трехкомпонентных препаратов в ограничении развития мучнистой росы отмечена высокая биологическая эффективность (в среднем 90,9 %) у фунгицида Титул трио, ККР, сочетающего в своем составе три азольных действующих вещества (таблица 5). На этом же уровне оказался защитный эффект (89,8 % в среднем) при сочетании двух азолов и карбоксамида в составе препарата Элатус Риа, КЭ. У других групп трехкомпонентных фунгицидов биологическая эффективность в ограничении развития мучнистой росы составляла в среднем 70,2–83,7 %.

В ограничении развития пятнистостей листьев биологическая эффективность трехкомпонентных препаратов из группы азолов и сочетания амина с азолами была несколько ниже и составляла в среднем 68,7–72,3 %. Среди трехкомпонентных фунгицидов высокая эффективность ограничения развития как мучнистой росы, так и пятнистостей листьев отмечена при применении препарата Капало, СЭ (амин + азол + арилфенилкетон) – в среднем 83,7 и 88,9 % соответственно. Фенпропиморф – системное действующее вещество с лечебным и искореняющим действием из группы морфолинов (амины), которое быстро поглощается растениями и транспортируется по их тканям, обладает низкой липофильностью и высокой водорастворимостью. Эпоксиконазол – триазол (азол), равномерно перераспределяется по тканям, обеспечивая длительное защитное действие. Метрафенон – химическое соединение из группы бензофенонов (арилфенилкетон), которое обладает системным и трансламинарным свойствами. Обладает высокой жирорастворимостью и низкой гидрофильностью, обеспечивая постепенное поглощение и равномерное перераспределение в тканях в месте нанесения на растение, что гарантирует длительное защитное действие.

Применение трехкомпонентных фунгицидов для ограничения развития листовых болезней яровой пшеницы за годы исследований в зависимости от комбинаций действующих веществ препаратов позволило дополнительно сохранить в среднем 9,3–37,6 % урожая.

Заключение. Таким образом, биологически обоснованное применение фунгицидов (при достижении одной или комплексом болезней порогового уровня развития) с целью защиты листового аппарата яровой пшеницы от болезней (мучнистая роса, пятнистости листьев и др.) в период вегетации является высокоэффективным приемом. Анализ результатов многолетних исследований (2010–2021 гг.) по изучению биологической эффективности 27 фунгицидов, состоящих из различных комбинаций действующих веществ, показал, что в целом однокомпонентные препараты обеспечили ограничение развития пятнистостей листьев в среднем на 44,1–55,3 %, мучнистой росы – на

43,0–85,1 %, двухкомпонентные – на 61,9–83,4 и 60,0–78,3 %, трехкомпонентные – на 68,7–88,9 и 70,2–90,9 % соответственно. Проведение своевременной фунгицидной обработки позволит сохранить до 37,6 % урожая (сочетание амина, азола и арилфенилкетона).

Список литературы

1. Бабаянц, Л. Т. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ / Л. Т. Бабаянц, А. Мештерхази, Ф. Вехтер. – Прага, 1988. – 321 с.
2. Биологические основы эффективного применения фунгицидов в защите листового аппарата и колоса зерновых культур от болезней: рекомендации / С. Ф. Буга [и др.]; РУП «Ин-т защиты растений». – Минск, 2013. – 60 с.
3. Буга, С. Ф. Теоретические и практические основы химической защиты зерновых культур от болезней в Беларуси / С. Ф. Буга; РУП «Ин-т защиты растений». – Несвиж. укруп. тип. им. С. Будного, 2013. – 240 с.
4. Динамика развития болезней зерновых культур – основа эффективного использования химических средств защиты / С. Ф. Буга [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2014. – №3. – С. 37-44.
5. Защита пшеницы от септориоза / С. С. Санин [и др.]. – М., 2012. – 24 с. – (Прилож. к журн. «Защита и карантин растений». – 2012. – №4).
6. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Ин-т защиты растений; под ред. С.Ф. Буга. – Несвиж. укруп. тип. им. С. Будного. – 2007. – 511 с.
7. Миренков, Ю. А. Химические средства защиты растений / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич, С. В. Сорока / МСХ и прод. РБ, ГУ образования, науки и кадров, УО «БГСХА», РУП «Ин-т защиты растений» / 2-е изд., перераб. и доп. – Несвиж: Несвиж. укруп. тип. им. С. Будного, 2011. – 398 с.
8. 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.]. – Минск: Бел. Наука, 2012. – 287 с.
9. 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., 1988. – 26 с.
10. Грибные болезни зерновых культур / Г. Пригге [и др.]; под ред. Ю.М. Стройкова. – Лимбургерхоф: Изд-во «Ландвиртшафтсферлаг ГмбХ», 2004. – 183 с.
11. Сельское хозяйство Республики Беларусь: сб. стат. / Нац. стат. ком.; редкол.: И. В. Медведева (пред. редкол.) [и др.]. – Минск, 2021. – 179 с.
12. Тютюрев, С.Л. Механизмы действия фунгицидов на фитопатогенные грибы / С.Л. Тютюрев; Всерос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т защиты растений. – СПб.: ИПК «Нива», 2010. – 172 с.
13. Тютюрев, С.Л. Проблемы устойчивости фитопатогенов к новым фунгицидам / С.Л. Тютюрев // Вестн. защиты растений. – 2001. – №1. – С. 38-53.
14. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур: рекомендации / С. С. Санин [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2002. – 140 с.
15. FRAC Code List 2021: Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action (including FRAC Code numbering) [Electronic resource]. – Mode of access: frac-code-list-2021--final.pdf – Date of access: 23.03.2021.
16. Wilcoxon R. D., Atif A. H., Skowmand B. Slow rusting of wheat varieties in the field correlated with stem rust severity on detached leaves in the green house // Plant disease reporter. – Beltsville, 1974. – Vol. 58. – №12. – P. 1085-1087.

E.I. Zhuk, A.N. Khalaev

RUE «Institute of plant protection», Priluki, Minsk region

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF FUNGICIDES IN LIMITING THE DEVELOPMENT OF DOMINANT LEAF DISEASES SPRING WHEAT IN BELARUS

Annotation. The problem of food safety of the country is the main task of grain-growing economic entities. Spring wheat occupies an important place in achieving this goal due to the quality of the products obtained. As a result of the pathological process, diseases of fungal etiology lead to a decrease in the yield of the crop, and also, due to biochemical changes in the affected plants, to a decline in its quality. Against the background of compliance with agrotechnical requirements for the cultivation of spring wheat, the biologically justified use of fungicides (when the development of one or a complex of diseases reaches a threshold level) in order to protect the leaves from diseases (powdery mildew, a complex of leaf spots, etc.) during the growing season is a highly effective technique. Analysis of the results of long-term research (2010–2021) on the study of the biological effectiveness of 27 fungicides consisting of various combinations of active substances showed that, in general, single-component preparations provided a limitation of the severity of leaf spots by an average of 44,1–55,3 %, powdery mildew – by 43,0–85,1 %, two-component – by 61,9–83,4 and 60,0–78,3 %, three-component – by 68,7–88,9 and 70,2–90,9 %, respectively. Timely fungicidal treatment will save up to 30,4 % of the crop (a combination of azole and strobilurin).

Key words: spring wheat, fungicides, leaf spot complex, powdery mildew, area under the disease development curve (DCC), biological and economic efficiency.