

DOI 10.33952/2542-0720-2021-4-28-149-158

УДК 632.934

Сидоров Н. М.<sup>1</sup>, Гырнец Е. А.<sup>1</sup>, Астахов М. М.<sup>1</sup>, Саенко К. Ю.<sup>1</sup>, Асатурова А. М.<sup>1</sup>,  
Диденко А. О.<sup>2</sup>

## ОЦЕНКА ФУНГИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»;

<sup>2</sup>Компания ООО «АДАМА РУС»

**Реферат.** Массовое применение однокомпонентных фунгицидов привело к проблеме появления резистентных форм фитопатогенов, одним из путей решения которой является разработка многокомпонентных средств защиты растений. Цель исследований – определить эффективность многокомпонентных химических протравителей в подавлении наиболее распространенных грибных патогенов и семенной инфекции в условиях *in vitro*. Работа выполнена в 2020 г. на базе ФНЦБЗР (г. Краснодар) в лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов. В качестве тест-объектов использовали грибы родов *Fusarium*, *Microdochium*, *Bipolaris*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Rhizoctonia*, *Septoria*, *Pyrenophora*. Фунгицидную активность химических препаратов против экономически значимых фитопатогенов, вызывающих корневые гнили, оценивали в лабораторных условиях методом серийных разведений с последующим засевом на питательную среду. Кроме того, эффективность препаратов исследовали методом фитоэкспертизы протравленных семян согласно ГОСТ 12044–93. Препараты, в состав которых входили соединения группы триазолов и фенилпирролов, на 100 % ингибировали рост возбудителей ризоктониоза, гельминтоспориоза и септориоза. Препарат, содержащий соединения группы триазолов и стробилуринов, полностью подавлял рост только *Rhizoctonia solani*. Ингибирующее действие всех препаратов на ряд фитопатогенных грибов проявлялось в задержке роста, отсутствии развития воздушного мицелия и пигментации мицелия. В отношении возбудителей фузариозных корневых гнилей двухкомпонентные препараты проявили эффективность от 51 % до 74,4 %, тогда как трехкомпонентный препарат – от 42,9 % до 84,7 % в зависимости от вида рода *Fusarium*. Предпосевная обработка семян позволила полностью ингибировать рост грибов родов *Fusarium*, *Mucor*, *Aspergillus*, а также существенно ингибировать развитие гриба *Alternaria*, распространение которого составило 1,7 %, а в контрольном варианте – 46,7 %. Многокомпонентные препараты на основе триазолов и фенилпирролов обладают высокой эффективностью в подавлении широкого комплекса фитопатогенов и могут быть рекомендованы для предпосевной обработки семян.

**Ключевые слова.** *Triticum aestivum*, пшеница озимая, фунгициды, антифунгальная активность, триазолы, фенилпирролы, стробилурины, фитопатогенные грибы, семенная инфекция.

**Для цитирования:** Сидоров Н. М., Гырнец Е. А., Астахов М. М., Саенко К. Ю., Асатурова А. М., Диденко А. О. Оценка фунгицидной активности препаратов для предпосевной обработки семян озимой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 4(28). С. 149–158. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-149-158.

**For citation:** Sidorov N. M., Gyrnets E. A., Astakhov M. M., Saenko K. Yu., Asaturova A. M., Didenko A. O. Comparative assessment of fungicidal activity of preparations for presowing treatment of winter wheat // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 4(28). P. 149–158. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-149-158.

## Введение

Защита растений от различных заболеваний – важная составляющая процесса сельскохозяйственного производства. Проведение мероприятий, направленных на защиту растений, начинается с подготовки семенного материала [1–3]. Предпосевная обработка семян с соблюдением принципов охраны окружающей среды является важной предпосылкой рентабельного производства сельскохозяйственных культур для получения полноценного урожая [4].

Особое внимание при обработке семян сельскохозяйственных растений уделяют защите от грибных заболеваний, опасных не только для растений, но и для человека. Для этого часто применяют фунгициды, содержащие действующие вещества (ДВ), относящиеся к одному и тому же химическому классу, что способствует формированию резистентности как устойчивого генетического признака [5, 6]. Также, в ряде хозяйств применяют фунгициды без учета видового состава возбудителей конкретного региона [7]. Поэтому резистентность – наиболее трудно преодолимое последствие пестицидных обработок, которое делает их во многих случаях малоэффективными и экономически неоправданными [8, 9].

Зафиксированы случаи возникновения резистентности почти против всех основных классов фунгицидов у самых разных видов фитопатогенов. Триазолы и стробилурины не являются исключением и согласно рейтингу Fungicide Resistance Action Committee (FRAC, <https://www.frac.info/>) риск резистентности к ним оценивают как средний и высокий [10]. Однако отказ от современных фунгицидов из группы высокого и среднего риска резистентности не представляется удачным с практической точки зрения. Они обеспечивают высокоэффективный контроль широкого спектра заболеваний и имеют ряд других преимуществ [11]. Поэтому одним из способов предотвращения возникновения устойчивости фитопатогенов является замещение однокомпонентных фунгицидов для обработки семян против определенной болезни на многокомпонентные препараты с комплексным действием, способным полностью подавить развитие инфекций, независимо от родового и видового состава патогенного комплекса [12, 13].

В качестве ДВ фунгицидов в мировом сельском хозяйстве используют не менее 150 химических соединений с различными механизмами действия, которые сейчас подразделяют на 46 классов. Фунгициды распределяют на группы в зависимости от строения действующего вещества, например, триазолы, фенилпирролы, стробилурины и др. Триазолы – химические соединения фунгицидного и защитного действия, эффективные против мучнистой росы, ржавчины, фомоза, фузариозной гнили и прочих болезней. Они ингибируют в грибной клетке только один специфический фермент, благодаря чему могут вызывать устойчивость у патогенов [14]. Стробилурины действуют на дыхательные процессы грибных клеток, предупреждают рост мицелия и спорообразование. Их относят к биологическим фунгицидам поскольку они имеют естественное происхождение, проявляя положительное действие на биологические и физиологические реакции растений [15, 16]. Фенилпирролы – стойкие химические вещества широкого спектра действия, влияющие на процессы, связанные с мембранным переносом веществ в клетке, что исключает вероятность появления резистентности патогенов к этим соединениям [17–19]. Таким образом, комбинирование фунгицидных соединений разного уровня риска позволяет снизить возникновение резистентности к применяемому препарату.

Также важное место среди комплексных протравителей занимают препараты, сочетающие в себе фунгицидные и инсектицидные компоненты с различными механизмами действия: имидаклоприд, тиаметоксам, клотианидин, ацетамиприд, тиаклоприд. Поэтому поиск и изучение фунгицидной активности комбинаций и

концентраций веществ различных химических классов в отношении комплекса патогенов является актуальной задачей.

**Цель исследований** – определение эффективности подавления наиболее распространенных грибных патогенов и семенной инфекции многокомпонентными химическими протравителями в условиях *in vitro*.

**Материалы и методы исследования**

Объектом исследования стали три многокомпонентных препарата фунгицидного действия для предпосевной обработки семян пшеницы озимой со следующими химическими классами действующих веществ:

1. Препарат № 1 – (неоникотиноид + триазол + фенилпиррол) в норме применения 1 л/т.
2. Препарат № 2 – (неоникотиноид + стробилурин + триазолы) в норме применения 1,5 л/т.
3. Препарат № 3 – (неоникотиноид + триазол + фенилпиррол) в норме применения 1,75 л/т.

Чистые культуры грибных фитопатогенов для проведения исследований были получены из Биоресурсной коллекции «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов» ФГБНУ ФНЦБЗР (БРК «ГКЭМ» № 585858): *Fusarium culmorum* BZR F–3, *F. graminearum* BZR F–4, *F. oxysporum* var. *orthoceras* BZR F–6, *Microdochium nivale* BZR 5, *Bipolaris sorokiniana* 2670 BZR F–3, *Alternaria alternata* BZR F–12, *Penicillium* sp. BZR F–10, *Rhizoctonia solani* BZR F–11, *Septoria nodorum* BZR F–13, *Pyrenophora tritici-repentis* BZR F–7.

Для оценки фунгицидной активности препаратов использовали метод разведений [20]. В чашку Петри вносили по 0,027 мл рабочего раствора препарата. Затем вливали 15 мл питательного агара, охлажденного до 37–40 °С. Содержимое перемешивали вращательными движениями (15–20 раз). После застывания среды высевали агаровый блок с мицелием тест-культуры. Грибные фитопатогены культивировали на картофельно-глюкозном агаре в термостатируемых условиях при 23 °С. Расчет ингибирования патогена проводили по формуле [21]:

$$N = ((p - p_i) / p) \times 100 \%$$

где N – ингибирование роста колонии патогена, %; p – диаметр роста патогена в контроле, см; p<sub>i</sub> – диаметр роста в варианте с препаратом, см.

В исследованиях использована материально-техническая база УНУ «Технологическая линия для получения микробиологических средств защиты растений нового поколения» Федерального научно-исследовательского центра биологической защиты растений (<http://скр-гф.ру/> реестровый № 671367).

Фунгицидную активность препаратов обеспечивает комбинация ДВ системного (тебуконазол, протиоконазол) и контактного (флудиоксанил, флуоксастробин) способа действия (таблица 1).

**Таблица 1 – Характеристика исследуемых препаратов**

Характер действия	Химический класс	ДВ	Способ проникновения	Препарат		
				№ 1	№ 2	№ 3
Фунгицидный	триазолы	тебуконазол	системный	+	+	+
		протиоконазол		+		
	фенилпирролы стробилурины	флудиоксанил	контактный	+		+
		флуоксастробин			+	
Инсектицидный	неоникотиноиды	имидаклоприд	кишечный, контактный, системный	+		
		тиаметоксам				+
		клотианидин			+	

Следует отметить, что в состав препаратов № 1 и 3 входит фенилпиррол с низким риском возникновения резистентности и триазол с высоким. При этом тебуконазол в различных концентрациях присутствует во всех изучаемых протравителях.

Для изучения влияния протравителей на семенную инфекцию *in vitro* проводили фитоэкспертизу семян по ГОСТ 12044–93.

### Результаты и их обсуждения

#### Исследование антифунгальной активности химических препаратов *in vitro*.

Была проведена оценка антифунгальной активности коммерческих препаратов в условиях *in vitro* в отношении десяти грибных патогенных культур, принадлежащих по типу питания к группам факультативных паразитов и сапрофитов. Спектр фунгицидной активности исследуемых пестицидов в отношении возбудителей экономически значимых болезней на 15-е сутки инкубации представлен в таблице 2.

**Таблица 2 – Эффективность химических препаратов в отношении возбудителей экономически значимых болезней зерновых культур**

Вариант опыта	Ингибирование тест- культуры, %		
	Препарат №1	Препарат №2	Препарат №3
<i>F. graminearum</i> BZR F–4	74,4	42,9	72,4
<i>F. oxysporum</i> var. <i>orthoceras</i> BZR F–6	51,0	84,7	52,0
<i>F. culmorum</i> BZR F–3	63,2	65,3	63,2
<i>M. nivale</i> BZR F–5	35,7	48,0	42,8
<i>A. alternata</i> BZR F–12	84,6	55,1	86,7
<i>Penicillium</i> sp. BZR F–10	47,3	47,4	68,4
<i>P. tritici-repentis</i> BZR F–7	63,2	63,3	66,3
<i>R. solani</i> BZR F–11	100,0	100,0	100,0
<i>B. sorokiniana</i> 2670 BZR F–14	100,0	65,8	71,0
<i>S. nodorum</i> BZR F–13	100,0	84,0	100,0

В отношении возбудителей фузариозных корневых гнилей препарат № 1 проявлял эффективность от 51 % до 74,4 %, препарат № 2 – от 42,9 % до 84,7 %, препарат № 3 – от 52 % до 72,4 %. В вариантах с применением различных химических препаратов отмечена одинаковая антифунгальная активность в отношении исследуемых тест-объектов, что также проявилось в варианте с возбудителем желтой пятнистости листьев *P. tritici-repentis* BZR F–7 – эффективность во всех трех вариантах была почти одинакова и находилась в пределах 63–66 %.

В отношении возбудителя снежной плесени *M. nivale* BZR F–5 эффективность препаратов № 2 и № 3 составляла 48 % и 42,8 % соответственно, тогда как эффективность в варианте с применением препарата № 1 была ниже – 35,7 %.

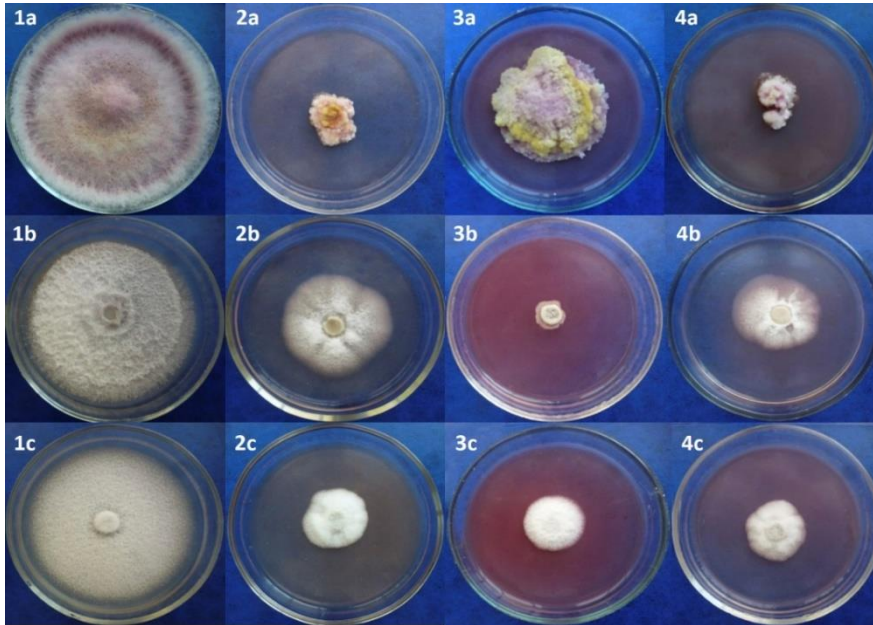
Установлена закономерность антифунгальной активности в отношении *A. alternata* BZR F–12. Минимальная эффективность отмечена в варианте с применением препарата № 2 – 55,1 %, тогда как высокая эффективность выявлена в вариантах с препаратами № 1 и 3: 84,6 % и 86,7 % соответственно.

Максимальная антифунгальная активность в отношении *Penicillium* sp. BZR F–10 отмечена в варианте с применением препарата № 3, где ингибирование тест-объекта составило 68,4 %. В вариантах с препаратами № 1 и № 2 отмечен низкий уровень ингибирования мицелия гриба – менее чем 50 %.

Препарат № 1 полностью подавлял рост *R. solani* BZR F–11, *B. sorokiniana* 2670 BZR F–14 и *S. nodorum* BZR F–13. В отличие от варианта с применением препарата № 2, где 100 % эффективность была лишь в одном варианте с тест- культурой гриба *R. solani*

BZR F–11. В варианте с использованием препарата № 3 отмечено полное ингибирование двух фитопатогенных грибов *R. solani* BZR F–11 и *S. nodorum* BZR F–13.

Ингибирующее действие препаратов на рост патогенных грибов выражалось не только в отсутствии или ограничении роста колонии, но и в негативных морфологических изменениях мицелия по сравнению с контролем: отсутствие развитого воздушного мицелия, лизирование и изменение цвета мицелия. Морфологические изменения на примере тест-культуры грибов рода *Fusarium* представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Антифунгальная активность препаратов в отношении грибов рода *Fusarium*, 15 суток инкубирования.**

**Примечания:** 1 – контроль; 2 – препарат № 1 (1 л/т); 3 – препарат № 2 (1,5 л/т); 4 – препарат № 3 (1,75 л/т); а – *F. graminearum* BZR F–4; б – *F. oxysporum* var. *orthoceras* BZR F–6; в – *F. culmorum* BZR F–3.

Таким образом, оценка антифунгальной активности коммерческих препаратов в условиях *in vitro* в отношении возбудителей экономически значимых болезней зерновых культур продемонстрировала различную степень ингибирования патогенов в зависимости от комбинации действующих веществ пестицидов. Стоит отметить высокий уровень эффективности препарата № 1, проявляющийся в полном ингибировании роста возбудителей коневых гнилей – *R. solani* BZR F–11 и *B. sorokiniana* 2670 BZR F–14, а также возбудителя септориоза *S. nodorum* BZR F–13, что не наблюдали в вариантах с применением других химических препаратов. Однако использование различных фунгицидов в равной степени негативно повлияло на изменение цвета грибной колонии, отсутствие воздушного мицелия.

#### **Влияние химических препаратов на развитие семенной инфекции**

Для оценки влияния химических препаратов на подавление семенной инфекции был проведен лабораторный тест во влажных камерах, где сравнивали контрольный образец без обработки семян и образцы, обработанные изучаемыми препаратами. Разнообразие фитопатогенов и эффективность подавления заболеваний испытываемыми препаратами представлены в таблице 3.

При изучении пораженности контрольного варианта без обработки препаратами получены следующие данные: распространенность грибов рода *Alternaria* spp. составляла

46,7 %, *Mucor spp.* – 15,0 %, *Aspergillus spp.* – 1,0 %, *Fusarium spp.* – 2,3 %, бактериозом были поражены 1,7 % семян.

**Таблица 3 – Влияние препаратов для предпосевной обработки семян на развитие наружной семенной инфекции озимой пшеницы сорта Гром**

Препарат	Норма применения, л/т	Распространенность патогена, %					
		<i>Alternaria spp.</i>	<i>Mucor spp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i>	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>	Бактериоз, %
Контроль	б.о.	46,7 <sup>a</sup>	15,0 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	2,3 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>
№ 1	1,0	1,7 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>a</sup>	1,7 <sup>b</sup>
№ 2	1,75	6,3 <sup>c</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	1,3 <sup>c</sup>	0 <sup>a</sup>	0,7 <sup>c</sup>
№ 3	1,5	1,7 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0,3 <sup>b</sup>	1,7 <sup>a</sup>

**Примечание.** Данные, входящие в одну группу (латинские буквы) в пределах столбца, не имеют статистически значимых различий по критерию Дункана на уровне значимости 95 %.

В варианте с применением препарата № 1 (1,0 л/т) отмечено полное подавление развития фитопатогенных грибов родов *Mucor spp.*, *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.* Развитие грибов рода *Alternaria spp.* составляло 1,7 %, тогда как в контроле 46,7 %. В варианте с применением препарата № 3 (1,5 л/т) выявлено незначительное поражение семян грибами родов *Alternaria spp.* и *Penicillium spp.* 1,7 % и 0,3 % соответственно. В варианте с применением препарата № 2 (1,75 л/т) отмечено развитие грибов родов *Alternaria spp.* – 6,3 % и *Fusarium spp.* – 1,3 %.

#### Выводы

Полученные результаты показали, что содержание в препарате химических соединений из групп триазолов и фенилпирролов, к которым относят препараты № 1 и № 3, эффективно ингибируют рост широкого спектра возбудителей болезней. Высокая способность к ингибированию у препарата № 1 – угнетение грибных патогенов более чем на 50 % в восьми тест-культурах, в трех из которых произошло 100 %-е подавление мицелия: *R. solani* BZR F–11, *B. sorokiniana* 2670 BZR F–14 и *S. nodorum* BZR F–13. Для препарата № 3 высокий уровень ингибирования возбудителей экономически значимых болезней зерновых культур отмечен для девяти фитопатогенных грибов, рост *R. solani* BZR F–11, *S. nodorum* BZR F–13 ингибирован на 100 %. Напротив, для препарата № 2, содержащего ДВ из групп триазолов и стробилуринов, полное угнетение грибного патогена отмечено лишь для *R. solani* BZR F–11. Однако все препараты в равной степени приводили к морфологическим изменениям колоний исследуемых патогенов: изменение цвета грибной колонии, отсутствие воздушного мицелия.

Установлено, что препараты № 1 и 3 в равной степени подавляли семенную инфекцию, представленную грибами *Alternaria spp.*: распространенность патогена в опытных вариантах составила 1,7 %, тогда как в контрольном варианте – 46,7 %. Развитие грибов родов *Mucor spp.*, *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.* подавлялось полностью. Развитие патогенов *Alternaria spp.* и *Fusarium spp.* в варианте с применением препарата № 2 составило 6,3 % и 1,3 % соответственно.

Таким образом, многокомпонентные препараты на основе триазолов и фенилпирролов обладают высокой эффективностью в подавлении широкого комплекса фитопатогенов, что подтверждено лабораторными исследованиями, и могут быть рекомендованы для предпосевной обработки семян.

*Исследования антифунгальной активности химических препаратов in vitro выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № 0495-2019-0013.*

*Исследования по влиянию препаратов для предпосевной обработки семян на развитие семенной инфекции выполнены по договору НИР № 1/19 от 29.07.2019 гг.*

## Литература

1. Побежимова Т.П., Корсукова А.В., Дорофеев Н.В., Грабельных О.И. Физиологические эффекты действия на растения фунгицидов триазольной природы // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. № 9(3). С. 461–476. DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-461-476.
2. Freiberg J. A., Ludwig M. P., Giroto E. O tratamento de sementes afeta os componentes de rendimento do trigo? // Caderno de Ciências Agrárias. 2021. No. 13. P. 1–5. DOI: 10.35699/2447-6218.2021.29642.
3. Freiberg J. A., Ludwig M. P., Avelar S. A. G., Giroto E. Seed treatment and its impact on wheat crop yield potential // Journal of Seed Science. 2017. No. 39. P. 280–287. DOI: 10.1590/2317-1545v39n3177754.
4. Горбатов В. С., Матвеев Ю. М., Кононова Т. В. Экологическая оценка пестицидов: источники и формы информации // Агро XXI. 2008. № 1(3). С. 7–9.
5. Горина И. Н. Лабораторный контроль за качеством протравливания семян зерновых культур препаратами, содержащими тиабендазол // Материалы межрегиональной научно-практической конференции «Современные тенденции развития сельского хозяйства и актуальные подходы к подготовке кадров для агропромышленного комплекса». Чита: Издательство ЗабАИ, 2019. С. 43–47.
6. Hartmann F. E., Vonlanthen T., Singh N. K., McDonald M. C., Milgate A., Croll D. The complex genomic basis of rapid convergent adaptation to pesticides across continents in a fungal plant pathogen // Molecular Ecology. 2020. DOI: 10.1101/2020.07.24.220004.
7. Яруллина Л. Г., Сурина О. Б., Кулуев Б. Р., Умаров И. А., Яруллина Л. М., Ибрагимов Р. И. Оценка устойчивости к фунгицидам в культуре *in vitro* изолятов гриба *Tilletia caries* Tul. из различных агроклиматических зон Республики Башкортостан // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. № 15 (3–5). С. 1541–1544.
8. Lucas J. A., Hawkins N. J., Fraaije B. A. The evolution of fungicide resistance // Advances in Applied Microbiology. 2015. No. 90. P. 29–92. DOI: 10.1016/bs.aambs.2014.09.001.
9. Oliver R. P. A reassessment of the risk of rust fungi developing resistance to fungicides // Pest. Manag. Sci. 2014. No. 70. P. 1641–1645. DOI: 10.1002/ps.3767.
10. Щербакова Л.А. Развитие резистентности к фунгицидам у фитопатогенных грибов и их хемосенсибилизация как способ повышения защитной эффективности триазолов и стробилуринов // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 5. С. 875–891. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.875rus.
11. Филиппов А. В., Кузнецова М. А., Рогожин А. Н. Как сохранить устойчивость картофеля к фунгицидам // Картофель и овощи. 2016. Т. 4. С. 26–28.
12. Чекмарев В. В., Кобыльская Г.В., Бучнева Г. Н., Корабельская О. И. Резистентность грибов рода *Fusarium* к протравителям семян // Защита и карантин растений. 2011. № 3. С. 19–20.
13. Mielniczuk E., Skwaryło-Bednarz B. *Fusarium* head blight, mycotoxins and strategies for their reduction // Agronomy. 2020. No. 10. P. 509. DOI: 10.3390/agronomy10040509.
14. Jorgensen K. M., Helleberg M., Hare R. K., Jorgensen L. N., Arendrup M. C. Dissection of the activity of agricultural fungicides against clinical *Aspergillus* isolates with and without environmentally and medically induced azole resistance // Journal of Fungi. 2021. No. 7(3). P. 205. DOI: 10.3390/jof7030205.
15. Макаров М. Р. Химические средства борьбы с некоторыми болезнями на посевах озимой пшеницы // Бюллетень науки и практики. 2019. № 1. С. 212–216. DOI: 10.5281/zenodo.2539747.
16. Feng Y., Huang Y., Zhan H., Bhatt P., Chen S. An overview of strobilurin fungicide degradation: current status and future perspective // Frontiers in Microbiology. 2020. No. 11. P. 389. DOI: 10.3389/fmicb.2020.00389.
17. Белицкая М. Н., Грибуст И. Р., Байбакова Е. В., Нефедьева Е. Э., Шайхиев И. Г. Исследование и сравнительный анализ действующих веществ современных протравителей зерновых культур // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 9. С. 32–36.
18. Zhou F., Hu H. Y., Song Y. L., Gao Y. Q., Liu Q. L., Song P. W., Chen E. Y., Yu Y. A., Li D. X., Li C. W. Biological characteristics and molecular mechanism of fludioxonil resistance in *Botrytis cinerea* from Henan Province of China // Plant Disease. 2020. No. 104(4). P. 1041–1047. DOI: 10.1094/PDIS-08-19-1722-RE.
19. Brandhorst T. T., Klein B. S. Uncertainty surrounding the mechanism and safety of the post-harvest fungicide fludioxonil // Food and Chemical Toxicology. 2019. No. 123. P. 561–565.
20. Passera A., Venturini G., Battelli G., Casati P., Penaca F., Quaglino F., Bianco P.A. Competition assays revealed *Paenibacillus pasadenensis* strain R16 as a novel antifungal agent // Microbiological Research. 2017. No. 198. P. 16–26. DOI: 10.1016/j.micres.2017.02.001.
21. Основы учения об антибиотиках: учебник // Под ред. Нетрусова С. Н. М: МГУ, Наука, 2004. 528 с.

## References

1. Pobezhimova T. P., Korsukova A. V., Dorofeev A. N., Grabelnykh O. I. Physiological effects of triazole fungicides on plants // Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2019. No. 9(3). P. 461–476. DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-461-476.

2. Freiberg J. A., Ludwig M. P., Giroto E. O tratamento de sementes afeta os componentes de rendimento do trigo? // Caderno de Ciências Agrárias. 2021. No. 13. P. 1–5. DOI: 10.35699/2447-6218.2021.29642.
3. Freiberg J. A., Ludwig M. P., Avelar S. A. G., Giroto E. Seed treatment and its impact on wheat crop yield potential // Journal of Seed Science. 2017. No. 39. P. 280–287. DOI: 10.1590/2317-1545v39n3177754.
4. Gorbatov V. P., Matveev Yu. M., Kononova T. V. Ecological assessment of pesticides: sources and forms of information // Agro XXI. 2008. No. 1(3). P. 7–9.
5. Gorina I. N. Laboratory quality control treatment of seeds of grain crops with preparations containing thiabendazole // Materials of the interregional scientific and practical conference “Modern trends in the development of agriculture and current approaches to training personnel for the agro-industrial complex”. Chita: ZabAI Publishing House, 2019. P. 43.
6. Hartmann F. E., Vonlanthen T., Singh N. K., McDonald M. C., Milgate A., Croll D. The complex genomic basis of rapid convergent adaptation to pesticides across continents in a fungal plant pathogen // Molecular Ecology. 2020. DOI: 10.1101/2020.07.24.220004.
7. Yarullina L.G., Surina O.B., Kuluev B.R., Umarov I.A., Yarullina L.M., Ibragimov R.I. Assessment of stability to fungicides in culture of *in vitro* of isolates of the mushroom *Tilletia caries* Tul. from various agroclimatic zones of the Republic of Bashkortostan // Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Izvestia RAS SamSC). 2013. No. 15 (3-5). P. 1541–1544.
8. Lucas J. A., Hawkins N. J., Fraaije B. A. The evolution of fungicide resistance // Advances in Applied Microbiology. 2015. No. 90. P. 29–92. DOI: 10.1016/bs.aambs.2014.09.001.
9. Oliver R. P. A reassessment of the risk of rust fungi developing resistance to fungicides // Pest. Manag. Sci. 2014. No. 70. P. 1641–1645. DOI: 10.1002/ps.3767.
10. Shcherbakova L. A. Fungicide resistance of plant pathogenic fungi and their chemosensitization as a tool to increase anti-disease effects of triazoles and strobilurines (review) // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural biology]. 2019. Vol. 54. No. 5. P. 875–891. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.875eng.
11. Filippov A. V., Kuznetsova M. A., Rogozhin A. N. How to maintain the sensitivity of the causative agent of late blight of potato to fungicides // Potato and vegetables. 2016. Vol. 4. P. 26–28.
12. Chekmarev V. V., Kobyl'skaya G. V., Buchneva G. N., Korabel'skaya O. I. Resistance of fungi of *Fusarium* genus to seed dressing preparations // Plant protection and quarantine. 2011. No. 3. P. 19–20.
13. Mielniczuk E., Skwaryło-Bednarz B. *Fusarium* head blight, mycotoxins and strategies for their reduction // Agronomy. 2020. No. 10. P. 509. DOI: 10.3390/agronomy10040509.
14. Jorgensen K. M., Helleberg M., Hare R. K., Jorgensen L. N., Arendrup M. C. Dissection of the activity of agricultural fungicides against clinical *Aspergillus* isolates with and without environmentally and medically induced azole resistance // Journal of Fungi. 2021. No. 7(3). P. 205. DOI: 10.3390/jof7030205.
15. Makarov M. R. Chemical means of combating certain diseases in winter wheat // Bulletin of Science and Practice. 2019. No. 1. P. 212–216. DOI: 10.5281/zenodo.2539747.
16. Feng Y., Huang Y., Zhan H., Bhatt P., Chen S. An overview of strobilurin fungicide degradation: current status and future perspective // Frontiers in Microbiology. 2020. No. 11. P. 389. DOI: 10.3389/fmicb.2020.00389.
17. Belitskaya M. N., Gribust I. R., Baibakova E. V., Nefedieva E. E., Shaikhiyev I. G. Research and comparative analysis of active substances of modern grain crop protectants // Kazan Technological University Bulletin. 2015. No. 9. P. 32–36.
18. Zhou F., Hu H. Y., Song Y. L., Gao Y. Q., Liu Q. L., Song P. W., Chen E. Y., Yu Y. A., Li D. X., Li C. W. Biological characteristics and molecular mechanism of fludioxonil resistance in *Botrytis cinerea* from Henan Province of China // Plant Disease. 2020. No. 104(4). P. 1041–1047. DOI: 10.1094/PDIS-08-19-1722-RE.
19. Brandhorst T.T., Klein B.S. Uncertainty surrounding the mechanism and safety of the post-harvest fungicide fludioxonil // Food and Chemical Toxicology. 2019. No. 123. P. 561–565. DOI: 10.1016/j.fct.2018.11.037.
20. Passera A., Venturini G., Battelli G., Casati P., Penaca F., Quaglino F., Bianco P.A. Competition assays revealed *Paenibacillus pasadenensis* strain R16 as a novel antifungal agent // Microbiological Research. 2017. No. 198. P. 16–26. DOI: 10.1016/j.micres.2017.02.001.
21. Fundamentals of the doctrine of antibiotics: Textbook, manual // Ed. by Netrusov S. N. Moscow: Publishing house MSU, Nauka, 2004. P. 528.

UDC 632.934

Sidorov N. M., Gyrnets E. A., Astakhov M. M., Saenko K. Yu., Asaturova A.M., Didenko A. O.

### COMPARATIVE ASSESSMENT OF FUNGICIDAL ACTIVITY OF PREPARATIONS FOR PRESOWING TREATMENT OF WINTER WHEAT

*Summary.* The massive use of one-component fungicides has caused the problem of the emergence of resistant forms of phytopathogens. The development of multicomponent



*plant protection products is one of the ways of dealing with such a situation. The aim of the study is to determine the effectiveness of multicomponent chemical dressing agents in suppressing the most common fungal pathogens and seed infections in vitro. This work was performed in 2020 in the Federal Research Center for Biological Plant Protection (Krasnodar) in the laboratory of the creation of microbiological plant protection products and a collection of microorganisms. Fungi of the Fusarium, Microdochium, Bipolaris, Alternaria, Penicillium, Rhizoctonia, Septoria, Pyrenophora genera were used as test objects. The fungicidal activity of chemical preparations against economically significant phytopathogens causing root rot was evaluated in laboratory conditions by the method of serial dilutions followed by sowing on a nutrient medium. In addition, the effectiveness of the preparations was investigated by the method of treated seeds phytoexamination according to GOST 12044–93. The preparations, which included triazoles and phenylpyrroles, had the strongest inhibitory effect (100 %) on pathogens of Rhizoctonia, helminthosporiosis and septoria. The preparation containing compounds of the group of triazoles and strobilurins suppressed the growth of Rhizoctonia solani only. The preparations' inhibitory effect on a number of phytopathogenic fungi was manifested in growth retardation, absence of aerial mycelium development and mycelium pigmentation. Concerning the causative agents of Fusarium root rot, the two-component preparations efficacy ranged from 51 % to 74.4 %; three-component one – from 42.9 % to 84.7 % depending on the species of the genus Fusarium. Presowing seed treatment made it possible to inhibit the growth of fungi of the genera Fusarium, Mucor, Aspergillus; significantly inhibit the development of the fungus Alternaria (spread in the experimental variant – 1.7 %, in the control variant – 46.7 %). From the data obtained, it can be concluded that multicomponent preparations based on triazoles and phenylpyrroles are highly effective in suppressing a wide range of phytopathogens and can be recommended for presowing seed treatment.*

**Keywords.** *Triticum aestivum, winter wheat, fungicides, antifungal activity, triazoles, phenylpyrroles, strobilurins, phytopathogenic fungi, seed infection.*

Сидоров Никита Михайлович, научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ФНЦБЗР, п/о 39; e-mail: elisitor@mail.ru.

Гырнец Евгений Анатольевич, младший научный сотрудник лаборатории стандартизации и контроля качества биологических средств защиты растений ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ФНЦБЗР, п/о 39; e-mail: evgenijgurnets@mail.ru.

Астахов Михаил Михайлович, младший научный сотрудник лаборатории стандартизации и контроля качества биологических средств защиты растений ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ФНЦБЗР, п/о 39; e-mail: astahov.91@inbox.ru.

Саенко Ксения Юрьевна, младший научный сотрудник лаборатории стандартизации и контроля качества биологических средств защиты растений ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ФНЦБЗР, п/о 39; e-mail: saenkok1997@yandex.ru

Асатурова Анжела Михайловна, кандидат биологических наук, зав. лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ФНЦБЗР, п/о 39; e-mail: biocontrol-vniibzr@yandex.ru.

Диденко Антон Олегович, кандидат биологических наук, специалист по развитию продуктов ООО «АДАМА РУС», 350039, Россия, г. Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39/1; e-mail: anton.didenko@adama.com.

Sidorov Nikita Mikhailovich, researcher in the Laboratory for the development of microbiological plant protection agents and formation of microorganisms, FSBSI “Federal Research Center of Biological Plant Protection”; Federal Research Center of Biological Plant Protection (FNCBZR) (post office No. 39), Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: elisitor@mail.ru.

Gyrnets Evgeny Anatolievich, junior researcher of the Laboratory of standardization and quality control of biological plant protection products, FSBSI “Federal Research Center of Biological Plant Protection”; Federal Research Center of Biological Plant Protection (FNCBZR) (post office No. 39), Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: evgenijgyrnets@mail.ru.

Astakhov Mikhail Mikhailovich, junior researcher of the Laboratory of standardization and quality control of biological plant protection products, FSBSI “Federal Research Center of Biological Plant Protection”; Federal Research Center of Biological Plant Protection (FNCBZR) (post office No. 39), Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: astahov.91@inbox.ru.

Saenko Ksenia Yurievna, junior researcher of the Laboratory of standardization and quality control of biological plant protection products, FSBSI “Federal Research Center of Biological Plant Protection”; Federal Research Center of Biological Plant Protection (FNCBZR) (post office No. 39), Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: saenkok1997@yandex.ru.

Asaturova Anzhela Mikhailovna, Cand. Sc. (Biol.), Director of FSBSI “Federal Research Center of Biological Plant Protection”; Federal Research Center of Biological Plant Protection (FNCBZR) (post office No. 39), Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: biocontrol-vniibzr@yandex.ru.

Didenko Anton Olegovich, Cand. Sc. (Biol.), product development specialist “ADAMA RUS OOO” (Limited Liability Company); 39/1, 40 let Pobedy str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: anton.didenko@adama.com.

*Дата поступления в редакцию – 18.08.2021.*

*Дата принятия к печати – 10.10.2021.*