

Новый экологически безопасный фунгицидный препарат на основе тебуконазола и тиабендазола для борьбы с грибными заболеваниями пшеницы

Маргарита Юрьевна Шарапова , магистрант, email: MarganaMar@yandex.ru;

Елена Эдуардовна Нефедьева, д.б.н., профессор, ORCID: 0000-0002-4782-3835 –

Волгоградский государственный технический университет, rector@vstu.ru, 400005, пр. им. Ленина, 28

В данной работе исследованы активные вещества фунгицидных препаратов тебуконазола и тиабендазола, предназначенных для обработки семян зерновых культур от поражения фитопатогенными грибами. В ходе лабораторных испытаний установлена их высокая фитотоксичность и ростстимулирующие свойства. Проведен эксперимент по влиянию эсфона, менадиона и салициловой кислоты на рост coleoptилей пшеницы с помощью стандартной методики биотестирования растворенных токсических веществ по росту отрезков coleoptилей. Согласно результатам эксперимента, был оптимизирован состав фунгицидного препарата на основе тебуконазола и тиабендазола с применением ростстимулирующего вещества. Изменено соотношение тебуконазола к тиабендазолу, а также снижены концентрации данных действующих веществ. Добавлен ростостимулятор эсфон и сивушное масло в качестве растворителя, а также заменены препараты в качестве антивспенивателя и красителя. Представлена технологическая схема производства, включающая следующее оборудование: смеситель, емкости для подачи веществ, насосы и клапаны. Экологичность нового препарата заключается в снижении концентраций действующих веществ, а также в добавлении отхода в качестве растворителя. Протравитель способствует повышению эффективности борьбы с грибными заболеваниями пшеницы, а также не имеет ретардантного действия.

Ключевые слова: фунгицид, тебуконазол, тиабендазол, защита растений, технологическая схема производства фунгицидов

Поступила в редакцию: 10.05.2022

Принята к печати: 17.06.2022

От вредителей, болезней и сорняков ежегодно теряется от 20 до 40% потенциального урожая зерновых культур [8].

В настоящее время существует большое количество возбудителей болезней культурных сельскохозяйственных растений. Зарегистрировано свыше 30 тыс. патогенных микробов для 3 тыс. видов растений [9]. Заболевания растений возникают обычно в полевых условиях до сбора урожая [4].

Большинство известных протравителей (фунгицидов) для семян сельскохозяйственных культур относится к II-III классу опасности. Они оказывают токсическое действие на растения и способны накапливаться в окружающей природной среде [2]. Поэтому актуальной задачей стоит создание и исследование эффективного и экологически безопасного протравителя злаков со сниженными дозами фунгицидов для защиты растений от болезней и вредителей. В связи с этим обязательным является протравливание семян с целью защиты растений в ранние и самые уязвимые фазы развития. Протравители оказывают ретардантное действие [11].

Цель исследования: разработка нового экологически безопасного фунгицидного препарата для защиты растений от болезней, связанных с развитием патогенных грибов. Основой нового препарата служат ранее известные фунгициды – тебуконазол и тиабендазол.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили в 2021 году в Волгоградском государственном техническом университете на кафедре «Промышленная экология и безопасность

жизнедеятельности». Эксперимент проведен по стандартной методике биотестирования растворенных токсических веществ по росту отрезков coleoptилей. В ходе эксперимента рассматривали эсфон, менадион, салициловую кислоту.

Тебуконазол [(RS)-1p-хлорфенил-4,4-диметил-3-(1H-1,2,4-триазол-1-ил-метил)пентан-3-ил] – пестицид, эффективный системный фунгицид для обработки семян зерновых культур в борьбе с фитопатогенами, передающимися с семенами. Относится к триаколам третьего поколения.

Тебуконазол представляет собой бесцветные кристаллы. Хорошо растворяется в органических растворителях, плохо в воде. Не гидролизует при pH от 4 до 9. Период полураспада при 20°C более года [5].

Системный фунгицид широкого спектра действия. Обладает защитными, лечебными и искореняющими свойствами [3]. Быстро проникает в растение и равномерно распределяется в нем [1].

Подавляет биосинтез эргостерина в мембранах клеток фитопатогенов, ингибируя деметилирование в положении C-14. Образующиеся Д5-стерины также воздействуют на метаболизм, и этим тебуконазол отличается от других триазолов [5].

Тиабендазол [2 - (4-тиазолил) -1 H - бензимидазол] – действующее вещество пестицидов, высокоэффективный фунгицид класса бензимидазолов, протравитель системного действия. Используется для аэрозольной обработки против возбудителей болезней на плодовых, овощных и зерновых культурах при закладке на хранение.

Контактно-системный фунгицид защитного и

лечебного действия. Обладает широким спектром фунгицидного действия, особенно эффективен против кагатных гнилей, болезней хранения [7].

Тиабендазол защищает овощи и плоды от болезней, образуя на их поверхности долго сохраняющийся защитный слой, действие сохраняется до шести месяцев [7].

За счет своих метаболитов тиабендазол может ингибировать биосинтез нуклеиновых кислот ДНК и РНК, а также процессы дыхания [5].

Был проведен эксперимент по фитотоксичности веществ по стандартной методике биотестирования растворенных веществ по росту отрезков

колеоптилей пшеницы [10]. Для этого от 4-суточных проростков пшеницы, выравненных по длине, отделяли отрезки колеоптилей длиной 5 мм, при этом верхушку отсекали. Отрезки по 20 шт помещали в растворы фунгицидов с добавлением 2% сахарозы, опыты проводили в 2-кратной биологической повторности. Культивировали в темноте при температуре 25°C в течение 3 сут. Затем повторно измеряли длину.

Готовили растворы фунгицидов в соотношениях, показанных в табл. 1. В растворы дополнительно добавляли эсфон (1,25 ppm), салициловую кислоту (1,65 ppm) и менадион (1,25 ppm).

Таблица 1 – Концентрации тебуконазола и тиабендазола для оценки токсического действия в биотесте, ppm

Тебуконазол	Тиабендазол		
	1,5	2,5	3,3
1,5	1,5/1,5	1,5/2,5	1,5/3,3
2,5	2,5/1,5	2,5/2,5	2,5/3,3
3,3	3,3/1,5	3,3/2,5	3,3/3,3

В этих же растворах проращивали зерновки пшеницы по ГОСТ 12038–84. – 01.07.86. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. При учете энергии прорастания на 4 сутки отдельно подсчитывали нормально проросшие; набухшие, твердые, которые составили непроросшие семена и ненормально проросшие – невсхожие семена. За результат анализа принимали среднее арифметическое результатов определения всхожести всех проанализированных проб. Измеряли длину корня и побега.

Полученные результаты подвергали статисти-

ческой обработке. Рассчитывали среднюю арифметическую (M), среднее квадратическое отклонение (δ), ошибку репрезентативности средней арифметической (m_m), критерий Стьюдента (t). Оценку достоверности разницы проводили с помощью сравнения полученного значения со стандартным t_{cr} .

Результаты исследования приведены в таблицах и на рисунках.

Результаты и их обсуждение. По результатам эксперимента мы можем сравнить влияние различного соотношения протравителей и добавок на рост корня побега, проростка и колеоптиля пшеницы.

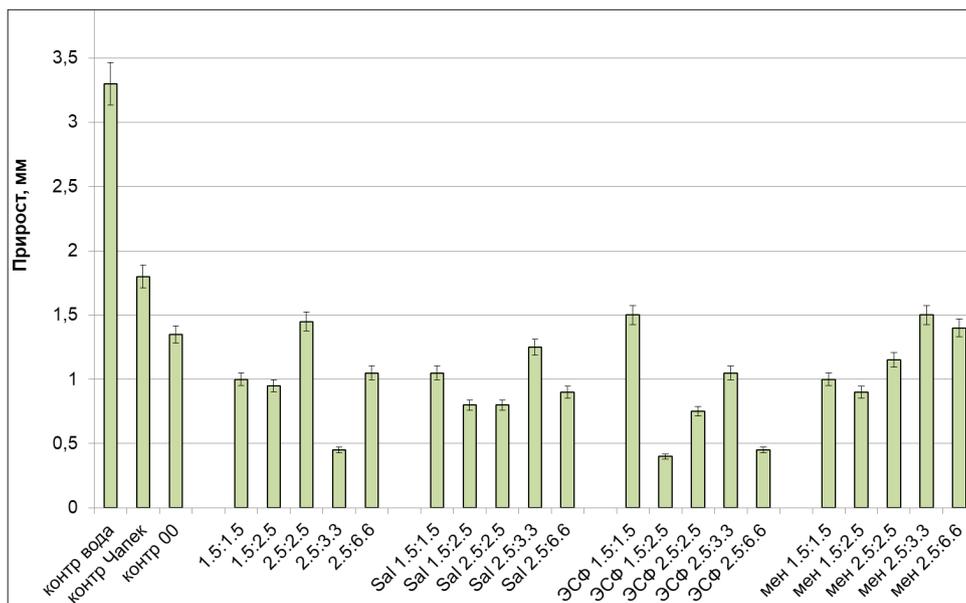


Рисунок 1. Прирост колеоптиля пшеницы при добавлении чистых растворов фунгицидов и смеси фунгицидов с активными веществами в различном соотношении

Примечание: Sal – салициловая кислота; ЭСФ – эсфон; Мен – менадион

На рисунке 1 показано, что фунгициды влияют

на рост колеоптилей во всех соотношениях и ока-

зывают ретардантное действие. При использовании фунгицидов без ростостимуляторов происходит торможение роста.

В целом, прирост coleoptилей под действием фунгицидов относительно контроля незначительный. Это указывает на потенциальный ретардантный эффект тиабендазола и тебуконазола. Добавление салициловой кислоты в этом случае не целесообразно, т.к. положительной динамики не наблюдается. Эсфон (1,5:1,5) и менадион (2,5:3,3 и 2,5:6,6) дают положительную динамику роста и снижают ретардантное действие фунгицидов.

Салициловая кислота – ключевой фитогормон, особенно важный для запуска программ адаптации растений к действию стрессоров. Является

природным фенольным соединением, которое помогает культурным растениям поддерживать иммунитет и способствует прорастанию семян, их вегетативному росту и формированию цветов.

Эсфон (ХЭФК-65%) является регулятором роста растений. Действующее вещество 2-хлорэтилфосфоновая кислота, 65% ВР. Используется для повышения урожайности и улучшения лежкости плодов, для увеличения выхода ранней продукции, на декоративных культурах для увеличения яркости окраски и размеров цветов.

Менадион – полициклический ароматический кетон, основой которого является 1,4-нафтохинон. Менадион – синтетический водорастворимый аналог витамина К.

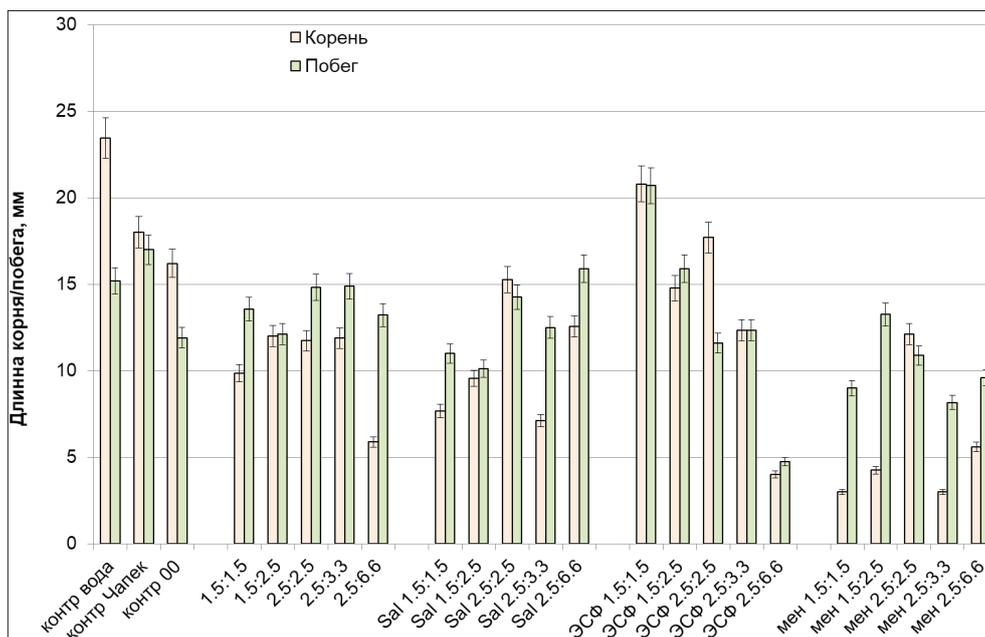


Рисунок 2. Длина корня/побега проростков при добавлении чистых растворов фунгицидов и смеси фунгицидов с активными веществами в различном соотношении

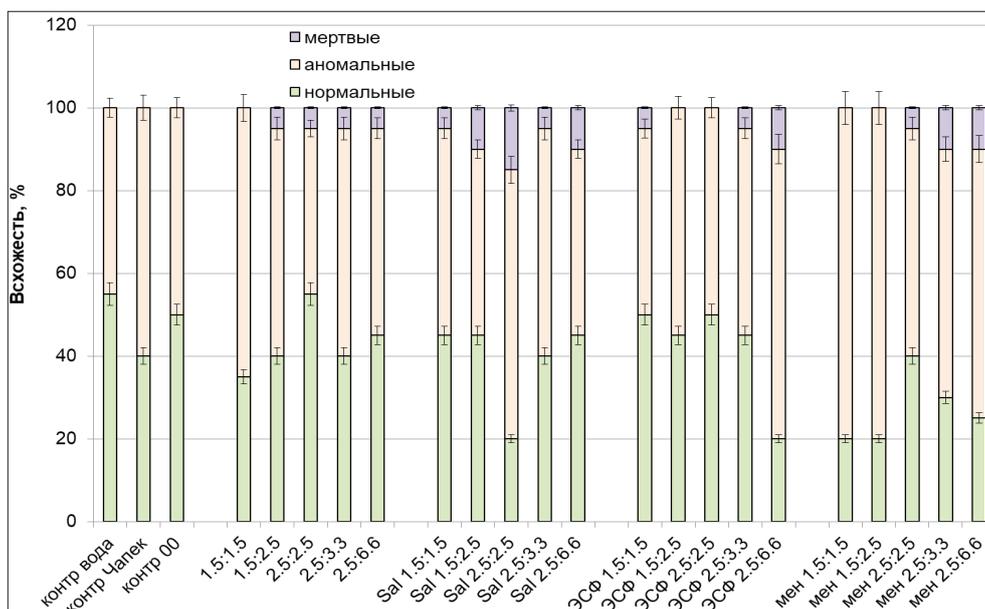


Рисунок 3. Энергия прорастания пшеницы на 4 сутки при добавлении чистых растворов фунгицидов и смеси фунгицидов с активными веществами в различном соотношении

На рисунке 2 представлены результаты опыта на зерновках пшеницы. Результат аналогичен первому опыту. Под влиянием фунгицидов заметно торможение роста под влиянием фунгицидов. Менадион на живых проростках не обладает ростстимулирующим действием. Наиболее перспективным по двум опытам веществом является Эсфон (1,5:1,5), который, относительно контроля, показывает положительное действие.

Для контрастной оценки были взяты зерновки пшеницы с заведомо низкими посевными качест-

вами. Из рисунка 3 можно сделать вывод, что салициловая кислота и менадион подавляют энергию прорастания пшеницы при любом соотношении, их использование не рекомендуется. Однако, эсфон показывает хорошие результаты при соотношении 1,5:1,5.

Исходя из экспериментальных данных, был разработан состав нового фунгицидного препарата с улучшенными свойствами, более безопасного с экологической точки зрения, представленный в таблице 2.

Таблица 2 – Компонентный состав фунгицидного препарата (2021 г.)

№	Компоненты	Состав в г/л
1	Тебуконазол	30
2	Тиабендазол	40
3	Краситель жидкий (Родамин Б 30% водный р-р)	50
4	Пента 465	1
5	Сивушное масло	100
6	Неонол	140
7	Катамин АБ	35
8	Эсфон	70

Приводимый фунгицидный препарат может использоваться также в сочетании с другими фунгицидами, инсектицидами, гербицидами, регуляторами роста растений или удобрениями в зависимости от конкретной необходимости.

В состав существующего препарата [6] были внесены дополнения:

Изменено соотношение тебуконазола к тиабендазолу, а также снижены концентрации данных препаратов. Добавлен ростостимулятор – эсфон и сивушное масло в качестве растворителя. Из патентованной рецептуры убраны: антифриз, замасливатель и загуститель ввиду отсутствия необходимости использования данных веществ.

Проведены следующие улучшения:

1. Заменой Родасурфа 860/Р был выбран Неонол, который, в отличие от зарубежного Родасурфа, является более дешевым аналогом;

2. Для стабилизации системы решено использовать катионоактивный ПАВ – Катамин АБ, который с неиноногенным Неонолом повышает стабильность системы;

3. Пенегаситель Пента 465 показывает высокие показатели эффективности и низкий расход продукта, что более выгодно в сравнении с антивспенивателем Родорсил 426;

4. Краситель катионный красный 2С имеет среднюю растворимость в спиртах, которая уступает растворимости Родамина Б. Так как растворителем у нас является спирт, решено заменить краситель катионный красный 2С на Родамин Б.

Новый фунгицидный препарат предлагается

производить по модифицированной технологической схеме с изменениями в аппаратном оформлении и применении реагентов.

Тебуконазол и тиабендазол хорошо растворимы в спиртах (до 25% масс.). При разбавлении спиртового раствора водой может произойти выделение препаратов в виде твердой фазы. В качестве антикоагулянта возможно использование ПАВ, имеющего спиртовые группы (неонол). Однако, при добавлении неонола через 10-30 минут из раствора начнет выделяться тебуконазол и тиабендазол. Чтобы этого избежать, мы стабилизируем систему добавлением катионоактивного ПАВ (катамин АБ). Стабилизация произойдет за счет изменения заряда дисперсных частиц. При одновременном использовании неиноногенного (неонол) и катионоактивного (катамин АБ) ПАВ стабильность системы повышается. Это подтверждается тем, что состав при разбавлении водой в любых соотношениях образует прозрачный коллоидный раствор.

В качестве растворителя используется сивушное масло, являющееся отходом спиртового производства.

Также необходимо добавление пенегасителя (пента 465) и красящего вещества (родамин Б 30% вод. р-р.). Пенегаситель предотвращает забивание стенок аппарата при распылении готового фунгицида, а краситель служит индикатором работоспособности фунгицида.

Технологическая схема производства нового фунгицидного препарата представлена на рисунке 4.

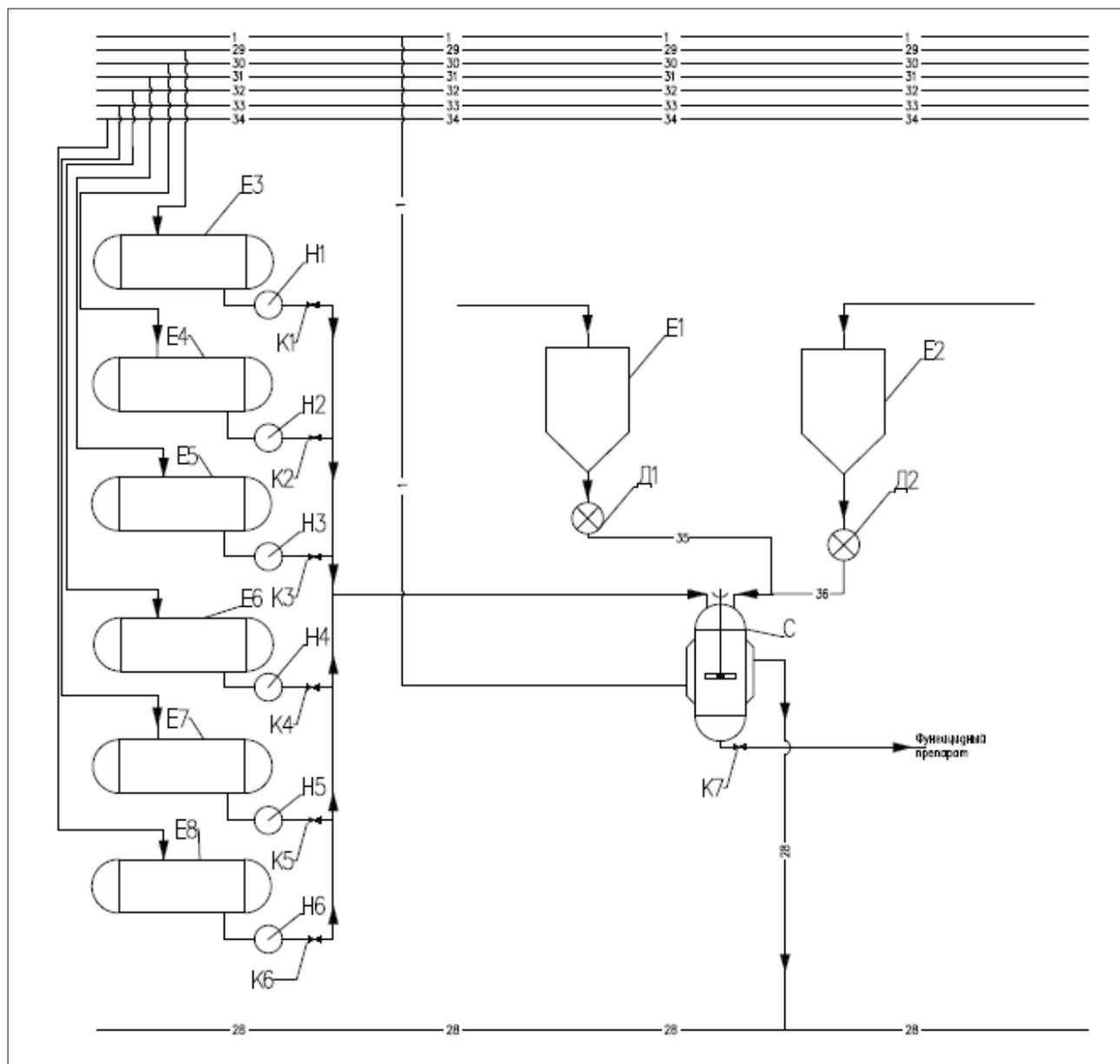


Рисунок 4. Технологическая схема производства фунгицидного препарата на основе тебуконазола и тиабендазола

Пояснения к технологической схеме в виде перечня оборудования и условных обозначений тру-

бопроводов представлены в таблице 3 и таблице 4 соответственно.

Таблица 3 – Перечень основного оборудования

Обозначение	Наименование	Количество
С	Смеситель	1
Е1-8	Накопительная емкость	8
Д1-2	Весовой дозатор	2
Н1-6	Электроцентробежный насос	6
К1-7	Электромагнитный клапан	7

Таблица 4 – Условные обозначения трубопроводов

Условные обозначения	Наименование среды
-1-1-	Вода
-28-28-	Вода на охлаждение
-29-29-	Сивушное масло
-30-30-	Неолон
-31-31-	Катамин АВ
-32-32-	Эсфон
-33-33-	Родамин В, 30 % вод. р-р
-34-34-	Пента 465
-35-35-	Тебуконазол
-36-36-	Тиабендазол

Определенный объем тебуконазола и тиабендазола из приемных бункеров Е1 и Е2 через весовые дозаторы Д1 и Д2 поступает в смеситель РС. После этого, в смеситель из емкости Е3 при открытом клапане К1 подается сивушное масло, отход производства спирта. Поступление осуществляется с помощью электроцентробежного насоса Н1. После закачивания необходимого объема сивушного масла электромагнитный клапан К1 закрывается, насос Н1 выключается. Далее включается насос Н2, обеспечивающий подачу неолона из емкости Е4 при открытом клапане К2. Далее в смеситель аналогичным образом подается катамин АВ. После этого включается мешалка, работающая от электрического двигателя, происходит перемешивание смеси до полного растворения препаратов. Затем, из емкости Е6 насосом Н4 подается активное вещество – эсфон. После смешения в реактор из емкостей Е7 и Е8 насосами Н5 и Н6 подаются оставшиеся компоненты – Родамин В 30% вод. р-р. и пента 465. По окончанию процесса мы получили фунгицидный препарат в виде суспензии, который отправляется на фасовку.

В технологической схеме также возможен вариант упрощения посредством удаления емкости с эсфоном. Технологический процесс при этом практически не изменяется, эсфон в дальнейшем добавляется в баковую смесь.

Выводы. Предложен новый состав фунгицидного препарата на основе тебуконазола и тиабендазола. Внесены изменения в рецептуру, предложенную в патенте [1. Пат. №2264711С1]. Изменено соотношение тебуконазола к тиабендазолу, а также снижены концентрации данных препаратов. Добавлен ростостимулятор – эсфон и сивушное масло в качестве растворителя. Из патентованной рецептуры убраны: антифриз, замасливатель и загуститель в виду отсутствия необходимости использования данных веществ. Заменены: Родасурф 280/Р на Неолон, Сопрофор 4Д/384 на Катамин АВ, антивспениватель Родорсил 426 на Пента

465, краситель катионный красный на Родамин В.

Представлена технологическая схема производства, включающая следующее оборудование: смеситель, емкости для подачи веществ, насосы и клапана.

Экологичность нового препарата заключается в снижении концентраций действующих веществ, а также в добавлении отхода в качестве растворителя.

Протравитель способствует повышению эффективности борьбы с грибными заболеваниями растений, а также не имеет ретардантного действия.

Литература:

1. Андреева Е.И., Зинченко В.А. Системные фунгициды – ингибиторы биосинтеза эргостерина. Журнал «АгроXXI», №4, 2002, с.14-15.
2. Байбакова Е.В., Нефедьева Е.Э., Белоухов С.Л. Исследование влияния современных протравителей на всхожесть и рост проростков зерновых культур//Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. Т. 6. №3(18). 2016. с.57-64.
3. Белов Д.А. Химические методы и средства защиты растений в лесном хозяйстве и озеленении. –М.: МГУЛ, 2003. 128с.
4. Голубов С.А., Белоусов В.И., Шаталов Е.П. Составляющие производства экологически-безопасной продукции растениеводства при ... [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agro-tema.ru/sostavlyayuschie-proizvodstva-ekolo>(дата обрац. 12.11.2021).
5. Гольшин Н. М. Фунгициды. – М.: Колос, 1993. 319 с.
6. Дорофеев Д.А., Елиневская Л.С. Композиция для протравливания семян и способ борьбы с болезнями растений. Патент №2264711. 27.11.2005.
7. Зинченко В.А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. – М.: «Колос». 2012. 127 с.
8. Исраилов А.А. Направления развития химии и технологии производства фунгицидов и протравителей семян/Дис. канд.техн. наук: 02.00.13, 07.00.10. – Уфа, 2012. 150 с.
9. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М., 2014. 365 с.
10. Федоров А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. академий. М.: Гуманит. изд. Центр ВЛА-

ДОС, 2009. 288 с.

11. Хаскелл Джек (US), Шетти Киран (US), Кочран Алекс

(CH). Способы и композиция для воздействия на рост и для борьбы с болезнями. Патент RU 2444896. 14.12.2006.

DOI: 10.34736/FNC.2022.117.2.003.30-36

A New Environmentally Safe Fungicidal Preparations Based on Tebuconazole and Thiabendazole to Combat Fungal Diseases of Wheat

¹Margarita Yu. Sharapova ✉, Master's student, email: MarganaMar@yandex.ru¹Elena E. Nefedieva, D.B.N., Professor, ORCID: 0000-0002-4782-3835-¹Volgograd State Technical University, rector@vstu.ru, 400005, prospect im. Lenin, 28

In this work, the active substances of the fungicidal preparations tebuconazole and thiabendazole, intended for the treatment of grain seeds from damage by phytopathogenic fungi, were studied. During laboratory tests, their high phytotoxicity and growth-stimulating properties were established. An experiment was carried out on the effect of esphone, menadion and salicylic acid on the growth of wheat coleoptiles using a standard method of dissolved toxic substances biotesting by the growth of coleoptile segments. According to the experiment results, the composition of a fungicidal preparation based on tebuconazole and thiabendazole with the use of a growth-stimulating substance was optimized. The ratio of tebuconazole to thiabendazole has been changed, as well as the concentrations of these active substances have been reduced. The growth stimulator esfon and fusel oil were added as a solvent, and anti-foaming agent and dye preparations were also replaced. The technological scheme of production, including the following equipment, is presented: mixer, containers for the supply of substances, pumps and valves. The environmental friendliness of the new preparation consists in reducing the concentrations of active substances, as well as in adding waste as a solvent. The mordant helps to increase the effectiveness of the fight against fungal diseases of plants, and also does not have a retardant effect.

Keywords: fungicide, tebuconazole, thiabendazole, plant protection, technological scheme of fungicide production

Received: 10.05.2022

Accepted: 17.06.2022

Translation of Russian References:

1. Andreeva E.I., Zinchenko V.A. *Sistemnye inhibitory fungitsidy – biosinteza ergosterina* [Systemic inhibiting fungicides – of ergosterol biosynthesis]. *AgroXXI*. 4. 2002. pp.14-15.
2. Bajbakova E.V., Nefed'eva E.E., Belopukhov S.L. *Issledovanie*

vliyaniya sovremennykh protravitelej na vskhozhest' i rost prorostkov zernovykh kul'tur [Investigation of the contemporary mordants influence on germination and growth of grain seedlings]. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya* [Proceedings of higher educational institutions. Applied Chemistry and Biotechnology]. V.6. 3(18). 2016. pp. 57-64.

3. Belov D.A. *Khimicheskie metody i sredstva zashchity rastenij v lesnom khozyajstve i ozelenenii* [Chemical methods and means of plant protection in forestry and greening]: Study guide for students. Moscow. 2003. 128 p.

4. Golubov S.A., Belousov V.I., Shatalov E.P. *Sostavlyayushchie proizvodstva ekologicheski-bezopasnoj produkcii rastenievodstva pri...* [Components of the production of environmentally safe crop production at...] [Electronic resource], access mode: <http://agro-tema.ru/sostavlyayushchie-proizvodstva-ekolo>(access date: 12.11.2021).

5. Golyshin N.M. *Fungitsidy* [Fungicides]. Moscow.1993. 319 p.

6. Dorofeev D.A., Elinevskaya L.S. *Kompozitsiya dlya protravleniya semyan i sposob bor'by s boleznyami rastenij* [Composition for seed etching and method of combating plant diseases]. Patent №2264711. 27.11.2005.

7. Zinchenko V.A. *Khimicheskaya zashchita rastenij: sredstva, tekhnologiya i ekologicheskaya bezopasnost'* [Chemical plant protection: means, technology and environmental safety]. Moscow. 2012. 127 p.

8. Israilov A.A. *Napravleniya razvitiya khimii i tekhnologii proizvodstva fungitsidov i protravitelej semyan* [Directions of development of chemistry and technology of production of fungicides and seed protectants]. Dis. Candidate of Technical Sciences: 02.00.13, 07.00.10. Ufa. 2012. 150 p.

9. Kiryushin V.I. *Ekologicheskie osnovy zemledeliya* [Ecological foundations of agriculture]. Moscow. 2014. 365 p.

10. Fedorov A.I., Nikol'skaya A.N. *Praktikum po ekologii i okhrane okruzhayushchej sredy* [Practicum on ecology and environmental protection]: Study guide for students of higher stud. academies. Moscow: VLADOS Humanit. Publ. Center. 2009. 288 p.

11. Haskell Jack (US), Shetty Kiran (US), Kochran Alex (CH). *Sposoby i kompozitsiya dlya vozdeystviya na rost i dlya bor'by s boleznyami* [Methods and composition for influencing growth and for combating diseases]. Patent RU 2444896. 14.12.2006.

Цитирование. Шарاپова М.Ю., Нефедьева Е.Э. Новый экологически безопасный фунгицидный препарат на основе тебуконазола и тиабендазола для борьбы с грибными заболеваниями пшеницы // Научно-агрономический журнал. 2022. №2(117). С. 30-36. DOI: 10.34736/FNC.2022.117.2.003.30-36

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Citation. Sharapova M.Yu., Nefedieva E.E. A New Environmentally Safe Fungicidal Preparations Based on Tebuconazole and Thiabendazole to Combat Fungal Diseases of Wheat. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 2(117). pp. 30-36. DOI: 10.34736/FNC.2022.117.2.003.30-36

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.