

DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-5-166-186

УДК 632.95.024.4:632.952:631.53.01



ИССЛЕДОВАНИЕ ФИТОТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ТЕБУКОНАЗОЛА, ПРОТИОКОНАЗОЛА, ФЛУДИОКСОНИЛА И ПРЕПАРАТОВ НА ИХ ОСНОВЕ НА ЭНЕРГИЮ ПРОРАСТАНИЯ И РОСТ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ И ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ

Е.А. Санеева, О.В. Зорькина, Е.Э. Нефедьева

В связи со способностью возбудителей болезней сельскохозяйственных растений вырабатывать резистентность разработка новых фунгицидных препаратов является актуальным вопросом. Этот факт способствует постоянному производству новых препаратов, что несет дополнительную экологическую нагрузку на окружающую среду. Основной проблемой разработки новых фунгицидов остаются методы выявления оптимальных сочетаний и концентраций фунгицидов. Оптимизация состава фунгицидов направлена на уменьшение количества действующих веществ за счет синергического эффекта. Применение фунгицидных препаратов со сниженным количеством действующих веществ несет меньшую экологическую нагрузку и дает больший экономический эффект.

Одной из основных проблем при применении фунгицидов является фитотоксичность фунгицидов по отношению к защищаемым растениям. Фитотоксичность – это способность пестицидов или других веществ оказывать угнетающее (токсическое) действие на растения. Данная проблема решается с помощью исследований прорастания проростков во время разработки протравителей.

В статье рассмотрены исследования энергии прорастания семян мягкой озимой пшеницы и горчицы белой после протравливания тебуконазолом, протиоконазолом и флудиоксонилом. Выявлены основные закономерности влияния веществ на всхожесть зерновок пшеницы и семян горчицы белой и морфологические особенности проростков пшеницы, в частности, на длину их корней и побегов. По результатам исследований определены комбинации действующих веществ (д.в.), которые обеспечивают высокую эффективность против возбудителей болезней, а также не оказывают фитотоксического действия на защищаемую культуру.

***Целью работы** – выявление особенностей фитотоксического действия тебуконазола, протиоконазола и флудиоксонила в составе протравителей семян, применяемых для защиты растений.*

Материалы и методы. Дана оценка влияния трех д.в. фунгицидов на пшеницу сорта Гром и горчицу белую. Анализ проведен в двух повторностях для 48 возможных сочетаний тебуконазола, протиоконазола, флудиоксонила и двух контрольных вариантов. Проанализировано соотношение нормальных, зараженных, аномальных и непроросших семян.

Результаты. Согласно проведенным исследованиям, наибольшим подавляющим действием на всхожесть и рост побегов обладал тебуконазол. Протиоконазол не влиял на всхожесть, однако оказал стимулирующее действие на развитие и рост корней и побегов пшеницы. При совместном действии протиоконазола и флудиоксонила наблюдали наибольшее снижение всхожести пшеницы.

Заключение. При выборе протравителя и разработке комбинированных препаратов следует учитывать возможный фитотоксический эффект, зависящий от дозы протравителя. Таким образом, при изучении фитотоксического действия тебуконазола, протиоконазола и флудиоксонила были получены результаты, показывающие, что комбинации тебуконазола с протиоконазолом 5:10 ррт и 5:15 ррт, тебуконазола с флудиоксонилом 5:10 ррт, протиоконазола с флудиоксонилом 5:10 ррт не оказывают фитотоксического действия на защищаемую культуру.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L.; *Sinapis alba*; энергия прорастания; химический стрессор; тебуконазол; протиоконазол; флудиоксонил; проростки

Для цитирования. Санеева Е.А., Зорькина О.В., Неведьева Е.Э. Исследование фитотоксического действия тебуконазола, протиоконазола, флудиоксонила и препаратов на их основе на энергию прорастания и рост проростков пшеницы и горчицы белой // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022. Т. 14, №5. С. 166-186. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-5-166-186

RESEARCH OF THE PHYTOTOXIC EFFECT OF TEBUCONAZOLE, PROTHIOCONAZOLE, FLUDIOXONYL AND BASED ON THEM PRODUCTS ON THE GERMINATION POWER AND GROWTH OF SEEDLINGS OF WHEAT AND WHITE MUSTARD

E.A. Saneeva, O.V. Zorkina, E.E. Nefed'eva

The elaboration of new fungicidal protectants is an urgent issue due to the ability of pathogens to develop resistance. This fact contributes to the constant production of new protectants, so it carries an additional environmental impact. The

main problem of development of new fungicides is choice of methods for identifying of optimal combinations and concentrations of fungicides. The optimization of the composition of fungicides is aimed to reduce the amount of active substances due to the synergistic effect. The use of fungicidal preparations with a reduced amount of active substances carries a lower environmental impact and gives a greater economic effect.

One of the main problems in the application of fungicides is the phytotoxicity of the fungicides in relation to the protected plants. Phytotoxicity in general is the ability of pesticides or other substances to have a depressing (toxic) effect on plants. This problem is solved through researches of the germination of seedlings during the development of protectants.

Researches of the germination power of seeds of soft winter wheat and white mustard after treatment with tebuconazole, prothioconazole, and fludioxonil were considered in the article. The main traits of the influence of the named substances on the germination of wheat grains and white mustard seeds, and morphological features of wheat seedlings, such as the length of their roots and shoots are revealed.

In accordance to the results of the research, combinations of active substances (a.s.) that provide high effectiveness against the causative agents of diseases, and also do not have a phytotoxic effect on the protected culture have been determined.

The aim of the work was the identification of traits of the phytotoxic effect of tebuconazole, prothioconazole, fludioxonil in the combination of seed protectants which are used to protect seedlings from plant diseases.

Materials and methods. An assessment of the effect of three active substances of fungicides on wheat of the Grom cultivar and white mustard was given. The analysis was carried out in two replications for 48 possible combinations of tebuconazole, prothioconazole, and fludioxonil as well as for two control variants. The ratio of normal, infected, abnormal and non-germinated seeds was analyzed.

Results. According to the realized studies, tebuconazole has the greatest suppressive effect on germination and growth of shoots. Prothioconazole had no effect on germination, but it had a stimulating effect on the development and growth of wheat's roots and shoots. With the combined action of prothioconazole and fludioxonil, the greatest decrease in germination of wheat was observed.

Conclusion. The possible phytotoxic effect, which depends on the dose of the protectant, should be taken into account when choosing a protectant and developing combined products. So the results of research demonstrated that the following combinations had no phytotoxic effect on protected plants: tebuconazole with prothioconazole 5:10 and 5:15, tebuconazole with fludioxonil 5:10, prothioconazole with fludioxonil 5:10.

Keywords: *Triticum aestivum L.; Sinapis alba; germination power; chemical stressor; tebuconazole, prothioconazole, fludioxonyl*

For citation. *Saneeva E.A., Zorkina O.V., Nefed'eva E.E. Research of the Phytotoxic Effect of Tebuconazole, Prothioconazole, Fludioxonyl and Based on Them Products on the Germination Power and Growth of Seedlings of Wheat and White Mustard. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2022, vol. 14, no. 5, pp. 166-186. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-5-166-186*

Введение

В формировании урожая сельскохозяйственных культур особое место занимает высококачественный посевной и посадочный материал. В зависимости от культуры от 60 до 80 % всех болезней сохраняется на семенах [10, с. 22-24].

Современные технологии выращивания зерновых культур включают протравливание семян как обязательный прием, поскольку качество семян, их здоровье, оказывают существенное влияние на формирование высокого и стабильного урожая [15, с. 188-191]. В процессе протравливания на семена наносят пестициды для уничтожения не только наружных, но и внутренних инфекций, защиты семян и проростков в поле от почвообитающих фитопатогенов и различных вредителей [4, с. 54]. Фунгицидные протравители оказывают положительное влияние на ростовые процессы зерновых культур и их продуктивность, увеличивают длину и озерненность колоса [6, с. 40-42].

Одной из основных проблем в применении фунгицидов является фитотоксичность самих фунгицидов по отношению к защищаемым растениям. Фитотоксичность в целом - это способность пестицидов или других веществ оказывать угнетающее (отравляющее) воздействие на растения. Данная проблема решается за счет исследований на этапе всхожести изучаемых проростков при разработке препаратов.

Применение комбинации действующих веществ в препарате должно обеспечить высокую эффективность против возбудителей болезней, а также не оказывать фитотоксического действия на защищаемую культуру [22, с. 1-7].

Целью работы было выявление особенностей фитотоксического действия тебуконазола, протиоконазола и флудиоксонила в составе протравителей семян, применяемых для защиты растений.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые проведена комплексная оценка фитотоксического действия представителей триазолов и фенилпирролов в разных дозах по отдельности и в 48 возможных сочетаниях на сорте пшеницы, чувствительном к стимуляторам роста, и

горчице белой, чувствительной к гормонам-ингибиторам в фазе прорастания. Установлено, что д.в. фунгицидов и их смеси оказывают токсическое действие на зародыш семени в процессе прорастания, приводя к острой летальности или появлению аномалий проростка в партиях семян с низкой всхожестью. Индивидуальные д.в. и их смеси оказывают рострегулирующее, преимущественно ретардантное, действие на рост побегов и корней проростков. Токсическое и ретардантное влияние не связаны напрямую. Выявлена видоспецифическая реакция пшеницы и горчицы на тебуконазол, протиоконазол и флудиоксонил, а также на их сочетания.

Практическая значимость работы

На основе полученных данных совместно с компанией ООО «Агро Эксперт Групп» будут разработаны и запущены в производство и продажу новые комбинированные фунгицидные протравители зерновых культур, обладающие высокой эффективностью, не снижающие всхожесть и не оказывающие ретардантного действия при применении в рекомендованных дозах.

Рекомендации по использованию результатов исследований

При разработке и применении протравителей для зерновых следует учитывать рекомендованные соотношения тебуконазола, протиоконазола и флудиоксонила.

Материалы и методы исследования

Для обработки зерна использовали следующие д.в. фунгицидов.

Тебуконазол [(RS)-1p-хлорфенил-4,4-диметил-3-(1H-1,2,4-триазол-1-ил-метил) пентан-3-ил] – эффективный системный фунгицид для обработки семян зерновых культур в борьбе с фитопатогенами, передающимися с семенами [12, с. 129-131]. Относится к триазолам третьего поколения. Обладает широким диапазоном системного действия. Имеет специфичный эффект против всех видов ржавчинных грибов на зерновых культурах [13, с. 61-68]. Для препарата характерно рострегулирующее действие, которое при неблагоприятных условиях может перейти в ретардантное [15, с. 140-144].

Протиоконазол [(+/-)-1-[2-(2,4-дихлорфенил)-4-пропил-1,3-диоксолан-2-илметил]-1H-1,2,4-триазол] – системный фунгицид, обладает защитным, лечебным и искореняющим действием. Относится к химическому классу триазолов [23, с. 311]. Фунгицид эффективен против широкого

спектра заболеваний, кроме того используется для протравливания зерна [25, с. 556-561]. Препараты на основе триакоконазола оказывают стимулирующее действие на развитие и рост защищаемых растений, усиливают фотосинтез в флаговых листьях озимой пшеницы [2, с.34].

Флудиоксонил [4-(2,2-дифтор-1,3-бензодиксол-4-ил)-пиррол-3-карбоновой кислоты] – фунгицид класса фенилпирролов широкого спектра действия, подавляет рост мицелия [7, с. 86]. Флудиоксонил эффективно подавляет развитие патогенов из рода *Fusarium* и *Tilletia* [18, с. 300-312], вызывающих болезни проростков зерновых культур, а также из рода *Alternaria*, *Ascochyta*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Rhizoctonia* и *Penicillium spp.*, вызывающих болезни проростков других культур [3, с. 7; 11, с. 97].

Для анализа использовали семена пшеницы мягкой озимой сорта «Гром» РС-1 и горчицы белой.

Сорт мягкой озимой пшеницы «Гром» разновидность лютеценс. Куст полупрямостоячий - промежуточный. Растение короткое - средней длины. Высота растений 64-89 см. Масса 1000 зерен 33-48 г. Средняя урожайность в Нижневолжском регионе – 23,7 ц/га. Среднеспелый. Vegetационный период 223-278 дней. Устойчив к полеганию. Морозостойкость повышенная, засухоустойчивость выше среднего уровня.

Сорт горчицы белой относится к семейству крестоцветные (капустные). Холодостойкая культура. Более требовательна к влаге и менее засухоустойчива, чем горчица сизая.

Выбор объектов исследования основан на том, что горчица используется для выявления АБК с помощью биотеста на прорастание семян [9, с. 8]. Сорт пшеницы с короткими полупрямостоячими стеблями чувствителен к гормонам-активаторам. Следовательно, использование таких чувствительных растений-индикаторов позволит выявить ростстимулирующее и ростингибирующее влияние фунгицидов.

Провели оценку фитотоксического действия д.в и их комбинаций. Для этого отобранные пробы семян пшеницы обрабатывали смесями фунгицидов в 48 вариантах доз и прорастили в течение срока, указанного для определения энергии прорастания семян. При выборе условий эксперимента опирались на ГОСТ 12038–84 [5, с. 1-37]. Использовали протравители тебуконазол 10 г/л, триакоконазол 48 г/л, флудиоксонил 37,5 г/л. Контролем служили необработанные семена. Дозы фунгицидов составляли 0, 5, 10, 15 ppm (0; 9,1; 45,5; 91 мкл действующего вещества на 10 мл раствора).

Определение лабораторной энергии прорастания семян пшеницы проводили согласно ГОСТ 12038–84 [5, с. 1-37]. Отбирали фракцию чистых

выполненных семян. Две пробы семян по 10-25 шт. в каждой в зависимости от культуры проращивали во влажной атмосфере в чашках Петри. Энергия прорастания является более показательной характеристикой, так как при длительном проращивании возможно проявление устойчивости пшеницы к действию фунгицидов.

При учете энергии прорастания 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. Условия проращивания семян: температура 20°C, темнота [11, с. 28].

Для выяснения влияния препаратов на рост проростков определяли длину корневой системы и первого настоящего листа (побега) у пшеницы в возрасте 4 суток.

Полученные результаты подвергали статистической обработке. Рассчитывали среднюю арифметическую (M), среднее квадратическое отклонение (d), ошибку репрезентативности средней арифметической (m_m), критерий Стьюдента (t). Оценку достоверности разницы проводили с помощью сравнения полученного значения со стандартным t_{cm} .

Результаты исследований представлены на рисунках 1- 3.

Результаты и обсуждение

Фунгициды, применяемые для защиты растений от грибных болезней, часто оказывают влияние не только на возбудителей, но и на защищаемые культуры. В частности, триазолы широко применяются против возбудителей болезней. Распространенное предположение о том, что триазолы обладают низкой фитотоксичностью, начало устаревать с публикацией более подробных анализов на клеточном уровне, которые продемонстрировали повреждения фотосинтетического аппарата [24, с. 6461-6767; 19, с. 1083-1092].

Применение триазолов негативно влияло на эффективный квантовый выход ФСII, а также снижало максимальную квантовую эффективность ФСII из-за уменьшения фотохимического тушения (qP) [27, с. 42-48 ; 21, с. 286-295]. Триазолы в значительном количестве вызывают ретардантный эффект (нарушается синтез гиббереллинов); нарушают синтез стероидов, снижают транспирацию растений [17].

Фенилпирролы оказывают фитотоксическое действие в отношении защищаемых растений. Например, в исследованиях [24, с. 6461-6767; 19, с. 1083-1092]. Показано, что их применение приводит к торможению роста

растений, нарушению развития репродуктивных органов, изменению обмена азота и/или углерода и ограничение фотосинтетической активности. Применение *in vitro* флудиоксонилла способствовало снижению чистой ассимиляции CO_2 , скорости транспирации, устьичной проводимости и межклеточной концентрации CO_2 [19, с. 1083-1092]. Флудиоксонил снижал содержание каротиноидов и хлорофилла [20, с. 162-172 0; 19, с. 1083-1092].

Нами было исследовано влияние индивидуальных д.в., относящихся к триазолам (тебуконазол, протиоконазол) и фенилпирролам (флудиоксонил) и их смесей на всхожесть семян пшеницы (рис. 1).

Обыкновенно в партии семян выделяют 3 фракции: I – семена, из которых вырастают нормальные проростки; II – семена, из которых вырастают проростки с морфологическими дефектами; III – преимущественно мертвые семена [5, с. 1-37]. Семена II группы проявляют наибольшую чувствительность к различным внешним воздействиям. В зависимости от условий они могут прорасти как нормальные или не прорасти вовсе, переходя в III группу. Изменение количества нормальных и аномальных проростков в нашем эксперименте указывает на реакцию семян на протравитель, причем наибольшую чувствительность продемонстрировали нормальные и аномальные семена.

Исходя из рис. 1, в контрольных образцах количество нормальных проростков пшеницы составило 80%, аномальных 15% и непроросших (мертвых) 5%. Для получения контрастирующих результатов были выбраны зерновки со сниженной всхожестью и присутствием в партии лабильных аномальных зерновок.

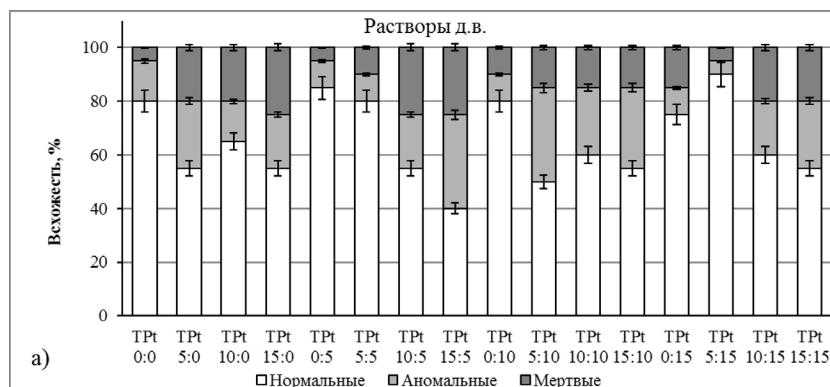
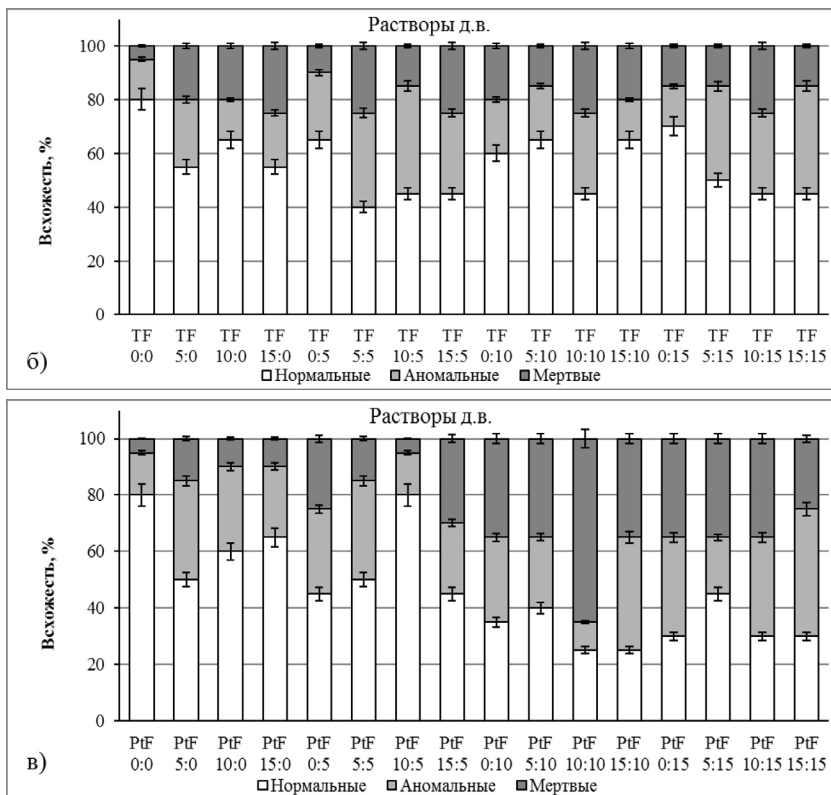


Рис. 1. Влияние протравителей на всхожесть семян пшеницы:

а – тебуконазол (Т) и протиоконазол (Pt); б – тебуконазол и флудиоксонил (F);
в – протиоконазол и флудиоксонил



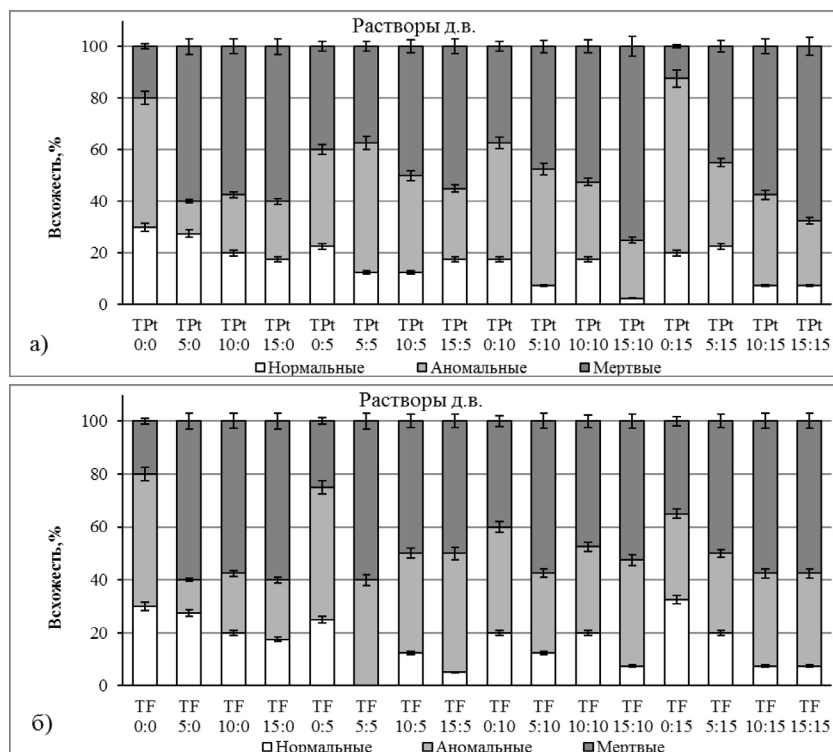
На рис. 1, а видна тенденция к снижению всхожести пшеницы при увеличении доз тебуконазола и протиоконазола. Наибольшее токсическое действие (25% мертвых семян) проявилось в вариантах с дозой тебуконазола Т 15 ppm. Протиоконазол как единственное действующее вещество не способствовал снижению всхожести пшеницы. Более выраженное положительное действие отмечено в вариантах TPt 0:5, 0:10, 5:15, где данные всхожести соответствовали контролю или превышали его.

На рис. 1, б видно, что сочетания тебуконазола с флудиоксонилем во всех дозах оказали токсическое действие, что привело к снижению всхожести пшеницы за счет перехода части семян в группу аномальных. Наименьшее токсическое действие отмечено в дозах TF от 0:10 до 15:10. Дозу флудиоксонила 10 ppm следует считать оптимальной в сочетании с тебуконазолом, а 5 и 15 ppm – критическая доза по влиянию на всхожесть.

На рис. 1, в сочетании протиоконазола с флудиоксонилем видно наибольшее количество мертвых зерновок – от 25% до 65% в сравнении с контрольным вариантом, в котором 5% мертвых зерновок. Наиболее высокий процент мертвых семян выявлен в дозе PtF 10:10. Положительная тенденция отмечалась при минимальной дозе флудиоксонила 5 ppm.

Исходя из рис. 1 наибольшая всхожесть семян пшеницы отмечалась при минимальных дозах тебуконазола. Высокие проценты всхожести (нормальные проростки) при низком количестве аномальных и непроросших были достигнуты под влиянием следующих доз: TPt 0:5, TPt 5:15, PtF 10:5.

Исследуемые действующие вещества оказывали значительное токсическое действие на семена горчицы белой. В наибольшей степени оказывал влияние на всхожесть тебуконазол в сочетании с протиоконазолом и флудиоксонилем (рис. 2, а и рис. 2, б). Под влиянием данных комбинаций увеличивалось количество мертвых семян.



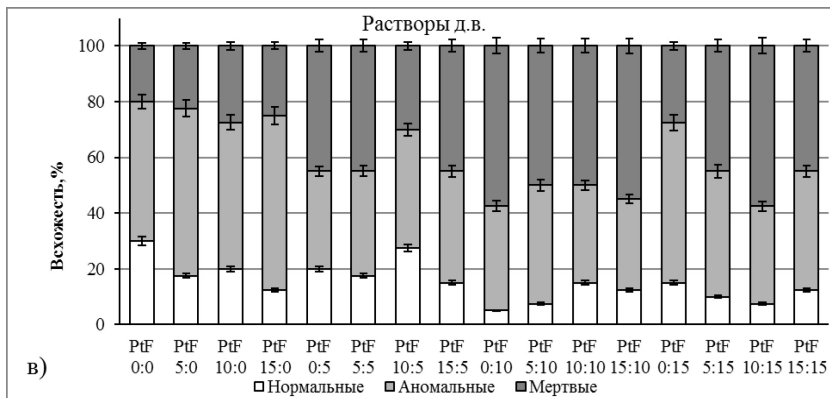


Рис. 2. Влияние протравителей на всхожесть семян горчицы белой: а – тебуконазол и протиоконазол; б – тебуконазол и флудиоксонил; в – протиоконазол и флудиоксонил

В наименьшей степени снижал всхожесть протиоконазол в комбинации с флудиоксонилом (рис. 2, в). При дозировке PtF 10:5 наблюдалось увеличение всхожести семян относительно контроля. Снижение всхожести происходило за счет перехода нормальных семян в аномальные.

На рис. 3 представлены данные, характеризующие рост проростков пшеницы после обработки семян препаратами.

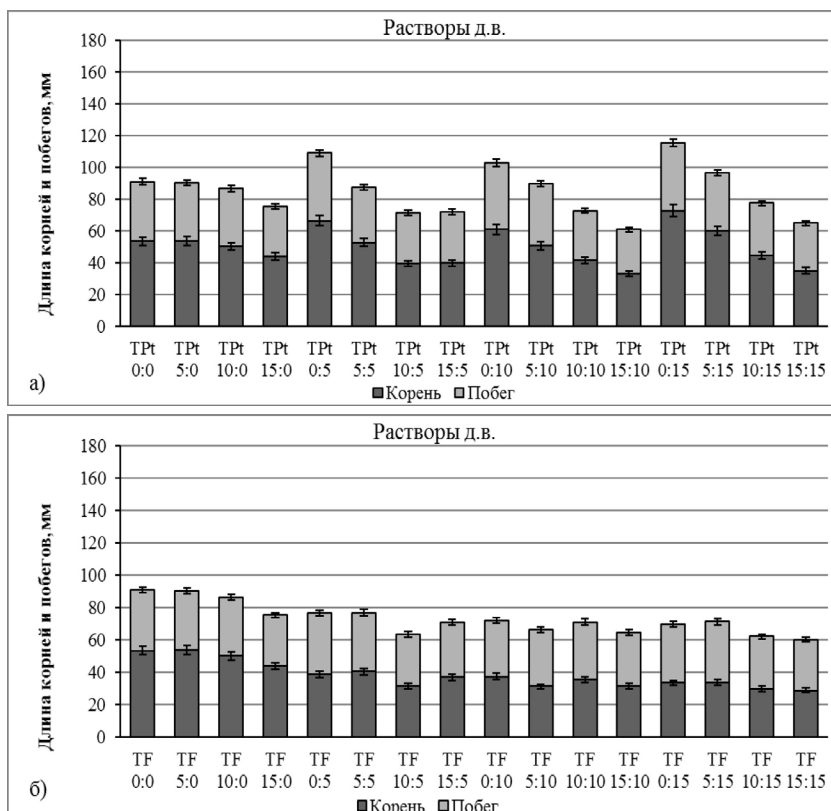
В контрольной партии длина побегов и корней составила 37,6 мм и 53,4 мм. Исходя из рис. 3, а наибольшее фитотоксическое действие при обработке тебуконазолом и протиоконазолом проявилось при самой высокой дозе тебуконазола в вариантах TPt 15:10 и 15:15 (27,8 мм и 33,2 мм; 29,8 мм и 35,1 соответственно). Малые дозы не оказывали выраженного фитотоксического действия, но могли иметь недостаточное фунгицидное действие. Длина побегов и корней пшеницы превышала контрольные значения под действием тебуконазола с протиоконазолом в вариантах TPt 0:5, 0:10, 0:10, 5:10. Препараты оказали стимулирующее действие в первые дни онтогенеза [26, с. 187-196], возможно, они способствовали накоплению гиббереллиноподобных веществ [8, с. 12-26]. Следует уточнить содержание гиббереллиноподобных веществ в проростках, так как их высокий уровень может привести к снижению урожая [16, с. 222-226; 22, с. 1-7].

Как видно из рис. 3 б, растворы протравителей тебуконазола и флудиоксонила подавляли в равной степени рост побега и корня пшеницы.

Длина корней и побегов незначительно уменьшалась по мере увеличения дозы флудиоксонила. Фитотоксичными являлись следующие сочетания: TF 10:15 и TF 15:15, где длина побега и корня составила 32,8 мм и 29,8 мм; 31,7 мм и 28,7 мм соответственно.

По данным рис. 3, в растворы протравителей протиоконазола и флудиоксонила оказывали незначительное влияние на рост побегов и корней. Все полученные значения находятся на уровне контроля. Наибольшее фитотоксическое действие отмечено в варианте PtF 10:15 (32,0 мм и 29,5 мм) и PtF 15:15 (34,3 мм и 32,2 мм).

Исходя из рис. 3 наибольшее фитотоксическое действие оказывал флудиоксонил. Замедление роста корня могло быть вызвано недостаточным поступлением питательных веществ из семядолей.



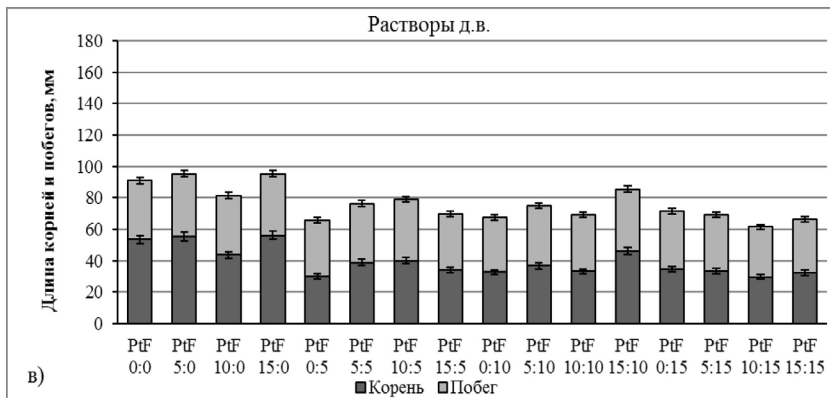


Рис. 3. Влияние протравителей на длину корней и побегов пшеницы: а – тебуконазол и протиоконазол; б – тебуконазол и флудиоксонил; в – протиоконазол и флудиоксонил

Выявлено, что исследуемые д.в. фунгицидов оказывали влияние на всхожесть пшеницы. Протиоконазол увеличивал всхожесть, тебуконазол оказывал незначительное влияние, несколько снижая всхожесть в высоких дозах, флудиоксонил способствовал снижению всхожести (уменьшение доли нормальных проростков), увеличение количества аномальных проростков (появление морфологических нарушений), увеличение количества мертвых семян (острая летальность).

Кроме токсического, д.в. обладают рострегулирующим действием, т.е. стимулируют или ингибируют рост побегов и/или корней проростков. В проведенных исследованиях протиоконазол усиливал рост проростка, тебуконазол незначительно ингибировал рост в больших дозах, флудиоксонил тормозил рост проростков пшеницы. Следует учитывать, что такое влияние проявилось на проростках пшеницы среднеспелого сорта короткой - средней длины. У индивидуальных д.в. токсические и рострегулирующие свойства практически совпадали.

Комбинации д.в. по-разному влияли на всхожесть и рост проростков. Наиболее токсичными, снижающими всхожесть пшеницы, были сочетания TRt 15:5, TF 5:15, PtF 10:10, 15:10, 10:15, 15:15. Увеличивали всхожесть сочетания TRt 5:5, 5:15, PtF 10:5. Ингибировали рост проростков пшеницы сочетания TRt 15:10, 15:15, TF 10:15, 15:15, PtF 10:15, 15:15. Стимулировали рост сочетания TRt 5:15, PtF 15:10. В большинстве комбинации, сни-

жающие всхожесть и ингибирующие рост или увеличивающие всхожесть и стимулирующие рост, не совпадали. Следовательно, фитотоксичность д.в. фунгицидов и их комбинаций заключается в токсическом действии с одной стороны и ретардантном действии – с другой стороны. Механизмы этих влияний по-видимому различаются.

Выявлена видоспецифичность реакции пшеницы и горчицы на тебуконазол, протиоконазол и флудиоксонил. Тебуконазол больше подавлял всхожесть горчицы, чем протиоконазол, а флудиоксонил в высоких дозах стимулировал прорастание семян горчицы. Токсичными были следующие сочетания: TPt 5:10, TF 15:5, PtF 5:10, 10:15. Следующие сочетания способствовали увеличению всхожести: TPt 5:15, TF 10:10, PtF 10:5. Следует отметить, что горчица белая, в отличие от выбранного сорта пшеницы, проявляет чувствительность к абсцизовой кислоте. Использование растений, контрастирующих по особенностям роста, позволило выявить отличия в реакции на отдельные д.в. фунгицидов и их смеси.

Заключение

По результатам проведенных исследований наибольшим подавляющим действием на всхожесть семян пшеницы и горчицы белой, а также рост побегов пшеницы обладает тебуконазол. Тебуконазол в комбинации с флудиоксонилом и протиоконазолом влиял на аномальные семена. Эта особенность может негативно проявляться в партиях семян с низкими посевными качествами и способствовать снижению всхожести. Тебуконазол не приводил к торможению роста пшеницы. При минимальных дозах тебуконазола наблюдалось стимулирование роста побега и корня.

Флудиоксонил способствовал снижению всхожести пшеницы, однако в высоких дозах стимулировал прорастание семян горчицы.

Протиоконазол не оказывал влияние на всхожесть. Протиоконазол оказал стимулирующее действие на развитие и рост корней и побегов пшеницы. При совместном действии протиоконазола и флудиоксонила наблюдалось наибольшее отрицательное влияние на всхожесть семян пшеницы.

Таким образом, при изучении фитотоксического действия тебуконазола протиоконазола и флудиоксонила были выявлены оптимальные сочетания и концентрации: тебуконазола с протиоконазолом 5:10 ppm и 5:15 ppm, тебуконазола с флудиоксонилом 5:10 ppm, протиоконазола с флудиоксонилом 5:10 ppm, рекомендованные для использования в разработке новых фунгицидных препаратов.

При выборе протравителя и разработке комбинированных препаратов следует учитывать возможный фитотоксический эффект, зависящий от дозы протравителя.

Список литературы

1. Байбакова Е. В. Исследование влияния современных пестицидов на физиологические особенности зерновых культур / Е. В. Байбакова, Е. Э. Нефедьева, М. Н. Белицкая, И. Г. Шайхiev // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 10. С. 222-226.
2. Белов Д. А. Химические методы и средства защиты растений в лесном хозяйстве и озеленении: Учебное пособие для студентов. М.: МГУЛ, 2003. 128 с.
3. Березина Н.В. Защита выгоночной культуры тюльпана / Н. В. Березина, Ю. И. Мешков // Теплицы России. 2008. № 1. 67 с.
4. Булыгин С.Ю. Микроэлементы в сельском хозяйстве: С. Ю. Булыгин, Л.Ф. Демишев, В.А. Доронин. 3-е изд.; пер. и доп. Днепропетровск: Січ, 2007. 100 с.
5. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : Межгосударственный стандарт : дата введения 1986-07-01 / Министерство сельского хозяйства СССР. Изд. официальное. Москва: Стандартиформ, 2011. 36 с.
6. Губарева С. Н. Эффективность предпосевной обработки семян против корневой гнили в Восточном Казахстане // Земледелие. 2013. № 1. С. 40-42.
7. Зинченко В.А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. М.: «КолосС», 2012. 127 с.
8. Костин, В. И. Физиолого-биохимические аспекты ростовых процессов озимой пшеницы под влиянием OrgaNIKALife / В. И. Костин, И. Л. Федорова, С. С. Чуваева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 3(39). С. 63. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2017-3-63-69>
9. Мазей Н.Г. Последствие импульсного давления на морфофизиологические особенности и продуктивность растений гречихи: дисс. канд. биол. наук. Н. Новгород: ННГУ им. Лобачевского, 2002. 26 с.
10. Немченко В.В. Протравливание семян - первая ступень получения защищенного и продуктивного агроценоза / В. В. Немченко, А. Ю. Кекало, Н. Ю. Заргарян, М. Ю. Цыпышева // Защита и карантин растений. 2014. № 3. С. 22-24.
11. Попов С.Я. Основы химической защиты растений. Попов С.Я., Дорожкина Л.А., Калинин В.А./ Под ред. профессора С.Я Попова. М.: Арт-Лион, 2003. 208 с.

12. Санеева Е.А. Влияние фунгицидов на основе тебуконазола, протиокназола и флудиоксонила на развитие и токсигенность мицелия *Fusarium* // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 11, ч. 10. С. 129-131.
13. Чибис С. П. Результаты исследований влияния химических соединений на проростки пшеницы сорта Павлоградка / Чибис С.П., Кротова Л.А., Мухина Я.В. // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2019. № 1(33). С. 61-68.
14. Чурилина В. Ю. Протравливание семян - важный этап защиты / В. Ю. Чурилина, М. А. Габдулов, Л. В. Латникова, К. С. Березовская // Вестник АПК Ставрополя. 2014. № 3(15). С. 188-191.
15. Шильникова Н. В. Влияние пестицидов на биоценоз почвенного покрова / Н. В. Шильникова, Т. В. Андрияшина // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 7. С. 140-144.
16. Широкова Н. П. Влияние гибберелловой кислоты на темпы роста и продуктивность растений двух сортов яровой мягкой пшеницы // Вестник Томского государственного университета. 2007. № 302. С. 231-232.
17. Allen, T. Not Everything is as it Seems: Fungicide Phytotoxicity and Plant Diseases // Mississippi Crop Situation. 2013. <http://www.mississippi-crops.com/2013/08/09/not-everything-is-as-it-seems-fungicide-phytotoxicity-and-plant-diseases/>
18. Amossé J. Shortterm effects of two fungicides on enchytraeid and earthworm communities under field conditions / J. Amossé, S. Bart, A. R. R. Péry, C. Pelosi // Ecotoxicology. 2018. Vol. 27, No. 3. P. 300-312. <https://doi.org/10.1007/s10646-018-1895-7>
19. Saladin G, Magné C, Clément C. Effects of Fludioxonil and Pyrimethanil, Two Fungicides Used against Botrytis Cinerea, on Carbohydrate Physiology in *Vitis vinifera* L. // Pest Manag Sci. 2003. No. 59(10). P. 1083-1092.
20. García, P. C., Rivero R. M., Ruiz J. M. The Role of Fungicides in the Physiology of Higher Plants: Implications for Defense Responses // The Botanical Review. 2003. No. 69(2). P. 162-172. [https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2003\)069\(0162:TROFIT](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2003)069(0162:TROFIT)
21. Deising H.B., Reimann S., Pascholati S.F. Mechanisms and significance of fungicide resistance // Brazilian Journal of Microbiology. 2008. Vol. 39, No. 2. P. 286-295.
22. Nefed'eva E. E. Decrease of the negative impact on environment of protectants of seed which contain tebuconazole and prochloraz for sustainable agricultural development / E. E. Nefed'eva, O. V. Kolotova, I. V. Mogilevskaya, V. F.

- Zheltobriukhov and E. A. Saneeva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 981: VI International Scientific Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VI – 2021) (Krasnoyarsk, Russia, 17-19 November, 2021) / Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Siberian Scientific Centre DNIT, Krasnoyarsk State Agrarian University, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production [et al.]. IOP Publishing, 2022. 7 p. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/981/2/022076>
23. Paranjape K. Gowariker V., Krishnamurthy V. N., Gowariker S. The Pesticide Encyclopedia. UK ed. / ed. Paranjape K. London: CABI, 2014. 726 p.
 24. Petit, A.-N., Fontaine, F., Clément, C., & Vaillant-Gaveau. Photosynthesis Limitations of Grapevine after Treatment with the Fungicide Fludioxonil // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008, No. 56(15). P. 6761–6767.
 25. Tyukina E. V. Influence of growth regulators on decrease of fungicides xenobiotic effect in winter wheat crops / E. V. Tyukina, D. V. Bochkarev, Y. N. Nedayborch [et al.] // Ecology, Environment and Conservation. 2020. Vol. 26, No. 2. P. 556-561.
 26. Veselova T.V. Assessment of Individual Seed Vigor and Seed Lot Heterogeneity by Room Temperature Phosphorescence // Seed Science and Technilogy. 2002. Vol. 30, No. 1. P. 187-196.
 27. Xia X. J., Huang Y. Y., Wang L., Huang L. F., Yu Y. L., Zhou Y. H., Yu J. Q. Pesticidesinduced depression of photosynthesis was alleviated by 24-epibrassinolide pretreatment in Cucumis sativus L. // Pesticide Biochemistry and Physiology. 2006. No. 86(1). P. 42-48.

References

1. Baybakova E. V., Nefed'eva E. E., Belitskaya M. N., Shaykhiev I. G. Issledovanie vliyaniya sovremennykh pestitsidov na fiziologicheskie osobennosti zernovykh kul'tur [Research of the influence of modern pesticides on the physiological characteristics of grain crops]. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University], 2015, vol. 18, no. 10, pp. 222-226.
2. Belov D. A. *Khimicheskie metody i sredstva zashchity rasteniy v lesnom khozyaystve i ozelenenii* [Chemical methods and means of plant protection in forestry and landscaping]. M.: MGUL, 2003, 128 p.
3. Berezina N.V., Meshkov Yu. I. Zashchita vygonochnoy kul'tury tyul'pana [Protection of the forcing culture of tulip]. *Teplitsy Rossii* [Greenhouses of Russia], 2008, no. 10, 67 p.
4. Bulygin S.Yu., Demishev L.F., Doronin V.A. *Mikroelementy v sel'skom khozyaystve* [Trace elements in agriculture]. Dnepropetrovsk: Sich, 2007, 100 p.

5. GOST 12038-84 *Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti* [Seeds of agricultural crops. Methods for assessing of germination]. Mezhgosudarstvennyy standart. data vvedeniya 1986-07-01. Ministerstvo sel'skogo khozyaystva SSSR. Moscow: Standartinform, 2011, 36 p.
6. Gubareva S. N. Effektivnost' predposevnoy obrabotki semyan protiv kornevoy gnili v Vostochnom Kazakhstane [Efficiency of pre-sowing treatment of seeds against root rot in Eastern Kazakhstan]. *Zemledelie* [Agriculture], 2013, no. 1, pp 40-42.
7. Zinchenko V.A. *Khimicheskaya zashchita rasteniy: sredstva, tekhnologiya i ekologicheskaya bezopasnost'* [Chemical protection of plants: means, technology and environmental safety]. M.: «Koloss», 2012, 127 p.
8. Kostin, V. I., Fedorova I. L., Chuvaeva S. S. Fiziologo-biokhimicheskie aspekty rostovykh protsessov ozimoy pshenitsy pod vliyaniem OrgaNIKALife [Physiological and biochemical aspects of the growth processes of winter wheat under the influence of OrgaNIKALife]. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy], 2017, no. 3(39), 63 p. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2017-3-63-69>
9. Mazey, N.G. *Posledeystvie impul'snogo davleniya na morfofiziologicheskie osobennosti i produktivnost' rasteniy grechikki* [The aftereffect of impulse pressure on the morphological and physiological characteristics and productivity of buckwheat plants]. diss. kand. biol. nauk, Nizhny Novgorod: UNN them. Lobachevsky, 2002, 26 p.
10. Nemchenko V. V., Kekalo A. Yu., Zargaryan N. Yu., Tsypysheva M. Yu. Protravlivanie semyan - pervaya stupen' polucheniya zashchishchennogo i produktivnogo agrotsenoza [Seed treatment is the first step in obtaining a protected and productive agrocenosis]. *Zashchita i karantin rasteniy* [Protection and quarantine plants], 2014, no. 3, pp 22-24.
11. Popov S.Ya., Dorozhkina L.A., Kalinin V.A. *Osnovy khimicheskoy zashchity rasteniy* [Fundamentals of chemical plant protection]. M.: Art-Lion, 2003, 208 p.
12. Saneeva, E.A. Vliyanie fungitsidov na osnove tebuconazola, protiokonazola i fludioksonila na razvitie i toksigennost' mitseliya Fusarium [Effect of fungicides based on tebuconazole, protriokonazole and fludioxonil on the development and toxigenicity of mycelium of Fusarium]. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire* [Actual scientific research in the modern world], 2021, no. 11 (10), pp. 129-131.
13. Chibis S. P., Krotova L.A., Mukhina Ya.V. Rezul'taty issledovaniy vliyaniya khimicheskikh soedineniy na prorostki pshenitsy sorta Pavlogradka [Results of studies of the effect of chemical compounds on wheat seedlings of the Pavlo-

- gradka cultivar]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Omsk State Agrarian University], 2019, no. 1(33), pp. 61-68.
14. Churilina V. Yu., Gabdulov M. A., Latnikova L. V., Berezovskaya K. S. Pro-travlivanie semyan – vazhnyy etap zashchity [Seed treatment is an important stage of protection]. *Vestnik APK Stavropol'ya* [Bulletin of the APK of Stavropol region], 2014, no. 3(15), pp. 188-191.
 15. Shil'nikova, N. V., Andriyashina T. V. Vliyanie pestitsidov na biotsenoz poch-vennogo pokrova [Influence of pesticides on biocenosis of soil cover]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kazan Techno-logical University], 2012, vol. 15, no. 7, pp. 140-144.
 16. Shirokova, N. P. Vliyanie gibberellovoy kisloty na tempy rosta i produktiv-nost' rasteniy dvukh sortov yarovoy myagkoy pshenitsy [Influence of gibberel-lic acid on the growth rate and productivity of plants of two cultivars of spring soft wheat]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk State University], 2007, no. 302, pp. 231-232.
 17. Allen, T. Not Everything is as it Seems: Fungicide Phytotoxicity and Plant Diseases. Mississippi Crop Situation, 2013. <http://www.mississippi-crops.com/2013/08/09/not-everything-is-as-it-seems-fungicide-phytotoxicity-and-plant-diseases/>
 18. Amossé J., Bart S., Péry A., Pelosi C. Short-term effects of two fungicides on enchytraeid and earthworm communities under field conditions. *Ecotoxicology*, 2018, vol. 27, no. 3, pp 300-312. <https://doi.org/10.1007/s10646-018-1895-7>
 19. Saladin G, Magné C, Clément C. Effects of Fludioxonil and Pyrimethanil, Two Fungicides Used against Botrytis Cinerea, on Carbohydrate Physiology in Vitis vinifera L. *Pest Management Sci*, 2003, no. 59(10), pp. 1083-1092.
 20. García, P. C., Rivero R. M., Ruiz J. M. The Role of Fungicides in the Physiology of Higher Plants: Implications for Defense Responses. *The Botanical Review*, 2003, no. 69(2), pp. 162-172. [https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2003\)069\(0162:TROFIT](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2003)069(0162:TROFIT)
 21. Deising H.B., Reimann S., Pascholati S.F. Mechanisms and significance of fungicide resistance. *Brazilian Journal of Microbiology*, 2008, Vol. 39, no. 2, pp. 286-295.
 22. Nefed'eva E. E., Kolotova O.V., Mogilevskaya I.V., Zheltobryukhov V.F., Sane-eva E.A. Decrease of the negative impact on environment of protectants of seed which contain tebuconazole and prochloraz for sustainable agricultural development. E.E. Nefed'eva, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 981. VI International Scientific Conference on Advanced Agritech-nologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRI-TECH-VI- 2021) (Krasnoyarsk, Russia, 17-19 November, 2021). *Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*,

- Siberian Scientific Centre DNIT*, Krasnoyarsk State Agrarian University, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production [et al.]. IOP Publishing, 2022, 7 p. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/981/2/022076>
23. Paranjape K. Gowariker V., Krishnamurthy V. N., Gowariker S. *The Pesticide Encyclopedia*. UK ed. London: CABI, 2014, 726 p.
 24. Petit, A.-N., Fontaine, F., Clément, C., & Vaillant-Gaveau. Photosynthesis Limitations of Grapevine after Treatment with the Fungicide Fludioxonil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, no. 56(15), pp. 6761–6767.
 25. Tyukina E. V., Bochkarev D. V., Nedayborch Y. N. Influence of growth regulators on decrease of fungicides xenobiotic effect in winter wheat crops. *Ecology, Environment and Conservation*, 2020, vol. 26, no. 2, pp 556-561.
 26. Veselova T.V. Assessment of Individual Seed Vigor and Seed Lot Heterogeneity by Room Temperature Phosphorescence. *Seed Science and Technilogy*, 2002, Vol. 30, no. 1, pp. 187-196.
 27. Xia X. J., Huang Y. Y., Wang L., Huang L. F., Yu Y. L., Zhou Y. H., Yu J. Q. Pesticidesinduced depression of photosynthesis was alleviated by 24-epibrassinolide pretreatment in Cucumis sativus L. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2006, no. 86(1), pp. 42-48.

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Санеева Елена Андреевна, аспирантка кафедры «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

пр. им. Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Российская Федерация
saneeva.elena@yandex.ru

Зорькина Ольга Владимировна, к.т.н, доцент кафедры «Биология и биоинженерия»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный университет»

*пр. Университетский, 100, Волгоград, 400062, Российская Федерация
ov.zorkina@volsu.ru*

Нефедьева Елена Эдуардовна, д.б.н., профессор кафедры «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

*пр. им. Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Российская Федерация
nefedieva@rambler.com*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Elena A. Saneeva, post-graduate student, Department “Industrial ecology and life safety”

*Volgograd State Technical University
28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation
saneeva.elena@yandex.ru*

Ol'ga V. Zorkina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of “Biology and Bioengineering”

*Volgograd State Technical University
28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3179-140X>
ov.zorkina@volsu.ru*

Elena E. Nefed'eva, Doctor of Biological Sciences, Professor Department “Industrial Ecology and Life”

*Volgograd State Technical University
28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation
SPIN-code: 9879-6283
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4782-3835>
ResearcherID: E-9959-2014
Scopus Author ID: 8234407800
nefedieva@rambler.com*

Поступила 09.06.2022

После рецензирования 11.07.2022

Принята 25.07.2022

Received 09.06.2022

Revised 11.07.2022

Accepted 25.07.2022