

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ НА ВСХОЖЕСТЬ И РОСТ ПРОРОСТКОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

© Е.В. Байбакова^{*,**}, Е.Э. Нефедьева^{*}, С.Л. Белопухов^{***}

^{*} Волгоградский государственный технический университет

^{**} ФНЦ агроэкологии РАН

^{***} Российский государственный аграрный университет имени К.А. Тимирязева

Целью работы было исследование фитотоксического действия различных фунгицидов – протравителей семян, применяемых для предохранения всходов от болезней растений. Выявлены основные закономерности влияния пестицидов на всхожесть семян и морфологические особенности проростков пшеницы и ячменя, на длину их корней и побегов. Согласно проведенным исследованиям, наибольшим подавляющим действием на всхожесть и рост побегов обладает ципроконазол. Наименее токсичным для растений является прохлораз. Протравители обладают незначительной видоспецифичностью фитотоксического действия. При выборе протравителя и разработке комбинированных препаратов следует учитывать возможный фитотоксический эффект, зависящий от дозы протравителя.

Ключевые слова: пестицид, семена, прохлораз, протиоконазол, ципроконазол, фитотоксичность.

Формат цитирования: Байбакова Е.В., Нефедьева Е.Э., Белопухов С.Л. Исследование влияния современных протравителей на всхожесть и рост проростков зерновых культур // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2016. Т. 6, N 3. С. 57–64. DOI: 10.21285/2227-2925-2016-6-3-57–64

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF MODERN PROTECTANTS ON THE GERMINATION OF SEEDS AND GROWTH OF SEEDLINGS OF GRAIN CROPS

E.V. Baybakova^{*,**}, E.E. Nefed'eva^{*}, S.L. Belopukhov^{***}

^{*} Volgograd State Technical University

^{**} FSC of Agroecology RAS

^{***} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

The aim of the research was to investigate of phytotoxic effect of different fungicides which can be used to protect the seedlings from diseases. The main peculiarities of the pesticides influence on the germination of wheat and barley seeds and plant morphological features such as the length of roots and shoots are detected. Cyproconazole demonstrated the highest inhibitory effect on the germination and the growth of shoots, according to research data. Prochloraz was revealed to be the least toxic for plants. The plant protectants have insignificant species specificity of phytotoxicity. The possible phytotoxic effect can be taken into account while choosing the protectant and developing the combined preparations.

Keywords: pesticide, seeds, prochloraz, prothioconazole, cyproconazole, phytotoxicity

For citation: Baybakova E.V., Nefed'eva E.E., Belopukhov S.L. Assessment of the influence of modern protectants on the germination of seeds and growth of seedlings of grain crops. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2016, T. 6, N 3. С. 57–64. DOI: 10.21285/2227-2925-2016-6-3-57–64 (in Russian)

ВВЕДЕНИЕ

Протравливание семян – одно из целенаправленных, экономических и экологических меро-

приятий по защите растений от болезней и вредителей [2]. В процессе протравливания на семена наносят пестициды для уничтожения не-

только наружных, но и внутренних инфекций растительного происхождения, защиты семян и проростков в поле от почвообитающих фитопатогенов и различных вредителей [3].

Были исследованы всхожесть и энергия прорастания семян твердой пшеницы и ярового ячменя урожая 2014 г. после протравливания протиоконазолом, ципроконазолом и прохлоразом. Все исследуемые вещества относятся к третьему классу опасности.

Протиоконазол – [2-[(RS)-2-гидрокси-2-(1-хлорциклопропил)-3-(2-хлорфенил) пропил]-2Н-1,2,4-триазол-3(4Н)-тион] системный фунгицид, обладает защитным, лечебным и искореняющим действием. Химический класс – триазолы. Используется для обработки вегетирующих растений против возбудителей различных болезней и для протравливания зерна. Фунгицид не токсичен для пчел, птиц, дафний, дождевых червей и почвенных микроорганизмов. В растении протиоконазол метаболизируется до более устойчивого соединения – протиоконазол-дестео¹. Он эффективен против широкого спектра заболеваний. Данный метаболит влияет на формирование мощных всходов, хорошо развитой корневой системы, повышение кустистости, засухоустойчивости, на качественные показатели зерна. Увеличение кустистости в первые недели роста растений на 25–35% повышает засухоустойчивость и улучшает потребление питательных элементов и влаги, что повышает коэффициент кущения в 1,5 раза. Увеличение толщины побега в два раза делает растение более прочным к механическим повреждениям, а отсутствие мезокотила, самой уязвимой части побега для насекомых и патогенных микроорганизмов, обеспечивает надежную защиту культуры от многих видов заболеваний и вредных насекомых на начальных этапах ее роста [6].

Протиоконазол входит в состав препаратов Ламадор про (60 г/л), Ламадор КС(150 г/л, норма расхода 0,15–0,20 л/т), Прозаро Квантум (160 г/л) и др. Норма расхода составляет около 20–30 г ДВ /т семян, или 200–300 мкг / 10 г семян.

Прохлораз имеет следующую формулу: [N-пропил-N-[2-(2,4,6-трихлорфеноксид) этил] имидазол-1-карбоксамид]. Он представляет собой контактный и системный фунгицид, относящийся к классу имидазолов с защитным и истребляющим действием. Применяется против достаточно широкого диапазона заболеваний, поражающих фрукты, овощи и полевые культуры².

¹ Методика выполнения измерений остаточного содержания протиоконазола по метаболиту протиоконазол-дестео в семенах, масле и зеленой массе рапса методом капиллярной газожидкостной хроматографии: метод. указания. МУК 4.1.2677-10

² Определение остаточных количеств прохлораза в ботве и корнеплодах свеклы методом высокоэффек-

тивной жидкостной хроматографии: метод. указания. МУК 4.1.2393-08, 2008.

Прохлораз проникает во все части растения и сохраняет активность до 4 недель [5]. Ингибирует биосинтез стерина в мембранах клеток грибов, подавляя деметилирование в положении 14 ланостерина или 24 метилендигидроланостерина. Малоэффективен против ржавчины и кладоспориоза, хотя весь комплекс грибов, вызывающих чернь колоса, препарат подавляет примерно на 75%. Прохлораз является известным эндокринным нарушителем, вызывающим развитие токсичности с множественными механизмами действия. Тем не менее, данные недостаточны в отношении других токсических эффектов [10]. Предыдущие исследования по действию прохлораза [8] показали ингибирование биосинтеза стеролов, в то же время предполагалось, что существует более одного механизма ингибирования. Эта гипотеза была недавно подтверждена путем демонстрации частичного ингибирования белка вместе с полисахаридной перегруппировкой в клеточных стенках грибкового патогена *V. fungicola* обусловленного действием этого фунгицида [9].

Прохлораз входит в состав препаратов Бампер Супер КЭ (400 г/л), Замир ЭМВ (267 г/л), Поларис МЭ Щ (100 г/л), Виал Трио (120 г/л) и др. Норма расхода составляет не более 100 г ДВ/т семян, или 1000 мкг/10 г семян.

Ципроконазол имеет следующую структурную формулу: [(2 RS, 3 RS; 2 RS,3 SR)-2-(4-хлорфенил)-3-циклопропил-1-(1Н-1,2,4-триазол-1-ил) бутан-2-ол]. Он является сельскохозяйственным фунгицидом из класса азолов, используемых для зерновых культур, кофе, сахарной свеклы, фруктовых деревьев и винограда, для дерновых ферм и полей для гольфа, а также для древесины в качестве консерванта [12]. Данный системный фунгицид относится к классу триазолов с защитным, лечебным и истребляющим действием. Он специфично воздействует на ржавчинные грибы [4]. Ципроконазол быстро сорбируется корнями и листьями: в течение 30 мин после опрыскивания [5]. Он способен ингибировать биосинтез стероидов, в том числе эргостерола, в клетках грибов через блокирование реакции отщепления метильной группы от ланостерина в четырнадцатом положении (С14-деметилирования). Так как стерин отвечает за прочность клеточных мембран, ципроконазол, теоретически, не подавляет прорастание спор, но ингибирует в дальнейшем удлинение ростовых трубок, деление клеток и рост мицелия. Это объясняет, почему он должен быть использован (когда грибковый рост максимален) в начале инфекции – в конце инфекций грибковой рост замедляется и агент является неэффективным [11]. Таким образом, ципроко-

нативной жидкостной хроматографии: метод. указания. МУК 4.1.2393-08, 2008.

назол может быть эффективным против болезней растений, вызываемых аскомицетами, базидиомицетами и некоторыми дейтеромицетами, но он не действует на оомицеты.

Ципроконазол входит в состав препаратов Дивиденд Стар (6,3 г/л), Виал Трио (5 г/л), Аваксс КЭ (80 г/л) и др. Норма расхода составляет около 5–50 г ДВ/т семян, или 50–500 мкг/10 г семян.

Рассмотренные фунгициды относятся к разным классам, а следовательно, отличаются механизмы их фунгицидного и фитотоксического действия.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для определения фитотоксического действия семена пшеницы яровой (*Triticum aestivum* L.) и ячменя ярового (*Hordeum vulgare*) обрабатывали протравителями прохлораз (100, 200, 300 мкг/10 г семян), протиоканозол (125, 250, 375 мкг/10 г семян), ципроконазол (125, 250, 375 мкг/10 г семян). Дозы выбраны с учетом содержания этих веществ в наиболее распространенных препаратах.

Определение лабораторной всхожести семян пшеницы, ячменя, обработанных вышеуказанными протравителями, проводилось согласно ГОСТ 12038-84. Была отобрана партия контрольных семян. Две биологические повторности по 10 семян в каждой проращивали рупонным методом на водопроводной воде. При учете всхожести отдельно были подсчитаны нормально проросшие; аномальные; мертвые (непроросшие) семена [ГОСТ 12038-84].

К числу нормально проросших семян относят семена, имеющие здоровый вид, имеющие не менее двух нормально развитых корешков размером более длины семени и росток размером не менее половины его длины с просматривающимися первичными листочками, занимающими не менее половины длины coleoptilia. У ячменя и овса длину ростка учитывают по той его части, которая вышла за пределы цветковых чешуй. К нормально проросшим семенам относят также проростки с небольшими дефектами.

К непроросшим семенам относят набухшие семена, которые к моменту окончательного учета всхожести не проросли, твердые семена, которые к установленному сроку определения всхожести не набухли и не изменили внешнего вида. К невсхожим семенам относят загнившие семена с мягким разложившимся эндоспермом, почерневшим или загнившим зародышем и проростки с частично или полностью загнившими частями.

Аномально (ненормально) проросшие семена имеют нарушения в развитии проростков: нет зародышевых корешков или их меньше установленной нормы, или они короткие, прекратившие рост, слабые, спирально закручен-

ные, водянистые; coleoptilia пустой, имеет трещину, короче листьев, деформированный, отсутствует; первичные листочки занимают меньше половины coleoptilia или обесцвечены, раздроблены или продольно расщеплены, веретенообразные, водянистые, обычно с короткими или прекратившими рост зародышевыми корешками.

За результат анализа было принято среднее арифметическое результатов определения всхожести двух проанализированных повторностей³. Влияние препаратов на всхожесть семян пшеницы видно из рис. 1. Обычно 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 [7].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На рис. 1, а видна тенденция к наиболее высокой гибели (50% мертвых семян) в варианте с дозой прохлораз 300 мкг/10 г, при дозах прохлораз 200 и 100 мкг/10 г количество мертвых семян составило 20%, в контрольной партии – 25% и 10% аномальных. На рис. 1, б при дозе протиоканозола 375 мкг/10 г семян количество аномальных семян – 80%, нормальных – 20%; при дозах 250 и 125 мкг/10 г семян число аномальных составило 65% и 60% соответственно; в контрольной партии обнаружено 55% аномальных семян. Исходя из рис. 1, в наиболее высокий процент мертвых семян выявлен в варианте с дозой ципроконазола 375 мкг/10 г семян – 45%. При данной дозе нормальные семена не были обнаружены, доля аномальных составила 55%. При дозе 250 мкг/10 г семян соотношение нормальных и аномальным семенам: 20% и 80%, соответственно. Доза 125 мкг/10 г семян показала следующий результат: количество нормальных – 20%, аномальных – 65%, мертвых – 15%. В контрольной партии 45% нормальных семян, оставшиеся имеют аномалии, мертвые не обнаружены. Проявившиеся аномалии аналогичны возникшим после применения протиоканозола.

На рис. 2 в варианте с дозой прохлораз 300 мкг/10 г проявилось наибольшее количество мертвых семян (40%); при дозе прохлораз 200 мкг/10 г обнаружено 10% мертвых семян и 5% аномальных; при дозе 100 мкг/10 г количество нормальных семян – 100%; в контрольной партии – 5% мертвых, аномальных не обнаружено. Аномалии проявились следующим образом: трещина coleoptilia, его деформация, загнившая почечка. Наиболее показательная тенденция отмечалась при мини-

³ ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Введ. 01.07.86.

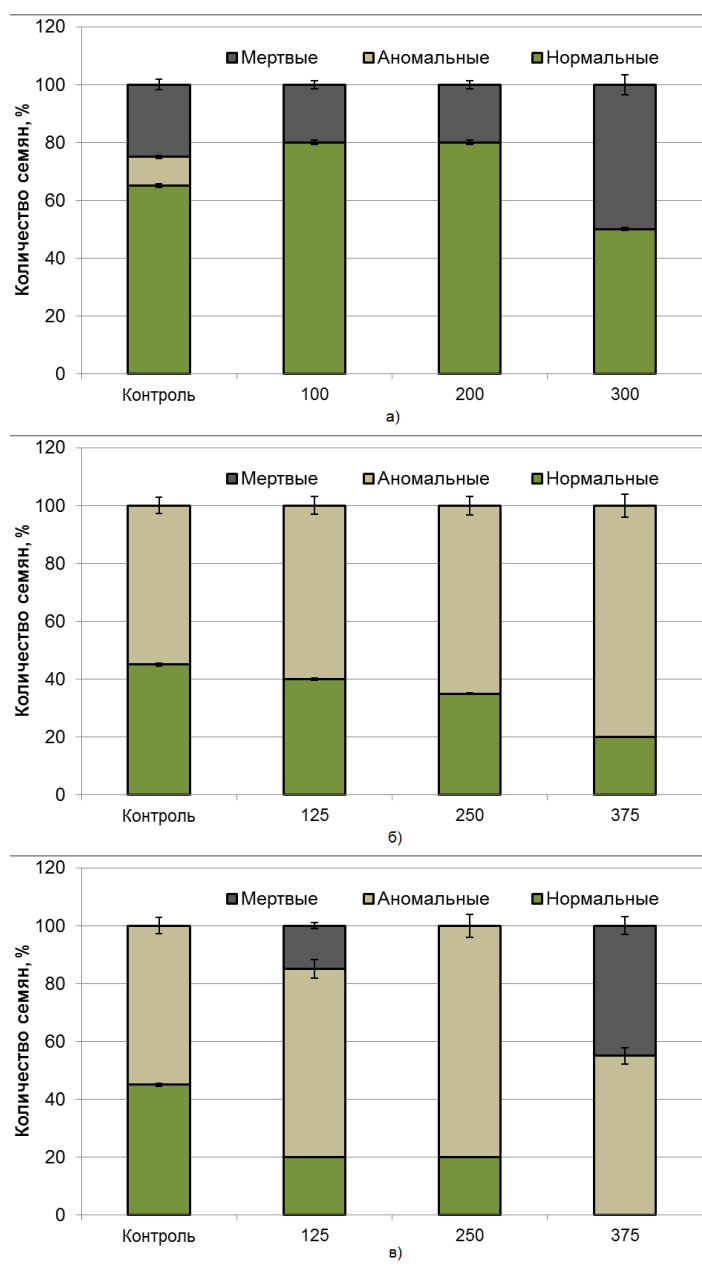


Рис. 1. Влияние протравителей на всхожесть семян пшеницы: а – прохлораз; б – протиоконазол; в – ципроканозол

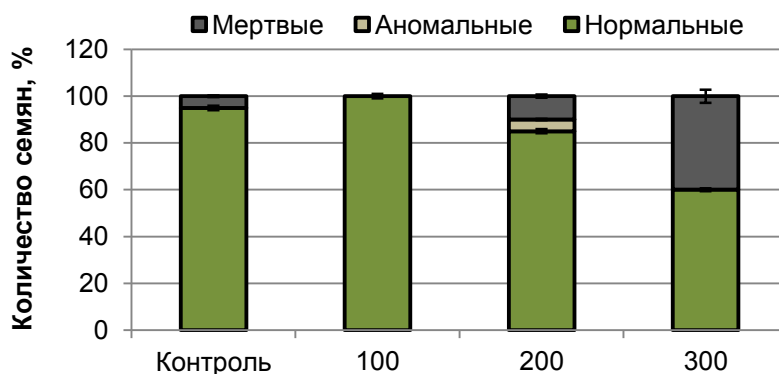


Рис. 2. Влияние прохлораз на всхожесть семян ячменя

мальной дозе – 100 мкг/10 г семян.

Для выяснения влияния препаратов на рост проростков определяли длину корневой системы и первого настоящего листа (побега) в возрасте 4 и 8 сут у пшеницы, у ячменя – 3 и 7 сут.

На рис. 3 представлены данные, характеризующие рост проростков пшеницы после обработки семян протравителями. Наименьшая длина побегов и корней пшеницы при обработке прохлоразом проявилась при самой высокой дозе: 45,4 мм и 25,8 мм. При дозе 200 мкг/10 г семян длина побегов и корней составила, соответственно: 68,8 мм и 46,9 мм. При дозе 100 мкг/10 г семян: 58,7 мм и 39,9 мм. В контрольной партии

длина побегов корней: 93,5 мм и 43,9 мм. Угнетение при меньших дозах – не так значительно. Согласно рис. 3, б протиоконазол, оказал особенно заметное влияние на длину побегов и корней при наивысшей дозе – 375 мкг/10 г семян. Длина побегов в этом случае составила 9,7 мм, а корней – 6,5 мм. При дозе 250 мкг/10 г семян длина побегов достигла 14,1 мм, а корней – 16,6 мм. Доза 125 мкг/10 г семян показала похожий результат: длина побегов – 14,7 мм, корней – 13,7 мм. В контрольной партии эти параметры составили 31,1 мм и 20,5 мм. Наименее угнетающее действие оказала доза 250 мкг/10 г семян. Исходя из рис. 3, в, длина побегов, при использо-

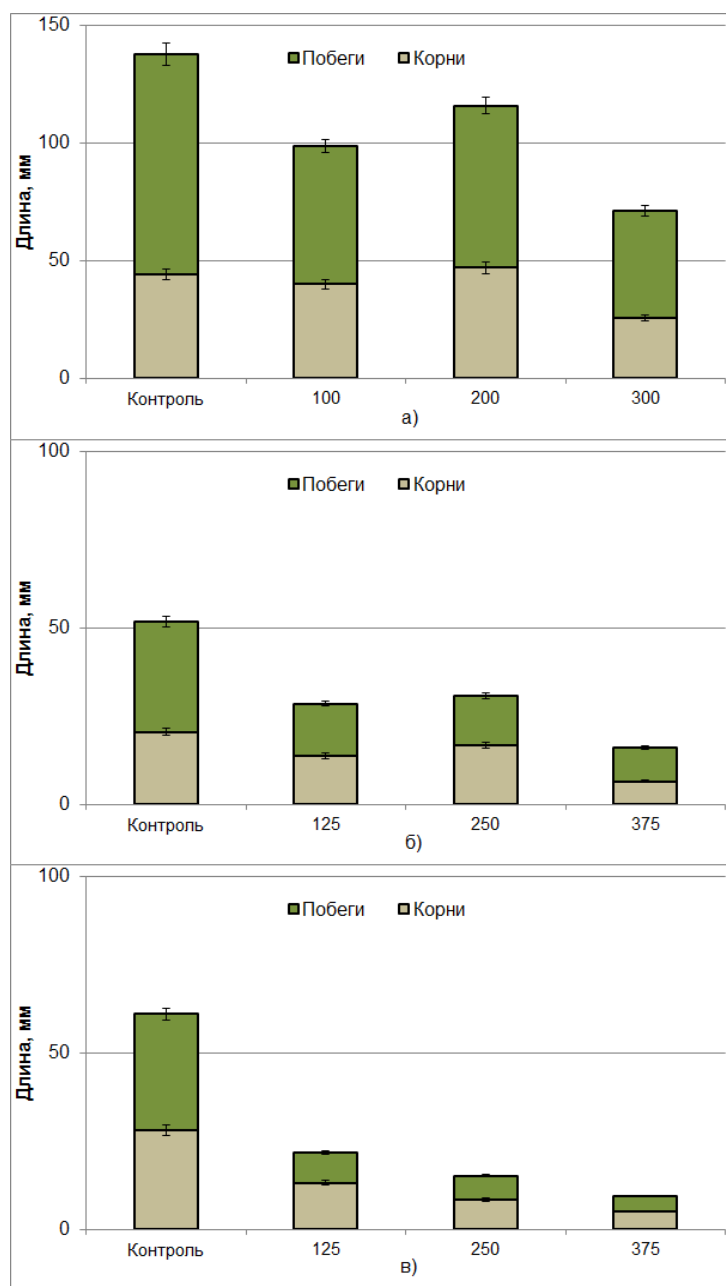


Рис. 3. Влияние протравителей на длину корней и побегов пшеницы: а – прохлораз; б – протиоконазол; в – ципроканозол

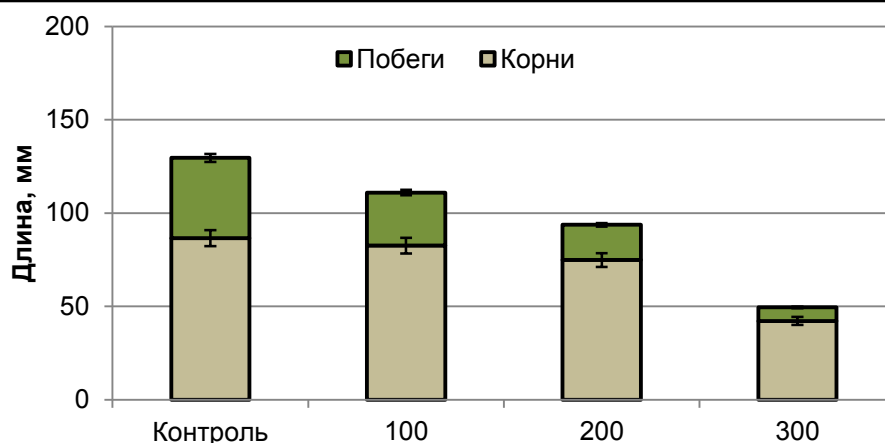


Рис. 4. Влияние прохлораза на длину корней и побегов ячменя

вании ципроконазола при дозах 125, 250 и 375 мкг / 10 г семян, следующая: 8,7 мм, 6,7 мм, 4,3 мм. Длина корней при тех же дозах: 13,1 мм, 8,3 мм, 5 мм. В контрольной партии длина побегов составила 33 мм, а корней 28 мм. Ципроконазол оказал подавляющее действие на длину корней и побегов. Чем выше его доза, тем сильнее проявилось угнетающее действие.

На рис. 4 представлены данные, характеризующие рост проростков ячменя после обработки семян прохлоразом.

Длина побегов, при дозах 100, 200 и 300 мкг/10 г семян, составила: 28,4 мм, 18,9 мм, 7,2 мм. Длина корней, соответственно, 82,5 мм, 74,8 мм и 42,2 мм. Контроль показал более высокие результаты, длина побегов 86,6 мм, а корней – 42,9 мм. Наименьшее угнетение роста отмечается при дозе 100 мкг/10 г семян.

ВЫВОДЫ

Протиоконазол, прохлораз и ципроконазол являются широко распространенными средствами защиты растений. Результаты исследований показали универсальное действие препаратов на исследуемые виды растений, которое выражается в незначительной видоспецифичности действия на семена пшеницы и ячменя. Подавляющее действие ципроконазола, прохлораза и протиоконазола на всхожесть, длину корней и побегов усиливалось пропорционально увеличению дозы. Наибольшей фитотоксичностью в исследуемом диапазоне доз обладал ципроконазол, наименьшей – прохлораз. При выборе протравителя и разработке комбинированных препаратов следует учитывать возможный фитотоксический эффект, зависящий от дозы протравителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байбакова Е.В., Нефедьева Е. Э., Белицкая М.Н., Шайхиев И.Г. Исследование влияния современных пестицидов на физиологические особенности зерновых культур // Вестник технологического университета. 2015. Т.18, N 10. С. 222–226.
2. Байбакова Е.В., Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Нефедьева Е. Э., Шайхиев И.Г. Исследование и сравнительный анализ действующих веществ современных протравителей зерновых культур // Вестник технологического университета. 2015. Т.18, N 9. С. 32–36.
3. Булыгин С.Ю., Демишев Л.Ф., Доронин В.А. и др. Микроэлементы в сельском хозяйстве. 3-е изд., перераб. и доп. Днепропетровск, Сич. 2007. 100 с.
4. Защепкин Е.Е., Шутко А.П., Тутуржанс Л.В. Желтая пятнистость как составная часть патогенного комплекса озимой пшеницы в центральном предкавказье // Современные проблемы науки и образования. 2015. N 2. ч. 2. 11 с.
5. Попов С.Я., Дорожкина Л.А., Калинин В.А. Основы химической защиты растений / Под ред.

- профессора С.Я. Попова. М.: Арт-Лион, 2003. 208 с.
6. Щербаков П.А. Ламадор: отличный старт и успешный финиш сельскохозяйственного сезона // Защита и карантин растений. 2010. N 3. С. 76–77.
7. Veselova T.V., Assessment of Individual Seed Vigor and Seed Lot Heterogeneity by Room Temperature Phosphorescence // Seed Science and Technilogy. 2002. Vol. 30, N 1. P. 187–196.
8. Bernardo D., Pérez Cabo A., Novaes-Ledieu M., Pardo J., García Mendoza C. Comparative effect of the fungicide Prochloraz-Mn on Agaricus bisporus vegetative-mycelium and fruit-body cell walls // International Microbiology. 2004. N 7. P. 277–281
9. Bernardo D., Novaes-Ledieu M, Pérez Cabo A., Gea Alegría F.J., García Mendoza C., Effect of the fungicide Prochloraz-Mn on the cell wall structure of Verticillium fungicola // International Microbiology. 2002. N 5. P. 121–125.
10. Lundqvist J., Hellman B., Oskarsson A. Fungicide prochloraz induces oxidative stress and DNA damage in vitro // Food and Chemical Toxicology.

gy. Vol. 91. May 2016. P. 36–41.

11. Esker P., Proost R. Fungicide resistance management in corn, soybean, and wheat in Wisconsin NPM A3878 // University of Wisconsin extension service, Cooperative Extension in coop. with USDA.

1. Baibakova E.V., Nefed'eva E. E., Belitskaya M.N., Shaikhiyev I.G. Investigation of the effect of modern pesticides on physiological crops characteristics. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the University of Technology]. 2015, vol. 18, no. 10, pp. 222–226. (in Russian)

2. Baibakova E.V., Belitskaya M.N., Gribust I.R., Nefed'eva E. E., Shaikhiyev I.G. Research and comparative analysis of the active ingredients of modern disinfectants cereals. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the University of Technology]. 2015, vol. 18, no. 9. pp. 32–36. (in Russian)

3. Bulygin S.Y., Demishev L.F., Doronin V.A. [et al.] *Mikroelementy v sel'skom khozyaistve* [Micronutrients in agriculture]. Dnepropetrovsk, Sich Publ., 2007, 100 p.

4. Zashchepkin E.E. Shutko A.P., Tuturzhans L.V. Yellow spot as part of a winter wheat pathogen complex in central Ante. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2015, no. 2 (part 2), 11 p. (in Russian)

5. Popov S.Ya., Dorozhkina L.A., Kalinin V.A. *Osnovy khimicheskoi zashchity rastenii* [Fundamentals of chemical plant protection]. Moscow, Art Lyon Publ., 2003, 208 p.

6. Shcherbakov P.A. Lamador: an excellent start and a successful finish of the season for Agricultural. *Zashchita i karantin rastenii* [Protection and

2010.

12. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues Monograph – Agriculture // Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2011. P. 766–938.

REFERENCES

quarantine of plants]. 2010, no. 3, pp. 76–77. (in Russian)

7. Veselova T.V. Assessment of Individual Seed Vigor and Seed Lot Heterogeneity by Room Temperature Phosphorescence. *Seed Science and Technology*. 2002, vol. 30, no. 1, pp. 187–196.

8. Bernardo D., Pérez Cabo A., Novaes-Ledieu M., Pardo J., García Mendoza C. Comparative effect of the fungicide Prochloraz-Mn on *Agaricus bisporus* vegetative-mycelium and fruit-body cell walls. *International Microbiology*. 2004, no. 7, pp. 277–281.

9. Bernardo D., Novaes-Ledieu M., Pérez Cabo A., Gea Alegría F.J., García Mendoza C., Effect of the fungicide Prochloraz-Mn on the cell wall structure of *Verticillium fungicola*. *International Microbiology*. 2002, no. 5, pp. 121–125.

10. Lundqvist J., Hellman B., Oskarsson A. Fungicide prochloraz induces oxidative stress and DNA damage in vitro. *Food and Chemical Toxicology*. 2016, vol. 91, pp. 36–41.

11. Esker P., Proost R. *Fungicide resistance management in corn, soybean, and wheat in Wisconsin NPM A3878*. University of Wisconsin extension service, Cooperative Extension in coop. with USDA, 2010.

12. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues Monograph – Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2011, pp. 766–938.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Екатерина В. Байбакова

Волгоградский государственный технический университет
400005, Россия, Волгоград, пр. им. Ленина, 28
ФНЦ агроэкологии РАН
400062, Россия, Волгоград,
пр. Университетский, 97
Аспирант, м.н.с.
ekaterina.baybakova@yandex.ru

Елена Э. Неведьева

Волгоградский государственный технический университет,
400005, Россия, Волгоград, пр. им. Ленина, 28
Д.б.н, профессор
nefedieva@rambler.com

AUTHORS' INDEX

Affiliations

Ekaterina V. Baybakova

Volgograd State Technical University
28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia
FSC of Agroecology RAS
97, University Ave., Volgograd, 400062, Russia
Postgraduate student, Junior researcher
ekaterina.baybakova@yandex.ru

Elena E. Nefed'eva

Volgograd State Technical University
28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia
Doctor of Biological Sciences, Professor
nefedieva@rambler.com

Сергей Л. Белопухов

Российский государственный аграрный университет имени К.А. Тимирязева
127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49
Д.с-х.н., профессор
belopuhov@mail.ru

Sergey L. Belopukhov

Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev
49, Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russia
Doctor of Agricultural, Professor
belopuhov@mail.ru

Поступила 12.05.2016

Received 12.05.2016