

DOI 10.25637/TVAN.2018.02.04.

УДК 589.64: 632.122: 631.95

Чайковская Л. А.¹, Овсиенко О. Л.¹, Баранская М. И.¹, Ключенко В. В.²,
Липиева Н. Н.³

ВОЗДЕЙСТВИЕ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ФОРМ МЕДИ В РИЗОСФЕРЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА

¹ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»;

²Агропромышленный колледж ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И.Вернадского»;

³ФГБУ «Центр агрохимической службы “Крымский”»

Реферат. Загрязнение биосферы тяжелыми металлами (ТМ) – наиболее распространенное и сильнейшее по действию химическое загрязнение. Потому поиск путей снижения их токсического воздействия на окружающую среду является приоритетным и актуальным. Цель исследований – определение влияния микробного препарата «Фосфоэнтерин» на содержание водорастворимых форм меди в ризосфере озимой пшеницы, их накопление в зерне и его качественные показатели (содержание белка и клейковины). Исследования проведены в условиях модельных полевых опытов. Количественное содержание водорастворимых форм меди в образцах почвы и зерна определяли методом атомно-абсорбционного анализа, содержание клейковины и белка в зерне – методом инфракрасной спектроскопии. Установлено, что применение «Фосфоэнтерина» для предпосевной инокуляции позволило снизить концентрацию водорастворимых форм Си в ризосфере бактеризованных растений по сравнению с контролем на разных уровнях загрязнения почвы (в 1,9–3,6 раза): 4,8; 24,9 и 30,7 мг/кг на фоне 5, 10 и 20 ПДК соответственно. Не выявлено заметного влияния инокуляции на содержание водорастворимых соединений меди в зерне озимой пшеницы. Выявлено положительное влияние предпосевной бактеризации семян на качественные показатели зерна озимой пшеницы, выращенной на естественном фоне (содержание белка и клейковины возросло до 15,2 и 28,4 % против 13,4 и 23,9 % в контроле соответственно), а также повышение ее зерновой продуктивности.

Ключевые слова: «Фосфоэнтерин», инокуляция, озимая пшеница, водорастворимые соединения меди, ризосфера, зерно.

Введение

В современных процессах загрязнения окружающей среды приоритетная роль принадлежит тяжелым металлам (ТМ). Пути их поступления в природные и агроэкосистемы различны: выбросы фабрик, заводов, автотранспорта, применение химических средств защиты растений и др. В результате ТМ, в частности медь, накапливаются в почве и гидросфере, а также мигрируют в растения, выращиваемые на загрязненных территориях. Снизить токсическое действие ТМ в условиях агрофитоценоза возможно при переходе к биологическому земледелию, одним из приемов которого является применение экологически безопасных микробных препаратов [1, 2]. Известно, что входящие в их состав хозяйственно полезные микроорганизмы улучшают рост и питание сельскохозяйственных культур, а также обладают протекторными свойствами, защищая растения от вредителей и стресса [3, 4]. Так, рядом исследователей показана способность биоагентов микробных препаратов превращать токсичные для растений формы ТМ в менее токсичные нерастворимые комплексы [5–7].

Цель исследований – определение влияния микробных препаратов (на примере препарата «Фосфоэнтерин») на содержание водорастворимых форм меди в ризосфере озимой пшеницы, их накопление в зерне и его качественные показатели (содержание белка и клейковины) в условиях модельных полевых опытов.

Материалы и методы исследований

Полевые исследования проведены на опытном поле Крымского агропромышленного колледжа ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского» (Симферопольский район) в 2011–2014 гг.

Почва участка – чернозем южный малогумусный карбонатный. Агрохимическая характеристика почвы: содержание гумуса – 2,5 %; подвижных форм азота и фосфора – 5,3 и 2,6 мг/100 г почвы соответственно; рН водной вытяжки – 7,0–7,2. Площадь посевных делянок составляла 10 м², учетных – 5 м², их размещение рендомизированное; повторность опытов – четырехкратная.

Культура – озимая пшеница *Triticum aestivum* L. Полевые эксперименты и статистическая обработка полученных данных проведены в соответствии с общепринятыми методами [8]. Ранней весной в почву вносили раствор CuSO₄ из расчетов (по содержанию Cu), соответствующих уровням загрязнения: 5, 10 и 20 ПДК. В контрольных вариантах раствор CuSO₄ не вносили. Для предпосевной инокуляции семян пшеницы использован микробный препарат «Фосфоэнтерин», созданный на основе фосфатмобилизующей бактерии *Enterobacter nimipressuralis* 32-3 [9–10], в контроле семена увлажняли водой. Определение количественного содержания водорастворимых форм меди в почве и растениях (зерно) проведено методом атомно-абсорбционного анализа в лаборатории ФГБУ «Центр агрохимической службы “Крымский”» согласно методическим указаниям ГОСТ [11–14]. Содержание клейковины и белка в зерне определяли методом инфракрасной спектроскопии [15–17].

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных результатов показал незначительное фоновое содержание водорастворимых форм Cu в почве опытного участка: оно составляло 0,59 мг/кг и не превышало допустимые значения ПДК для почв (6 мг/кг). Необходимо отметить, что полученные данные соответствуют результатам, установленными другими авторами для пахотных почв Крыма [18]. Также нами выявлена тенденция к незначительному снижению содержания водорастворимых форм меди на естественном фоне (до 0,48 мг/кг) в ризосфере бактеризованных растений пшеницы.

Внесение в почву раствора CuSO₄ привело к значительному повышению уровня загрязнения ризосферы пшеницы водорастворимыми соединениями Cu (рисунок 1). Так, их содержание превысило допустимое значение ПДК в 3,7–12 раз при внесении CuSO₄ и составило 17,6; 45,3 и 74,5 мг/кг из расчета 5, 10 и 20 ПДК соответственно.

Применение «Фосфоэнтерина» для предпосевной инокуляции позволило снизить концентрацию водорастворимых форм Cu в ризосфере бактеризованных растений по сравнению с контролем на каждом из уровней загрязнения почвы: в 3,6; 1,9 и 2,4 раза, что составило 4,8; 24,9 и 30,7 мг/кг на фоне 5, 10 и 20 ПДК соответственно.

Однако не взирая на достаточно значительные колебания количества водорастворимых соединений меди в ризосфере озимой пшеницы на естественном фоне и участках с различным уровнем загрязнения раствором CuSO₄, их аккумуляция в зерне, согласно результатам наших исследований, не превышала ПДК (для пищевых продуктов 10 мг/кг) и находилась в пределах 5,6–6,4 мг/кг (рисунок 2). Следует отметить, что в зерне бактеризованных растений, выросших на загрязненных

участках, аккумуляция водорастворимых соединений Си была несколько выше, чем в контроле и составляла 6,5–7,7 мг/кг.

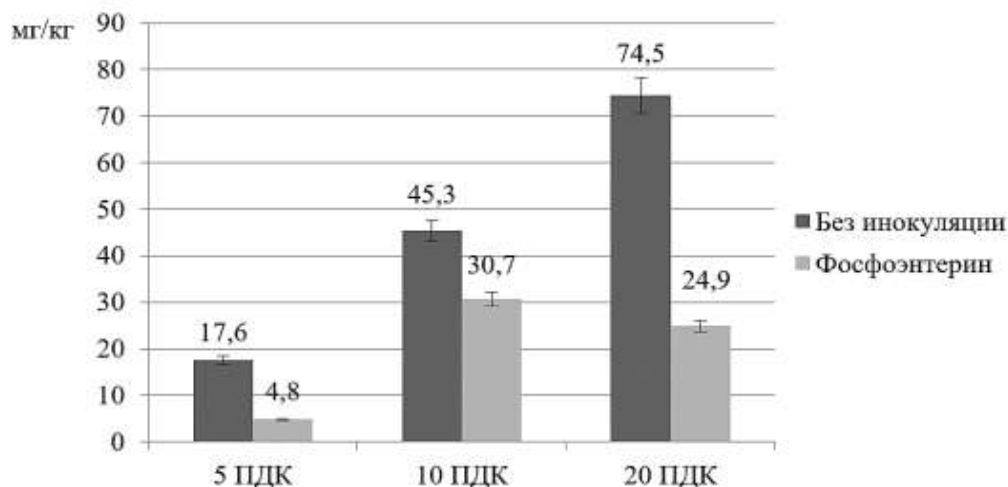


Рисунок 1 – Содержание водорастворимых соединений Си в ризосфере озимой пшеницы при различных уровнях загрязнения почвы

Известно, что на передвижение ТМ в системе почва-растение влияют многие факторы: физические и химические свойства почв, их биологическая активность, а также физиологические механизмы различных видов растений. Эти факторы могут обуславливать общую форму и способность переноса ТМ в системе почва-растение [19]. Согласно исследований Wu S.L. et al. [20] и Xue, Y. et al. [21], в растения пшеницы наибольшая часть ТМ поступает из почвы. При изучении аккумуляции ТМ в различных частях озимой пшеницы установлено, что их наибольшее количество накапливается в корнях и наименьшее – в зерне [22].

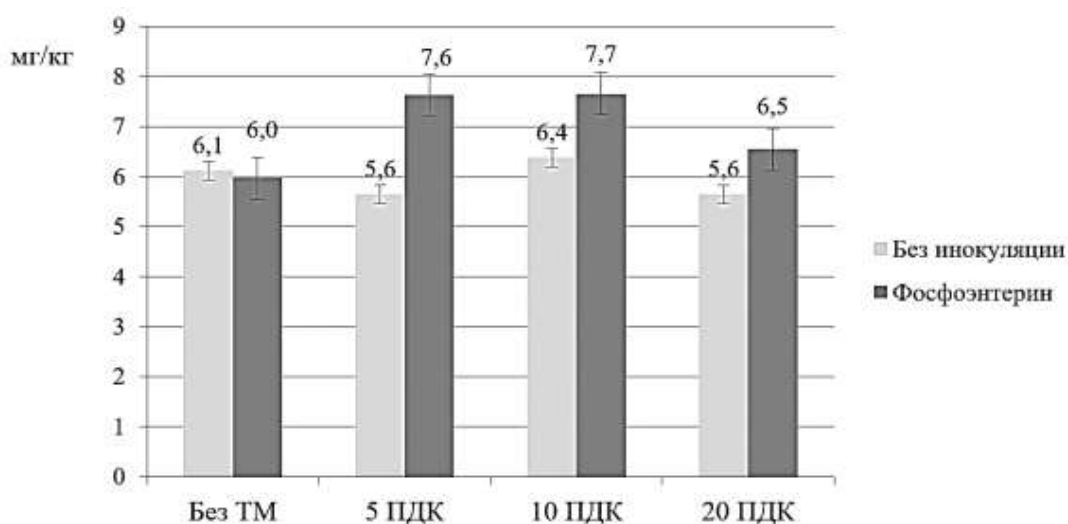


Рисунок 2 – Содержание водорастворимых соединений меди в зерне озимой пшеницы при различных уровнях загрязнения почвы

Таким образом установлено, что применение микробного препарата «Фосфоэнттерин» для предпосевной инокуляции семян озимой пшеницы способствует снижению содержания водорастворимых соединений меди в ризосфере

бактеризованных растений (в 1,9–3,6 раза по сравнению с контролем). Показано, что содержание водорастворимых соединений Си в зерне озимой пшеницы не превышало ПДК и находилось в пределах 5,6–7,7 мг/кг. Не выявлено заметного влияния предпосевной инокуляции на содержание водорастворимых соединений Си в зерне озимой пшеницы.

Известно, что одними из наиболее важных показателей качества зерна является содержание в нем белка и клейковины. Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение «Фосфоэнтерина» для предпосевной бактериализации семян способствовало увеличению содержания белка в зерне пшеницы, выросшей на участках естественного фона: до 15,2 против 13,4 % в контроле (рисунок 3). Не выявлено существенного влияния предпосевной инокуляции семян на содержание белка в зерне пшеницы, выросшей на загрязненных CuSO_4 участках.

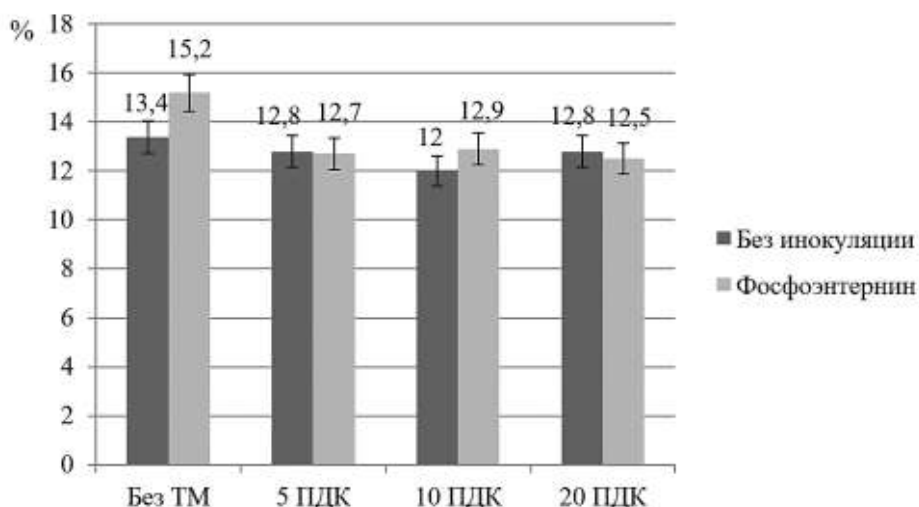


Рисунок 3 – Влияние бактериализации на содержание белка в зерне озимой пшеницы при различных уровнях загрязнения почвы

Также установлено положительное влияние предпосевной бактериализации семян на увеличение содержания клейковины в зерне озимой пшеницы, выращенной на участках естественного фона: до 28,4 по сравнению с 23,9 % в контроле (рисунок 4).

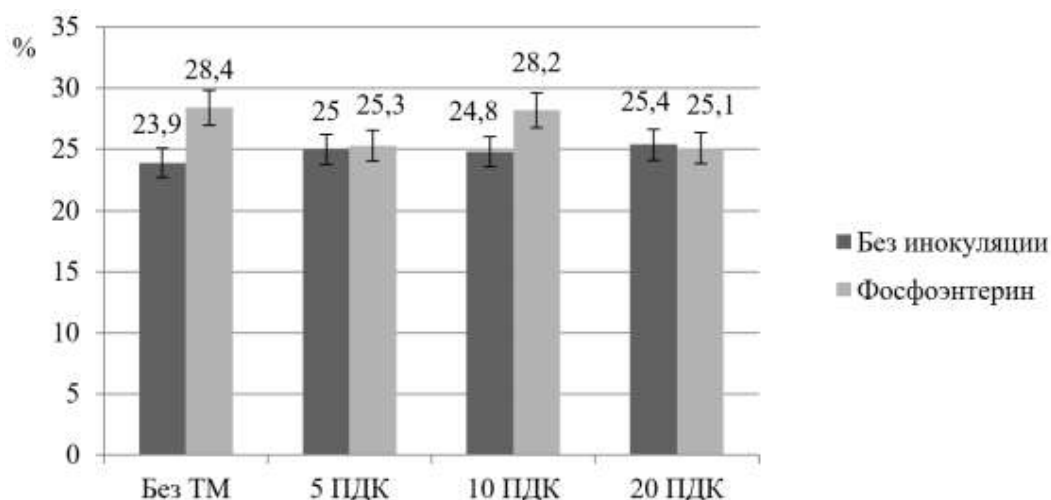


Рисунок 4 – Влияние бактериализации на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы при различных уровнях загрязнения почвы

Кроме того, необходимо отметить положительное воздействие «Фосфоэнтрина» на количество клейковины в зерне пшеницы при загрязнении почвы на уровне 10 ПДК: оно возросло до 28,2 % (против 24,8 % в варианте без инокуляции).

Итак, выявлено позитивное воздействие предпосевной инокуляции семян на основные показатели качества зерна озимой пшеницы (содержание белка и клейковины возросло до 15,2 и 28,4 % против 13,4 и 23,9 % в контроле соответственно), выращенной на участках с естественным фоном. Не выявлено существенного влияния предпосевной инокуляции семян на содержание белка и клейковины в зерне пшеницы, выросшей на загрязненных CuSO_4 участках.

Применение микробного препарата «Фосфоэнтрин» для предпосевной инокуляции семян оказало положительное воздействие и на зерновую продуктивность озимой пшеницы: она возросла в среднем за три года по сравнению с контролем (без инокуляции) на 0,16 т/га (6,4 %) на участках естественного фона и на 0,25–0,38 т/га (12–22 %) при загрязнении почвы.

Выводы

Установлено, что применение микробного препарата «Фосфоэнтрин» для предпосевной инокуляции семян озимой пшеницы способствует снижению содержания водорастворимых соединений меди в ризосфере бактеризованных растений (в 1,9–3,6 раза по сравнению с контролем) в условиях модельных полевых опытов. Не выявлено заметного влияния инокуляции на содержание водорастворимых соединений Cu в зерне озимой пшеницы.

Выявлено положительное влияние предпосевной инокуляции на качественные показатели зерна озимой пшеницы (содержание белка и клейковины возросло до 15,2 и 28,4 % против 13,4 и 23,9 % в контроле соответственно), а также повышение ее зерновой продуктивности.

Литература

1. Тихонович И. А., Проворов Н. А. Сельскохозяйственная микробиология как основа экологически устойчивого агропроизводства: фундаментальные и прикладные аспекты // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 3. С. 3–9.
2. Завалин А. А., Кожемяков А. П. Новые технологии и применение биопрепаратов комплексного действия. СПб: ХИМИЗДАТ, 2010. 64 с.
3. Белимов А.А. Взаимодействие ассоциативных бактерий и растений в зависимости от биотических и абиотических факторов. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб: Изд-во СПбГУ, 2008. 45 с.
4. Белимов А. А., Тихонович И. А. Микробиологические аспекты устойчивости и аккумуляции тяжелых металлов у растений // Сельскохозяйственная микробиология. 2011. № 3. С. 10–15.
5. Архипова Т. Н., Мелентьев А. И., Веселов С. Ю., Кудоярова Г. Р. Влияние цитокининпродуцирующих микроорганизмов на устойчивость растений салата к токсическому действию кадмия // Агрехимия. 2004. № 3. С. 69–73.
6. Белоголова Г. А., Соколова М. Г., Гордеева О. Н. Влияние ризосферных бактерий на миграцию и биодоступность тяжелых металлов, мышьяка и фосфора в техногенно-загрязненных экосистемах // Агрехимия. 2013. № 6. С. 69–77.
7. Белоголова Г. А., Соколова М. Г., Пройдакова О. А. Влияние почвенных бактерий на поведение химических элементов в системе почва-растение // Агрехимия. 2011. № 9. С. 89–97.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Деклараційний патент України на корисну модель №12536. Спосіб отримання удобрювального біопрепарату «Фосфоентрин» на основі штаму фосфатмобілізуючих бактерій *Enterobacter nimipressuralis* 32-3 / Чайковська Л. О. [та ін.]. № заявки у 2005 07619, рішення від 21.11.05. Бюл. 2. 5 с.
10. Деклараційний патент України на корисну модель №12537. Удобрювальний біопрепарат «Фосфоентрин» на основі штаму фосфатмобілізуючих бактерій *Enterobacter nimipressuralis* 32-3 / Чайковська Л. О. [та ін.]. № заявки у 2005 07621, рішення від 10.11.05. Бюл. 2. 8 с.
11. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. М.: ИПК Издательство стандартов. 2010. 12 с.

12. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. М.: ИПК Издательство стандартов. 1998. 10 с.
13. ГОСТ Р 50683-94. Почвы. Определение подвижных соединений меди и кобальта по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО. М.: ИПК Издательство стандартов. 1995. 19 с.
14. РД 52.18.289-90. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. М.: ИПК Издательство стандартов. 1991. 4 с.
15. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 52554-2006 «Пшеница. Технические условия». М.: ИПК Издательство стандартов. 2007. 4 с.
16. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. М.: ИПК Издательство стандартов. 2009. 8 с.
17. ГОСТ 13586.1-68. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. М.: ИПК Издательство стандартов. 2009. 6 с.
18. Sychevskiy M. E., Vinnik A. L., Svyatyuk Yu. V. Dynamics of the content of mobile forms of heavy metals in the soils of the Crimea under the influence of 45-year-old application of mineral fertilizers // *Agroecologichnyi zhurnal*. 2012. No. 3. P. 111–114.
19. Zheng H. Y., Yao X. R., Hou Y. L. Establishment of heavy metal bioaccumulation model of soil pattern-crop system in China // *J. Agro-Eviron. Sci.* 2015. No. 34. P. 257–265.
20. Wu S. L., Zhang X., Chen B. D. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on heavy metal translocation and transformation in soil – plant continuum // *Asian. J. Ecotoxicol.* 2013. No. 8. P. 847–856.
21. Xue Y., Wang Y. Y., Yao Q. H., Song K., Zheng X. Q. Research progress in plants resistance to heavy metal Cd in soil // *Ecol. Environ. Sci.* 2014. No. 23. P. 528–534.
22. Wang X. R., Zhon S. L., Wu S. H. Accumulation of heavy metals in different parts of wheat plant from Yangtze River Delta, China // *Int. J. Agric. Biol.* 2016. No. 18. P. 1242–1248.

References

1. Tikhonovich I. A., Provorov N. A. Agricultural microbiology as the basis of ecologically sustainable agriculture: fundamental and applied aspects // *Agricultural biology*. 2011. No. 3. P. 3–9.
2. Zavalin A. A., Kozhemyakov A. P. New technologies of promotion and application of biopreparations with complex impact. Saint-Petersburg: CHIMIZDAT, 2010. 64 p.
3. Belimov A. A. Interaction of associative bacterium and plants depending on biotic and abiotic factors: Author's abstract of dis. doctor biol. sciences. Saint-Petersburg: Publishing house of SPbSU, 2008. 45 p.
4. Belimov A. A., Tikhonovich I. A. Microbiological aspects of resistance and accumulation of heavy metals by plants // *Agricultural biology*. 2011. No. 3. P. 10–15.
5. Arkhipova T. N., Melentyev A. I., Veselov S. Yu, Kudoyarova G. R. The effect of cytokinin-producing microorganisms on the tolerance of lettuce plants to cadmium stress // *Agricultural chemistry*. 2004. No. 3. P. 69–73.
6. Belogolova G. A., Sokolova M. G., Gordeyeva O. N. Migration and bio-accessibility of heavy metals, Arsenic and Phosphorus: the impact of rhizospheric bacteria in technogenic-polluted ecosystems // *Agricultural chemistry*. 2013. No. 6. P. 69–77.
7. Belogolova G. A., Sokolova M. G., Proidakova O. A. Effect of soil bacteria on the distribution of chemical elements in the soil-plant system // *Agricultural chemistry*. 2011. No. 9. P. 89–97.
8. Dospekhov B. A. Methods of field research (and basis of statistical treatment of researches results). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
9. The Declaration patent of Ukraine for useful model No. 12536. A method of producing a fertilizing biopreparation “Phosphoenterin” on the basis of phosphate mobilizing strain of the bacteria *Enterobacter nimipressuralis* 32-3 / Chaikovska L. A. [et al.]. Application No. u 2005 07619, decision of 21.11.05. Bull. 2. 5 p.
10. The Declaration patent of Ukraine for useful model No. 12537. Fertilizing biopreparation “Phosphoenterin” on the basis of phosphat mobilizing strain of the bacteria *Enterobacter nimipressuralis* 32-3 / Chaikovska L.A. [et al.]. Application No. u 2005 07621, decision dated 10.11.05. Bull. 2. 8 p.
11. GOST 26929-94. Raw material and food-stuffs. Preparation of samples. Decomposition of organic matters for analysis of toxic elements. Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov. 2010. 12 p.
12. GOST 30178-96. Raw materials and food. Atomic absorption method for determination of toxic elements. Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov. 1998. 10 p.
13. GOST R 50683-94. Soils. Determination of mobile compounds of copper and cobalt by Krupsky and Alexandrova method modified by CINAО. Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov. 1995. 19 p.

14. RD 52.18.289-90. Methodical instructions. Methods of measurement of the mass fraction of mobile forms of metals (copper, lead, zinc, nickel, cadmium, cobalt, chromium, manganese) in soil samples by atomic absorption analysis. Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov. 1991. 4 p.
15. Russian national standard GOST R 52554-2006 "Wheat. Specifications". Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov. 2007. 4 p.
16. GOST 10846-91. Grain and products of its processing. Method for determination of protein. Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov. 2009. 8 p.
17. GOST 13586.1-68 Grain. Methods for determining the quantity and quality of gluten in wheat. Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov. 6 p.
18. Sychevskiy M. E., Vinnik A. L., Svyatyuk Yu. V. Dynamics of the content of mobile forms of heavy metals in the soils of the Crimea under the influence of 45-year-old application of mineral fertilizers // Agroecologichnyi zhurnal. 2012. No. 3. P. 111–114.
19. Zheng H. Y., Yao X. R., Hou Y. L. Establishment of heavy metal bioaccumulation model of soil pattern-crop system in China // J. Agro-Eviron. Sci. 2015. 34. P. 257–265.
20. Wu S. L., Zhang X., Chen B. D. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on heavy metal translocation and transformation in soil – plant continuum // Asian. J. Ecotoxicol. 2013. No. 8. P. 847–856.
21. Xue Y., Wang Y. Y., Yao Q. H., Song K., Zheng X. Q. Research progress in plants resistance to heavy metal Cd in soil // Ecol. Environ. Sci. 2014. No. 23. P. 528–534.
22. Wang X. R., Zhon S. L., Wu S. H. Accumulation of heavy metals in different parts of wheat plant from Yangtze River Delta, China // Int. J. Agric. Biol. 2016. No. 18. P. 1242–1248.

UDC 589.64: 632.122: 631.95

Chaikovskaya L. A., Ovsienko O. L., Baranskaya M. I., Klyuchenko V. V., Lipieva N. N.

THE IMPACT OF MICROBIAL PREPARATION ON THE CONTENT OF WATER SOLUBLE FORMS OF COPPER IN THE RHIZOSPHERE OF WINTER WHEAT AND GRAIN QUALITY

Summary. *Pollution of the biosphere with heavy metals (HM) is one of the strongest and most widespread chemical pollution. Therefore, the search for ways to reduce their toxic effect on the environment is in priority and importance. Therefore, the aim of research was to determine the impact of the microbial preparation Phosphoenterin on the content of water-soluble forms of copper in the rhizosphere of winter wheat, its accumulation in the grain and its quality indicators (protein and gluten content). The studies were carried out under the conditions of model field experiments. The quantitative content of water-soluble forms of copper in soil and grain samples was determined by atomic absorption analysis. Gluten and protein content in grain was determined by method of infrared spectroscopy. It was found that the use of Phosphoenterin for seed presowing inoculation allowed to reduce the concentration of water-soluble forms of Cu in the rhizosphere of inoculated plants compared to the control at differing levels of soil pollution: 3.6, 1.9 and 2.4 times and amounted to 4.8; 24.9 and 30.7 mg/kg on the background of 5, 10 and 20 MPC, respectively. The positive influence of presowing seed bacterization on the qualitative indicators of winter wheat grown in the background areas is shown. No noticeable effect of inoculation on the content of water-soluble copper compounds in winter wheat grain was revealed.*

Keywords: *Phosphoenterin, inoculation, water soluble forms of copper, winter wheat, rhizosphere.*

Чайковская Людмила Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории растительно-микробного взаимодействия ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295000, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: ludachaika@mail.ru.

Овсиенко Ольга Леонидовна, старший научный сотрудник лаборатории растительно-микробного взаимодействия ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295000, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: olovsienn@mail.ru.

Баранская Марина Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории растительно-микробного взаимодействия ФГБУН «Научно-

исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295000, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail baranskaya@rambler.ru.

Ключенко Валентина Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая заочным отделением, Агропромышленный колледж ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»; 297517, Россия, Республика Крым, Симферопольский р-н, с. Маленькое; e-mail aic-crimea@mail.ru.

Липиева Наталья Николаевна, начальник отдела химико-аналитических исследований почв, агрохимикатов и растениеводческой продукции ФГБУ «Центр агрохимической службы «Крымский»»; 295017 Россия, Республика Крым, г. Симферополь ул. Киевская, 75/1; e-mail: agrohim_82@mail.ru.

Chaikovskaya Ludmila Aleksandrovna, Dr. Sc. (Agr.), senior researcher, chief researcher, Laboratory of plant-microbe interaction, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia, 295000; e-mail: ludachaika@mail.ru.

Ovsienko Olga Leonidovna, senior researcher, Laboratory of plant-microbe interaction, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia, 295000; e-mail: olovsien@mail.ru.

Baranskaya Marina Ivanovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, Laboratory of plant-microbe interaction, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia, 295000; e-mail baranskaya@rambler.ru.

Klyuchenko Valentina Vasilyevna, Cand. Sc. (Agr.), Head of correspondence Department, Agroindustrial College of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky; 1 Studencheskaya str., vil. Malenkoye, Simferopol district, Republic of Crimea, Russia, 1297517; e-mail aic-crimea@mail.ru.

Lipieva Natalia Nikolaevna, Head of the Department of chemical and analytical research of soils, agrochemicals and crop production FSBI “Center of agrochemical service “Krymskiy”; 75/1 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia, 295017; e-mail: agrohim_82@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 15.05.2018.

Дата принятия к печати – 17.05.2018.