

УДК 613.63

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ КОЛЛОИДНОГО СЕРЕБРА В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Егорова М.В.^{1,2}, Егорова О.В.¹, Артемова О.В.¹, Родионов А.С.¹

¹ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф.Эрисмана» Роспотребнадзора,
Мытищи, Россия;

²ФГБОУ ДПО Российская медицинская академия непрерывного профессионального
образования Минздрава России, Москва, Россия

В работе представлены результаты исследований по гигиенической оценке условий применения препарата на основе коллоидного серебра в качестве фунгицида и бактерицида широкого спектра действия для обработки посадочного материала и вегетирующих растений. Количественная оценка содержания серебра проведена методом атомно-абсорбционного анализа с электротермальной атомизацией. Установлено, что риск воздействия пестицида на организм работающих по экспозиции и поглощенной дозе при ингаляционном и дермальном поступлении ниже допустимой величины - 1 (0,002-0,017). Показана минимальная вероятность загрязнения почвы в результате сноса данного пестицида.

Ключевые слова: коллоидное серебро, пестицид, гигиеническая оценка условий труда, оценка риска

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

HYGIENIC ASSESSMENT OF COLLOIDAL SILVER OCCUPATIONAL EXPOSURE IN AGRICULTURE

Egorova M.V.^{1,2}, Egorova O.V.¹, Artemova O.V.¹, Rodionov A.S.¹

¹The Federal Budgetary Establishment of Science «Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman» of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Mytishchi, Russia;

²Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Healthcare of Russia, Moscow, Russia

The hygienic assessment of occupational exposure using the colloidal silver formulation as fungicide and bactericide against of the broad range of phytopathogens for treatment of tuber and vegetative plant parts is presented. Quantitative determination of silver was carried out by atomic absorption analysis with electrothermal atomization. It has been shown that the health risk to agricultural workers based on the exposure and adsorbed dose for inhalation and dermal intake is below a threshold level of 1 (0,002-0,017). The potential adverse effect on soil contamination resulting from the pesticide spray drift was considered to be minimal.

Key words: colloidal silver, pesticide, hygienic assessment of occupational exposure, risk assessment

Authors declare lack of the possible conflicts of interests.

В настоящее время отмечается рост практического применения антимикробных свойств коллоидного серебра при водоочистке, производстве лекарственных и

косметических средств, пищевых добавок, упаковочных средств, агрохимикатов и др [7]. Накоплены обширные экспериментальные данные, характеризующие физико-химические свойства частиц серебра в составе коллоидных растворов, механизмы их токсического действия, возможность развития отдаленных эффектов, допустимые пороги токсичности и т.д. [8].

Сообщается о возможности использования коллоидного серебра в сельском хозяйстве в качестве фунгицида и бактерицида для борьбы с патогенными микроорганизмами, вызывающими ряд заболеваний, таких как фитофтороз, сосудистый бактериоз, альтернариоз и др. [9]. Разработаны методические подходы к контролю содержания коллоидного серебра в почве, а также воздушной и водной средах [1].

Согласно нормативно-правовым документам обращение любого пестицида на территории Российской Федерации возможно только после государственной регистрации, которой предшествует цикл регистрационных испытаний, доказывающий его эффективность, безопасность и качество [6].

Гигиеническое изучение условий труда работающих при применении препарата с последующей оценкой риска является одним из важнейших критериев его регламентации, требуемых при проведении санитарно-эпидемиологической экспертизы пестицида [5-6].

Целью настоящего исследования являлась гигиеническая оценка условий применения коллоидного серебра при штанговом опрыскивании полевых культур, а также при протравливании клубней картофеля с последующей высадкой.

Материал и методы исследования.

Исследования по гигиенической оценке условий труда в рамках регистрационных испытаний проводили при использовании препарата на основе металлического серебра (в виде водного коллоидного раствора), проявляющего фунгицидную и бактерицидную активность против широкого спектра патогенов растений. Согласно результатам санитарно-токсикологических исследований в соответствии с гигиенической классификацией пестицидов по степени опасности [2] препарат на основе коллоидного серебра может быть отнесен к веществам 4 класса опасности (мало опасные соединения).

Оценивали регламент применения препарата при протравливании клубней картофеля с помощью четырехрядной полуприцепной тросовой картофелесажалки марки «Miedema structural 4000» агрегатированной с трактором марки «John Deere 6.150 M» с одновременной высадкой в почву (норма расхода по коллоидному серебру 1,8 г/т), а также при тракторном штанговом опрыскивании полевых культур в период вегетации (норма расхода 15 г/га). Опрыскивание проводили с помощью штангового опрыскивателя «Amazone UX 3200» агрегатированного с трактором марки «Agrottron 165.7», захват штанги 24 метра.

Метеоусловия при протравливании с одновременной высадкой: температура воздуха +23°C, относительная влажность воздуха – 39%, скорость ветра – 0,9- 2,7 м/с, порыв до 4,5 м/с, атмосферное давление – 740 мм рт. ст.; микроклимат: температура воздуха +24°C, относительная влажность воздуха – 35%, атмосферное давление – 749 мм рт. ст.

Метеоусловия при штанговом опрыскивании: температура воздуха +27°C, относительная влажность воздуха – 64%, скорость ветра – до 3,0 м/с, атмосферное давление – 737 мм рт. ст.; микроклимат: в кабине трактора +24°C.

Оценка риска воздействия препарата на работающих проведена в соответствии с Российской моделью оценки риска пестицидов [3], основанной на сопоставлении

экспозиционных уровней вещества в воздухе рабочей зоны и на коже с гигиеническими нормативами [4], а также поглощенной дозы вещества при ингаляционном и дермальном поступлении с допустимым суточным уровнем экспозиции для работающих, рассчитанным на основе величины недействующей дозы коллоидного серебра в хроническом токсикологическом эксперименте (NOELch).

Коллоидное серебро определяли в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и на коже оператора с последующим расчетом поглощенной дозы. Оценивали возможность сноса действующего вещества препарата за пределы участка обработки на расстоянии 300 м, величины санитарного разрыва в соответствии с СанПиН 1.2.2584-10.

Отбор проб воздуха осуществляли на фильтры АФА-ХА-20 со скоростью 5 дм³/мин в течение 4 мин (воздух рабочей зоны) и 20 мин (атмосферный воздух), седиментационные пробы – на фильтры “синяя лента” диаметром 7 см.

Фильтры подвергали микроволновой минерализации с азотной кислотой с использованием системы микроволновой пробоподготовки МС-6 (НПФ Вольта, С.-Петербург). К фильтрам, помещенным в контейнеры из фторопласта, добавляли по 5 мл концентрированной азотной кислоты (69%), выдерживали до окончания протекания бурной реакции, помещали в микроволновую печь. Минерализацию проводили в две стадии – на первой стадии температуру поднимали до 120°C, давление 5 атм (выдержка 2 мин), на второй – температуру до 150°C, давление до 10 атм (выдержка 6 мин). После охлаждения объем раствора доводили деионизированной водой до 10 см³.

Смыв с кожных покровов осуществляли салфеткой, в качестве смывающей жидкости использовали этиловый спирт. Пробу упаривали досуха, сухой остаток растворяли в 2 см³ фонового раствора (0,3М раствор азотной кислоты).

Количественную оценку содержания серебра проводили методом атомно-абсорбционного анализа с электротермальной атомизацией с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра VARIAN AA280Z с Зеемановской коррекцией фона, резонансная линия 328,1 нм.

В работе использован государственный стандартный образец ГСО 7782-2000 (ион серебра 0,1 мг/см³). Средняя полнота извлечения серебра (по данным исследований модельных образцов воздушной среды с внесением серебра) – 106,38%, среднее квадратичное отклонение повторяемости 6,02% (5 повторностей).

Пределы обнаружения серебра в воздухе при отборе 20-100 дм³ составили 0,002 - 0,0004 мг/м³; в воздушных сносах - менее 0,02 мг/м²; в образцах смывов с кожных покровов – 0,04 мкг.

Статистический анализ включал определение средней величины и среднего квадратичного отклонения с использованием стандартной программы Microsoft Excel 2013.

Результаты и обсуждение.

Анализ воздушных проб, отобранных при обработке посадочного материала и вегетирующих растений, показал, что содержание серебра находится в концентрациях ниже предела количественного определения.

В соответствии с МУ 1.2.3017-12 при отсутствии в пробах анализируемого вещества экспозиционный уровень определяется на уровне ½ нижнего предела обнаружения (0,001 мг/м³) при ПДК в воздухе рабочей зоны – 1,0 мг/м³ [4]. Риск ингаляционного воздействия действующего вещества по экспозиции, определяемый соотношением фактического содержания в воздухе рабочей зоны и ПДК в воздухе

рабочей зоны, характеризовался величиной коэффициента безопасности для всех работающих 0,001.

В смывах с кожных покровов работающих, выполненных после работы, серебро не обнаружено, за исключением пробы, взятой с кожных покровов груди тракториста (под спецодеждой), в количестве 0,046 мкг/смыв. Среднее содержание серебра на коже работающих за смену с учетом $\frac{1}{2}$ нижнего предела обнаружения (0,02 мкг/смыв) составило: при обработке и высадке картофеля $7,1 \pm 1,9 \times 10^{-8}$ мг/см² (оператор), $9,7 \pm 4,1 \times 10^{-8}$ мг/см² (тракторист), при опрыскивании полевых культур $7,7 \pm 1,6 \times 10^{-8}$ мг/см² (тракторист).

Риск дермального воздействия по экспозиции, определяемый соотношением фактической кожной экспозиции действующего вещества на кожных покровах работающих и ориентировочного допустимого уровня загрязнения кожных покровов оператора, характеризовался величиной коэффициента безопасности, при обработке и высадке картофеля – 0,001 (оператор), 0,0013 (тракторист), при опрыскивании полевых культур – 0,0018 (тракторист).

Коэффициент безопасности для работающих при комплексном (ингаляционном и дермальном) поступлении коллоидного серебра при обработке и высадке картофеля составил 0,002 (оператор), 0,0023 (тракторист), при опрыскивании полевых культур – 0,0028 (тракторист), при допустимом уровне ≤ 1 .

Поглощенная экспозиционная доза коллоидного серебра при обработке и высадке картофеля составила: 0,00015 мг/кг (оператор), 0,00016 мг/кг (тракторист), при опрыскивании полевых культур 0,00017 мг/кг (тракторист). Допустимый суточный уровень экспозиции для работающих – 0,01 мг/кг (NOELch для коллоидного серебра – 0,25 мг/кг). Риск воздействия пестицида на организм работающих по поглощенной дозе при ингаляционном и дермальном поступлении определялся величиной коэффициента безопасности и составил для работающих 0,015 – 0,016 (обработка картофеля), 0,017 (опрыскивание полевых культур), при допустимом ≤ 1 .

Выводы.

Отсутствие серебра в воздухе рабочей зоны и незначительное его содержание на коже работающих, с учетом результатов по оценке риска по экспозиции и поглощенной дозе при комплексном поступлении вещества в организм свидетельствует, что условия применения препарата при данных технологиях соответствуют гигиеническим требованиям.

Анализ содержания серебра в пробах воздуха и седиментационных пробах за пределами участка обработки и на границах санитарного разрыва, позволяет предположить минимальную вероятность загрязнения почвы в результате сноса данного пестицида.

Соблюдение гигиенических и технологических требований по применению пестицида на основе коллоидного серебра для обработки картофеля и наземного штангового опрыскивания, гарантирует безопасность данного пестицида для работающих, населения и объектов окружающей среды.

Список литературы:

1. Гигиенические аспекты, связанные с применением коллоидного серебра в сельском хозяйстве / В. Н. Ракитский, Т. А. Синицкая, Н. Е. Федорова, М. В. Егорова // Международный научно-исследовательский журнал. - 2015. - № 9(40), ч. 4. - С. 63-64. <https://research-journal.org/wp-content/uploads/2011/10/9-4-40.pdf>.
2. Гигиенические требования к безопасности процессов испытаний, хранения, перевозки, реализации, применения, обезвреживания и утилизации пестицидов

- и агрохимикатов / Санитарные правила и нормативы. СанПиН 1.2.2584-10. Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора - 2010. 71 с.
3. Оценка риска воздействия пестицидов на работающих / Методические указания. МУ 1.2.3017-12. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012 - 15 с.
 4. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 13 февраля 2018 № 25 «Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» //Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 23.04.2018, N 0001201804230006 [Электронный ресурс]. URL.: <http://docs.cntd.ru/document/557235236> (Дата обращения 14.05.2018).
 5. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 10.07.2007 N 357 «Об утверждении Порядка государственной регистрации пестицидов и агрохимикатов» (с измен.и дополнен.)
 6. Федеральный закон от 19.07.1997 ФЗ №109 «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» (с изм. и дополн.)
 7. Drake, P. L. Exposure-Related Health Effects of Silver and Silver Compounds: A Review / P. L. Drake, K. J. Hazelwood // The Annals of Occupational Hygiene. - 2005.- Vol. 49 (7), N 1. – P. 575–585. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mei019>
 8. Hadrup, N. Oral toxicity of silver ions, silver nanoparticles and colloidal silver – A review / N. Hadrup, H. R. Lam // Regulatory Toxicology and Pharmacology. - 2014.- Vol. 68. - P. 1 – 7. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2013.11.002>
 9. A New Composition of Nanosized Silica-Silver for Control of Various Plant Diseases / H.-J. Park, S.- H. Kim, H.- J. Kim, H. C. Seong // The plant pathology journal. - 2006. – Vol. 22(3). <https://doi.org/10.5423/PPJ.2006.22.3.295>

Поступила/Received: 18.05.2018

Принята в печать/Accepted: 29.05.2018