Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 57.044; 631.46

Оценка экотоксичности химических соединений серебра по показателям фитотоксичности чернозема обыкновенного

Цепина Н.И., Колесников С.И., Минникова Т.В., Тимошенко А.Н., Казеев К.Ш.

Южный федеральный университет

Аннотация

В исследовании дана оценка экотоксичности различных химических соединений серебра (нитрат, оксид, сульфид, наночастицы) по показателям фитотоксичности чернозема обыкновенного. Оценивали влияние нитрата, оксида, сульфида и наночастиц серебра в концентрации 0.5; 1; 5; 10; 50 и 100 мг/кг чернозема обыкновенного на всхожесть и длину корней редиса через 30 суток после загрязнения. В большинстве случаев отмечено негативное влияние химических соединений серебра на фитотоксические показатели чернозема обыкновенного. На степень экотоксичности серебра влияет его концентрация в почве. Несколько большую экотоксичность оказывает нитрат серебра — хорошо растворимый в воде, обеспечивающий большую подвижность серебра в почве в виде Ag^{2+}*. Практически нерастворимые в воде формы проявили несколько меньшее негативное воздействие. По всхожести редиса составлен ряд токсичности химических соединений (% от контроля): нитрат (84) > сульфид (87) > оксид (88) > наночастицы (91); по длине корней редиса составлен ряд токсичности химических соединений серебра (% от контроля): нитрат (90) > оксид (95) ≥ наночастицы (95) ≥ сульфид (95).*

Ключевые слова: ПОЧВА, НИТРАТ, ОКСИД, СУЛЬФИД, НАНОЧАСТИЦЫ, ВСХОЖЕСТЬ, ДЛИНА КОРНЕЙ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Введение

За последние годы в результате антропогенной деятельности все чаще в качестве загрязняющего элемента выступает серебро. Серебро поступает в окружающую среду из промышленных источников, которые включают сжигание угля на тепловых

электростанциях, выплавку металлов на предприятиях цветной металлургии, производство цемента, а также синтез, переработку и утилизацию продукции на основе наночастиц серебра [1-3]. В окружающую среду поступают оксиды, сульфиды, наночастицы серебра, что приводит к их накоплению в почвенных экосистемах и непосредственному влиянию на качество почв, в том числе сельскохозяйственных. Существуют данные о содержании высоких концентраций серебра в почвах [4] и негативном влиянии на микробиоту [5, 6]. Кроме того, возникают риски накопления химических соединений серебра в растениеводческой продукции. Под влиянием нитрата [7-9] и наночастиц серебра [6, 7] снижаются показатели фитотоксичности (всхожесть, длина корней и побегов). Чаще всего в исследованиях дана сравнительная оценка экотоксичности только нитрата и наночастиц серебра. Поэтому актуальным является проведение сравнительной оценки экотоксичности разных химических форм серебра (нитрат, оксид, сульфид, наночастицы) по показателям фитотоксичности чернозема обыкновенного.

Цель настоящей работы - оценить экотоксичность химических соединений серебра по показателям фитотоксичности чернозема обыкновенного.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования выбран чернозем обыкновенный. Благодаря высокому уровню плодородия он интенсивно используется в сельском хозяйстве. Зафиксированные авторами концентрации в незагрязненной почве для Ag составляют 0.01–1 мг/кг [10]. В загрязненных почвах содержание серебра составляет до 35.9 мг/кг [4], в почвах рудных месторождений до 7000 мг/кг [11]. Серебро поступает в почву в различных химических соединениях: оксиды [1], сульфиды [12], наночастицы [13]. В эксперименте для достижения максимальной токсичности серебра использовали нитрат серебра, который достаточно хорошо растворим в воде. Стоит так же отменить высокую экотоксичность нитрата серебра в исследованиях, проведенных ранее [14, 15].

В лабораторных условиях было смоделировано загрязнение чернозема обыкновенного оксидом, сульфидом, нитратом и наночастицами серебра в концентрациях 0.5, 1, 5, 10, 50 и 100 мг/кг почвы. Для оценки токсичности разных химических форм серебра исследовали верхний слой почвы (0–20 см). Дозы были рассчитаны исходя из

фоновых концентраций серебра. Фоновое содержание серебра в черноземе обыкновенном 0.303 мг/кг.

Оценку экотоксичности химических соединений серебра проводили по стандартным биологическим методам анализа [16]. О фитотоксичности чернозема обыкновенного судили по всхожести семян редиса (*Raphanus sativus* L.) сорт «16 дней» и длине корней (n = 225: 3 вегетационных сосуда в 3 биологических повторностях в чашках Петри х 25 семян редиса). Длина корней редиса более чувствительна к химическому загрязнению почвы, чем длина побегов [17].

Для проверки полученных данных на достоверность был проведен дисперсионный анализ с последующим определением наименьшей существенной разности (НСР).

Результаты и их обсуждение

Результаты воздействия разных химических соединений серебра на всхожесть редиса представлены на рис. 1.

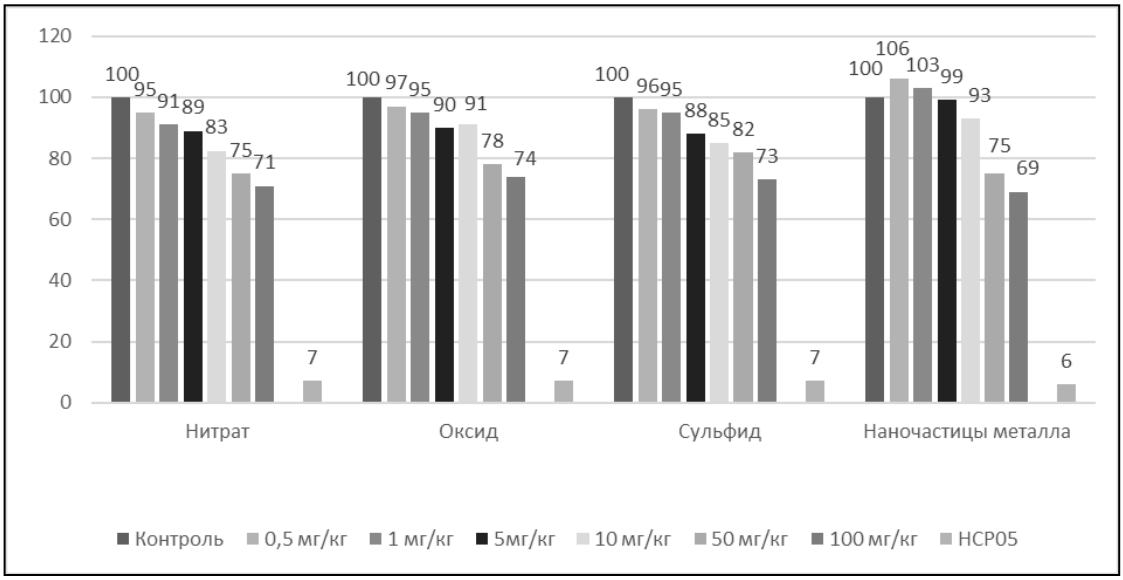

Рис.1. Изменение всхожести редиса чернозема обыкновенного при загрязнении оксидом, сульфидом, нитратом и наночастицами серебра, % от контроля

Достоверное снижение всхожести редиса для нитрата, оксида и сульфида серебра отмечено начиная с дозы 5 мг/кг, а для наночастиц серебра - с дозы 50 мг/кг. При дозе 5 мг/кг сульфида серебра отмечено уменьшение всхожести редиса на 12 % относительно

контрольных значений. Концентрация 5 мг/кг нитрата серебра и оксида снизила показатель на 11 и 10 % соответственно, относительно контрольных значений. При 10 мг/кг нитрата серебра установлено снижение всхожести редиса на 17% относительно контрольных значений. Сульфид серебра при 10 мг/кг снизил показатель на 15 % относительно контроля.

Доза 50 мг/кг была более экотоксична для всхожести редиса при загрязнении нитратом и наночастицами серебра. Отмечено одинаковое снижение всхожести редиса (на 25 % относительно контрольных значений). Оксид и сульфид серебра снизили всхожесть редиса на 22 и 18% соответственно, относительно контроля.

Наиболее экотоксичны при 100 мг/кг наночастицы серебра вызывающие ингибирование на 31 %, относительно контроля. Нитрат, сульфид и оксид серебра вызвали снижение всхожести редиса на 29, 27 и 26% соответственно, относительно контроля.

По степени экотоксического влияния на всхожесть редиса химические соединения серебра располагаются в следующей очередности (% от контроля): нитрат (84) > сульфид (87) > оксид (88) > наночастицы (91).

Результаты воздействия химических соединений серебра на длину корней представлены на рис. 2.

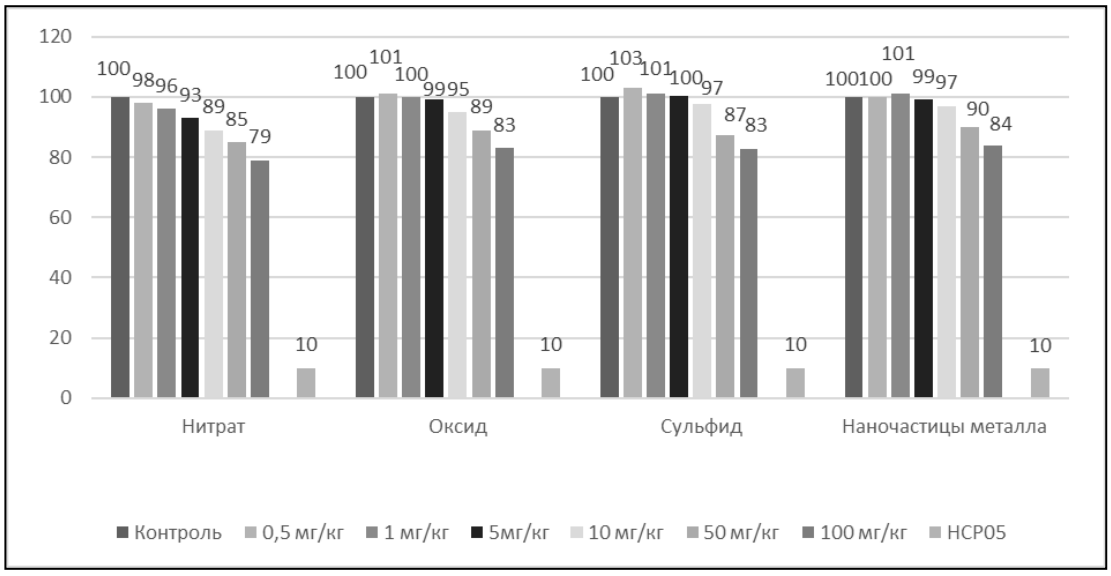

Рис.2. Изменение длины корней редиса чернозема обыкновенного при загрязнении оксидом, сульфидом, нитратом и наночастицами серебра, % от контроля

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Достоверное уменьшение длины корней редиса, для нитрата серебра отмечено начиная с дозы 10 мг/кг, оксида, сульфида и наночастиц серебра - с дозы 50 мг/кг. Доза 10 мг/кг нитрата серебра вызвала уменьшение длины корней редиса на 11 % относительно контроля.

При дозе 50 мг/кг нитрат серебра более экотоксичен по длине корней редиса на 15 %, относительно контроля. Сульфид, оксид и наночастицы серебра вызвали уменьшение длины корней редиса на 13, 11 и 10 % соответственно, относительно контрольных значений.

Доза 100 мг/кг была более экотоксична для почвы при загрязнении нитратом серебра. Отмечено снижение длины корней редиса на 21 % относительно контрольных значений. Одинаковы по экотоксичности были оксид и сульфид серебра при 100 мг/кг, снижение длины корней редиса на 17 % относительно контроля. Наименьшую степень воздействия на длину корней редиса оказали наночастицы серебра, снижение показателя на 16 % относительно контрольных значений.

По степени экотоксического влияния на длину корней редиса химические соединения серебра образуют следующую очередность (% от контроля): нитрат (90) > оксид (95) ≥ наночастицы (95) ≥ сульфид (95).

Нитрат серебра наиболее токсичная химическая форма серебра среди изученных [14, 15].

Из исследованных фитоксических показателей всхожесть редиса более чувствительна к загрязнению различными химическими соединениями серебра.

Заключение

В результате исследования влияния нитрата, оксида, сульфида и наночастиц серебра на фитотоксические показатели чернозема обыкновенного установлено, что на степень экотоксичности серебра влияет его концентрация в почве. Несколько большую экотоксичность оказывает нитрат серебра — хорошо растворимый в воде, обеспечивающий большую подвижность серебра в почве в виде Ag^{2+}. Практически нерастворимые в воде формы проявили несколько меньшее негативное воздействие. Чем выше концентрация серебра в почве, тем более выражено токсическое действие на всхожесть и длину корней редиса. При оценке экотоксичности химических соединений

серебра по показателям фитотоксичности были получены следующие ряды: для всхожести редиса (% от контроля): нитрат (84) > сульфид (87) > оксид (88) > наночастицы (91); для длины корней редиса (% от контроля): нитрат (90) > оксид (95) ≥ наночастицы (95) ≥ сульфид (95).

Исследование выполнено при государственной поддержке молодых российских ученых – кандидатов наук (грант Президента РФ МК-1168.2022.5) и финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках госзадания (Южный федеральный университет, проект №0852-2020-0029), при поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета ("Приоритет 2030") №СП-12-22-10.

Список использованных источников:

1. Xing G., Zhu J., Xiong Z. Ag, Ta, Ru, and Ir enrichment in surface soil: Evidence for land pollution of heavy metal from atmospheric deposition // Global Biogeochem Cycles. –2004, vol. 18. – P. 1–5.

2. Künniger T., Gerecke A.C., Ulrich A., Huch A., Vonbank R., Heeb M., Wichser A., Haag R., Kunz P., Faller M. Release and environmental impact of silver nanoparticles and conventional organic biocides from coated woodenfaçades // Environmental Pollution. – 2014, vol. 184. - P. 464–471.

3. Michels C., Perazzoli S., Soares M. Inhibition of the enriched culture of ammonium-oxidizing bacteria by two different nanoparticles: silver and magnetite // Common environment science. – 2017, vol. 586. - P. 995–1002.

4. Yildirim D., Sasmaz A. Phytoremediation of As, Ag, and Pb in contaminated soils using terrestrial plants grown on Gumuskoy mining area (Kutahya Turkey). Journal of Geochemical Exploration. – 2017, vol. 182. - P. 228–234.

5. Цепина Н.И., Колесников С.И., Минникова Т.В., Судьина Л.В., Тер-Мисакянц Т.А., Неведомая Е.Н., Казеев К.Ш. Влияние серебра на активность дегидрогеназ разных типов почв [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2020. – № 3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2020/3/st_320.pdf

6. Kolesnikov S., Tsepina N., Minnikova T., Kazeev K., Mandzhieva S., Sushkova S., Minkina T., Mazarji M., Singh R.K., Rajput V.D. Influence of Silver Nanoparticles on the Biological Indicators of Haplic Chernozem // Plants. – 2021, vol. 10. - P. 1022.

7. Yin L., Colman B.P., McGill B.M., Wright J.P., Bernhardt E.S. The effect of silver

nanoparticles on the germination and early growth of eleven wetland plants // PLOS ONE. – 2012, vol. 7. - P. e47674.

8. Kuamri M., Ernest V., Mukherjee A., Chandrasekaran N. In Vivo Nanotoxicity Assays in Plant Models // Nanotoxicity. – 2012, vol. 926. - P. 399–410.

9. Song U., Jun H., Waldman B., Roh J., KimY., Yi J., Lee E.J. Functional anal-yses of nanoparticle toxicity: a comparative study of the effects of TiO2 and Ag on tomatoes (Lycopersicon esculentum) // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2013, vol. 93. - P. 60–67.

10. Jones K.C, Davies B.E., Peterson P.J. Silver in Welsh soils: Physical and chemical distribution studies // Geoderma. – 1986, vol. 37. - P. 157–174.

11. Дружинин А.В., Карелина Е.В. Основные типы промышленных месторождений серебра // Вестник РУДН: Серия инженерные исследования. - 2008. - № 1. - С. 35–41.

12. Kaegi R., Voegelin A., Sinnet B., Zuleeg S., Hagendorfer H., Burkhardt M., Siegrist H. Behavior of metallic silver nanoparticles in a pilot wastewater treatment plant // Environmental Science & Technology. – 2011, vol. 45. - P. 3902–3908.

13. Khanna V.K. “Nanomaterials and their Properties,” in Integrated Nanoelectronics. (New Delhi: Springer). – 2016. - P. 25–41.

14. Tripathi A., Liu S., Kumar S.P., Kumar N., Chandra P.A., Tripathi D.K. , Chauhan K. D., Sahi Sh. Differential phytotoxic responses of silver nitrate (AgNO3) and silver nanoparticle (AgNps) in Cucumis sativus L. // Plant Gene. – 2017, vol. 11. - P. 255–264.

15. Cvjetko P., Milošić A., Domijan A-M., Vinković Vrček I., Tolić S., Peharec Štefanić P., Letofsky-Papst I., Tkalec M., Balen B. Toxicity of silver ions and differently coated silver nanoparticles in Allium cepa roots // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2017, vol. 137. - P. 8–28.

16. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Даденко Е.В. Методы биодиагностики наземных экосистем. Ростов–на–Дону: Издательство ЮФУ. – 2016. – 356 с.

17. Kolesnikov S.I., Yaroslavtsev M.V., Spivakova N.A., and Kazeev K.Sh. Comparative Assessment of the Biological Tolerance of Chernozems in the South of Russia towards Contamination with Cr, Cu, Ni, and Pb in a Model Experiment // Eurasian Soil Science. – 2013, vol. 46. - P. 176–181.

Цитирование:

Цепина Н.И., Колесников С.И., Минникова Т.В., Тимошенко А.Н., Казеев К.Ш. Оценка экотоксичности химических соединений серебра по показателям фитотоксичности чернозема обыкновенного [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 5. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/5/st_535.pdf. DOI: https://doi.org/10.51419/202125535.