

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ / LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.68>

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (НА ПРИМЕРЕ МЕДИ И СВИНЦА) НА СОСТОЯНИЕ И РОСТ РАСТЕНИЙ

Научная статья

Симеониди Д.Д.^{1,*}, Бигаева И.М.², Агаева Ф.А.³, Данильянц А.А.⁴, Джерапова А.К.⁵

¹ ORCID : 0000-0001-6022-8793;

^{1, 2, 3, 4, 5} Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова, Владикавказ, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (artemida73[at]mail.ru)

Аннотация

В настоящей работе рассмотрены результаты модельных экспериментов, проведенных с целью изучения влияния ионов меди и свинца на рост и кумулятивные свойства пектинсодержащих растений. Для проведения эксперимента был подготовлен ряд модельных образцов почв, загрязненных ионами меди и свинца «сухим» методом. В качестве контрольного образца выступал образец почвогрунта с биогумусом. В контрольный и модельные образцы почв были высажены семена пектинсодержащих растений, таких как клевер луговой, горох «Сахарный2», петрушка листовая «Гигант» и фасоль овощная «Малахит». По окончании выращивания в образцах почв и растений определялось содержание меди и свинца методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Установлено, что на чувствительность ростовых процессов исследованных пектинсодержащих культур, большее влияние оказывают ионы меди по сравнению с ионами свинца. При этом все исследуемые виды растений устойчивы к свинцовому загрязнению.

Ключевые слова: растения, фиторемедиация, тяжелые металлы, почва.

THE INFLUENCE OF HEAVY METAL IONS (ON THE EXAMPLE OF COPPER AND LEAD) ON PLANTS' CONDITION AND GROWTH

Research article

Simeonidi D.D.^{1,*}, Bigaeva I.M.², Agaeva F.A.³, Danilyants A.A.⁴, Dzherapova A.K.⁵

¹ ORCID : 0000-0001-6022-8793;

^{1, 2, 3, 4, 5} North Ossetian State University named after Kosta Levanovich Khetagurov, Vladikavkaz, Russian Federation

* Corresponding author (artemida73[at]mail.ru)

Abstract

In the present work, the results of model experiments carried out to study the effect of copper and lead ions on the growth and cumulative properties of pectin-containing plants are analysed. A number of model soil samples contaminated with copper and lead ions by the "dry" method were prepared for the experiment. A soil sample with biohumus acted as a control sample. Seeds of pectin-containing plants such as meadow clover, pea "Sakharny2", parsley leaf "Gigant" and vegetable bean "Malachit" were planted in the control and model soil samples. At the end of cultivation, the content of copper and lead was determined in soil and plant samples by atomic absorption spectroscopy. It was found that copper ions had a greater influence on the sensitivity of the growth processes of the studied pectin-containing crops compared with lead ions. At the same time, all the studied plant species are resistant to lead contamination.

Keywords: plants, phytoremediation, heavy metals, soil.

Введение

На сегодняшний день актуальной является проблема антропогенного загрязнения окружающей среды. По данным многочисленных исследований показано, что степень загрязнения биологических объектов различными ксенобиотиками неуклонно возрастает [1], [4], [9], [10].

Загрязнение окружающей среды ионами тяжелых металлов оказывает отрицательное воздействие на систему почва-растение. Культуры и растения, выращенные на загрязненной почве, поглощают большую часть загрязнения, что является следствием транслокации тяжелых металлов и других поллютантов в продукты питания [5].

Загрязнение почвы может повлиять на накопление токсичных веществ в пищевых цепях. Растения в большинстве случаев не способны приспособиться к резким изменениям химического состава почвы, что влияет на микроорганизмы, находящиеся в ней. Посредством этого влияния начинаются процессы деградации почвы, вследствие чего огромные участки земли становятся бесплодными и непригодными для возделывания культур. Тем не менее те растения, которые развиваются на этих загрязненных территориях, сохраняют и накапливают токсичные элементы, и, двигаясь по пищевой цепи попадают в организм человека [8].

В организме человека происходит биоаккумуляция токсинов, вызывающая хронические отравления и приводящая к различным заболеваниям. Репродуктивное здоровье, врожденные дефекты и дефекты развития, неврологические эффекты, мутации в клетках организма, ведущие к онкологическим заболеваниям, все эти факторы находятся на подъеме сегодня [6].

Свинец является наиболее опасным токсичным тяжелым металлом в окружающей среде. Анализ медицинских данных по регистрации токсичных веществ выводит этот металл на первое место среди тяжелых металлов и на второе место среди всех ксенобиотиков [11].

Нервная система больше всего страдает от воздействия высоких концентраций свинца как у детей, так и у взрослых. Повышенные концентрации свинца могут привести к нарушению нейрорепродуктивного развития, нарушениям речи, плохой концентрации внимания. Анализ ряда исследований показал, что свинец может проникать через плацентарный барьер у беременных женщин с высоким его уровнем в крови, вызывая аномалии плода, такие как, энцефалопатию, неврологические расстройства, нарушение уровня кальция в нервных клетках [7].

Медь является очень распространенным элементом, который естественным образом встречается в окружающей среде и распространяется в окружающей среде в результате природных процессов.

Медь можно найти во многих видах пищи, в питьевой воде и в воздухе. Из-за этого мы поглощаем огромное количество меди каждый день с едой, питьем и дыханием. Поглощение меди необходимо, потому что медь является микроэлементом, необходимым для здоровья человека. Несмотря на то, что человек может справляться с пропорционально большими концентрациями меди, слишком большое ее количество может вызвать серьезные проблемы со здоровьем [2].

Длительное воздействие меди может вызвать ряд изменений в организме человека, такие как раздражение слизистой оболочки и глаз, головные боли, нарушение действия желудочно-кишечного тракта, головное головокружение, высокое потребление меди может вызвать повреждение печени и почек и даже смерть. В настоящее время есть ряд исследований, указывающих на связь между длительным воздействием высоких концентраций меди и снижением интеллекта у подростков [3].

Таким образом, природа минимизирует опасности для жизни и здоровья человека, а человек их максимизирует. Последние два столетия были свидетелями неизбирательного освоения и чрезмерной эксплуатации природных ресурсов человеком, что привело к изменению и ухудшению нашей собственной окружающей среды. Современным методом извлечения токсичных веществ из почв является фиторемедиация, сущность которой заключается в использовании объектов растительного происхождения в качестве биоремедиантов. С этой целью проводятся исследования по выявлению толерантных к металлам культурных растений.

Методы и принципы исследования

Для достижения цели исследования нами были поставлены следующие задачи:

- изучение литературных данных по химическому составу ряда растений;
- оценка роста и накопления меди и свинца растениями, подвергшимися воздействию различных уровней в разные периоды роста;
- определение способности растений переносить и перемещать высокие концентрации меди и свинца.

На начальном этапе эксперимента в качестве контрольного образца был выбран образец почвогрунта с биогумусом (рН) = 6,5.

С целью изучения влияния ионов меди и ионов свинца на рост и развитие растений, а также их кумулятивной способности, нами были подготовлены модельные образцы почвогрунта с биогумусом (рН) = 6,5, которые подверглись загрязнению ионами тяжелых металлов. В качестве загрязнителей были взяты нитрат свинца $Pb(NO_3)_2$ (хч.) и пентагидрат сульфата меди $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (техн.). Реагенты были введены «сухим» методом в десятикратном превышении предельно допустимой концентрации, установленной СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (ПДК Pb – 6,0 мг/кг; ПДК Cu – 3,0 мг/кг).

В качестве экспериментальных были выбраны следующие растения, содержащие повышенное количество пектина:

- клевер луговой;
- горох «Сахарный 2»;
- петрушка листовая «Гигант»;
- фасоль овощная «Малахит»;

В контрольный и модельные образцы почв были высажены семена выщепленных растений. Выращивание производилось при температуре +20°C - +25°C, при интенсивном солнечном освещении. Частота полива зависела от влажности почвы.

На следующем этапе выращенные на контрольном и модельных образцах почв культурные растения были срезаны и высушены при комнатной температуре в течение 3-5 дней. После чего проводилась пробоподготовка образцов почв и растений: объекты разлагались концентрированной азотной кислотой, после чего подвергались обработке в системе микроволнового разложения проб MARS 6.

Подготовленные пробы анализировались на содержание концентраций свинца и меди с помощью метода атомно-абсорбционной спектроскопии по методике М 04-64-2017, включенной в перечень стандартов технического регламента «О безопасности пищевой продукции».

Основные результаты

В ходе эксперимента первым пророс Клевер луговой, при этом более быстрые всходы были в образце с чистой почвой.

Результаты первого этапа экспериментальных исследований показали, что в образцах, выращенных как на чистой почве, так и на почве, загрязненной ионами тяжелых металлов, в течение всего времени наблюдения, растения развивались интенсивно, всходы были дружные, стебель и листья имели насыщенный зеленый цвет. Образцы к концу наблюдений не теряли окраски, рост растения не замедлялся.

Также следует отметить, что повышенная концентрация свинца в почве, не повлияла на замедление развития растений, богатых пектином. При этом установлено, что более активный рост растений наблюдался в почве, загрязненной свинцом (рис. 1-4).



Рисунок 1 - Всходы Клевера лугового, чистая почва
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.68.1>



Рисунок 2 - Интенсивный рост растений, модельная почва (Pb)
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.68.2>



Рисунок 3 - Рост растений, модельная почва (Pb)
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.68.3>



Рисунок 4 - Рост растений, модельная почва (Cu)
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.68.4>

Результаты определения ионов свинца и меди в образцах почв и растений представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты определения ионов свинца и меди

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.68.5>

Концентрация ионов тяжелых металлов	Контрольный образец почвы, мг/кг	Модельный образец почвы, мг/кг	Растения, мг/кг
Клевер луговой			
Свинец (Pb)	не обнаружен	27,10	не обнаружен
Медь (Cu)	11,58	32,85	45,8
Горох «Сахарный 2»			
Свинец (Pb)	не обнаружен	96,40	не обнаружен
Медь (Cu)	12,4	35,2	41,5
Петрушка листовая «Гигант»			
Свинец (Pb)	не обнаружен	76,60	не обнаружен
Медь (Cu)	3,01	28,36	20,16
Фасоль овощная «Малахит»			
Свинец (Pb)	не обнаружен	42,00	не обнаружен
Медь (Cu)	1,97	20,50	17,96

Выполненные исследования позволили установить, что под влиянием свинцового загрязнения такие пектинсодержащие культуры, как клевер, горох, петрушка и фасоль не проявляют кумулятивных свойств по данному металлу, ни в одном из исследуемых образцов не обнаружено содержание ионов свинца.

Под влиянием загрязнения почв ионами меди, выявлено, что большей кумулятивной способностью обладает Клевер луговой и Горох «Сахарный2», концентрация ионов меди составила 45,8 мг/кг и 41,5 мг/кг соответственно. Наименьшей кумулятивной способностью обладают Петрушка листовая «Гигант» и Фасоль овощная «Малахит» - 20,16 мг/кг и 17,96 мг/кг соответственно.

Заключение

Таким образом, по результатам проведенного эксперимента установлено, что на чувствительность ростовых процессов пектинсодержащих культур, большее влияние оказывают ионы меди по сравнению с ионами свинца. Все исследуемые фитохимические виды устойчивы к свинцовому загрязнению.

Считаем необходимым проведение дальнейших исследований по изучению механизма попадания тяжелых металлов в различные части культурных растений (прикорневая часть, стебель, плоды), расширению экспериментальных точек ионами других тяжелых металлов, таких как кадмий, цинк, кобальт. В дальнейшем планируется изучение корреляции между содержанием ионов тяжелых металлов в почве и различных растений.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Алексеенко В.А. Металлы в окружающей среде / В.А. Алексеенко — М.: Университетская книга, 2015. — 264 с.
2. Вонг М.Х. Загрязнение окружающей среды: риски для здоровья и экологическое восстановление / М.Х. Вонг — Великобритания: Taylor & Francis Group, 2012. — 345 с.
3. Зинина О.Т. Влияние некоторых тяжелых металлов и микроэлементов на биохимические процессы в организме человека / О.Т. Зинина // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы; — Вып. 4. — Хабаровск: Хабаровское краевое бюро судебно-медицинской экспертизы, 2001. — с. 99-105.
4. Доклад об экологической ситуации в Республике Северная Осетия-Алания в 2020 году / Министерство природных ресурсов и экологии Республики Северная Осетия-Алания. — Владикавказ, 2021. — 49 с.
5. Другов Д.И. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов / Д.И. Другов — М.: Бином, 2016. — 424 с.
6. Симеониди Д.Д. Медико-биологические аспекты здоровья населения в РСО-Алания. / Д.Д. Симеониди, С.С. Симеониди // Материалы Всероссийской с международным участием конференции, посвященной 100-летию СОГУ «Экологическая безопасность и сохранение генетических ресурсов растений и животных России и сопредельных территорий»; — Владикавказ: СОГУ, 2021. — с. 283-287.
7. Шубина О.С. Влияние свинцовой интоксикации на морфофункциональное состояние системы плацента-плод. / О.С. Шубина, Ю.В. Киреева // Вестник ОГУ. — 2008. — № 6(88). — с. 118-121.

8. Мосина Л.В. Экологическая опасность загрязнения почвы тяжелыми металлами (на примере свинца). / Л.В. Мосина, Э.А. Довлетярова, С.Ю. Ефремова и др. // Известия Пензенского Государственного Педагогического Университета имени В.Г. Белинского, Естественные науки. — 2012. — № 29. — с. 383-386.
9. Arutyunyanz A.A. Characterization of condition of the sewage water and the level of the soil pollution by polygons of waste matter of Republic of North Ossetia — Alania. / A.A. Arutyunyanz, N.A. Salamova, D.D. Simeonidi // International Science And Technology Conference On Earth Science, Istcearthscience; — Великобритания: Institute of Physics Publishing, 2019. — p. 032053.
10. Ding Q. Effects of natural factors on the spatial distribution of heavy metals in soils surrounding mining regions / Q. Ding et al. // Science of the Total Environment. — 2017. — p. 605-606 .
11. Duruibe J.O. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. / J.O. Duruibe, M.O.C. Ogwuegbu, J.N. Egwurugwu // International Journal of Physical Sciences. — 2007. — № 2(5). — p. 112-118.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Alekseenko V.A. Metally' v okruzhayushhej srede [Metals in the environment] / V.A. Alekseenko — М.: Universitetskaya kniga, 2015. — 264 p. [in Russian]
2. Vong M.X. Zagryaznenie okruzhayushhej sredy': riski dlya zdorov'ya i e'kologicheskoe vosstanovlenie [Environmental pollution: health risks and ecological recovery] / M.X. Vong — Velikobritaniya: Taylor & Francis Group, 2012. — 345 p. [in Russian]
3. Zinina O.T. Vliyanie nekotorykh tyazhelikh metallov i mikroelementov na biokhimicheskie protsessy v organizme cheloveka [Influence of Some Heavy Metals and Trace Elements on Biochemical Processes in the Human Body] / O.T. Zinina // Selected Issues of Forensic Medicine; — Issue 4. — Khabarovsk: Khabarovsk Regional Bureau of Forensic Medical Examination, 2001. — p. 99-105. [in Russian]
4. Doklad ob ekologicheskoi situatsii v Respublike Severnaia Osetiia-Alaniia v 2020 godu [Report on the Environmental Situation in the Republic of North Ossetia-Alania in 2020] / Ministry of Natural Resources and Environment of the Republic of North Ossetia-Alania. — Vladikavkaz, 2021. — 49 p. [in Russian]
5. Drugov D.I. Analiz zagryaznennoj pochvy' i opasny'x otkodov [Analysis of contaminated soil and hazardous waste] / D.I. Drugov — М.: Binom, 2016. — 424 p. [in Russian]
6. Simeonidi D.D. Mediko-biologicheskie aspekty' zdorov'ya naseleniya v RSO-Alaniya [Medical and biological aspects of public health in the Republic of Alania]. / D.D. Simeonidi, S.S. Simeonidi // Proceedings of the All-Russian Conference with international participation, dedicated to the 100th anniversary of Siberian State University "Environmental safety and conservation of genetic resources of plants and animals of Russia and adjacent territories"; — Vladikavkaz: SOGU, 2021. — p. 283-287. [in Russian]
7. Shubina O.S. Vliyanie svinczovoj intoksikatsii na morfofunktsional'noe sostoyanie sistemy' placenta-plod [The effect of lead intoxication on the morphofunctional state of the placenta-fetus system]. / O.S. Shubina, Yu.V. Kireeva // Vestnik OGU [Bulletin of OSU]. — 2008. — № 6(88). — p. 118-121. [in Russian]
8. Mosina L.V. E'kologicheskaya opasnost' zagryazneniya pochvy' tyazhely'mi metallami (na primere svincza) [Ecological danger of soil contamination with heavy metals (for example, lead)]. / L.V. Mosina, E'.A. Dovyetyarova, S.Yu. Efremova et al. // Izvestiya Penzenskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta imeni V.G. Belinskogo, Estestvenny'e nauki [Proceedings of the Penza State Pedagogical University named after V.G. Belinsky, Natural Sciences]. — 2012. — № 29. — p. 383-386. [in Russian]
9. Arutyunyanz A.A. Characterization of condition of the sewage water and the level of the soil pollution by polygons of waste matter of Republic of North Ossetia — Alania. / A.A. Arutyunyanz, N.A. Salamova, D.D. Simeonidi // International Science And Technology Conference On Earth Science, Istcearthscience; — Великобритания: Institute of Physics Publishing, 2019. — p. 032053.
10. Ding Q. Effects of natural factors on the spatial distribution of heavy metals in soils surrounding mining regions / Q. Ding et al. // Science of the Total Environment. — 2017. — p. 605-606 .
11. Duruibe J.O. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. / J.O. Duruibe, M.O.C. Ogwuegbu, J.N. Egwurugwu // International Journal of Physical Sciences. — 2007. — № 2(5). — p. 112-118.