

БИОГЕОХИМИЯ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И БИОМАССУ САЛАТА СОРТА «ЛОЛО БИОНДА»

А.Л. Кравченко, Б.А. Сотников, А.А. Чабан, Ю.А. Стекольников

*Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина
ул. Коммунаров, д. 28, Липецкая область, г. Елец, Россия, 399770*

Соединения свинца и кадмия, обладая высокой токсичностью, кумулятивностью, ингибируют продукционный процесс, снижают прирост биомассы салата. Исследование показало, что угнетение корневой системы проявлялось в уменьшении числа мелких корешков, а на основных корнях появлялись некротические повреждения. Биомасса зеленой части салата сорта «Лоло Бионда» уменьшалась почти в 3 раза с увеличением ПДК Р_б с 0,5 до 10, а корневой системы в 5 раз. Влияние кадмия было еще более значимо. Так, биомасса наземной части салата сорта «Лоло Бионда» при присутствии кадмия уменьшалась в 7 раз, а корневая система — в 10 раз в тех же пределах ПДК.

Ключевые слова: фитотоксичность почвы, свинец и кадмий, растительность, сельскохозяйственная продукция, тяжелые металлы, предельно допустимые концентрации, окружающая среда

Почвы по-разному накапливают тяжелые металлы (ТМ), и их уровень как в почвах, так и в растениях влияет на их устойчивость и биотрансформацию в окружающей среде. Даже при невысоком уровне загрязнения ТМ из-за кумулятивного накопления происходит ухудшение агроэкологического состояния почв, что отражается на росте растительных культур. Вследствие накопления ТМ в сельскохозяйственной продукции и потребления ее в пищу это приведет к заболеваемости населения [2; 6].

Цель нашего исследования состояла в оценке фитотоксичности почвы, загрязненной соединениями свинца и кадмия.

Организация и методы исследования

В качестве тест-объекта выбран салат сорта «Лоло Бионда» из-за малого периода его вегетационного цикла.

Исследования проводились в лабораторных условиях [4]. В пластмассовые емкости с почвой высаживали семена салата. В первой серии опытов после уко-

рассады ее 2—3 раза поливали водным раствором нитрата свинца, чтобы содержание свинца в почве достигло 0,5; 1; 2; 3; 5; 8 и 10 ПДКн (ПДКн = 30 мг/кг) [5]. Для уменьшения влияния нитрат-ионов на результаты эксперимента контрольную пробу поливали водным раствором NaNO_3 , чтобы их содержание в почве было таким же, как при внесении с нитратом кадмия (10 ПДКн).

Во второй серии опытов рассаду салата поливали раствором нитрата кадмия, чтобы содержание кадмия в почве достигло 0,5; 1; 2; 3; 5; 8 и 10 ПДКн (ПДКн = 0,5 мг/кг).

В третьей серии опытов полив проводили раствором, содержащим нитраты свинца и кадмия. После полива содержание в почве достигало 0,5; 1; 2; 3 и 5 ПДКн каждого из металлов.

В течение месяца проводились фенологические наблюдения, фиксировались изменения в растениях, выращиваемых на загрязненной почве. Через месяц салат выкапывали, с корней удаляли землю и взвешивали все растения как целиком, так и по отдельности — наземную и корневую часть. Также после высушивания отделяли корни и взвешивали по отдельности зеленую массу и корневую систему.

После измельчения навеску воздушно-сухой зеленой массы салата, корней подвергали «мокрому» озолению и в полученном растворе определяли концентрацию металла атомно-абсорбционным методом на спектрометре «Спектр-5» [7]. Аналогично определяли валовое содержание ТМ в почве. Подвижные формы ТМ в почве, доступные растению, определяли атомно-абсорбционным методом в экстракционном растворе, полученном обработкой навески почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с $\text{pH} = 4,8$ [7].

Полученные результаты и их обсуждение

Во всех емкостях с загрязненной почвой растения салата мы фиксировали отставание в росте по сравнению с контрольной пробой. Признаки отставания наблюдались при загрязнении почвы кадмием, свинцом, а также их смесью. В емкостях с максимальным (10 ПДКн) и минимальным (0,5 ПДК) содержанием свинца или кадмия, а также в смеси масса растений салата уменьшалась тем сильнее, чем выше ПДК (рис. 1—3).

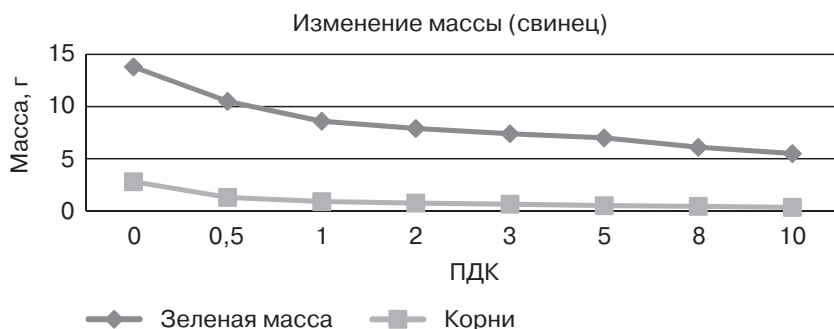


Рис. 1. Влияние содержания свинца на изменение зеленой массы и массы корневой системы салата «Лоло Бионда»

Нами бы отмечено, что увеличение концентрации Pb и Cd вызывало уменьшение биомассы зеленой массы с угнетением ее развития; биомасса корневой системы также угнеталась во всем интервале предельно допустимых концентраций ТМ. Установлено, что угнетение корневой системы проявлялось в уменьшении числа мелких корешков, на основных корнях появляются некрозные повреждения. Биомасса зеленой части салата сорта «Лоло Бионда» уменьшалась почти в 3 раза с увеличением ПДК Pb с 0,5 до 10, а корневой системы в 5 раз (см. рис. 1).

Влияние кадмия еще более было значимо. Так, биомасса наземной части салата сорта «Лоло Бионда» уменьшалась в 7 раз, а корневой системы — в 10 раз в тех же пределах ПДК (рис. 2).

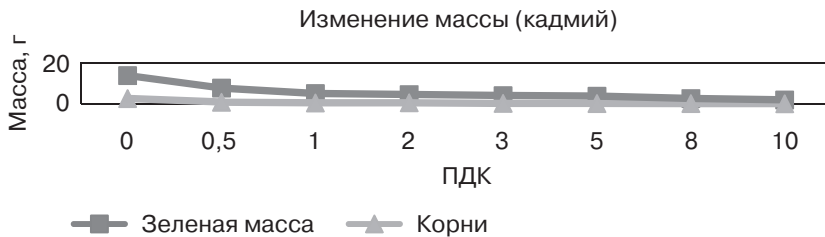


Рис. 2. Влияние содержания кадмия на изменение зеленой массы и массы корневой системы салата «Лоло Бионда»

Аналогично уменьшалась биомасса надземной и корневой системы салата сорта «Лоло Бионда» при совместном присутствии Pb и Cd (рис. 3). Оба элемента в равной мере угнетали развитие корневой и наземной части салата.

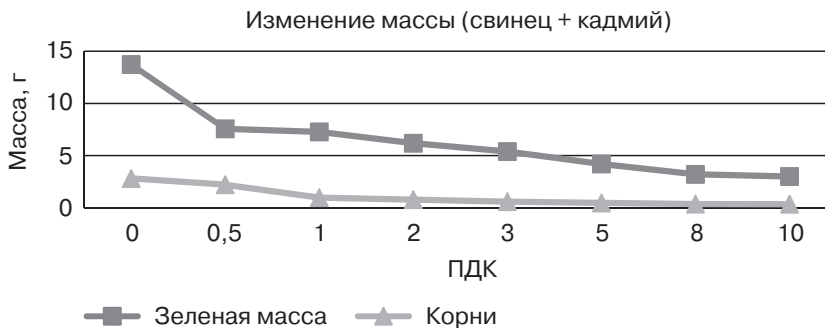


Рис. 3. Влияние совместного содержания свинца и кадмия на уменьшение зеленой массы и массы корневой системы салата «Лоло Бионда»

Токсичные элементы (Pb и Cd) даже при низких концентрациях оказывают отрицательное действие на развитие растений салата, что и наблюдается в нашем случае в отношении как зеленой части растения, так и корневой системы. Корневая система во всех случаях замедляет свое развитие.

Как видно, свинец и кадмий уменьшают вегетативную массу зеленой, наземной части растения во всех пределах ПДК каждого элемента, а также при совместном присутствии, основные накопления ТМ происходят как в корнях растения, так и наземной части, что и тормозит их развитие (рост массы).

Уменьшение массы корней можно объяснить биологической способностью противостоять поступлению в наземную часть растений ТМ за счет их иммобилизации в корневой системе, влиянием поступивших ТМ на метаболические процессы за счет депонирования в фиксированных или нерастворимых формах.

Устойчивость растений к воздействию ТМ характеризуют по фитотоксическому эффекту, т.е. по убыли или приросту биомассы относительно контрольного растения. Оказалось, что кадмий вызывает угнетение развития корневой системы в диапазоне от 0,5 до 10 ПДК Cd в большей мере, чем зеленой, наземной части растения (рис. 4).

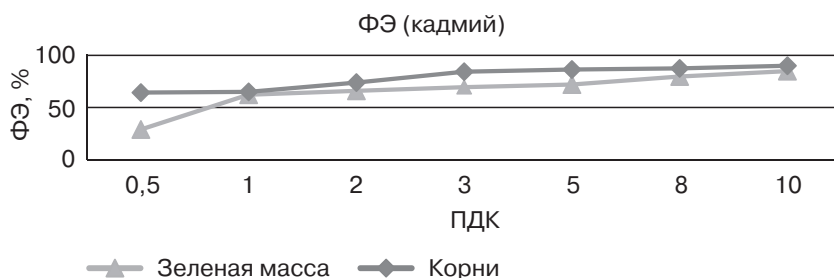


Рис. 4. Зависимость фитотоксического эффекта от содержания кадмия

Более значительное угнетение корневой системы, по сравнению с надземной, наблюдается на почвах, загрязненных свинцом, также во всех интервалах загрязнения (рис. 5).

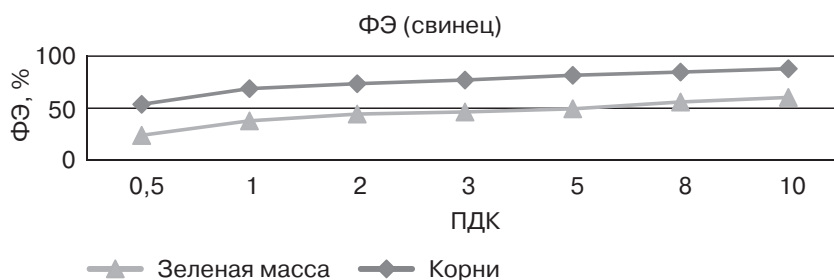


Рис. 5. Зависимость фитотоксического эффекта от содержания свинца

Аналогичное замедление развития наземной и корневой системы наблюдается при совместном присутствии Pb и Cd, так как величина фитотоксического эффекта изменяется от 30 до 90% в пределах 0,5 ÷ 10 ПДК. (рис. 6).

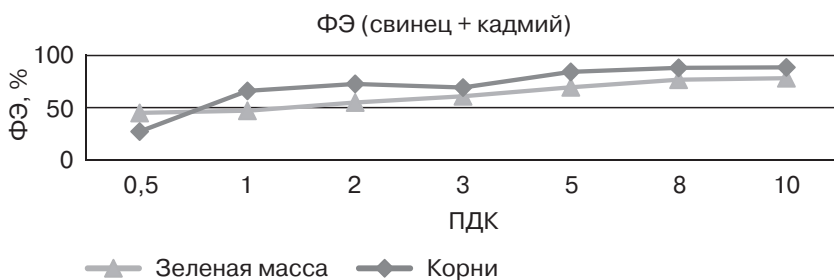


Рис. 6. Зависимость фитотоксического эффекта от совместного содержания Pb и Cd

Оценивая количество металла, извлекаемого из почвы растением по коэффициенту биологического поглощения (рис. 7, 8), можно заключить, что степень извлечения Pb и Cd наземной частью растения невелика, во всем интервале ПДК она меньше единицы для обоих элементов (рис. 7, 8); свинец поглощается наземной частью салата во всем интервале ПДК на уровне $0,10 \div 0,18$, а кадмий накапливается в интервале $0,02 \div 0,2$. Интенсивность накопления Cd корневой системой изменяется от 0,02 до 0,06, а у Pb она осталась на уровне $\sim 0,04$.

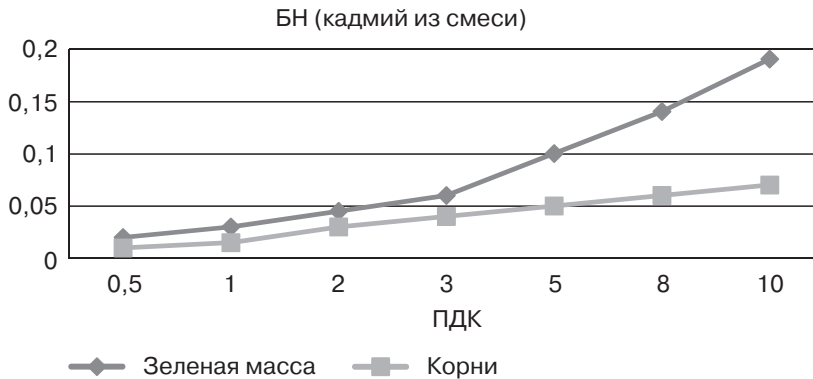


Рис. 7. Зависимость коэффициента биологического накопления кадмия из смеси Pb, Cd от содержания в почве

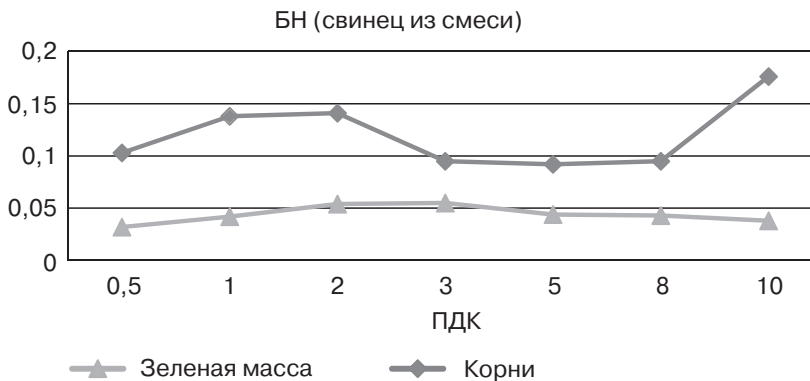


Рис. 8. Зависимость коэффициента биологического накопления свинца из смеси Pb, Cd от содержания в почве

Таким образом, Cd в равной мере поглощается наземной и корневой системой салата, а свинец — предпочтительнее наземной частью, чем корневой системой при совместном присутствии (см. рис. 7, 8).

Из количественных данных по коэффициенту фитотоксичности следует, что происходит накопление Cd, а также Pb в большей мере в зеленой массе растений салата «Лоло Бионда» при индивидуальном присутствии во всем интервале ПДК загрязнений, т.е. она не иммобилизуется в корневой системе (рис. 9, 10).

Коэффициент фитотоксичности Cd зеленой массы возрастает до 8, а свинца до 18; у корневой системы у кадмия до 3, а у свинца до 7. При совместном присутствии свинца и кадмия коэффициенты фитотоксичности выше для корневой

системы, чем наземной части, т.е. корневая система задерживает свинец и кадмий в своих тканях. Коэффициенты фитотоксичности уменьшаются до $1,5 \div 4,5$ для корневой системы, до $1,5 \div 3$ зеленой массы (рис. 11).

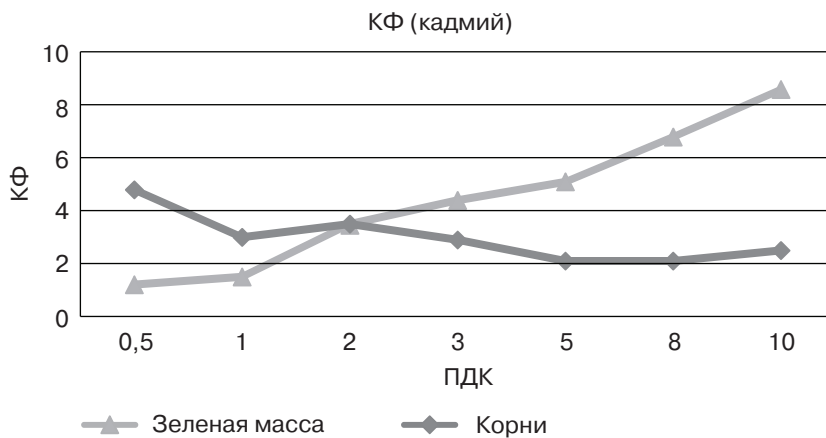


Рис. 9. Зависимость коэффициента фитотоксичности от содержания кадмия в почве

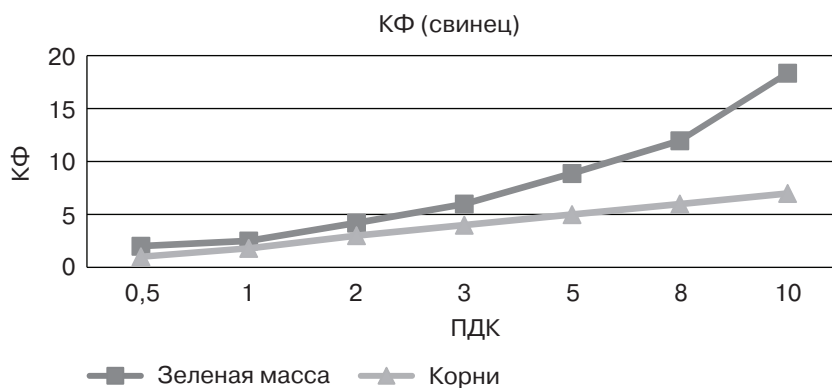


Рис. 10. Зависимость коэффициента фитотоксичности от содержания свинца в почве

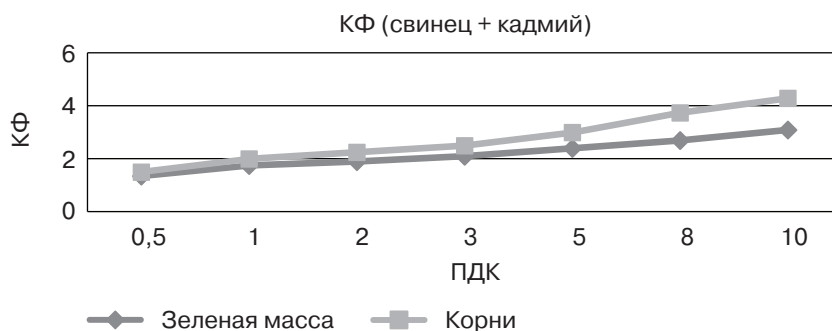


Рис. 11. Зависимость коэффициента фитотоксичности от содержания свинца в почве

Таким образом, совместное присутствие Pb и Cd хотя и вызывает замедление и угнетение продукционного процесса, но в меньшей мере, чем при индивидуальном присутствии. Растения салата «Лоло Бионда» не противостоят поступлению в наземную и корневую систему растений токсичных веществ, поэтому ТМ участвуют в метаболических процессах и при совместном присутствии свинца и кадмия. В индивидуальных растворах свинец и кадмий поглощаются наземной частью салата, накапливаются в корневой системе и оба аккумулируются во всех частях растения.

Подводя итог нашего исследования, можно сделать следующие выводы.

Миграционная способность кадмия и свинца уменьшается при их одновременном внесении в почву.

Кадмий оказывает большое токсическое воздействие на продукционный процесс, чем свинец.

Во всем интервале изменений концентраций свинца и кадмия, а также при их совместном присутствии наблюдается уменьшение биомассы салата «Лоло Бионда», что связано с замедлением продукционного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Глебов В.В., Киричук А.А.* Возможности биомониторинга в оценке экологического состояния экосистем столичного мегаполиса // Мир науки, культуры, образования. 2014. № 5. С. 339–341.
- [2] *Глебов В.В., Родионова О.М.* Экологическая физиология и биология человека: конспект лекций: учеб. пособие. М.: РУДН, 2014. 236 с.
- [3] *Лавер Б.И., Глебов В.В.* Состояние медико-психологической и социальной адаптации человека в условиях крупного города // Вестник РУДН. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 2012. № 5. С. 34–36.
- [4] Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлом. М.: Гидрометеоиздат, 1981.
- [5] Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов в объектах окружающей среды, полимерах и биологических объектах. Одесса: Одесский НИИ гигиены водного транспорта, 1986.
- [6] *Родионова О.М., Глебов В.В.* Лекции по дисциплинам «Экологическая физиология» и «Биология человека»: учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 1. М.: РУДН, 2013. 92 с.
- [7] *Смирнова Н.В., Шведова Л.В., Невский А.В.* Влияние свинца и кадмия на фитотоксичность почвы // Экология и промышленность России. 2005. Т. 4. С. 32–35.

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE EFFECT OF HEAVY METALS ON GROWTH PROCESSES AND BIOMASS OF SALAD «BIONTLOLO»

A.L. Kravchenko, B. A. Sotnikov, A.A. Chaban, Yu.A. Stekolnikov

Eletsy the State University of I.A. Bunin
Kommunarov str., 28, Lipetsk region, Yelets, Russia, 399770

Compounds of lead and cadmium, possessing high toxicity, a cumulative inhibit production process, reduce a salad biomass gain. Research showed that oppression of root system was shown in reduction of number of small backs, and on the main roots there were necrosis damages. Biomass of green part of salad of a grade of “Lolo Biond” decreased almost by 3 times with increase in the maximum allowable concentration of Pb with 0,5 to 10, and root system by 5 times. Influence of cadmium was even more significant. So biomass of land part of salad of a grade of “Lolo Biond” at presence of cadmium decreased by 7 times, and root system by 10 times in the same the maximum allowable concentration.

Key words: phytotoxicity of the soil, lead and cadmium, vegetation, agricultural production, heavy metals, maximum allowable concentration, environment

REFERENCES

- [1] Glebov V.V., Kirichuk A.A. Vozmozhnosti biomonitoringa v ocenke jekologicheskogo sostojanija jekosistem stolichnogo megapolisa / V.V. Glebov, A.A. Kirichuk. Mir nauki, kul'tury, obrazovanija. 2014. № 5. S. 339—341.
- [2] Glebov V.V., Rodionova O.M. Jekologicheskaja fiziologija i biologija cheloveka: konspekt lekcij [Tekst]: ucheb. posobie / V.V. Glebov, O.M. Rodionova. M.: RUDN, 2014. 236 s.
- [3] Laver B.I., Glebov V.V. Sostojanie mediko-psihologicheskij i social'noj adaptacii cheloveka v uslovijah krupnogo goroda / B.I Laver, V.V. Glebov. Vestnik RUDN. Serija «Jekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti». 2012. № 5. S. 34—36.
- [4] Metodicheskie rekomendacii po provedeniju polevyh i laboratornyh issledovanij pochv i rastenij pri kontrole zagryznenija okruzhajushhej sredy metallom. M.: Gidrometeoizdat, 1981.
- [5] Metodika vypolnenija izmerenij massovoj doli podvizhnyh form metallov v ob#ektah okruzhajushhej sredy, polimerah i biologicheskikh ob#ektah. Odessa: Odesskij NII gigeny vodnogo transporta, 1986.
- [6] Rodionova O.M., Glebov V.V. Lekcii po disciplinam «Jekologicheskaja fiziologija» i «Biologija cheloveka» [Tekst]: ucheb. posobie: v 2 ch. / O.M. Rodionova, V.V. Glebov. Ch. 1. M.: RUDN, 2013. 92 s.
- [7] Smirnova N.V., Shvedova L.V., Nevskij A.V. Vlijanie svinca i kadmija na fitotoksichnost' pochvy. Jekologija i promyshlennost' Rossii. 2005. T.4. S. 32—35.