

И.Н. Остапко, Е.А. Петрушина

**ВЛИЯНИЕ ИОНОВ КАДМИЯ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ *ONOBRYCHIS VICIIFOLIA* SCOP. 'PESTCHANY 1251'**ионы кадмия, проростки, *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251', металлоустойчивость**Введение**

Загрязнение окружающей среды техногенными выбросами вызывает резкое ухудшение природных и антропогенных экосистем. Особую опасность представляют тяжёлые металлы, которые вместе с пылью и сажей промышленных предприятий разносятся на расстояние до 20 – 50 км от источника, по трофическим цепям попадают в растительную и животную пищу человека. Кадмий относится к первому классу опасности. Значительные количества этого металла поступают в среду при сжигании угля, применении пестицидов и удобрений, орошении сточными водами промышленных предприятий, с отходами цветной металлургии [3]. При попадании в организм человека и животных с пищей кадмий представляет собой аккумулятивный яд. В последние годы активно изучается устойчивость к кадмию дикорастущих растений, особенно в регионах с повышенным содержанием этого металла в почвах [14, 18, 20]. Имеются данные и в отношении сельскохозяйственных культур. В частности, изучали влияние кадмия на ростовые процессы у таких растений, как *Avena sativa* L., *Hordeum vulgare* L., *Zea mays* L., *Glycine hispida* L., *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., *Medicago sativa* L., *Vicia faba* L., *Pisum sativum* L., *Cucumis sativus* L. [11–13, 15–17, 19]. По данным из разных стран, в обычных кормовых растениях средние значения для представителей семейства Poaceae Barnhart составляют от 0,07 до 0,27 мг/кг, а для видов семейства Fabaceae Lindl. – от 0,08 до 0,28 мг/кг [5]. По данным P.J. Peterson [21], концентрация кадмия в растениях повышалась в следующем порядке: *Oryza sativa* L., *Sorghum sudanense* Pers., *Trifolium pratense* L. < *Avena sativa* L., *Triticum aestivum* L. < *Vicia faba* L., *Pisum sativum* L., *Helianthus annuus* L., *Cucurbita maxima* Duch. < *Zea mays* L., *Sinapis alba* L., *Raphanus sativus* L., *Brassica oleracea* var. *capitata* L., *Brassica napus* var. *oleifera* DC. < *Solanum tuberosum* L., *Daucus sativus* (Hoff.) Roehl., *Rumex acetosa* L. < *Lactuca sativa* L. Однако, сопоставление результатов этих работ довольно затруднительно, т.к. характер действия этого металла зависит не только от вида, сорта, возраста растений, но и от использованных концентраций, продолжительности воздействия и сопутствующих условий. Вместе с тем, подобного рода сведения представляют существенный интерес для оценки влияния тяжелых металлов на растения. Симптомы, вызванные повышенным содержанием кадмия в растениях, – это задержка роста, повреждение корневой системы, хлороз листьев, красно-бурая окраска их краев или жилок, а также тормозящее действие на фотосинтез, нарушение транспирации и фиксации углекислого газа, изменение проницаемости клеточных мембран. А у *Glycine hispida* при высоких концентрациях кадмия в почвах этот элемент вызывает синтез цистеина и метионина [5]. Предельно допустимая концентрация кадмия для кормовых растений составляет 0,3 мг/кг корма [2]. Фоновый уровень этого элемента по Донецкой области составляет 0,5 мг/кг почвы. Локальные участки с уровнем 2 мг/кг почвы обнаружены на полях в КСП им. Крупской под Краматорском, совхозах “Константиновский” и “Берестовой” Константиновского района, совхозе “Зуевский” Шахтёрского района, в КСП “Россия”, им. Калинина, “Чагаевка” Волновахского района, совхозе “Мариупольский” Володарского района, совхозе “40 лет Октября” Артёмовского района. Высокий уровень (30 и 70 мг/кг) отмечен в совхозе “Дзержинский” и в КСП “Путь к коммунизму” Першотравневого района [4]. Ранее нами было изучено влияние ионов свинца, никеля, молибдена, хрома на рост проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251', широко культивируемого в Донбассе [1, 8–10]. Для полной характеристики влияния тяжелых металлов на этот сорт *Onobrychis viciifolia* необходимо было провести эксперимент еще и с ионами кадмия.

### Цель и задачи

Цель работы – изучить влияние ионов кадмия на рост проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' в лабораторных условиях. Для этого необходимо решить следующие задачи: проанализировать прирост надземной части проростков в связи с воздействием растворов хлорида кадмия разных концентраций; исследовать накопление биомассы подземной и надземной частей и аккумуляции в них кадмия.

### Объекты и методики исследования

Семена собирали на участке Донецкого ботанического сада НАН Украины с растений, на которых не было заметно морфологических изменений. Для опыта отбирали почву с участка кормовых растений, высушивали ее до воздушно-сухого состояния (тип почвы – чернозем обыкновенный, среднемощный, среднегумусный, тяжелосуглинистый, pH – 7,7, содержание кадмия – 0,44 мг/кг). Растения выращивали в пластиковых сосудах емкостью около 0,6 дм<sup>3</sup>, высотой 11,5 см, диаметром 8,5 см, с отверстием для слива. Светоизоляцию сосудов обеспечивали оборачиванием их в черную фотобумагу. Масса почвы в одном сосуде составляла 0,5 кг. Хлорид кадмия вносили в почву в виде растворов из расчета 0,94; 1,44; 1,94; 2,44; 2,94; 3,44; 3,94; 4,44; 4,94; 5,44 (1-я серия опытов); 20,44; 30,44; 40,44; 50,44; 60,44; 70,44; 80,44; 90,44; 100,44; 110,44 (2-я серия опытов) мг кадмия на 1 кг почвы, с учетом содержания кадмия в почве. Семена высевали во влажную почву в количестве 25 штук, с предварительной обработкой их слабым раствором марганцевокислого калия. По мере высыхания почву поливали бидистиллятом. Контрольные растения произрастали на почве без обработки растворами хлорида кадмия. Общий объем выборки для каждого варианта составлял 75 проростков. Опыт проводили в лабораторных условиях при температуре +23°C, относительной влажности воздуха 60–70%, освещенности 10 000 лк на 14-часовом световом дне. Прирост надземной части проростков определяли на 7-й (появление настоящего листа), 14-й (разветвление основного стебля на 2), 21-й (разветвление основного стебля на 3 и 4 побега, первые признаки утончения и отгнивания стебля), 28-й (разветвление основного стебля на 4 побега, отмечена гибель некоторых растений), 35-й день действия соли кадмия. О реакции проростков на действие кадмия судили по изменению длины надземной части, накоплению биомассы подземной и надземной частей и аккумуляции в них кадмия. Образцы для анализа подготавливали по общепринятой методике [7], а содержание кадмия в надземной, подземной частях проростков и почве измеряли рентгенофлуоресцентным методом на приборе "Spectroskan" [6]. Металлоустойчивость растений определяли методом корневого теста, предложенным D.A. Wilkins, как отношение прироста корней в почве с исследуемым металлом к приросту в почве того же состава, но без металла (индекс устойчивости) [22]. Статистическая обработка данных проведена с помощью прикладных программ на ПЭВМ. Полученные результаты достоверны при  $P < 0,05$ .

### Результаты исследований и их обсуждение

Как показали наши исследования, реакция проростков *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251' на действие хлорида кадмия зависела от его концентрации и продолжительности воздействия (рис. 1). При воздействии ионов кадмия на 7-й день при всех концентрациях отмечено ингибирование роста, а на 14-й – некоторое стимулирование, на 21-й день рост проростков увеличивался лишь при действии концентраций 0,94; 30,44; 40,44; 50,44 мг/кг; на 28-ой и 35-ый – уменьшение роста при 0,94; 2,94; 3,94; 5,44; 30,44; 40,44; 50,44; 110,44 мг/кг и 1,94; 3,44; 5,44; 30,44; 40,44; 60,44; 100,44; 110,44 мг/кг соответственно. Следовательно, в результате проведенных исследований обнаруживается тенденция к отрицательному воздействию хлорида кадмия на высоту проростков *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251'.

Изменение концентраций раствора хлорида кадмия оказывает в нашем эксперименте большее влияние на корни проростков: на 21-й день наблюдается их утончение и частичное отгнивание. Накопление кадмия в надземной части и корнях проростков примерно одинаково (рис. 2). Анализ литературных данных показал, что на разные виды растений ионы кадмия действуют по-разному. Так, например, дозы кадмия в 150 и 300 мг/кг не оказывали существенного влияния на урожай овса, а при 10 мг/кг снижался урожай пшеницы и других сельскохозяйственных культур. В зависимости от концентрации они или не оказывают заметного влияния на растения, или вызывают стимуляцию их защитных механизмов, или приводят к повреждению рас-

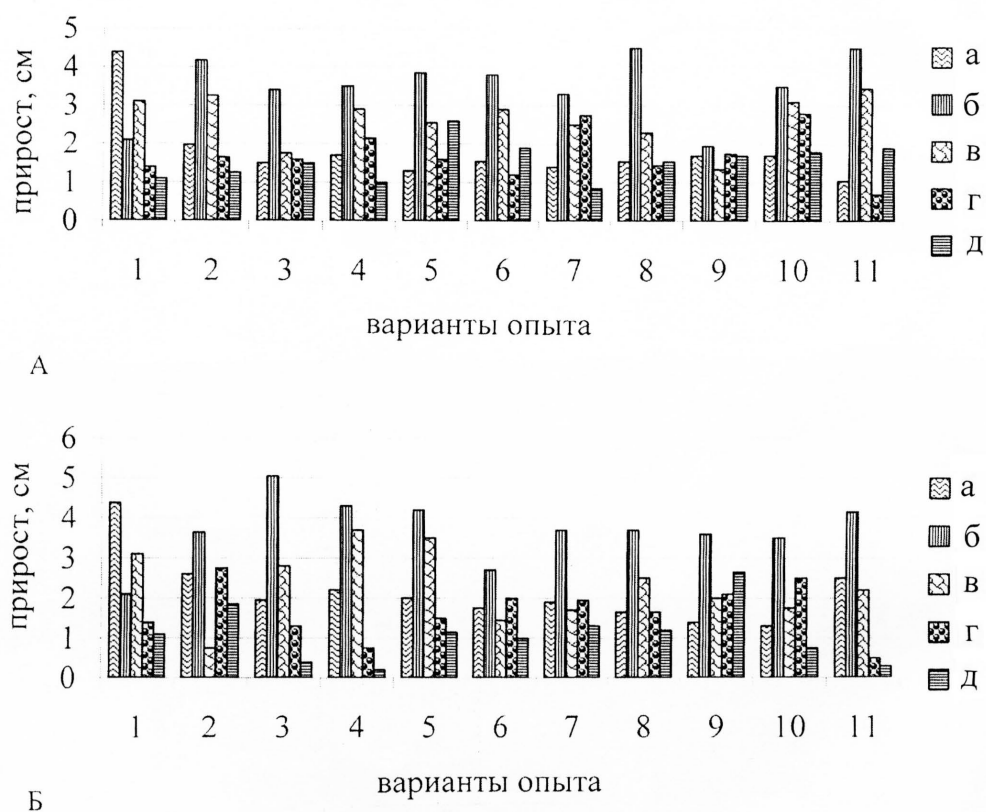


Рис. 1. Прирост (см) надземной части проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' в связи с воздействием растворов хлорида кадмия разных концентраций (кадмия в мг/кг почвы): 1 – 0,44 (контроль), 2 – 0,94; 3 – 1,44; 4 – 1,94; 5 – 2,44; 6 – 2,94; 7 – 3,44; 8 – 3,94; 9 – 4,44; 10 – 4,94; 11 – 5,44 мг/кг (А); 1 – 0,44; 2 – 20,44; 3 – 30,44; 4 – 40,44; 5 – 50,44; 6 – 60,44; 7 – 70,44; 8 – 80,44; 9 – 90,44; 10 – 100,44; 11 – 110,44 мг/кг (Б); а – 7 дней, б – 14 дней, в – 21 день, г – 28 дней, д – 35 дней.

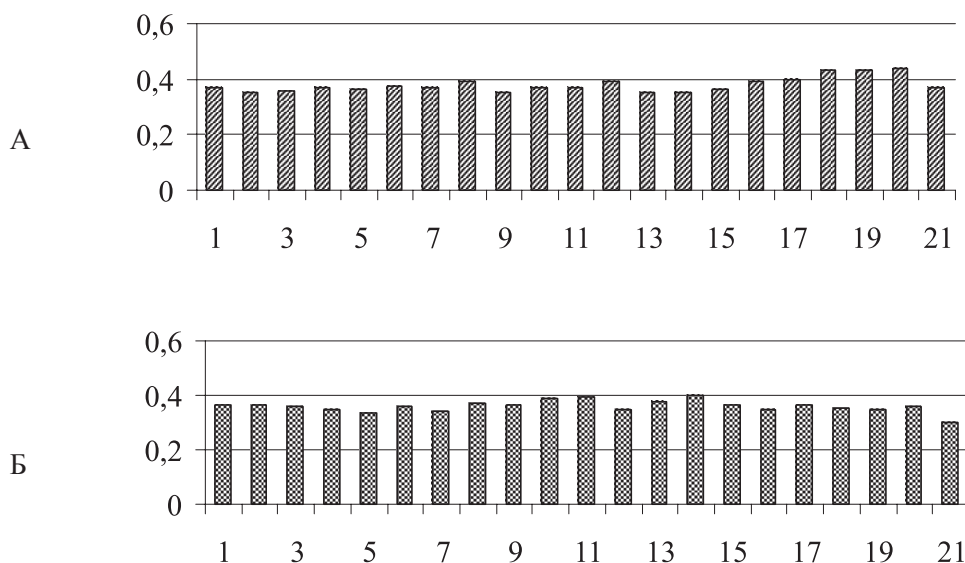


Рис. 2. Накопление кадмия (мг/кг сухой массы) в надземной части (А) и корнях (Б) 35–дневных проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' под воздействием растворов хлорида кадмия разных концентраций (те же, что указаны для рис. 1).

тений. Под влиянием кадмия в незначительных количествах у растений происходит активизация защитноприспособительных процессов, в результате чего они могут переносить без губительных последствий действие ионов кадмия в более высоких концентрациях.

Продуктивность же надземной массы по сравнению с подземной значительно выше. Наибольшая её величина как для надземной части, так и для корней наблюдается при концентрации ионов кадмия 20,44 мг/кг (рис. 3). Металлоустойчивость, которая определяется по D.A. Wilkins величиной индекса устойчивости, при 7-, 14-, 21-, 28-, 35-дневном угнетении проростков меняется от 0,33 до 1,08. Наибольшие величины выявлены при 2,44 (1,02), 30,44 (1,00), 40,44 (1,08) мг/кг. Четкой тенденции в изменении индекса устойчивости не наблюдается.

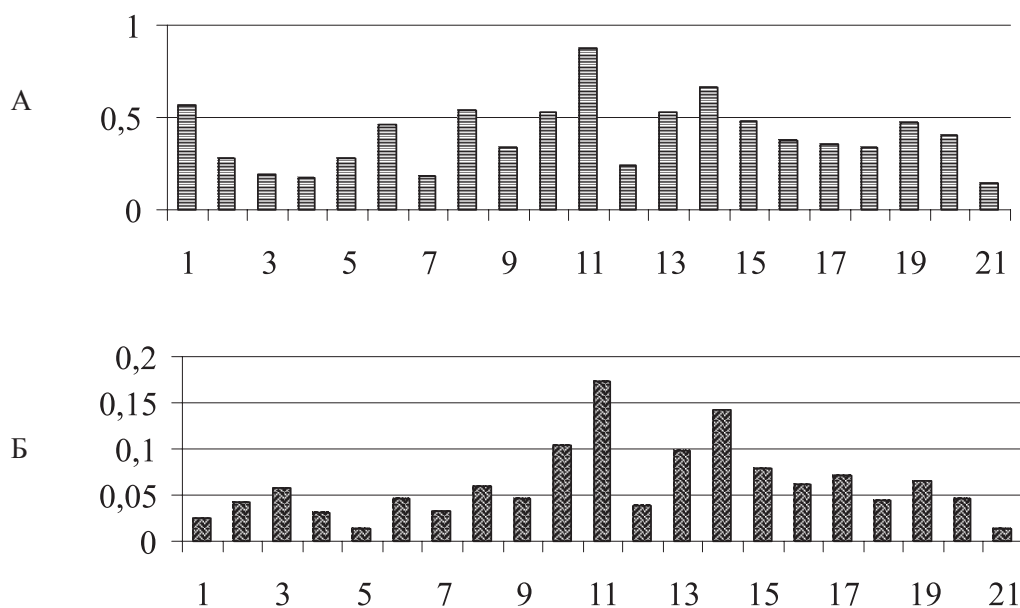


Рис. 3. Масса (мг/одно растение) надземной части (А) и корней (Б) 35-дневных проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' в связи с воздействием растворов хлорида кадмия разных концентраций (те же, что указаны для рис. 1).

### Заключение

Результаты проведенных исследований позволили выявить влияние ионов кадмия на ростовые процессы *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251'. При этом степень угнетения роста проростков находилась в прямой зависимости от концентрации и продолжительности воздействия растворов хлорида кадмия. В некоторых случаях наблюдалась стимуляция и ингибирование роста проростков, что может быть связано с почвенными механизмами связывания кадмия в соединения, не переходящие в растение. Накопление кадмия в надземной и подземной частях проростков изученного сорта примерно одинаковое, в то время как продуктивность надземной массы значительно выше.

1. Глухов А.З. Влияние ионов свинца на рост проростков эспарцета виколистного 'Песчаный 1251' / А.З. Глухов, И.Н. Остапко, Г.М. Безрученко // Интродукция и акклиматизация растений. – 1998. – Вып. 30. – С. 164–169.
2. Допустимые уровни содержания нитратов, нитритов и химических элементов в кормах сельскохозяйственных животных // Токсикологический вестник. – 1997. – № 6. – С. 34.
3. Дудик А.М. Временные методические рекомендации по геолого-экологическим работам в пределах горнопромышленных районов Украины / А.М. Дудик. – Донецк: Б.и., 1992. – 105 с.
4. Земля тривоги нашої. За матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2005 році / Під ред. С.В.Третякова. – Донецьк: Б.и., 2006. – 108 с.
5. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
6. Методические указания по проведению энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа растительных материалов / Под ред. Ю.И.Логинова. – М.: Колос, 1983. – 47 с.

7. *Методы биохимического исследования растений* / Под общ. ред. А.И.Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
8. Остапко И.Н. Влияние ионов хрома на проростки некоторых видов и сортов растений, используемых в кормопроизводстве Донбасса // *Промышленная ботаника*. – 2006. – Вып. 6. – С. 48–54.
9. Остапко И.Н. Влияние ионов никеля на рост проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' // *Промышленная ботаника*. – 2007. – Вып. 7. – С. 243–247.
10. Остапко И.Н. Влияние ионов молибдена на рост проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' // *Промышленная ботаника*. – 2008. – Вып. 8. – С. 235–239.
11. Руденко С.С. Дослідження впливу селеніту натрію на ріст і розвиток стебла та коренів проростків гороху посівного (*Pisum sativum* L.) за дії сполук алюмінію та кадмію // *Физиология и биохимия культур растений*. – 1999. – 31, № 3. – С. 233–237.
12. Серегин И.В. Передвижение ионов кадмия и свинца по тканям корня / И.В. Серегин, В.Б. Иванов // *Физиология растений*. – 1998. – 45, № 6. – С. 899–905.
13. Таланова В.В. Влияние ионов кадмия и свинца на рост и содержание пролина и АБК в проростках огурца / В.В. Таланова, А.Ф. Титов, Н.П. Боева // *Физиология растений*. – 1999. – 46, № 1. – С. 164–167.
14. *Устойчивость к тяжелым металлам* / Под ред. Н.В. Алексеевой–Поповой. – Л., 1991. – 214 с.
15. Allinson D.W. The influence of lead, cadmium, and nickel on the growth of ryegrass and oats / D.W. Allinson, C. Dzialo // *Plant and Soil*. – 1981. – 62, № 1. – P. 84–89.
16. Chakravatry B. Toxicity of some heavy metals in vivo and in vitro in *Helianthus annuus* / B. Chakravatry, S. Srivastava // *Mutat., Res., Mutat. Res. Lett.* – 1992. – 283, № 4. – P. 287–294.
17. Jyoti M. Effect of some heavy metals on root growth of germinating seeds of *Vicia faba* / M. Jyoti, P. Vivek, S. Nandita // *J. Environ. Sci. and Health. A.* – 1994. – 29, № 10. – P. 2229–2934.
18. Little P. A survey of zinc, lead and cadmium in soil and natural vegetation around a smelting complex / P. Little, M.H. Martin // *Environ. Pollut.* – 1972. – № 3. – P. 241.
19. Proktor J. The ecology of serpentine soils / J. Proktor, S.R.J. Woodell // *Adv. Ecol. Res.* – 1975. – 9. – P. 255–365.
20. Roberts T.M. A review of some biological effects of lead emissions from primary and secondary smelters. – Toronto, 1975. – October 27. – P. 503.
21. Peterson P.J. Unusual accumulations of elements by plants and animals // *Sci. Prog.* – 1971. – 59. – P. 505.
22. Wilkins D.A. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth // *New Phytol.* – 1978. – 80, № 3. – P. 623–633.

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Получено 20.07.2009

УДК 581.19: 631.811: 633.3

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ КАДМИЯ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ *ONOBRYCHIS VICIIFOLIA* SCOP. 'PESTCHANY 1251'

И.Н. Остапко, Е.А. Петрушина

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Изучали реакцию *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251' на воздействие хлорида кадмия в зависимости от его концентрации и длительности эксперимента. Степень подавления роста и продуктивности растений находилась в прямой зависимости от продолжительности воздействия. Для некоторых вариантов опыта отмечена стимуляция и ингибирование роста проростков, что может быть связано с почвенными механизмами связывания кадмия в соединения, не переходящие в растение. Накопление кадмия в надземной и подземной частях проростков изученного вида примерно одинаковое, в то время как продуктивность надземной массы значительно выше.

UDC 581.19:631.811:633.3

THE EFFECT OF CADMIUM IONES ON THE GROWTH OF THE SPROUT OF *ONOBRYCHIS VICIIFOLIA* SCOP. 'PESTCHANY 1251'

I.N. Ostapko, E.A. Petrushina

Donetsk Botanical Gardens, National Academy of Sciences of Ukraine

The response of *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251' to the effect of chlorid cadmium depending on its concentration and exposure time has been studied. The level of growth and productivity inhibition has been found to be strongly dependent on the exposure time. For some variants of the experiment stimulation and inhibition of the growth of sprout have been registered, which can be due to soil mechanisms of bonding cadmium to the compounds which are not absorbed by the plant. Accumulation of cadmium in the over- and underground parts of the species studied was approximately equal, whereas the productivity of the overground part was much higher.