

И.Н. Остапко

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

Возрастающее загрязнение окружающей среды техногенными выбросами вызывает резкое ухудшение природных и антропогенных экосистем. Молибден относится ко второму классу опасности. Накопление его растениями зависит от pH почв [26, 30, 32, 34–36], наличия геохимических аномалий [12, 18, 23], загрязнения среды [1, 4, 22, 29], сезонных колебаний [10, 29], таксономической принадлежности растений [3, 8, 15, 19, 20, 24, 31]. Кроме того, значительные количества этого металла поступают в среду с отходами металлургии и химической промышленности [6]. Хорошо известна токсичность молибдена для животных, употреблявших в корм с высоким его содержанием (5,0–26,6 мг/кг) [10, 25, 27, 28, 33], тогда как его предельно-допустимая концентрация для кормовых растений составляет 3 мг/кг [5]. В литературе имеются сведения о видах-концентраторах молибдена (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L., *Lactuca sativa* L., *Spinacia oleracea* L., *Trifolium pratense* L.), видах со средним уровнем его накопления (*Pisum sativum* L., *Beta vulgaris* var. *altissima* Rossing., *Lycopersicon esculentum* Mill., *Avena sativa* L., *Brassica oleracea* var. *capitata* L.) и видах, накапливающих этот элемент в незначительных количествах (*Hordeum vulgare* L., *Faba bona* Medik., *Daucus sativus* (Hoffm.) Roehl., *Zea mays* L., *Solanum tuberosum* L., *Apium graveolens* L.) [11]. Так, например, было обнаружено, что на щелочных почвах бобовые растения, особенно виды рода *Trifolium* L., способны без каких-либо признаков токсичности аккумулировать молибден до 350 мг/кг сухой массы, что вызывает у животных заболевания суставов [10]. Фоновый уровень этого элемента по Донецкой области находится в пределах 1,23–1,40 мг/кг почвы [9]. Высокий уровень (4,9 мг/кг) отмечен на 1% площади области. Повышенный фон (3,7–4,9 мг/кг) наблюдается возле городов Дзержинска и Мариуполя на восточном и северном направлении, в Володарском районе на землях КСП им. Калинина, в Волновахском районе на землях КСП “Октябрь”, совхоза “Авангард”, на восток от городов Макеевка и Ясиноватая. Превышение фона в 1,5–3,0 раза выявлено на локальных участках по всей Донецкой области. Ранее нами было изучено влияние ионов кадмия, никеля, свинца, хрома на рост проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251', широко культивируемого в Донбассе [2, 7, 16, 17]. Для полной характеристики влияния тяжелых металлов на этот сорт *Onobrychis viciifolia* необходимо было провести эксперимент еще и с ионами молибдена.

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 молибдена – 3,39 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. Молибдат натрия вносили в почву в виде растворов из расчета 4,39; 5,39; 6,39; 7,39; 8,39; 9,39; 10,39; 11,39; 12,39; 13,39 мг молибдена на

1 кг почвы, с учетом содержания молибдена в почве. Семена высевали в количестве 25 штук, с предварительной обработкой слабым раствором марганцевокислого калия. По мере высыхания почву поливали бидистиллятом. Контрольные растения произрастали на почве без обработки растворами молибдата натрия. Общий объем выборки для каждого варианта составлял 75 проростков. Опыт проводили в лабораторных условиях при температуре +23 °С, относительной влажности воздуха 60–70%, освещенности 10 000 лк на 14-часовом световом дне. Прирост надземной части проростков *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251' определяли на 8-ой (появление настоящего листа), 16-ый (разветвление основного стебля на 2–3 побега), 22-ой (первые признаки утончения и отгнивания стебля), 29-ый (разветвление основного стебля на 4–5 побегов), 37-ой день (появление многочисленных боковых корней). О реакции растений на действие молибдена судили по изменению длины надземной части, накоплению биомассы подземной и надземной частей и аккумуляции в них молибдена. Образцы для анализа подготавливали по общепринятой методике [14], а содержание молибдена в надземной и подземной частях проростков и почве измеряли рентгенофлуоресцентным методом на приборе "Spectroskan" [13]. 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 [37]. Статистическая обработка данных проведена с помощью прикладных программ на ПЭВМ. Полученные результаты достоверны при  $P < 0,05$ .

Как показали наши исследования, реакция проростков *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251' на действие молибдата натрия зависела от его концентрации и продолжительности воздействия. В отличие от кадмия, никеля, свинца, хрома молибден вызывает у 22-дневных проростков деление стебля на 4–5 боковых побегов. При воздействии ионов молибдена на 8-ой день отмечено незначительное ингибирование роста, на 16-ый – стимуляция при всех концентрациях с двумя максимумами при 6,39 и 9,39 мг/кг, на 22-ой – стимуляция отмечена при 5,39, 8,39, 10,39, 11,39 мг/кг, на 29-ый – при 8,39 и 11,39 мг/кг, на 37-ой – при 4,39, 5,39, 7,39, 13,39 мг/кг с учётом концентрации молибдена в почве под растениями, для остальных концентраций – ингибирование (рис. 1). Стимуляция роста проростков в отдельных случаях связана, по-видимому, с участием молибдена в процессах фиксации молекулярного азота, что согласуется с литературными данными [21, 22].

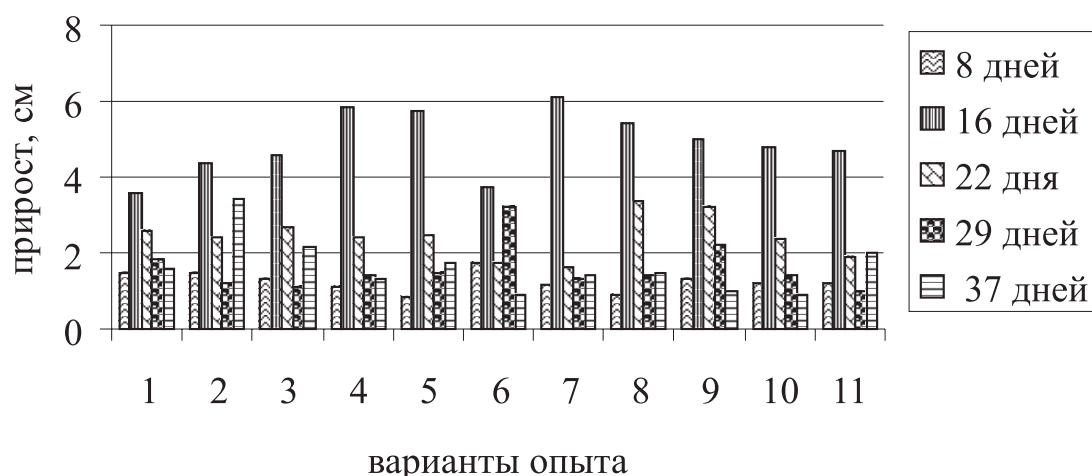


Рис. 1. Прирост (см) надземной части проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' в связи с воздействием растворов молибдата натрия разных концентраций (молибдена в мг/кг почвы): 1 – 3,39 (контроль), 2 – 4,39; 3 – 5,39; 4 – 6,39; 5 – 7,39; 6 – 8,39; 7 – 9,39; 8 – 10,39; 9 – 11,39; 10 – 12,39, 11 – 13,39 мг/кг.

Концентрация молибдена в надземной части и корнях проростков *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251' – примерно одинаковая (рис. 2), с небольшим превышением его в надземной части. Масса корней при увеличении количества молибдата натрия практически не меняется, в то время как масса надземной части колеблется в широких пределах, достигая двух максимумов при концентрации 5,39 и 11,39 мг/кг (рис. 3). Можно отметить уменьшение индекса металлоустойчивости у 37-дневных проростков при возрастании концентрации ионов молибдена: при 4,39 мг/кг – 0,28, при 5,39 – 0,34, при 6,39 – 0,16, при 7,39 – 0,12, при 8,39 – 0,10, при 9,39 – 0,06, при 10,39 – 0,05, при 11,39 – 0,05, при 12,39 – 0,04, при 13,39 – 0,04. Наибольшая величина индекса устойчивости проростков изученного сорта (0,34) выявлена при концентрации молибдена 5,39 мг/кг почвы, затем она снижается до 0,04 при 12,39 и 13,39 мг/кг почвы.

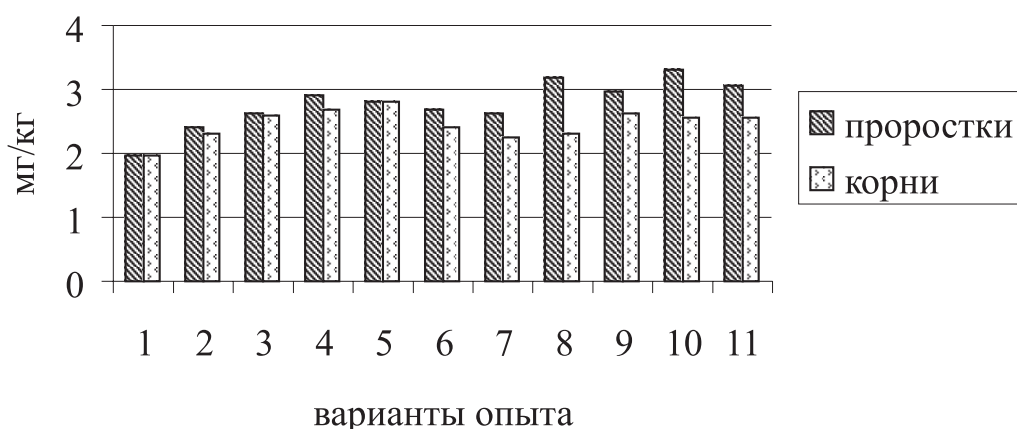


Рис. 2. Накопление молибдена (мг/кг сухой массы) в надземной части и корнях 37-дневных проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' под воздействием растворов молибдата натрия разных концентраций (те же, что указаны для рис. 1).

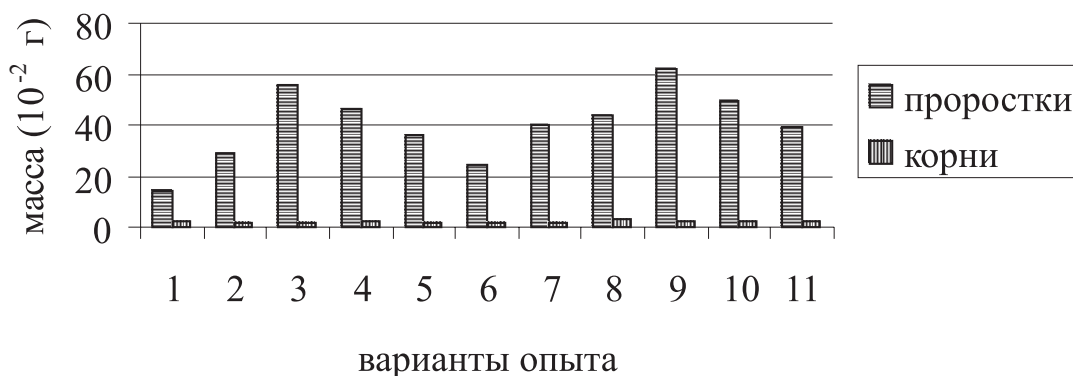


Рис. 3. Масса ( $10^{-2}$  г) надземной части и корней 37-дневных проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' в связи с воздействием растворов молибдата натрия разных концентраций (те же, что указаны для рис. 1).

Таким образом, результаты проведенных исследований позволили выявить влияние ионов молибдена на ростовые процессы *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251'. При этом степень угнетения роста проростков находилась в прямой зависимости от концентрации и продолжительности воздействия растворов молибдата натрия. В некоторых случаях наблюдается стимуляция и ингибирование роста проростков, что может быть связано с участием молибдена в азотном питании растений. Накопление молибдена в надземной и подземной частях проростков изученного сорта примерно одинаковое, в то время как продуктивность надземной массы значительно выше.

1. *Безсонова В.П.* Пассивный мониторинг забруднення середовища важкими металами з використанням трав'яних рослин // Укр. ботан. журн. – 1991. – 48, № 2. – С. 77–80.
2. *Глухов А.З., Остапко И.Н., Безрученко Г.М.* Влияние ионов свинца на рост проростков эспарцета виколистного 'Песчаный 1251' // Интродукция и акклиматизация растений. – 1998. – Вып. 30. – С. 164–169.
3. *Гранкина В.П., Ковальская Г.А., Чанкина О.В.* Многоэлементный состав травы солодки рода *Glycyrrhiza* L. как ценного кормового растения // Эколого-популяционный анализ кормовых растений естественной флоры, интродукция и использование: Матер. IX междунар. симп. по корм. раст. – Сыктывкар: Б.и., 1999. – С. 44–46.
4. *Грицан Н.П.* Антропогенное влияние на наземные экосистемы степной зоны Украины (Методология исследования, оценка, прогноз): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.16 / Москва. – М.: Б.и., 1994. – 44 с.
5. *Допустимые* уровни содержания нитратов, нитритов и химических элементов в кормах сельскохозяйственных животных // Токсикологический вестник. – 1997. – 6. – С. 34.
6. *Дудик А.М.* Временные методические рекомендации по геолого-экологическим работам в пределах горнопромышленных районов Украины. – Донецк: Б.и., 1992. – 105 с.
7. *Еколого-біологічне* обгрунтування створення багатовидових кормових фітоценозів в умовах інтенсивного антропогенного впливу на агроландшафт / О.З.Глухов, О.М.Шевчук, І.М.Остапко та ін.. – К., 2000. – С. 80–88. – Деп. в Укр.НИИТИ 11.03.2000, № 0200U004778.
8. *Зайчикова С.Г., Самылина И.А., Бурляева М.О.* Белковый, аминокислотный и минеральный состав отдельных представителей рода чина // Химико-фарм. журн. – 2001. – 6. – С. 51–53.
9. *Земля* тревоги нашої. За матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2005 році / Під ред. С.В.Третьякова. – Донецьк: Б.и., 2006. – 108 с.
10. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
11. *Ковальский В.В., Раецкая Ю.И., Грачева Т.И.* Микроэлементы в растениях и кормах. – М.: Колос, 1971. – 235 с.
12. *Махонина Г.И.* Химический состав растений на отвалах некоторых месторождений Урала // Растения и промышленная среда. – Свердловск: Б.и., 1984. – С. 22–29.
13. *Методические* указания по проведению энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа растительных материалов / Под ред. Ю.И.Логинова. – М.: Колос, 1983. – 47 с.
14. *Методы* биохимического исследования растений / Под общ. ред. А.И.Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
15. *Остапко И.Н.* Динамика накопления тяжелых металлов в наземной массе кормовых интродуцентов // Вопросы биоиндикации и экологии: Тез. докл. междунар. конф. – Запорожье: Б.и., 1998. – С. 30.
16. *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.
17. *Остапко И.Н.* Влияние ионов никеля на рост проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' // Промышленная ботаника. – 2007. – Вып. 7. – С. 243–247.
18. *Петрунина Н.С.* Геохимическая экология растений в провинциях с избыточным содержанием микроэлементов (Ni, Co, Cu, Mo, Pb, Zn) // Тр. биогеохим. лаборатории АН СССР. – 1974. – 13. – С. 57–63.
19. *Прохорова Н.В., Матвеев Н.М., Павловский В.А.* Накопление тяжелых металлов в некоторых сельскохозяйственных растениях // Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений в степной зоне: Тез. докл. научн. конф. – Самара: Б.и., 1992. – С. 58–59.
20. *Свириденко В.Г., Лапицкая С.К., Авсеенко С.В.* и др. Химическая характеристика водных и болотных растений, поедаемых речным бобром // Раст. ресурсы. – 1987. – 23, вып. 4. – С. 621–625.
21. *Смирнов П.М., Муравин Э.А.* Агрохимия. – М.: Агропромиздат, 1991. – 287 с.
22. *Устойчивость* к тяжелым металлам / Под ред. Н.В.Алексеевой–Поповой. – Л.: Б.и., 1991. – 214 с.
23. *Шабанова И.А., Плиев Ю.В.* Молибден в семенах интродуцентов клевера горных фитоценозов // Эколого-популяционный анализ кормовых растений естественной флоры, интродукция и использование: Матер. IX междунар. симп. по корм. раст. – Сыктывкар: Б.и., 1999. – С. 245–246.
24. *Chakravatry B., Srivastava S.* Toxicity of some heavy metals in vivo and in vitro in *Helianthus annuus* // Mutat, Res, Mutut. Res. Lett. – 1992. – 283, № 4. – P. 287–294.
25. *Davis R.D., Beckett P.H.T., Wollan E.* Critical levels of twenty potentially toxic elements in young spring barley // Plant Soil. – 1978. – 49. – P. 395.
26. *Doyle P., Fletcher W.K., Brink V.C.* Trace elements content of soils and plants from Selwyn Mountains, Yukon and Northwest Territories // Can. J. Bot. – 1973. – 51. – P. 421–424.
27. *Gough L.P., Shacklette H.T., Case A.A.* Element concentrations toxic to plants, animal and man // U.S. Geol. Surv. Bull. – 1979. – 1466. – P. 80.

28. Gupta U.C. Boron and molybdenum – critical levels in forade legumess // Better Grops with Plant Food. – 1991. – 75, № 4. – P. 8–9.
29. Karlsson N. On molybdenum swedish soil and vegetation and some related questions // Statens Lantbrukskem. Kontrolents. Medd. – 1961. – 23. – P. 243–246.
30. Kitagishi K., Yamane I. Heavy Metal Pollution in Soil of Japan // Tokyo: Japan Science Society Press, 1981. – 302 p.
31. Mirra J., Pandey V., Singh N. Effect of some heave metals on root growth of germinating seeds of *Vicia faba* // J. Environ. Sci. and Health. A. – 1994. – 29, № 10. – P. 2229–2934.
32. Moore D.P. Mechanismis of micronutrient uptake by plants // Micronutrients in Agriculture. Soil Science Society of America. – Madison: Wis., 1972. – P. 17–21.
33. Sevljanska R., Lazic S., Mocko V., Obradovic S. Heavy metal contentin medicinal and spice plants caltivated in Jugoslavia // Herba hung. – 1990. – 29, № 3. – S. 59–63.
34. Regius A., Anke M. Der Cu-, Mo- und Eiweibgehalt verschiedener Lusemesorten auf Standorten gleicher und unterschie Alicher Herkunft // VI th. Int. Trace Elem. Symp. Leipzig, 1989. – Jena, 1989. – 1. – P. 276–286.
35. Thornton I. Biogeochemical studies on molybdenum in the United Kingdom // Molybdenum in the Environmental. – New York, 1977. – P. 341–344.
36. Tiffin L.O. Translocation of micronutrients in plants // Micronutrients in Agriculture. Soil Science Society of America. – Madison: Wis., 1972. – P. 199–204.
37. 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 25.06.2008

УДК 581.19: 631.811: 633.3

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

И.Н.Остапко

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Изучали реакцию *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251' на воздействие молибдата натрия в зависимости от его концентрации и длительности эксперимента. Степень подавления роста и продуктивности растений находилась в прямой зависимости от продолжительности воздействия. Для некоторых вариантов отмечена стимуляция и ингибирование роста проростков, что может быть связано с его участием в азотном питании растений. Накопление молибдена в надземной и подземной частях проростков изученного вида примерно одинаковое, с небольшим превышением для надземной части.

UDC 581.19: 631.811: 633.3

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

I.N. Ostapko

Donetsk Botanical Gardens, Nat. Acad. Sci. of Ukraine

The response of *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251' to the effect of natrium molybdate has been studied depending of its concentration and exposure time. Level of the growth and productivity inhibition have been found to be strongly dependent on exposure time. In some cases stimulation and inhibition of the sprout growth have been fixed, being accounted for by the element's participation in the plant nitrogenous nutrition. Accumulation of molybden in the above- and underground parts of the studied sprouts is approximately equal, that of aboveground part slightly exceeding.