

И.Н. Остапко

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

Всевозрастающее загрязнение окружающей среды техногенными выбросами вызывает резкое ухудшение природных и антропогенно трансформированных экосистем. Необходимость изучения поглощения никеля кормовыми растениями вызвана его потенциальной токсичностью для животных и человека [3, 20; 23, 24]. В Донецкой области он является одним из основных компонентов загрязнения окружающей среды. Значительные количества этого металла поступают в среду при сжигании угля и нефти, применении пестицидов и фосфорных удобрений [2]. Фоновый уровень загрязнения никелем по области составляет 57 мг/кг, а вблизи промузлов концентрации – порядка 70 мг/кг [1]. Однако поглощение Ni растениями определяется не общим содержанием его в почве, а количеством обменного Ni, уровень которого возрастает с повышением кислотности почвы [13] и увеличением содержания органического вещества в ней [16]. Ранее изучали устойчивость к никелю дикорастущих растений, особенно в регионах с повышенным содержанием этого металла в почвах [7, 17, 22, 25]. Видимые симптомы, вызванные повышенным содержанием Ni в растениях, – это хлороз, который индуцируется железистой недостаточностью, а также торможение роста растений [19], подавление процессов фотосинтеза [10, 11, 21] и транспирации [4, 26]. Имеются данные и в отношении сельскохозяйственных культур. В частности, изучали влияние никеля на ростовые процессы у таких растений, как *Arrhenaterum elatius* (L.) J. et C.Presl, *Avena sativa* L., *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds., *Glycine hispida* (Moench.) Maxim., *Helianthus annuus* L., *Hordeum vulgare* L., *Medicago sativa* L., *Oryza sativa* L., *Trifolium repens* L., *Vicia faba* L. [8, 9, 12, 14, 15, 18, 19, 27]. Однако сопоставление результатов этих работ довольно затруднительно, так как характер действия этого элемента зависит не только от вида, сорта, возраста растений, но и от использованных его концентраций, продолжительности воздействия и сопутствующих условий. Целью настоящей работы явилось изучение влияния ионов никеля на рост проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251', широко культивируемого в Донбассе.

Семена этого сорта *O. viciifolia* собирали на участке Донецкого ботанического сада НАН Украины с растений, на которых не было заметно морфологических изменений. Проращивали семена в чашках Петри при +25°C. Один раз в сутки проветривали их в течение одного часа при комнатной температуре. Перед проращиванием семена обрабатывали раствором марганцевокислого калия. Максимум прорастания отмечен на 6-ой день. Затем 6-дневные проростки *O. viciifolia* 'Pestchany 1251' подвергали воздействию солей никеля в течение трех недель. Для этого их помещали на водные растворы сульфата никеля в концентрациях $5 \cdot 10^{-5}$ М; $1 \cdot 10^{-4}$ М; $2 \cdot 10^{-4}$ М; $2,5 \cdot 10^{-4}$ М; $3 \cdot 10^{-4}$ М; $4 \cdot 10^{-4}$ М; $5 \cdot 10^{-4}$ М, а также $1 \cdot 10^{-3}$ М раствора KCl и $5 \cdot 10^{-4}$ М раствора Ca (NO₃)₂. Контрольные растения росли на питательном растворе без никеля. Общий объем выборки для каждого варианта составлял 75 проростков. Опыт проводили в

лабораторных условиях при +23°C, относительной влажности 60–70%, освещенности 10 клк и 14-часовом освещении. Величину прироста корней *O. viciifolia* 'Pestchany 1251' определяли на 7-е, 14-е, 21-е сутки действия соли никеля. О реакции проростков на действие никеля судили по изменению размеров корня, надземной части, по накоплению биомассы (вес надземной части) и аккумуляции никеля в обеих частях проростков. Образцы для анализа подготавливали по общепринятой методике [6], содержание никеля в надземной и подземной частях проростков измеряли рентгенофлуоресцентным методом на приборе "Spectroskan" [5]. Металлоустойчивость *O. viciifolia* 'Pestchany 1251' определяли методом корневого теста, предложенного D.A.Wilkins, как отношение прироста корней в водном растворе с исследуемым металлом к приросту в водном растворе того же состава, но без металла [28]. Статистическая обработка данных проведена с помощью прикладных программ на ПЭВМ. Полученные результаты достоверны при $P < 0,05$.

Как показали наши исследования, реакция проростков *O. viciifolia* 'Pestchany 1251' на действие сульфата никеля зависела от его концентрации и продолжительности воздействия. Так, при воздействии концентраций сульфата никеля $5 \cdot 10^{-5}$ М, $1 \cdot 10^{-4}$ М на 7-ой, 14-ый и $1 \cdot 10^{-4}$ М на 21-ый день наблюдалось стимулирование роста надземной части проростков, для остальных концентраций отмечено ингибирующее действие (рис. 1, А). Для корней проростков изученного сорта выявлена аналогичная тенденция: при концентрациях $5 \cdot 10^{-5}$ М, $1 \cdot 10^{-4}$ М, $2 \cdot 10^{-4}$ М на 7-ой, 14-ый, $5 \cdot 10^{-5}$ М, $1 \cdot 10^{-4}$ М на 21-ый день – стимулирование, в остальных вариантах – ингибирующее действие (рис. 1, Б). У 14-дневных проростков приостанавливался рост главного корня и образовывались корни первого и второго порядков. При этом наблюдалось утончение и пожелтение корней, а в некоторых случаях – их отгнивание.

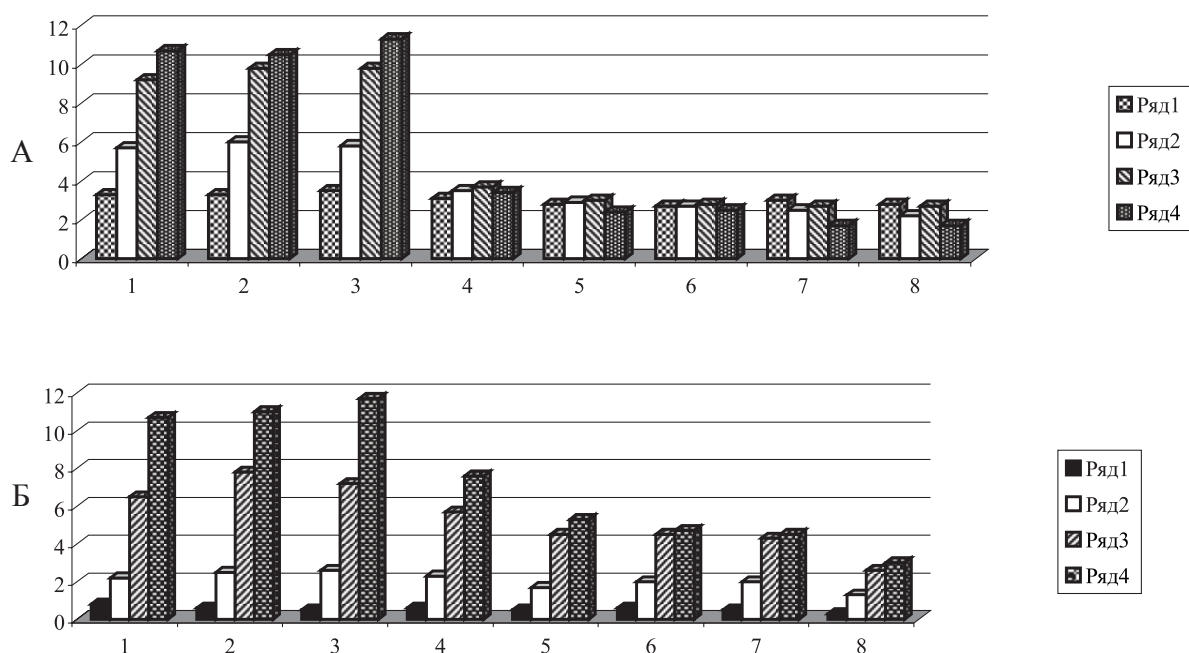


Рис. 1. Прирост (см) надземной части (А) и корней (Б) проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' в связи с воздействием сульфата никеля различных концентраций:

1 – контроль, 2 – $5 \cdot 10^{-5}$ М, 3 – $1 \cdot 10^{-4}$ М, 4 – $2 \cdot 10^{-4}$ М, 5 – $2,5 \cdot 10^{-4}$ М,
6 – $3 \cdot 10^{-4}$ М, 7 – $4 \cdot 10^{-4}$ М, 8 – $5 \cdot 10^{-4}$ М.

Условные обозначения: 1 ряд – 0 дней, 2 ряд – 7 дней, 3 ряд – 14 дней, 4 ряд – 21 день

Степень аккумуляции ионов никеля корнями и надземной частью проростков этого сорта с возрастанием концентрации его в растворах увеличивалась, причем в большей мере корнями (рис. 2). Продуктивность растений немного увеличивалась при концентрациях $5 \cdot 10^{-5}$ М и $1 \cdot 10^{-4}$ М, затем заметно снижалась (рис. 3). Наибольшая масса надземной части проростков и их корней выявлена при концентрации ионов никеля $1 \cdot 10^{-4}$ М. Металлоустойчивость при 7-, 14-, 21-дневном угнетении проростков *O. viciifolia* 'Pestchany 1251' ионами никеля представлена в таблице. Анализируя данные этой таблицы, можно отметить уменьшение металлоустойчивости при возрастании концентраций ионов никеля и увеличении продолжительности их воздействия. Наибольшие величины индекса устойчивости проростков (1,54; 1,59; 1,83) отмечены соответственно при концентрациях никеля $5 \cdot 10^{-5}$ М (7-дневное) и $1 \cdot 10^{-4}$ М (14-и 21-дневное угнетение). Однако при низких концентрациях изменения индекса металлоустойчивости несколько отличались: при концентрации $1 \cdot 10^{-4}$ М величина его несколько увеличивалась – от 1,02 у 7-дневных проростков до 1,83 у проростков на 21-ый день жизни; при концентрации $2 \cdot 10^{-4}$ М – на 14-ый день незначительно увеличивалась, а затем к 21-му дню снижалась.

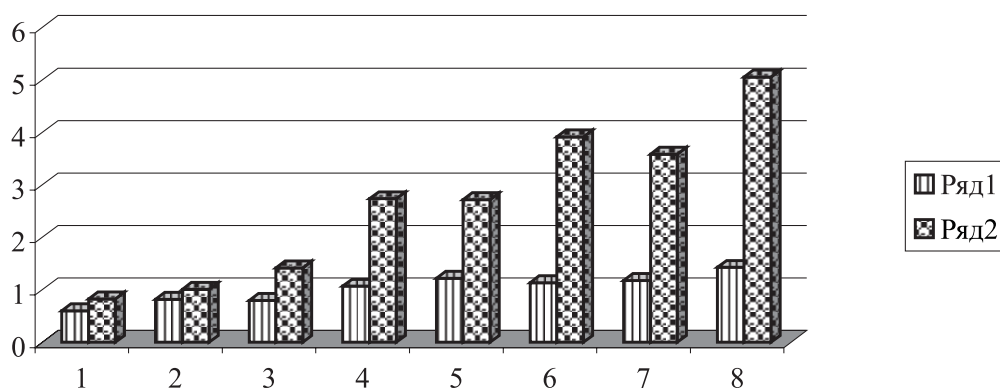


Рис. 2. Накопление никеля (мг/кг сухой массы) в надземной части и корнях 28-дневных проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' под воздействием растворов сульфата никеля различных концентраций (те же, что указаны для рис. 1).
Условные обозначения: 1 ряд – надземная часть, 2 ряд – корни

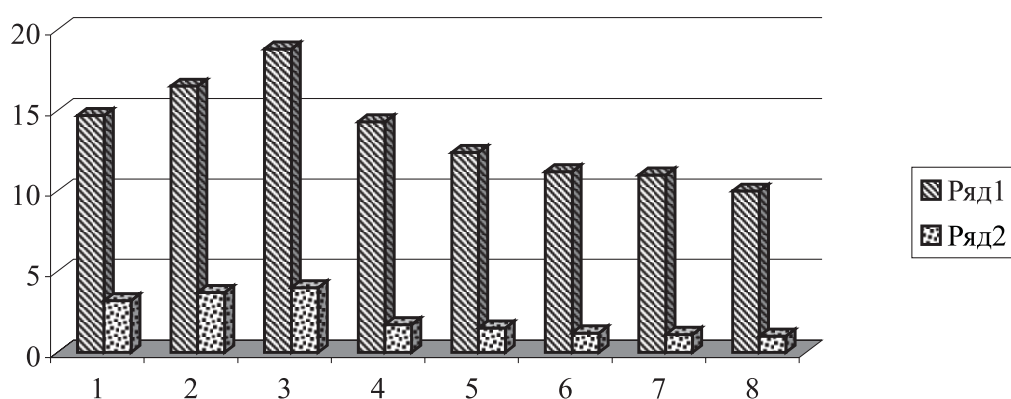


Рис. 3. Масса (мг) надземной части и корней 28-дневных проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' в связи с воздействием растворов сульфата никеля различной концентрации (те же, что указаны для рис. 1).
Условные обозначения: 1 ряд – надземная часть, 2 ряд – корни

Таблица. Индекс металлоустойчивости 28-дневных проростков *Onobrychis viciifolia* Scop 'Pestchany 1251' в связи с влиянием ионов никеля

Концентрация водного раствора сульфата никеля	Индекс металлоустойчивости		
	7 дней	14 дней	21 день
$5 \cdot 10^{-5}$ М	1,54	1,14	0,99
$1 \cdot 10^{-4}$ М	1,02	1,59	1,83
$2 \cdot 10^{-4}$ М	0,55	0,61	0,52
$2,5 \cdot 10^{-4}$ М	0,61	0,57	0,44
$3 \cdot 10^{-4}$ М	0,45	0,45	0,39
$4 \cdot 10^{-4}$ М	0,50	0,46	0,39
$5 \cdot 10^{-4}$ М	0,49	0,35	0,37

Таким образом, результаты проведенной работы позволили выявить влияние ионов никеля на ростовые процессы *O. viciifolia* 'Pestchany 1251'. При этом степень подавления роста находилась в прямой зависимости от продолжительности воздействия растворов сульфата никеля. У 14-дневных проростков приостанавливался рост главного корня, образовывались корни первого и второго порядков, наблюдалось их утончение и пожелтение, в некоторых случаях и отгнивание. Наибольшая аккумуляция никеля отмечена в корнях, что очень важно при использовании этого сорта в кормопроизводстве Донбасса. Продуктивность растений при длительном воздействии растворов сульфата никеля заметно снижалась.

1. Дудик А.М. Временные методические рекомендации по геолого-экологическим работам в пределах горнопромышленных районов Украины. – Донецк: Б.и., 1992. – 105 с.
2. Земля тревоги нашої. За матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2005 році / Під ред. С.В. Третьякова. – Донецьк: Б.в., 2006. – 108 с.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
4. Майданюк А.В., Романицак С.П., Хомчак М.Е. Влияние никеля на рост, развитие и некоторые биохимические показатели гороха // Микроэлементы в окружающей среде. – Киев: Б.и., 1980. – С. 38–43.
5. Методические указания по проведению энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа растительных материалов / Под ред. Ю.И. Логинова. – М.: Колос, 1983. – 47 с.
6. Методы биохимического исследования растений / Под общ. ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
7. Устойчивость к тяжелым металлам / Под ред. Н.В. Алексеевой–Поповой. – Л.: Б.и., 1991. – 214 с.
8. Allinson D.W., Dzialo C. The influence of lead, cadmium, and nickel on the growth of ryegrass and oats // Plant and Soil. – 1981. – 62, № 1. – P. 84 – 89.
9. Anderson A.L., Meyer D.R., Mayer F.K. Heavy metal toxicities: levels of nickel, cobalt and chromium in the soil and plants associated with visual symptoms and variation in growth of an oat crop // Aust. J. Agric. Res. – 1973. – 24. – P. 557.
10. Austenfeld F.A. Nettophotosynthese der Primär- und Folgeblätter von *Phaseolus vulgaris* L. unter dem Einfluss von Nickel, Kobalt und Chrom // Photosynthetica (CSSR). – 1979. – 13, № 4. – P. 434 – 438.
11. Carlson R.W., Bazzaz F.A., Rolf G.L. The effect of heavy metals on plants. II. Net photosynthesis and transpiration of whole corn and sunflower plants treated with Pb, Cd, Ni and Tl // Environ. Res. – 1975. – 10, № 1. – P. 113–120.
12. 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.
13. Crooke W.M. Effect of soil reaction on uptake of nickel from a serpentine soil // Soil. Sci. – 1956. – 81, № 4. – P.269–276.

14. 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.
15. Das P.K., Kar M., Mishra D. Nickel nutrition of plants: I. Effect of nickel on some oxidase activities during rice (*Oryza sativa* L.) seed germination // *Z. Pflanzenphysiol.* – 1978. – Bd. 90, Hf. 3. – P. 225–233.
16. Deller B., Ranfft K., Kipplinger A. Aufnahme, Wirkung und Extrahierbarkeit von Schwermetallen in Keimpflanzenversuchen mit Sommergerste // *Bodenkultur*. – 1984. – Bd. 35, Hf. 3. – S. 233–245.
17. Gabbriellini R., Gremigni P., Pandolfini T.A. Ni-malate complex in roots and xylem fluids of a Ni-hyperaccumulator species // *Abstr. 8th Congr. Fed. Eur. Soc. Plant Physiol., Brno, 3-8 July, 1994.* – *Biol. Plant.* – 1994. – 36, Suppl. – P. 269.
18. Mirra J., Pandey V., Singh N. Effect of some heavy metals on root growth of germinating seeds of *Vicia faba* // *J. Environ. Sci. and Health. A.* – 1994. – 29, № 10. – P. 2229–2934.
19. Mizuno N. Interaction between iron and nickel and copper and nickel in various plant species // *Nature*. – 1968. – 219, № 5160. – P. 1271–1272.
20. Peicea J., Arion C. Influenta Cu, Mn, Ni, Co asupra germinatilor si dezvoltarii “in vitro” a simintelor unor plante // *Stud. Si cere. Boil. – Ser. Biol. Veg.* – 1993. – 45. – № 1. – S. 85–90.
21. Prakiewicz M. Wplyw nielnu na aparat fotosyntetyczny roslin // *Wiad. Bot.* – 1994. – 38, № 1–2. – S. 77–84.
22. Proktor J., Woodell S.R.J. The ecology of serpentine soils // *Adv. Ecol. Res.* – 1975. – 9. – P. 255–365.
23. Roth J.A., Wallihan E.F., Sharpless R.G. Uptake by oats and soybeans of copper and nickel added to a peat soil // *Soil. Sci.* – 1971. – 112, № 5. – P. 338–342.
24. Soane B.D., Saunderson D.H. Nickel and chromium toxicity of serpentine soils in Southern Rhodesia // *Soil. Sci.* – 1959. – 88, № 3. – P. 322–330.
25. Swaine D.J. The trace element content of soils // *Tech. Commun. Commonw Bur. Soils.* – 1995. – № 48. – P. 1–157.
26. Taylor R.W., Allison D.W. Influence of lead, cadmium and nickel on the growth of *Medicago sativa* L. // *Plant a Soil.* – 1981. – 91, № 5. – P. 223–236.
27. Vesper S.J., Weidensaul T.C. Effects of cadmium, nickel, copper and zinc on nitrogen fixation by soybeans // *Water, AIR Soil Pollut.* – 1978. – 4. – P. 431.
28. 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 08.06.2007

УДК 581.192: 581.52: 582.998

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ НИКЕЛЯ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ *ONOBRYCHIS VICIFOLIA* SCOP. 'PESTCHANY 1251'

И.Н. Остапко

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Изучали ответную реакцию проростков *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251' на воздействие сульфата никеля в зависимости от его концентрации и продолжительности действия. Степень подавления роста и продуктивности растений находилась в прямой зависимости от продолжительности воздействия. Однако, в некоторых случаях отмечена незначительная стимуляция роста и массы надземной части и корней проростков. У 14-дневных проростков приостанавливался рост главного корня, образовывались корни первого и второго порядков, наблюдалось их утончение и пожелтение, в некоторых случаях и отгнивание. Наибольшая аккумуляция никеля отмечена в корнях.

UDC 581.192:581.52:582.998

NICKEL ION EFFECT ON SPROUT GROWTH OF *ONOBRYCHIS VICIFOLIA* SCOP. 'PESTCHANY 1251'

I.N. Ostapko

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

Response of *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' sprouts to nickel sulfate effect was researched depending on its concentration and exposure time. Growth inhibition level and plant productivity are found fully depending on exposure time. However, sometimes insignificant growth promotion of aboveground part of sprouts as well as their roots is registered. Fourteen-days-old sprouts are revealed to check in growth of main root; roots of the first and of the second order began to appear, their thinning, yellowing and sometimes decay is observed as well. The most accumulation of nickel is revealed in roots.