

И.Н. Остапко

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ ХРОМА НА ПРОРОСТКИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ И СОРТОВ РАСТЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КОРМОПРОИЗВОДСТВЕ ДОНБАССА

ионы хрома, проростки, кормовые и лекарственные растения, металлоустойчивость

В результате антропогенного загрязнения в поверхностном слое почвы увеличивается содержание хрома, который в значительных количествах оказывает токсическое действие на растения и сельскохозяйственных животных [6]. В Донецкой области источниками хрома являются отходы металлургической промышленности и осадки сточных вод. По данным А.М. Дудика, региональный фон по хрому составляет 92 мг/кг почвы [4]. Наибольшие площади превышения фона в 2–3 раза находятся в Амвросиевском, Новоазовском, Першотравневом районах; превышение фона в 5 раз разбросано отдельными точками во многих районах. Из техногенных источников поступает ион Cr^{+6} , который очень нестабилен и легко мобилизуется как в кислых, так и щелочных почвах [6, 13, 15, 16, 18]. При pH более 7 растворимость хрома возрастает. Избыток его соединений способствует образованию ряда канцерогенных веществ, которые вызывают в организмах хромосомные отклонения, мутации, повреждение ДНК [22], ингибирование активности ферментов нитратредуктазы, глутаматсинтазы и глутаминсинтетазы [3, 5, 21], хлорофиллазы [1]. А это, в свою очередь, в растениях сопровождается снижением нитратного азота [5], замедлением роста и уменьшением объема корней [10], увяданием надземной части, хлорозом, побурением молодых листьев, разрушением тонкой структуры хлоропластов и их мембран [12]. Фитотоксичность хрома выявлена для *Avena sativa* L., который произрастал на почвах, сформированных на ультраосновных породах [11], трав на пастбищах, орошаемых сточными водами [19]. Имеются данные о влиянии соединений хрома на ростовые процессы декоративных цветочных [2, 5, 10] и некоторых сельскохозяйственных растений (*Zea mays* L., *Hordeum vulgare* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Oryza sativa* L.) [9, 14, 17, 20, 24]. Даже незначительные количества занесенного хрома снижали содержание почти всех основных питательных элементов в надземной части растений, а также калия, фосфора, железа и магния в корнях кормовых культур [23]. Однако, сопоставление результатов данных работ довольно затруднительно, так как характер действия хрома зависит не только от вида, сорта и возраста растений, но и от использованных его концентраций, продолжительности воздействия и сопутствующих условий. В связи с этим возникает необходимость исследования ответной реакции растений на воздействие этого элемента в агроэкосистемах, поскольку он включается в трофические цепи. Поэтому целью настоящей работы явилось изучение влияния ионов хрома на рост проростков некоторых видов кормовых и лекарственных растений, используемых в кормопроизводстве Донбасса, для предупреждения отравлений животных солями тяжелых металлов.

Объектами исследований были проростки таких видов и сортов кормовых и лекарственных растений: *Arrhenatherum elatius* (L.) J. et C.Presl, *Echinacea purpurea* (L.) Moench, *Elytrigia elongata* (Host) Nevski, *E. elongata* 'Sarmatsky', *Medicago sativa* (L.) 'Veselopodolaynskaya', *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251'. Из них *Echinacea purpurea*

используется в традиционной медицине, а *Medicago sativa* и *Onobrychis viciifolia* – в народной. Семена собраны в Донецком ботаническом саду НАН Украины с растений, которые не имели заметных морфологических изменений. Для опыта отбирали почву с участка новых кормовых растений, высушивали ее до воздушно-сухого состояния (тип почвы – чернозем обыкновенный, среднемощный, среднегумусный, тяжело-суглинистый, pH – 7,7, содержание хрома – 0,74 мг/кг). Растения выращивали в пластиковых сосудах емкостью около 0,6 дм³, 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. Бихромат натрия вносили в почву в виде растворов из расчета 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250 мг хрома на 1 кг почвы. Семена высеивали в количестве 25 штук, с предварительной обработкой слабым раствором марганцевокислого калия. По мере пересыхания почву поливали бидистиллятом. Контрольные растения произрастали на почве без обработки растворами бихромата натрия. 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 *Arrhenatherum elatius*, *Elytrigia elongata*, *E. elongata* 'Sarmatsky' определяли на 14-ый, 21-ый, 28-ой, 35-ый, *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251' – на 9-ый, 15-ый, 22-ой, 30-ый, 35-ый, *Echinacea purpurea* и *Medicago sativa* 'Veselopodolaynskaya' – на 21-ый, 28-ой и 35-ый день их жизни, в зависимости от момента прорастания семян. О реакции проростков на действие хрома судили по изменению длины надземной части, накоплению биомассы подземной и надземной частей и аккумуляции хрома в обеих частях проростков. Образцы для анализа подготавливали по общепринятой методике [8], а содержание хрома в надземной и подземной частях проростков и почве измеряли рентгенофлуоресцентным методом на приборе "Spectroskan" [7]. 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 [25]. Статистическая обработка данных проведена с помощью прикладных программ на ПЭВМ. Полученные результаты достоверны при P < 0,05.

Результаты эксперимента позволили установить, что реакция проростков изученных растений на бихромат натрия зависела от вида, концентрации растворов и длительности воздействия. Выявлено угнетающее действие ионов хрома на высоту проростков кормовых и лекарственных растений. Однако, в некоторых случаях имеет место и незначительная стимуляция роста проростков: у *Echinacea purpurea* – на 35-й день при внесении хрома в почву 25, 50, 75, 100, 125 мг/кг, *Elytrigia elongata* – на 14-й и 28-ой дни при 25, на 35-й день при 25 и 150 мг/кг, *Elytrigia elongata* 'Sarmatsky' – на 28-ой день при 75 мг/кг, *Medicago sativa* 'Veselopodolaynskaya' – на 21-й день при концентрациях 25, 75, 175, 200 мг/кг. Гибель растений наблюдалась у *Echinacea purpurea* при воздействии растворов бихромата натрия на 28-ом дне, начиная со 150 мг/кг и далее, а у *Medicago sativa* 'Veselopodolaynskaya' – на 35-й день, начиная с концентрации 75 мг/кг и далее. Для *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251' во всех концентрациях хрома прослеживается аналогичная тенденция – ингибирование роста проростков, и лишь в некоторых случаях отмечена незначительная стимуляция: на 15-е сутки – при концентрации 50 мг/кг, на 30-е и 35-е сутки – при концентрации 75 мг/кг и 50, 100 мг/кг соответственно (рис. 1). При этом на 22-е сутки у *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251' обнаружено появление боковых корней и первые признаки утончения и отгнивания стебля, на 30-е – гибель некоторых растений.

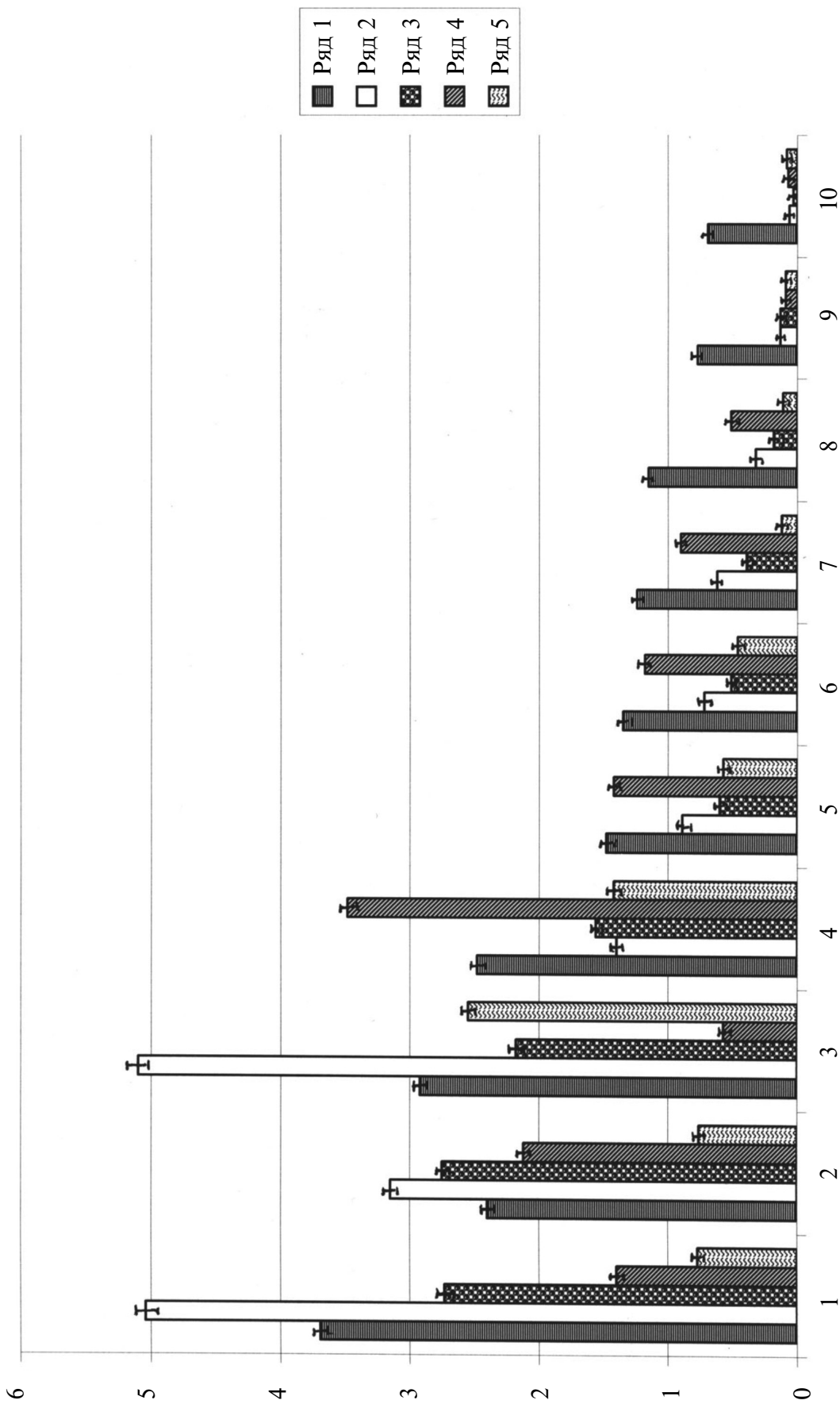


Рис. 1. Прирост (см) надземной части проростков *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' в связи с воздействием растворов бихромата натрия разных концентраций (хрома в мг/кг почвы):
 1 - контроль, 2 - 25, 3 - 50, 4 - 75, 5 - 100, 6 - 125, 7 - 150, 8 - 175, 9 - 200, 10 - 225 мг/кг.
 Условные обозначения: 1 ряд - 9 дней, 2 ряд - 15 дней, 3 ряд - 22 дня, 4 ряд - 30 дней, 5 ряд - 35 дней.

Все изученные концентрации растворов бихромата натрия больше влияют на корневую систему проростков. Для всех растений отмечены некоторые максимумы накопления хрома в подземной части растений: *Elytrigia elongata* и *Elytrigia elongata* 'Sarmatsky' – при 25 мг/кг, *Echinacea purpurea* – 50 мг/кг, *Arrhenatherum elatius* – 75 мг/кг, *Medicago sativa* 'Veselopodolaynskaya' – 125 мг/кг, *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251' – 175 мг/кг, в дальнейшем количество его резко снижается. Для корневой системы *Arrhenatherum elatius* данная зависимость представлена на рисунке 2. Вследствие эксперимента выявлено, что масса надземной части проростков опытных растений значительно превосходит массу их корневой системы. Однако, с увеличением концентраций растворов величины этих показателей заметно уменьшаются. Так, например, для *Elytrigia elongata* при воздействии ионов хрома в растворе в 25 мг/кг имеет место некоторое увеличение массы корней, затем эта величина резко падает (рис. 3). Аналогичная закономерность отмечена и для остальных видов и сортов.

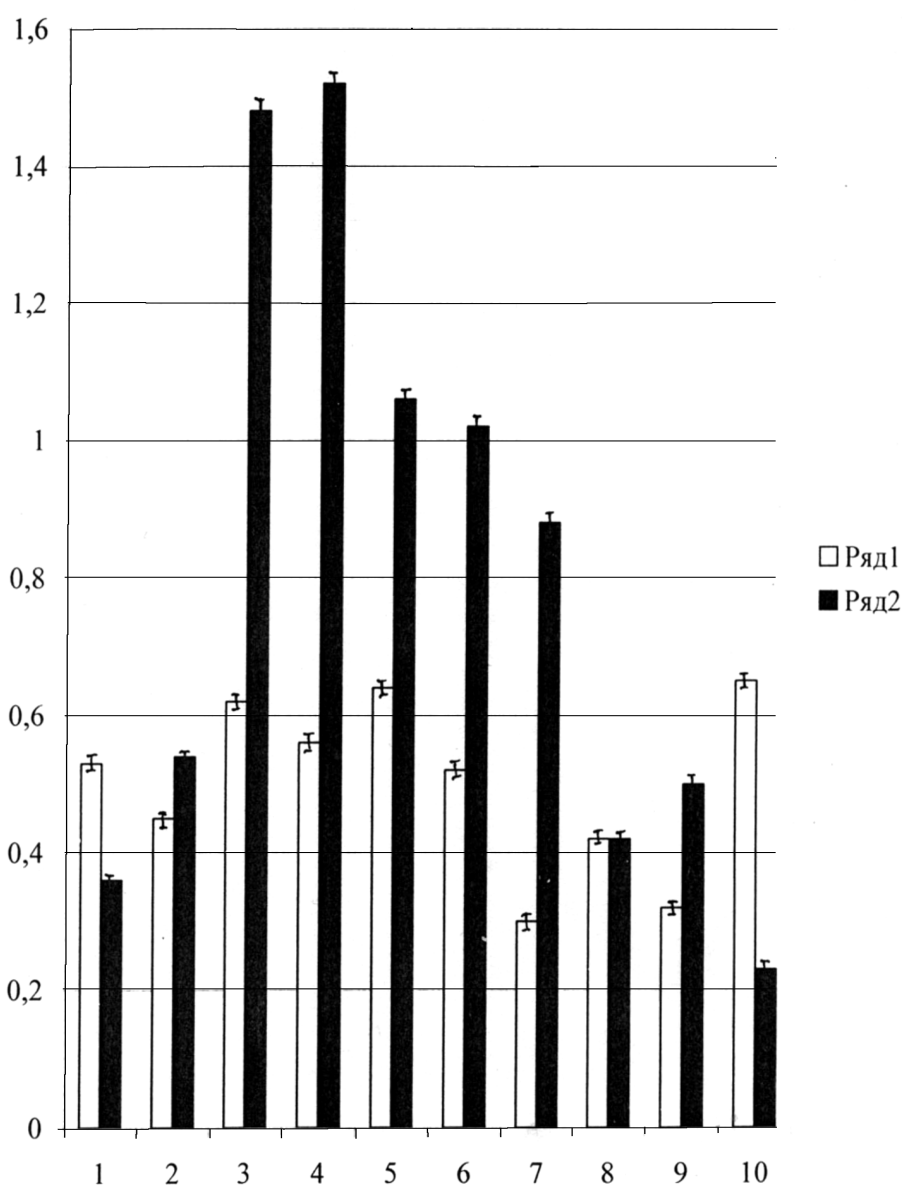


Рис. 2. Накопление хрома (мг/кг сухой массы) в надземной части и корнях 35-дневных проростков *Arrhenatherum elatius* (L.) J. et C.Presl под воздействием растворов бихромата натрия разных концентраций (те же, что указаны для рис. 1).
Условные обозначения: 1 ряд – проростки, 2 ряд – корни

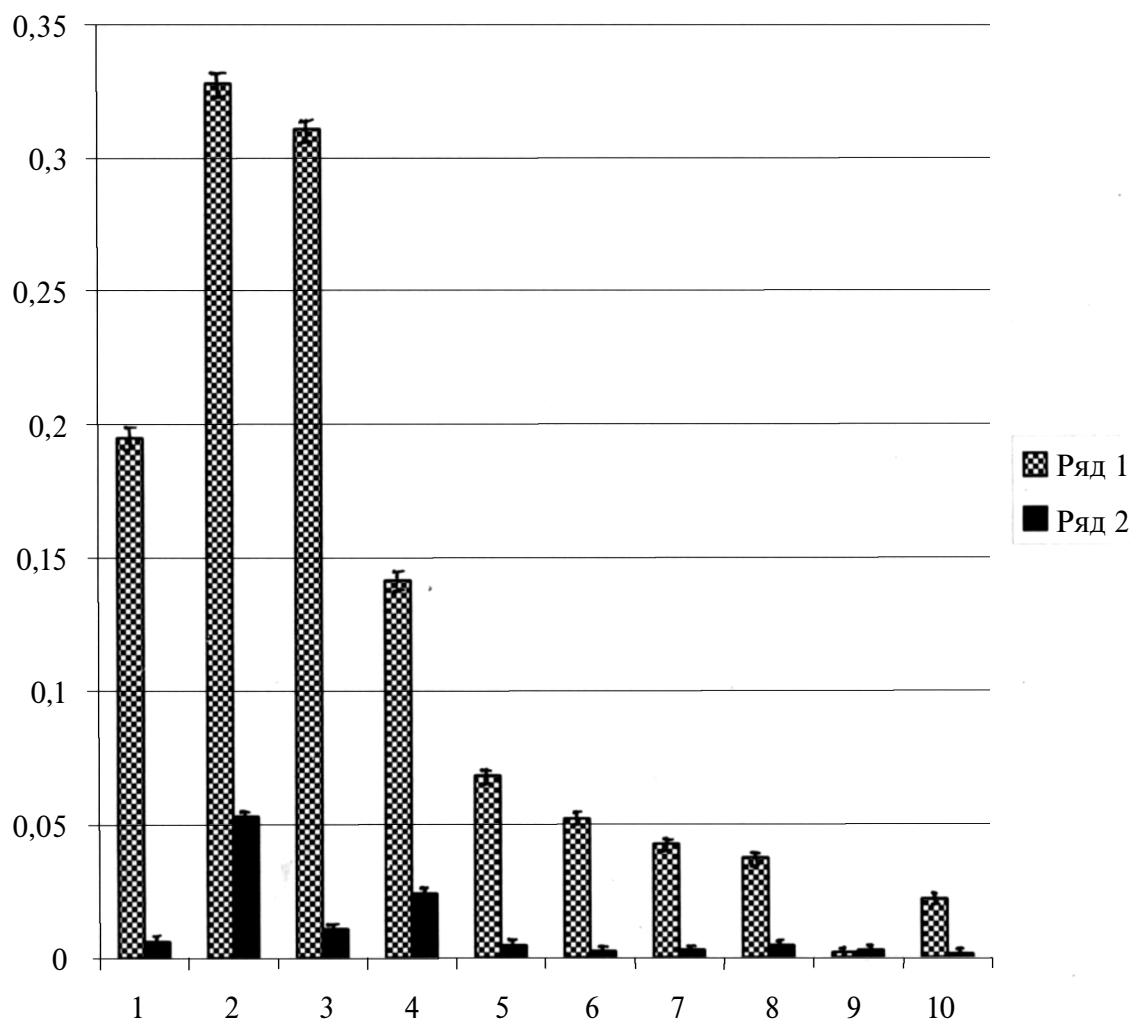


Рис. 3. Масса (г) корней и надземной части 35-дневных проростков *Elytrigia elongata* (Host) Nevski в связи с воздействием растворов бихромата натрия разных концентраций (те же, что указаны для рис. 1).
Условные обозначения: 1 ряд - проростки, 2 ряд - корни

Сравнительное изучение влияния ионов хрома на рост проростков некоторых видов кормовых и лекарственных растений показало, что *Echinacea purpurea* и *Medicago sativa* 'Veselopodolaynskaya' являются менее устойчивыми. При этом величины индексов металлоустойчивости находятся в тесной зависимости от вида исследованных растений. Максимумы индексов устойчивости для *Echinacea purpurea* (1,19) и *Medicago sativa* 'Veselopodolaynskaya' (1,01) приходятся на концентрацию хрома 12,5 мг/кг, для *Arrhenatherum elatius*, *Elytrigia elongata*, *E. elongata* 'Sarmatsky' - 25 мг/кг, а для *Onobrychis viciifolia* 'Pestchany 1251' - 75 мг/кг, по мере повышения концентраций этот показатель несколько уменьшается (таблица).

Таким образом, установлено угнетающее действие ионов хрома на проростки некоторых видов растений (*Arrhenatherum elatius* (L.) J. et C.Presl, *Echinacea purpurea* (L.) Moench, *Elytrigia elongata* (Host) Nevski, *E. elongata* (Host) Nevski 'Sarmatsky', *Medicago sativa* (L.) 'Veselopodolaynskaya', *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251'). В некоторых случаях наблюдается незначительная стимуляция роста, что может быть связано с почвенными механизмами связывания хрома в соединения, которые не переходят в

Таблица. Индекс металлоустойчивости 35-дневных проростков некоторых видов и сортов растений в связи с влиянием ионов хрома

Количество хрома в мг/кг почвы	Индекс металлоустойчивости			
	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) J. et C.Presl	<i>Elytrigia elongata</i> (Host) Nevski	<i>Elytrigia elongata</i> (Host) Nevski 'Sarmatsky'	<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop. 'Pestchany 1251'
25	0,83	1,11	0,75	0,44
50	0,24	0,18	0,12	0,51
75	0,09	0,10	0,09	1,08
100	0,10	0,10	0,08	0,75
125	0,13	0,03	0,07	0,88
150	0,12	0,05	0,06	0,90
175	0,12	0,04	0,05	0,95
200	0,17	0,05	0,04	0,97
225	0,10	0,10	0,03	0,91

растения. При этом максимальное его количество накапливается в корневой системе проростков изученных растений. Наиболее толерантным к воздействию ионов хрома является *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251'. Однако, при интерпритации экспериментальных данных необходимо критически подходить к количественной оценке поступления хрома в растения, поскольку в лабораторных опытах и полевых условиях эти показатели могут не совпадать.

1. Безсонова В.П., Яковлева С.О. Вплив надлишку хрому на активність хлорофілази в листках рослин // Укр. ботан. журн. - 1999. - 56, № 4. - С. 364-369.
2. Безсонова В.П., Яковлева С.О. Влияние избытка хрома на анатомическую структуру листа виргинильных декоративных цветочных растений // Тр. II Междун. конф. по анатомии и морфологии растений (Санкт-Петербург, 14-18 октября 2002 г.). - СПб: Б.и., 2002. - С. 324-323.
3. Биологическая роль микроэлементов / Отв. ред. В.В.Ковальский, И.Е.Воротницкая. - М.: Наука, 1983. - 238 с.
4. Дудик А.М. Временные методические рекомендации по геолого-экологическим работам в пределах горнопромышленных районов Украины. - Донецк: Б.и., 1992. - 105 с.
5. Іванченко О.Є. Еколого-фізіологічні особливості азотного обміну декоративних однорічних рослин як індикатора забруднення промислових територій залізом та хромом: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16. - Дніпропетровськ, 2006. - 20 с.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. - М.: Мир, 1989. - 439 с.
7. Методологические указания по проведению энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа растительных материалов. - М.: Колос, 1983. - 47 с.
8. Методы биохимического исследования растений / А.И.Ермаков, В.В.Арасимович, М.И.Смирнова-Иконникова и др. - Л.: Агропромиздат, 1987. - 430 с.
9. Рогозинский М.С., Шелифост А.Е., Костышин С.С. и др. Действие ионов тяжелых металлов на растения в культуре in vitro // Физиология и биохимия культ. растений. - 1998. - 30, № 6. - С. 465-471.
10. Яковлева С.О. Біологія інтродукованих квітково-декоративних однорічних рослин різних систематичних груп в умовах забруднення оточуючого середовища хромом: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.05. - Ялта, 2000. - 17 с.
11. Anderson A.J., 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 oat crop. // Aust. J. Agric. Res. - 1973. - 24. - P. 557-581.
12. Baszynski T., Krol M., Wolinska D. Photosynthetic apparatus of *Lemna minor* L. as affected by chromate treatment // Akoyunoglou G. Photosynthesis. II. electron Transport and Photophosphorylation. - Philadelphia, 1981. - P. 11-127.
13. Beckett P.H.T., Davis R.D., Brindley P., Chem C. The disposal of sewage sludge onto farmland: the scope of the problem of toxic elements // Water Pollut. Control. - 1979. - 78. - P. 419-425.

14. Davis R.D., Beckett P.H., Wollan E. Critical levels of twenty potentially toxic elements in young spring barley. - Plant Soil. - 1978. - 49. - P. 395-406.
15. Diez Th., Rosopulo A. Schwermetallgehalte in Böden und Pflanzen nach extrem hohen Klärschlammgaben // Sonderdruck Landw. - Forsch, 1976. - 33. - S. 236.
16. El-Bassam N., Poelstra P., Frissel M.J. Chrom und Quecksilber in einem seit 80 Jahren mit städtischen Abwasser berieselten Boden // Z. Pflanzenernaehr. - Bodenkd., 1975. - 3. - S. 309-317.
17. Gough L.P., Shacklette H.T., Case A.A. Element concentrations toxic to plants, animals, and man // U.S. Geol. Surv. Bull. - 1979. - 1466. - P. 80-93.
18. Hemkes O.J., Kemp A., Broekhoven L.W. Accumulation of heavy metals in the soil due to annual dressing with sewage sludge // Neth. J. Agric. Sci. - 1980. - 28. - P. 228-234.
19. Kabata-Pendias A., Pendias H. Trace Elements in the Biological Environment // Wyd. Geol. - Warsaw, 1979. - 300 p.
20. Kitagishi K., Yamane I. Heavy Metal Pollution in Soils of Japan // Japan Science Society Press. - Tokyo, 1981. - P. 302-407.
21. Schroeder H.A., Balassa J.J., Tipton I.H. Abnormal trace metals in man; chromium // J. Chron. Dis. - 1962. - 15. - P. 941-952.
22. Sugiyama M. Role of Paramagnetic Chromium in Chromium (VI)-induced Damage in Cultured Mammalian Cells // Environmental Health Perspectives. - 1994. - Supplement 3. September. - V. 102. - P. 31-33.
23. Turner M.A., Rust R.H. Effects of chromium on growth and mineral nutrition of soybeans // Soil. Sci. Am. Proc. - 1971. - 35. - P. 755-765.
24. Wallace A., Alexander G.V., Chaudhry F.M. Phytotoxicity of cobalt, vanadium, titanium, silver and chromium // Commun. Soil.Sci. Plant Anal. - 1977. - 8. - P. 751-783.
25. 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 18.08.2006

УДК 581.192: 581.52: 582.998

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ ХРОМА НА ПРОРОСТКИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ И СОРТОВ РАСТЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КОРМОПРОИЗВОДСТВЕ ДОНБАССА

И.Н. Остапко

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Изучали ответную реакцию некоторых видов и сортов растений, используемых в кормопроизводстве Донбасса, на воздействие растворов бихромата натрия в зависимости от их концентрации и продолжительности действия. Установлено, что ионы хрома ингибируют рост проростков всех изученных растений. При этом максимальное его количество накапливается в корнях проростков. Рассчитаны индексы металлоустойчивости растений, величины которых разные для изученных видов и сортов растений. Наиболее толерантными к воздействию ионов хрома является *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251'.

UDC 581.192: 581.52: 582.998

CHROME IONS INFLUENCE ON SPROUTS OF SOME PLANT SPECIES AND VARIETIES BEING USED IN DONBASS FODDER PRODUCTION

I.N. Ostapko

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

Response of some plant species and varieties, being used in Donbass fodder production, on bichromate sodium action depending on its concentration and acting duration was studied. It was fixed that the growth of all studied plant sprouts was inhibited by the chrome ions. Its maximum amount accumulated in the root system of sprouts. Indices of plant resistance are calculated and their values being different for studied plant species and varieties. *Onobrychis viciifolia* Scop. 'Pestchany 1251' being the most tolerant to chrome ions action.