

ПРИМЕНЕНИЕ ЭДТА, ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ В ПРОЦЕССЕ ФИТОЭКСТРАКЦИИ НИКЕЛЯ И КАДМИЯ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

V.A. Lvova, I.S. Korotchenko

APPLICATION OF EDTA, SUCCINIC ACID IN THE COURSE OF PHYTOEXTRACTION OF NICKEL AND CADMIUM FROM THE POLLUTED SOILS

Львова В.А. – магистрант каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: dfktybyf1991_21@mail.ru

Коротченко И.С. – канд. биол. наук, доц. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: kisapi@mail.ru

Lvova V.A. – Magistrate Student, Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: dfktybyf1991_21@mail.ru

Korotchenko I.S. – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: kisapi@mail.ru

Статья рассматривает возможность применения этилендиаминтетрауксусной и янтарной кислот в процессе фиторемедиации почв, загрязненных никелем и кадмием. В статье определяется цель исследования, которая заключалась в оценке влияния этилендиаминтетрауксусной и янтарной кислот на процесс фитоэкстракции никеля и кадмия. Для оценки влияния янтарной и этилендиаминтетрауксусной кислот использовали показатели морфометрических параметров (длина побега и главного корня) 21-дневных проростков растений рапса сорта Надежный-92, горчицы сорта Семеновская, растительной биомассы и относительного показателя – фитотоксического эффекта в условиях лабораторно-вегетационного опыта. В результате проведения исследований выявлено, что на загрязненной кадмием почве при добавлении этилендиаминтетрауксусной кислоты длина побега горчицы увеличилась на 15 %, длина главного корня – на 13 %. В варианте с внесением в почву, загрязненную кадмием, с применением янтарной кислоты наблюдается увеличение показателей длины побега и главного корня рапса на 20 %. С применением эффекторов фиторемедиации наблюдается увеличение показателей биомассы до 22 %. Коэффициент фитотоксического эффекта, характеризующий долю снижения биомассы растений, выращенных на загрязненной почве,

относительно биомассы растений, выращенных на условно чистой почве, показывает уменьшение токсического действия кадмия и никеля на растения при внесении в почву этилендиаминтетрауксусной и янтарной кислот. Таким образом, при выращивании горчицы на загрязненной кадмием почве наиболее целесообразно использовать этилендиаминтетрауксусную кислоту как эффектор фиторемедиации, а при загрязнении почвы никелем – янтарную кислоту. При выращивании рапса в условиях загрязнения почвы кадмием эффективнее применять янтарную кислоту, в условиях загрязнения почвы никелем – этилендиаминтетрауксусную кислоту.

Ключевые слова: тяжелые металлы, никель, кадмий, этилендиаминтетрауксусная кислота, янтарная кислота, фиторемедиация, загрязнение почвы, рапс, горчица, морфометрические параметры, фитотоксический эффект.

The study considers the possibility of using ethylene diamine tetraacetic and succinic acids in the course of phytoremediation of the soils polluted by nickel and cadmium. The research objective was the assessment of influence of ethylene diamine tetraacetic and succinic acids on the process of phytoextraction of nickel and cadmium. For the assessment of influence of succinic and ethylene diamine tetraacetic indicators of morphometric pa-

rameters (the length of escape and the main root) of 21-days sprouts of plants of colza of the grade Nadyozhny-92, mustard of the grade Semenovskaya, vegetable biomass and a relative indicator, i.e. phytotoxic effect in the conditions of laboratory and vegetative experiments were used. As a result of carrying out researches it was revealed that on the soil polluted by cadmium with addition of ethylene diamine tetraacetic acid the length of shoots of mustard increased by 15 %, the length of the main root increased by 13 %. In the option with entering into the soil polluted by cadmium of amber acid the increase in indicators of length of and the main root of colza by 20 % was observed. With application of effectors of phytoremediation the increase in indicators of biomass to 22 % was observed. The coefficient of phytotoxic effect characterizing the share of decrease in biomass of the plants grown on the polluted soil concerning the biomass of the plants which were grown on conditionally pure soil shows the reduction of toxic effect of cadmium and nickel in plants when entering into the soil of ethylene diamine tetraacetic and succinic acids. Thus, at cultivation of mustard on the soil polluted by cadmium it is most expedient to use ethylene diamine tetraacetic acid as a phytoremediation effector, and at pollution of the soil nickel to use amber acid. At cultivation of colza in the conditions of pollution of the soil cadmium to apply succinic acid, in the conditions of pollution of the soil nickel ethylene diamine tetraacetic acid is more effective.

Keywords: heavy metals, nickel, cadmium, versenate, succinic acid, phytoremediation, pollution of the soil, colza, mustard, morphometric parameters, phytotoxic effect.

Введение. Особым антропогенным воздействием на природную среду является загрязнение почвы различными поллютантами. К числу приоритетных поллютантов, обладающих высоким токсичным, мутагенным и канцерогенным эффектом, относят тяжелые металлы (ТМ). При загрязнении почвы ТМ могут накапливаться в верхних горизонтах почвы, активно воздействуя на растения. Известны различные способы очистки почв от тяжелых металлов, среди которых практический интерес вызывает фитоэкстракция [2], суть которой состоит в поглощении ТМ

корневой системой растений и накоплении их в надземной биомассе.

При выборе растений-ремедиаторов основополагающую роль играет их аккумулирующая способность по отношению к ТМ [4, 5]. По способности аккумулировать ТМ все растения условно делят:

1) на гипераккумуляторы – растения, способные выживать в почвах с высоким содержанием токсикантов (ТМ) и сорбировать их в большом количестве в своих органах за счет защитных физиологических механизмов к избытку ТМ;

2) аккумуляторы – растения, способные накапливать ТМ в больших количествах в надземной биомассе при невысоком их содержании в почве;

3) индикаторы – растения, накапливающие ТМ таким образом, что содержание металла в растении равно его содержанию в почве;

4) исключители – устойчивые к ТМ растения, которые сохраняют низкую концентрацию ТМ в побегах при высоком уровне загрязнения.

В технологическом плане метод фитоэкстракции делят на два разных метода – индуцированную и непрерывную [6]. В первом способе используются специальные хелатирующие агенты (эффекторы фиторемедиации), которые образуют с металлами растворимые комплексы. Тяжелый металл, находящийся в составе такого комплекса, легко усваивается растениями и интенсивно транспортируется в побеги растений. Непрерывная технология фитоэкстракции отличается долгосрочностью. В основе этого способа лежит применение растений-супераккумуляторов [3].

Особо важен подбор для конкретных почвенно-климатических условий растений и хелатирующих агентов для фитоэкстракции тяжелых металлов из загрязненных почв с целью получения экологически безопасной продукции сельскохозяйственного производства.

Цель исследования: оценить влияние этилендиаминтетрауксусной (ЭДТА) и янтарной кислот на процесс фитоэкстракции никеля и кадмия.

Объекты и методы исследования. В лабораторно-вегетационном опыте исследование проводили с рапсом яровым сорта Надежный-92 и горчицей сорта Семеновская, которые вы-

ращивались в сосудах с емкостью почвы 200 г. Для закладки опыта использовался чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый.

Для проведения опыта применялись соли тяжелых металлов: кадмий сернокислый $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ в концентрации 10 мг/кг (10ПДК) почвы и никель хлористый $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в концентрации 850 мг/кг (10ПДК) почвы. Перед посевом семян в почву вносились эффекторы фиторемедиации янтарная кислота $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$ и этилендиаминтетрауксусная кислота ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$) в дозе 5 ммоль/кг. Всего было изучено 14 вариантов опыта.

В каждую емкость сеяли по 25 семян, повторность опыта – четырехкратная. На 21-е сутки проводили измерение растительной биомассы и морфометрических параметров: длины побега и главного корня.

Результаты исследования и их обсуждение. Изучая воздействие ТМ и эффекторов фиторемедиации на морфометрические параметры горчицы было установлено, что при внесении солей кадмия в почву длина побега и главного корня снизились на 21 и 19 % соответственно по сравнению с контролем, причем с добавлением янтарной кислоты и ЭДТА эти показатели незначительно увеличились. Самое благоприятное влияние эффекторов фиторемедиации обнаружено в варианте с внесением ЭДТА, длина побега увеличилась на 15 %, а длина главного корня – на 13 %. При внесении в почву солей никеля выявлено увеличение показателей длины побега на 5 % и снижение длины главного корня на 3 %. В вариантах с добавлением в почву эффекторов фиторемедиации установлено, что наибольшее положительное влияние оказывает янтарная кислота (рис. 1).

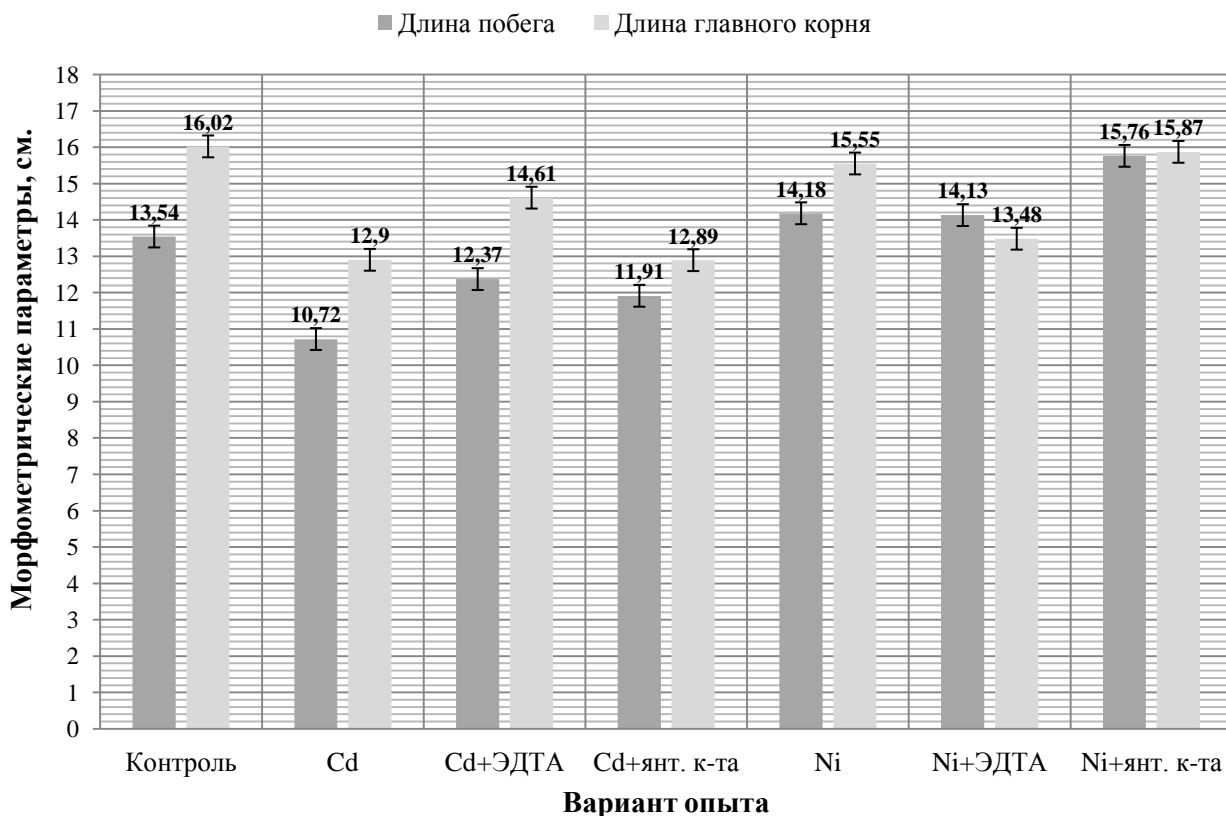


Рис. 1. Морфометрические параметры горчицы под действием кадмия, никеля и эффекторов фиторемедиации

При изучении воздействия кадмия и эффекторов фиторемедиации на морфометрические параметры рапса обнаружено положительное влияние на данный показатель. В варианте с добавлением янтарной кислоты выявлено уве-

личение показателей длины побега и главного корня на 20 %. При внесении в почву никеля наблюдается угнетение морфометрических показателей, длины побега и главного корня снизились на 7 и 12 % соответственно в сравнении с

контролем. В варианте с внесением в почву ЭДТА наблюдается увеличение значений длины

побега на 6 %, а длины главного корня – на 12 % по сравнению с вариантом без эффектора (рис. 2).

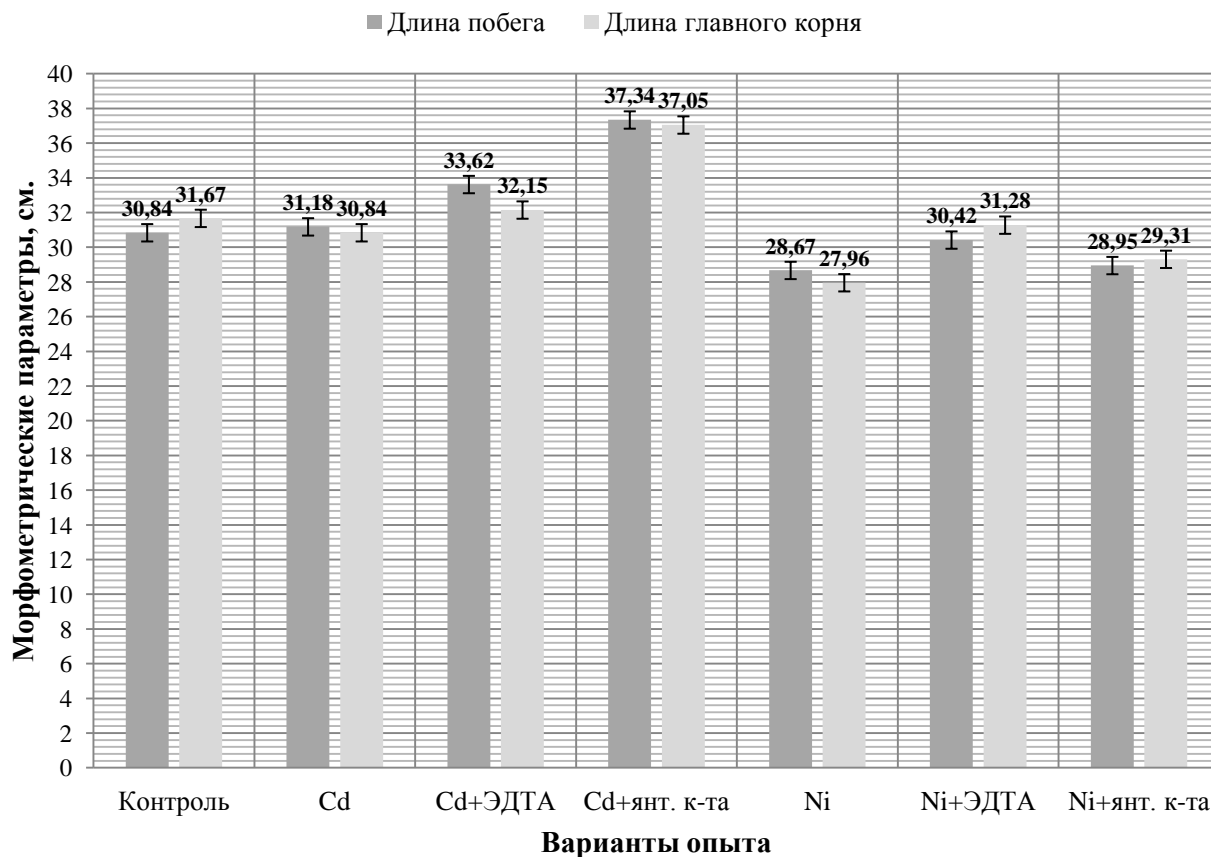


Рис. 2. Морфометрические параметры рапса под действием кадмия, никеля и эффекторов фиторемедиации

Исследования биомассы растений рапса и горчицы показали, что у данных растений увеличивается биомасса при поглощении ТМ из почвы. При выращивании горчицы на загрязненной кадмием почве биомасса увеличилась незначительно. В варианте с внесением в почву солей никеля наблюдается увеличение показателей биомассы на 22 %. С применением эффекторов фиторемедиации наилучший результат наблюдается при внесении янтарной кислоты, биомасса увеличилась на 9 % в сравнении с вариантом без эффектора. Установлено увеличение биомассы рапса на 3 % в вариантах с внесением солей кадмия, причем при добавлении янтарной кислоты биомасса увеличилась еще на 15 %. При загрязнении почвы никелем

варьирование показателей биомассы незначительное, более положительное действие оказал ЭДТА (рис. 3).

Для оценки влияния янтарной кислоты и ЭДТА использовали относительный показатель – фитотоксический эффект (ФЭ) [1]. Он характеризует долю снижения биомассы растений, выращенных на загрязненной почве, относительно биомассы растений, выращенных на условно чистой почве.

Полученные результаты ФЭ показывают, что под воздействием эффекторов фиторемедиации действие кадмия и никеля на растения рапса и горчицы снижается (рис. 4).

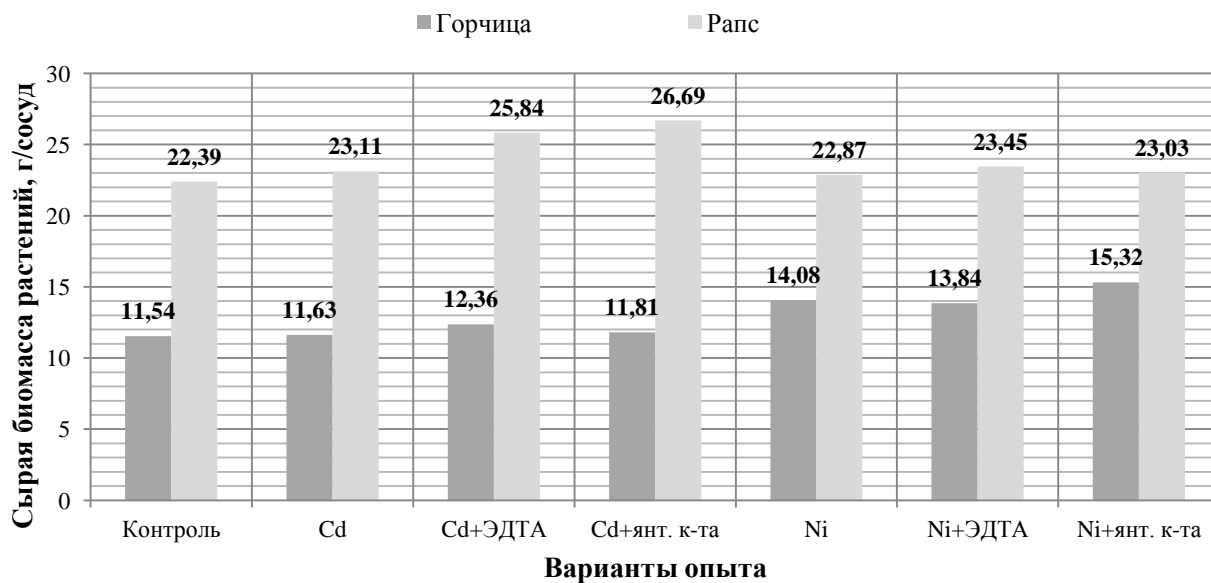


Рис. 3. Биомасса растений рапса и горчицы в исследуемых вариантах опыта

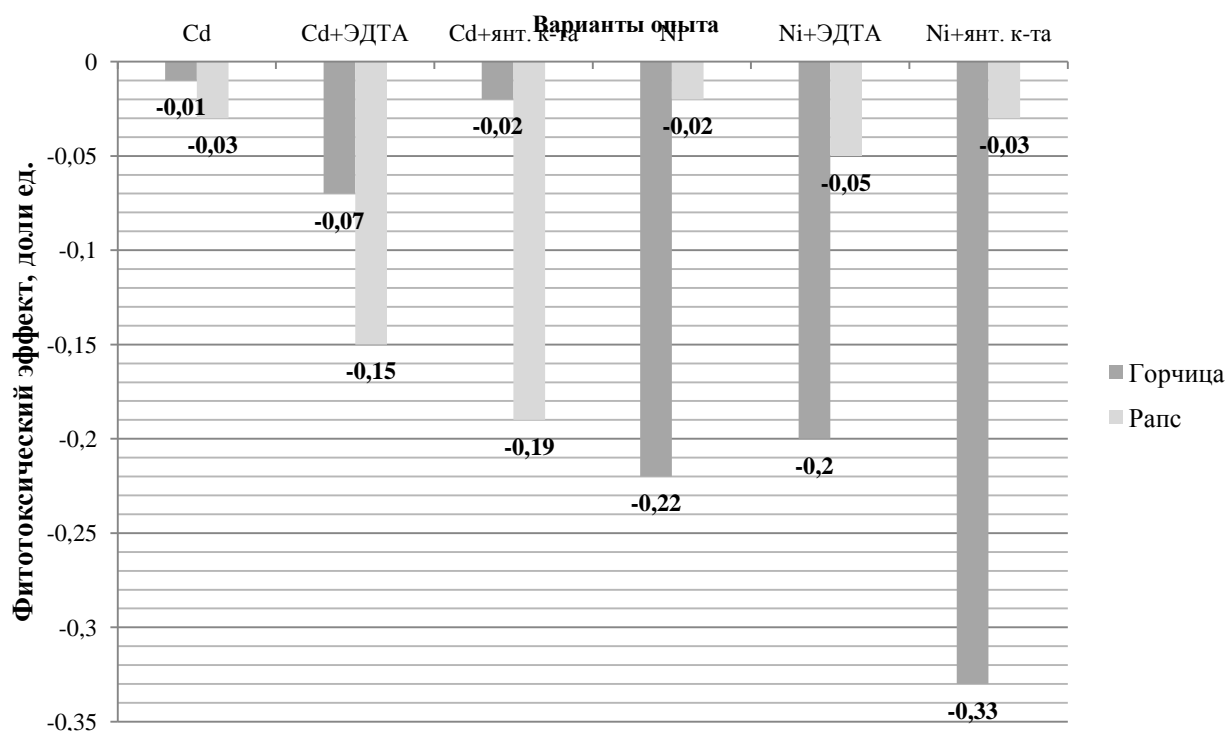


Рис. 4. Фитотоксический эффект при выращивании растений на почве, загрязненной кадмием и никелем

Выводы

1. Установлено, что при загрязнении почвы кадмием морфометрические параметры рапса увеличиваются с добавлением в почву янтарной

кислоты, в вариантах с загрязнением почвы никелем целесообразно использовать ЭДТА.

2. При выращивании горчицы на загрязненной почве кадмием наиболее эффективно использовать ЭДТА как эффектор фиторемедиа-

ции. При загрязнении почвы никелем лучший эффект дала янтарная кислота.

3. Коэффициент фитотоксического эффекта подтверждает эффективность использования ЭДТА и янтарной кислоты при загрязнении почв кадмием и никелем, с использованием рапса ярового сорта Надежный-92 и горчицы сорта Семеновская как растений-ремедиаторов.

Литература

1. Барсукова В.С. Физиолого-генетические аспекты устойчивости растений к тяжелым металлам: анализ. обзор. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. – Вып. 47. – 63 с.
2. Галиулин Р.В. Инвентаризация и рекультивация почвенного покрова агроландшафтов, загрязненного различными химическими веществами. Сообщение 1. Тяжелые металлы // Агрохимия. – 1994. – № 7–8. – С. 132–141.
3. Квеситадзе Г.И., Хатисашвили Г.А., Садунишвили Т.А. Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях. – М.: Наука, 2005. – 199 с.
4. Прасад М.Н. Практическое использование растений для восстановления экосистем, загрязненных металлами // Физиология растений. – 2003. – Т. 50. – № 5. – С. 768–780.
5. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М. и др. Устойчивость растений к тяжелым металлам / Институт биологии КарНЦ РАН. –

Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 172 с.

6. Salt D.E., Nanda Kumar P.B.A. et al. Bioconcentration of heavy metals by plants // Biotechnology. – 1995. – Vol. 13. – P. 468–475.

Literatura

1. Barsukova V.S. Fiziologo-geneticheskie aspekty ustojchivosti rastenij k tjazhelym metallam: analit. obzor. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 1997. – Vyp. 47. – 63 s.
2. Galiulin R.V. Inventarizacija i rekul'tivacija pochvennogo pokrova agrolandschaftov, zagraznjonnoho razlichnymi himicheskimi veshhestvami. Soobshhenie 1. Tjazhjolje metally // Agrohimiya. – 1994. – № 7–8. – S. 132–141.
3. Kvesitadze G.I., Hatisashvili G.A., Sadunishvili T.A. Metabolizm antropogennyh toksikantov v vysshih rastenijah. – M.: Nauka, 2005. – 199 s.
4. Prasad M.N. Prakticheskoe ispol'zovanie rastenij dlja vosstanovlenija jekosistem, zagraznennyh metallami // Fiziologija rastenij. – 2003. – T. 50. – № 5. – S. 768–780.
5. Titov A.F., Talanova V.V., Kaznina N.M. i dr. Ustojchivost' rastenij k tjazhelym metallam / Institut biologii KarNC RAN. – Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN, 2007. – 172 s.
6. Salt D.E., Nanda Kumar P.B.A. et al. Bioconcentration of heavy metals by plants // Biotechnology. – 1995. – Vol. 13. – P. 468–475.

