

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ КАДМИЯ В НАДЗЕМНОЙ БИОМАССЕ И КЛУБНЯХ ТОПИНАМБУРА

О.В. РУДЕНКО, Ю.А. СОВА

*Кубанский государственный технологический университет
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2
электронная почта: olga_ned@mail.ru*

В статье приведены результаты исследований по установлению закономерности накопления в топинамбуре (*Helianthus tuberosus*) токсичного элемента кадмия (Cd). Накопление кадмия в топинамбуре происходит в результате транслокационного перехода элемента из почвы в растение. Была исследована динамика накопления кадмия в надземной части и в клубнях, а также составлены уравнения регрессии, позволяющие оценить процесс накопления металла. Целью исследования является установление возможности использования топинамбура для фиторемедиации почвы, загрязненной кадмием.

Ключевые слова: фиторемедиация, коэффициенты биологического поглощения и транслокации, топинамбур, кадмий, линейная регрессия

В данной статье рассматривается экономичная и мягкая технология фиторемедиации почвы, загрязненной тяжелыми металлами (ТМ). В ее основе лежит способность специально подобранных видов растений поглощать и аккумулировать в своей биомассе тяжелые металлы в количествах, значительно превышающих их содержание в среде произрастания. Главная проблема практического применения фиторемедиации – выбор такой культуры растений, активно поглощающей металлы из почвы, которая произрастает в данной местности и позволяет проводить дальнейшую переработку (например, в биоэтанол).

Наиболее широко распространенным и опасным для биоты является кадмий. По фитотоксичности и способности накапливаться в растениях в ряду ТМ он занимает первое место ($Cd > Cu > Zn > Pb$). Из-за своих токсичных свойств кадмий является металлом, содержание которого нормируется, как в почве, так и продуктах питания.

В соответствии с нормативами [1] величина ОДК(мг/кг) кадмия (валовая форма) изменяется в зависимости от реакции среды, так для кислых почв $pH\ KCl < 5,5$ имеет значение 1,0 мг/кг; для нейтральных с $pH\ KCl > 5,5$ – 2,0 мг/кг.

Для проведения эксперимента растения был выбран топинамбур (лат. *Heliánthus tuberósus*) — вид клубненосных растений рода Подсолнечник семейства Астровые (*Asteraceae*). Работа выполнена на базе ГНУ КНИИХП Россельхозакадемии на участках различной степени загрязнения тяжелыми металлами. Агротехнические приемы для выращивания топинамбура, а также методики качественного и количественного определения состояния почв экспериментальных участков и степени загрязнения топинамбура описаны в работах [2,3].

Целью исследования является изучение фиторемедиационного потенциала культуры и установление параметров накопления и распределения кадмия по органам растения.

Таблица 1. План внесения ТМ в почву по вариантам

ТМ	Концентрация, ОДК/ Концентрация, мг/кг		
	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
Cd	1,5/3,0	0,5/1,0	1/2,0

В контрольную делянку соединения ТМ не вносились. Фоновое содержание кадмия в почве составляет 0,2186 мг/кг.

В процессе вегетации растений осуществлялся отбор проб почвы, надземной части и клубней топинамбура на содержание кадмия (табл.2,3).

Таблица 2. Количество кадмия, перешедшего из почвы в надземную часть и клубни топинамбура

Наименование	№ варианта	Содержание ТМ, мг/кг	Масса в урожае, кг	Количество ТМ, перешедших биомассу, мг
		Кадмий		Кадмий
Надземная часть	К	0,0589	2,6	0,0060
	1	1,0599	3,8	0,1092

	2	0,2381	2,6	0,0245
	3	0,3164	1,8	0,0326
Клубни	К	0,0000	5,07	0,0000
	1	0,0158	5,73	0,0905
	2	0,0112	3,92	0,0439
	3	0,0258	2,96	0,0763

Таблица 3. Содержание кадмия (мг/кг) в почве при глубине отбора пробы 0- 25 см

Глубина отбора пробы(см)	№ варианта	Содержание ТМ (начало вегетации), мг/кг	Содержание ТМ (после 70 суток вегетации), мг/кг
0-25	К	0,2186	0,2186
	1	7,9491	6,9472
	2	2,7041	0,4926
	3	9,1073	5,2859

На основании полученных данных выполнен расчёт коэффициента биологического поглощения (КБП) и коэффициента транслокации (КТ).

$КБП = C_p / C_{п}$, где C_p – содержание свинца в надземной биомассе; $C_{п}$ – содержание свинца (валовая форма) в почве.

$КТ = C_p / C_{к}$, где $C_{к}$ – содержание свинца в клубнях.

Таблица 4. Расчетные значения коэффициентов КБП и КТ

Вариант	Значения коэффициентов	
	КБП	КТ
1 вариант	0,1526	67,0823

2 вариант	0,4834	21,2589
3 вариант	0,0599	12,2636

Значения коэффициентов биологического поглощения характеризуют кадмий как элемент биологического слабого захвата по классификации А.И. Перельмана[4]. С увеличением содержания кадмия в почве последовательно возрастает содержание их валовых форм в начале вегетационного опыта, но к концу вегетации концентрация элемента в почве снижается. Высокие показатели коэффициента транслокации демонстрируют явление биоконцентрации кадмия в надземной биомассе.

В исследованиях полезным источником информации о зависимости переменных является форма функциональной связи. Применение регрессии связано с необходимостью оценить среднее значение содержания кадмия в почве в конце вегетации топинамбура при его значении в начале вегетации, а также содержание его в клубнях и надземной части. Методом наименьших квадратов найдены аппроксимирующие функции в виде линейной и нелинейной функций:

$y=0,69177x^{0,8565}$, где y – содержание кадмия (мг\кг) в конце периода вегетации, x – содержание (мг\кг) в начале периода вегетации

Коэффициент корреляции между этими величинами равен 0,91. По критерию Стьюдента коэффициент корреляции статистически значим.

Известно, что кадмий в почвах очень подвижен, т.е. способен переходить в больших количествах из твердой фазы в жидкую и обратно (что затрудняет прогнозирование его поступления в растение).

При обработке экспериментальных данных оказалось возможным составить уравнение регрессии, связывающей накопление кадмия в зеленой массе, клубнях и почве.

$$z=7,71829 y^{1,2687}$$

z – содержание кадмия в надземной части (мг\кг), y – содержание кадмия (мг\кг) в конце периода вегетации.

Коэффициент корреляции между этими величинами равен 0,98. Коэффициент эластичности $E=1,27$.

$t=0,0138 + 0,0237x$, где t – содержание кадмия в клубнях (мг\кг), x – содержание (мг\кг) в начале периода вегетации

Коэффициент корреляции между этими величинами равен 0,93. По критерию Стьюдента все коэффициенты регрессии и корреляции являются статистически значимыми.

При проведении факторного анализа по критерию Фишера-Снедекора установлено на уровне значимости 0,05 влияние внесенного количества кадмия на его концентрацию в почве после периода вегетации.

Результаты проведенных исследований позволили сделать следующие выводы.

1. По КТ топинамбур можно отнести к фитоэкстрактору, который можно использовать для фиторемедиации почв, загрязненных кадмием.

2. По полученному уравнению регрессии можно связать концентрацию кадмия в почве в начале и конце периода вегетации с высоким значением коэффициента корреляции, что подтверждает тесноту связи.

3. Можно оценить процесс накопления кадмия в надземной части растений и клубнях в зависимости от его содержания в почве помощью уравнений регрессии с достаточно большими коэффициентами корреляции и коэффициентом эластично больше 1, что говорит о существенном влиянии параметров друг на друга.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГН 2.1.7.2511-09 Гигиенические нормативы «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве». Утв. постановлением Глав.гос. санит. врача РФ от 18.05.2009 г. №32.

2. Григорьев А.А., Бородихин А.С., Руденко О.В., Сова Ю.А. Постановка эксперимента по идентификации модели гипераккумуляции тяжелых металлов

топинамбуром при фиторемедиации почв // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6., <http://www.science-education.ru/>

3. Григорьев А.А., Бородихин А.С., Руденко О.В., Сова Ю.А. Особенности накопления свинца в надземной биомассе и клубнях топинамбура//Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: материалы IVМеждунар. науч.-практ. конф. 22-23 мая 2014г./ Фед. агенство научн. организаций, Гос. научн. учреждение Краснодар, НИИ хранения и переработки с.-х. продукции; под общ.ред. д-ра техн.наук, проф. Е.П.Викторовой. – Ижевск: Издатель С.А.Пермяков, 2014. С. 249 – 255.

4. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. — М.: Высшая школа, 1975. — 344 с.

REFERENCES

1 . Grigoryev A.A. Borodikhin A.S. Rudenko O. V., Sova U.A. Modern problems of science and education. – 2013 . – No. 6. <http://www.science-education.ru/>

2 . Grigoryev A.A. Borodikhin A.S. Rudenko O. V., Sova U.A. Innovative food technologies in the field of storage and processing of agricultural raw materials: materials IV International scientifically - practical conference On May 22-23 2014г./Fed. agency scientific organizations, State. Scientific Krasnodar institution, scientific research institute of storage and page processing - x. production; under a general edition of the Dr. , prof. E.P.Viktorovoy. – Izhevsk: Publisher S.A.Permyakov, 2014. pp 249 – 255.

3 . GN 2.1.7.2511-09 Hygienic standards "The Approximately Admissible Concentration (AAC) of chemicals in the soil". approve resolution of Glav.Gos. sanitary the doctor of the Russian Federation of 18.05.2009 No. 32.

4 . Perelman A.I. M.: The higher school, 1975.

FEATURES OF ACCUMULATION OF CADMIUM IN ELEVATED BIOMASS AND GIRASOL TUBERS

O.V. RUDENKO, U.A. SOVA

*Kuban State Technological University
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: olga_ned@mail.ru*

Results of researches on establishment of regularity of accumulation in a girasol (*Heliánthus tuberósus*) of a toxic element of cadmium (CD) are given in article. Accumulation of cadmium in a girasol results from translocational transition of an element from the soil in a plant. Dynamics of accumulation of cadmium in elevated part and in tubers was investigated, and also the regression equations, allowing estimating process of accumulation of metal are worked out. Research objective is establishment of possibility of use of a girasol for a fitoremediation of the soil polluted by cadmium.

Keywords: fitoremediation, coefficients of biological absorption and translocation, girasol, cadmium, linear regression.