

3. Orechovich V. N. Institute of Biomedical Chemistry. PASS. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://195.178.207.233/PASS/>. – Назва з екрана.
4. Pharmaexpress. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pharmaexpert.ru/PASSonline/predict.php>. – Назва з екрана.
5. Васькевич Р. И., Хрипак С. М., Станинец В. И., Зборовский Ю. Л., Чернега А. Н. Синтез конденсированных тиазолотиенопиримидинов / Р. И. Васькевич, С. М. Хрипак, В. И. Станинец, Ю. Л. Зборовский, А. Н. Чернега // ЖОрХ. – 2000. – № 7. – С. 1091–1096.
6. Хрипак С. М. Синтез похідних 2-гідразино-5,6-R1,R2-тієно[2,3-d]піримідин-4(3Н)-ону / С. М. Хрипак, Р. І. Васькевич, В. І. Станінець, Ю. Л. Зборовський // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія “Хімія”. – Вип. 3. – 1998. – С. 97–100.
7. Северіна Г. І. Синтез, фізико-хімічні властивості та протисудомна активність похідних 3-аміно- та 4-аміно-3-меркапто-1,2,4-триазолу та продуктів їх хімічних перетворень [Електронний ресурс] : автореф. дис. ... канд. фармац. наук : спец. 15.00.02 / Г. І. Северіна. – Х., 2010. – 20 с. – С.16–17. Режим доступу: <http://dspace.nuph.edu.ua/handle/123456789/255>. – Назва з екрана.
8. Колесніков О. В. Синтез, хімічні перетворення та біологічна активність похідних піримідинтіону, хіназолінтіону та піримідо[5,4-d]піримідину [Електронний ресурс] : дис. ... канд. наук: спец. 15.00.02 / О. В. Колесніков – 2008. Режим доступу: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/341233.html>. – Назва з екрана.

УДК 631.95:549.251.29:635.652.2

Дегтярєв Ф. В., Дроздова Н. И.

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

### **К ВОПРОСУ О ВЗАИМНОМ ВЛИЯНИИ ЭЛЕМЕНТОВ НА НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ**

В экспериментальных условиях изучено взаимное влияние свинца, кадмия и цинка при их накоплении в растениях. Подтверждено влияние трилона Б на накопление тяжелых металлов в надземной фитомассе. Установлено, что при внесении фактора фиторемедиации увеличивается вынос элементов из почвы в надземную часть растения. Выявлена положительная корреляция между выносом цинка и кадмия, что позволяет судить о взаимном влиянии в условиях эксперимента.

*Ключевые слова:* фиторемедиация, транслокация, трилон Б, тяжелые металлы, взаимное влияние.

В експериментальних умовах вивчено взаємний вплив свинцю, кадмію та цинку при їх накопиченні в рослинах. Підтверджено вплив трилону Б на накопичення важких металів в надземній фитомассе. Встановлено, що при

внесенні ефектора фітореMediaції збільшується винос елементів з ґрунту в надземну частину рослини. Виявлена позитивна кореляція між виносом цинку і кадмію, що дозволяє судити про взаємний вплив в умовах експерименту.

In experimental conditions mutual influence of lead, cadmium and zinc is studied at their accumulation in plants. Influence of disodium EDTA on accumulation of heavy metals in overground phytoweight is confirmed. It is established that with introduction of an effector of a fitoremediation carrying out of elements from the soil in overground part of a plant increases. Positive correlation between zinc and cadmium carrying out is revealed, that allows to judge about mutual influence in experimental conditions.

Среди химических элементов тяжелые металлы являются наиболее токсичными, так как обладают большим сродством к физиологически важным органическим соединениям и способны инактивировать последние, а также могут накапливаться в организме, вызывая явно выраженное не только специфическое, но и хроническое действие. Они ингибируют фотосинтез, нарушают минеральное питание, тормозят рост, изменяют водный баланс и гормональный статус растений. В экологическом мониторинге особое внимание уделяется контролю четырех элементов: свинцу, цинку, меди и кадмия. Они относятся к, так называемой, группе обязательного контроля.

В литературе широко рассматривается метод фитоэкстракции – извлечение растением из почвы тяжелых металлов с последующим накоплением в надземной фитомассе. Выделяют естественную и индуцированную фитоэкстракцию. Индуцированная фитоэкстракция осуществляется с применением эффекторов, которые представляют собой комплексоны [1]. Однако вопрос о целесообразности их использования остается открытым, ввиду разрозненности данных и невыясненном вопросе о токсичности эффекторов, так как при их разложении в почве образуются различные компоненты, токсичность которых не установлена.

Для изучения вопроса о взаимном влиянии элементов при накоплении их в растениях был выполнен модельный эксперимент по изучению накопления свинца, цинка и кадмия у представителя семейства бобовых – фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.). В условиях опыта вносились два элемента, относящиеся к первому классу опасности: свинец и кадмий. Для заражения почвы вносились нитрат свинца и нитрат кадмия в дозах, соответствующих 1 значению ОДК, 2,5 ОДК и 5 ОДК, что соответствовало следующим концентрациям для ионов: для свинца: 50 мг/кг, 125 мг/кг и 250 мг/кг соответственно, для кадмия: 1 мг/кг, 2,5 мг/кг и 5 мг/кг.

В работе исследована возможность использования в качестве эффектора фитоэкстракции комплексообразователя динатриевой соли этилендиамин-тетрауксусной кислоты (трилон Б), которая вносилась в концентрации 372 мг/кг почвы (1 ммоль/кг почвы). С точки зрения химии комплексных соединений этилендиаминтетрауксусная кислота представляет собой гексадентатный лиганд. ЭДТА является комплексоном, который образует водорастворимые хелатные соединения. С рассматриваемыми в работе ионами трилон Б образует комплексные соединения, константы устойчивости которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ионные радиусы рассматриваемых ионов и константы устойчивости их комплексов с трилоном Б

Ионы	Ионный радиус, Å	lg K <sub>ML</sub>
Pb <sup>2+</sup>	0,64	17,88
Cd <sup>2+</sup>	0,99	16,36
Zn <sup>2+</sup>	0,83	16,44

Методом атомно-адсорбционной спектроскопии установлены концентрации тяжелых металлов в надземной фитомассе фасоли обыкновенной, собранной на стадии созревания семян (таблицы 2–3). Исходя из полученных данных был рассчитан вынос и относительный вынос элементов в надземную фитомассу (таблицы 4–5).

Таблица 2

Влияние соединений кадмия на накопление элементов в надземной фитомассе

Условия опыта	Определяемые показатели		
	Zn, мг/кг	Cd, мг/кг	Pb, мг/кг
Cd 1 ОДК	57,656	0,085	1,473
Cd 2,5 ОДК	59,491	0,080	1,290
Cd 5 ОДК	61,105	0,078	1,721
Cd 1 ОДК + трилон Б	95,511	0,139	1,859
Cd 2,5 ОДК + трилон Б	74,541	0,139	1,113
Cd 5 ОДК + трилон Б	88,366	0,225	2,222
Трилон Б	102,548	1,124	1,837
Контроль	58,081	0,077	1,133

При дополнительном внесении нитрата кадмия существенных отличий в накоплении кадмия в сравнении с контролем не наблюдается. Однако уже при совместном внесении нитрата кадмия и трилона Б концентрация кадмия в надземной фитомассе возрастает в 2–3 раза. Также стоит отметить увеличение концентрации цинка в надземной фитомассе в вариантах опыта с внесением трилона Б в 1,3–1,8 раза по сравнению с контролем. Это позволяет сделать предположение о взаимном влиянии цинка и кадмия как элементов-аналогов, что подтверждается литературными данными [2].

Таблица 3

Влияние соединений свинца на накопление элементов в надземной фитомассе

Условия опыта	Определяемые показатели		
	Zn, мг/кг	Cd, мг/кг	Pb, мг/кг
Pb 1 ОДК	53,837	0,046	3,515
Pb 2,5 ОДК	55,104	0,068	1,898
Pb 5 ОДК	73,190	0,069	2,704
Pb 1 ОДК + трилон Б	61,358	0,061	10,205
Pb 2,5 ОДК + трилон Б	89,494	0,113	10,220
Pb 5 ОДК + трилон Б	94,547	0,130	22,893
Трилон Б	102,548	1,124	1,837
Контроль	58,081	0,077	1,133

Установлено, что в условиях эксперимента при совместном внесении нитрата свинца и трилона Б возрастает содержание свинца в 10–22 раза по сравнению с контролем. Отмечается также уменьшение содержания свинца в надземной фитомассе при внесении его в концентрациях 125 мг/кг и 250 мг/кг без комплексона, по сравнению с вариантом 1 ОДК. Это может быть обусловлено активацией защитных механизмов растения.

Таблица 4

Влияние соединений кадмия на вынос и относительный вынос элементов из почвы в растение

Условия опыта	Относительный вынос, %			Вынос, мг		
	Pb	Zn	Cd	Pb	Zn	Cd
Cd 1 ОДК	0,1842	1,2471	0,0953	0,0247	0,9664	0,0014
Cd 2,5 ОДК	0,1585	1,2645	0,0440	0,0212	0,9798	0,0013
Cd 5 ОДК	0,1109	0,6812	0,0123	0,0149	0,5278	0,0007
Cd 1 ОДК + трилон Б	0,1840	1,6352	0,1233	0,0247	1,2671	0,0018
Cd 2,5 ОДК + трилон Б	0,0659	0,7635	0,0368	0,0088	0,5916	0,0011
Cd 5 ОДК + трилон Б	0,1457	1,0020	0,0360	0,0195	0,7765	0,0020
Трилон Б	0,1709	1,6503	20,0234	0,0229	1,2788	0,0140
Контроль	0,0943	0,8357	0,8672	0,0126	0,6476	0,0009

Анализ данных таблицы 4 показывает, что эффективность индуцируемой фитоэкстракции невелика, о чем свидетельствуют значения относительного выноса элементов. Максимальный вынос в условиях эксперимента отмечали для цинка (0,8–1,7 %), что может быть обусловлено его значительной физиологической ролью и отсутствием дополнительного внесения данного элемента. В случае свинца и кадмия значения относительных выносов находились в пределах 0,07–0,18 % и 0,01–0,87 % соответственно.

По показателям относительных выносов элементы образуют последовательность:  $Zn < Pb < Cd$ . В условиях эксперимента выявлена корреляционная зависимость между выносом цинка и кадмия. Корреляция прямая, средняя по силе ( $r = 0,6$ ) и достоверная при уровне значимости значительно меньше 0,05. Таким образом, можно сделать вывод о взаимном влиянии цинка и кадмия при их транслокации в системе “почва – растение”.

Таблица 5

Влияние соединений свинца на вынос и относительный вынос элементов из почвы в растение

Условия опыта	Относительный вынос, %			Вынос, мг		
	Pb	Zn	Cd	Pb	Zn	Cd
Pb 1 ОДК	0,0358	0,8270	0,3911	0,0418	0,6408	0,0005
Pb 2,5 ОДК	0,0117	0,8383	0,6214	0,0224	0,6496	0,0008
Pb 5 ОДК	0,0123	1,3612	0,8499	0,0390	1,0548	0,0010
Pb 1 ОДК + трилон Б	0,0835	0,7578	0,6559	0,0977	0,5872	0,0006
Pb 2,5 ОДК + трилон Б	0,0448	0,9724	1,5102	0,0861	0,7535	0,0010
Pb 5 ОДК + трилон Б	0,0912	1,5415	0,6499	0,2892	1,1945	0,0016
Трилон Б	0,1709	1,6503	20,0234	0,0229	1,2788	0,0140
Контроль	0,0943	0,8357	0,8672	0,0126	0,6476	0,0009

Анализ данных таблицы 5 показывает, что эффективность индуцируемой фитоэкстракции невелика, о чем свидетельствуют значения относительного выноса элементов. Максимальный вынос в условиях эксперимента отмечали для цинка (0,8–1,7 %), что может быть обусловлено его значительной физиологической ролью и отсутствием дополнительного внесения данного элемента. В случае свинца и кадмия значения относительных выносов находились в пределах 0,01–0,17 % и 0,39–1,5 % соответственно.

По показателям относительных выносов элементы образуют последовательность: Zn < Cd < Pb.

Согласно полученным данным между выносом цинка и свинца наблюдается корреляционная зависимость, корреляция прямая, средняя по силе ( $r = 0,4$ ) и достоверная при уровне значимости значительно меньше 0,05. Однако корреляция слабее, нежели между кадмием и цинком. Это позволяет сделать предположение о том, что кадмий и цинк влияют на транслокацию друг друга сильнее, чем другие элементы. Это объясняется близкими по размеру ионными радиусами (таблица 1) и в случае внесения трилона Б – примерно одинаковыми значениями констант устойчивости образующихся хелатных комплексов.

Таким образом, в эксперименте подтверждается взаимное влияние элементов при их транслокации из почвы в растение. Это влияние сильнее выражено между цинком и кадмием, что может быть связано их с близкими характеристиками. Установлено, что при внесении эффектора фиторемедиации усиливается накопление тяжелых металлов в надземной фитомассе фасоли обыкновенной, однако вынос элементов невелик.

### Литература

1. Галиулин Р. В. Влияние эффекторов фитоэкстракции на ферментативную активность почвы, загрязненной тяжелыми металлами / Р. В. Галиулин, Н. В. Башкин, Р. Р. Галиулина, Р. Кухарски, Е. Малковски, Е. Мархвинска // Агрехимия. – 1998. – № 7. – С.77–86.
2. Wallace A., Romney E. M., Alexander G. V., Zinc-cadmium interactions on the availability of each to bush bean plants grown in solution culture / A. Wallace, E. M. Romney, G. V Alexander // J Plant Nutr. – 1980. – P. 2–51.

УДК 577.352.336:613.165:621.373.8

Дістанов В. Б.<sup>1</sup>, Гаврилiна О. М.<sup>1</sup>, Рошаль А. Д.<sup>2</sup>, Дюбко Т. С.<sup>3</sup>,  
Фалалєва Т. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”

<sup>2</sup> Харківський Національний університет ім. В. М. Каразіна

<sup>3</sup> Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАНУ, м. Харків

### СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕЯКИХ ПОХІДНИХ 4-МОРФОЛІНОНАФТАЛЕВОЇ КИСЛОТИ

У статті розглянуті питання можливості використання похідних 4-морфолінонафталенової кислоти як флуоресцентних зондів для виявлення деяких