Товстик Е.В., Казакова А.А.

**Влияние почвенной кислотности на миграцию цинка и кадмия
в системе почва – растение**

ФГБОУ ВО Вятский государственный университет
(Россия, Киров)

doi: 10.18411/lj-05-2019-12

idsp: ljjournal-05-2019-12

Аннотация

В лабораторном эксперименте проведена оценка влияния обменной кислотности почв на миграцию цинка и кадмия в системе почва – растение ячменя ярового (*Hordeum vulgare* L.). Статистическая обработка полученных данных позволила выявить отрицательную корреляцию между значениями кислотности почв и содержанием цинка и кадмия в растениях ячменя. Не зависимо от типа почв, отмечали снижение подвижности цинка и кадмия в системе почва – растение при увеличении значений pH солевой вытяжки из почв.

Ключевые слова: кадмий, цинк, почва, подвижная форма, тяжелые металлы, ячмень, *Hordeum vulgare* L., система почва-растение.

Abstract

In a laboratory experiment assessment of the impact of exchange acidity of soils on migration of zinc and cadmium in a system the soil – a plant of barley summer is carried out (*Hordeum vulgare* L.). Statistical processing of the obtained data allowed to reveal negative correlation between values of acidity of soils and content of zinc and cadmium in barley plants. It is not dependent on type of soils, noted decrease in mobility of zinc and cadmium in a system the soil – a plant at increase in pH values of a salt extract from soils.

Keywords: cadmium, zinc, soil, mobile form, heavy metals, barley, *Hordeum vulgare* L., soil plant system

Интенсивное промышленное освоение природных ресурсов вызывает существенные изменения в распределении химических элементов в поверхностном слое зоны аэрации. Прежде всего, это касается тяжёлых металлов (ТМ), накопление высоких концентраций которых в объектах окружающей среды может вести к негативным последствиям [1]. Известно, что многие виды растений способны накапливать ТМ, причем их содержание в органах растений может быть в десятки и даже сотни раз больше их содержания в окружающей среде, в том числе почве [2]. Наиболее доступными формами ТМ для растений в почве, являются те, которые содержатся в почвенном растворе. Это водорастворимые или подвижные формы ТМ, определяющие доступность их для растений. Их концентрация в почвенном растворе характеризует наиболее активную часть соединений ТМ. Это самая агрессивная и динамичная фракция ТМ, приводящая к загрязнению растительной продукции [3]. Помимо этого, подвижность и доступность ТМ зависит от почвенных факторов, в первую очередь от ее кислотности.

Цель работы: исследовать влияние почвенной кислотности на подвижность цинка и кадмия в системе почва – растение на примере ячменя ярового (*Hordeum vulgare* L.).

Для исследования использовали образцы агропочв из различных регионов РФ. Они были представлены дерново-подзолистыми почвами Республики Коми, Республики Марий Эл, Удмуртской республики и Кировской области, а также серой лесной почвой Чувашской республики и Нижегородской области. Предварительно высушенные и пропущенные через сито образцы почв помещали в контейнеры и увлажняли. В каждый контейнер высаживали ячмень, в количестве 100 шт. Для опыта использовали яровой сорт ячменя Белгородский 100. Выращивание растений осуществляли в лабораторных

условиях ($T=20^{\circ}\text{C}$, естественная освещенность). По истечению 14 суток растения извлекали из почвы. Для анализа содержания цинка и кадмия в растениях использовали их надземную часть, проводили минерализацию и кислотную экстракцию кипячением с HNO_3 [4]. В образцах почвы определяли обменную кислотность потенциометрическим методом, содержание подвижных форм исследуемых ТМ методом атомно-адсорбционной спектроскопии [4, 5].

Для характеристики доступности цинка и кадмия для растений, а также степени их использования рассчитывали коэффициент биогеохимической подвижности по формуле [6].

$$\text{КБХА} = \frac{C_p}{C_n},$$

где C_p – содержание ТМ в сухом веществе растения; C_n – содержание подвижных форм ТМ в почве.

В ходе проведения исследований образцов почв регистрировали сильнокислую реакцию солевой вытяжки из почв, отобранных в Республике Коми, а наименее кислую – в Чувашской республике. Остальные образцы почв характеризовались слабокислой реакцией среды. Содержание подвижных форм цинка и кадмия в образцах почв не превышало установленных для них значений ПДК и варьировало от 2,0 до 5,0 и от 0,04 до 0,19 мг/кг соответственно (табл. 1).

Таблица 1.

Содержание цинка и кадмия (мг/кг) и кислотность почвенных образцов

Регион РФ	Zn	Cd	pH_{KCl}
Республика Коми	$2,0 \pm 0,7$	$0,04 \pm 0,01$	4,2
Чувашская республика	$2,8 \pm 0,9$	$0,07 \pm 0,02$	5,6
Республика Марий Эл	$3,5 \pm 1,2$	$0,19 \pm 0,06$	5,4
Удмуртская республика	$2,3 \pm 0,8$	$0,10 \pm 0,03$	5,1
Кировская область	$5,0 \pm 1,7$	$0,06 \pm 0,02$	5,5
Нижегородская область	$2,4 \pm 0,8$	$0,09 \pm 0,03$	5,4
ПДК	23,0	0,2	–

Примечание: «–» – значение ПДК отсутствует

Содержание цинка в проростках ячменя варьировало от 53,6 до 134 мг/кг. При этом наибольшее содержание цинка в растениях ячменя фиксировали в случае выращивания их в агропочве Республики Коми, характеризующейся наименьшим значением pH солевой вытяжки, а наименьшее – в агропочве Чувашской республики, напротив, характеризующейся наибольшим значением pH солевой вытяжки (рис. 1).

Рисунок 1. Содержание цинка в растениях ячменя при выращивании их в лабораторных условиях на агропочвах различных регионов РФ, мг/кг

Содержание кадмия в проростках ячменя варьировало от 0,61 до 1,58 мг/кг. Как и в случае с цинком, наибольшее содержание кадмия фиксировали в проростках ячменя, выращенных в агропочве Республики Коми, а наименьшее – в агропочве республики Марий Эл и Чувашской республики (рис. 2).

Рисунок 2. Содержание кадмия в растениях ячменя при выращивании их в лабораторных условиях на агропочвах различных регионов РФ, мг/кг

Обработка полученных данных с использованием корреляционного анализа позволила установить отрицательную корреляцию между содержанием исследуемых ТМ в проростках ячменя и кислотностью агропочв, на которых они были выращены. Для цинка коэффициент корреляции составил $-0,8412$, для кадмия $-0,9007$.

Расчет коэффициентов биогеохимической подвижности, проведенного с целью характеристики доступности цинка и кадмия для растений, а также степени использования растениями подвижных форм исследуемых ТМ, содержащихся в почве, показал, что наибольшая биогеохимическая подвижность характерна для Zn, а наименьшая – для Cd (табл. 2).

Таблица 2.

Коэффициенты биогеохимической подвижности цинка и кадмия

Регион РФ	Zn	Cd
Республика Коми	47,74	24,31
Чувашская республика	26,82	18,25
Республика Марий Эл	23,99	3,21
Удмуртская республика	32,71	7,7
Кировская область	18,67	14,17
Нижегородская область	36,55	10,22

Это связано с тем, что цинк, по сравнению с кадмием, является более подвижным элементом. Он хорошо усваивается растениями и принимает участие во многих физиологических процессах. В отличие от цинка, кадмий не относится к числу необходимых для жизнедеятельности растений элементов и токсичен для них. Поэтому растения поглощают и аккумулируют его, как правило, на уровне корневой системы. Именно за счет корневого барьера отмечают слабую транслокацию кадмия в надземные органы растений [7].

Таким образом, в результате проведенной работы было установлено, что подвижность цинка и кадмия в системе почва-растение снижается в условиях низкой кислотности почвенной среды, что способствует низкой степени аккумуляции их в надземной биомассе растений. В связи с этим понижение почвенной кислотности при подщелачивании почвы, например, в ходе известкования, является актуальным приемом ограничения биодоступности ТМ для растений в почве, и наряду с прочими факторами, предпосылкой для выращивания безопасной сельскохозяйственной продукции на почвах, загрязненных ТМ.

1. Sousa, A. Validation of avoidance assays for the screening assessment of soils under different anthropogenic disturbances / A. Sousa, R. Pereira, S. C. Antunes, A. Cachada, E. Pereira, A. C. Duarte // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2008. – P. 661–670.
2. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение / В. Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 2001. – 147 с.

3. Овчаренко, М. М. «Тяжелые металлы в системе почва – растение –удобрение» / М. М. Овчаренко. – М.: Высшая школа, 1997. – 290 с.
 4. Методические указания по определению содержания тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 2010. – 42 с.
 5. ГОСТ 26483–85 «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО». – Москва.: Изд-во стандартов, 1985. – С. 5–6.
 6. Перельман А. И. Геохимия ландшафта / А. Н. Перельман. – М.: Высшая школа, 1999. – 62 с.
 7. Школьник, М. Я. Микроэлементы в жизни растений / М. Я. Школьник. – Л.: Наука, 1974. – 324 с.
-