

DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-2-23

## ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУРАХ

**Е.С. Лукьянова, В.А. Федотов**ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, д. 13

**РЕЗЮМЕ.** В представленной работе анализировали зерно яровой пшеницы и почвы Оренбургской области 28 районов атомно-абсорбционным методом на токсичные элементы. Рассчитывали коэффициент биологического поглощения пшеницей тяжелых металлов, который составляет в Гайском районе: для цинка  $35 \pm 5$ , меди  $59 \pm 5$ , свинца  $0,11 \pm 0,05$ , никеля  $0,8 \pm 0,1$ , марганца  $2,2 \pm 0,5$ , кадмия  $0,19 \pm 0,05$ ; в Оренбургском районе: для цинка  $36 \pm 5$ , меди  $28 \pm 5$ , свинца  $0,27 \pm 0,05$ , никеля  $0,75 \pm 0,1$ , марганца  $1,1 \pm 0,5$ , кадмия  $0,20 \pm 0,05$ ; в Ташлинском районе: для цинка  $41 \pm 5$ , меди  $27 \pm 5$ , свинца  $0,35 \pm 0,05$ , никеля  $0,5 \pm 0,1$ , марганца  $1,1 \pm 0,5$ , кадмия  $0,26 \pm 0,05$ . Почвы Ташлинского района характеризуется наиболее низким содержанием тяжелых металлов, за исключением марганца и кадмия. Коэффициент корреляции содержания элементов в зерне и почве: для Гайского района составляет 0,78, для Оренбургского – 0,76, для Ташлинского – 0,81 (при уровне значимости  $p < 0,05$ ).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** почва, тяжелые металлы, зерновые, зерно, пшеница.

**Для цитирования:** Лукьянова Е.С., Федотов В.А. Особенности накопления тяжелых металлов в почве и зерновых культурах. Микроэлементы в медицине. 2024;25(2):54–55. DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-2-23.

### ВВЕДЕНИЕ

Многие сельскохозяйственные удобрения содержат различные формы тяжелых металлов, которые могут накапливаться в растительном и животном сырье и оказывать влияние на здоровье населения (Chandra et al., 2009). Источниками тяжелых металлов также могут служить геологические процессы (выветривание пород), но основной источник – антропогенного происхождения (побочные продукты добычи и переработки нефти, газа, руд черных и цветных металлов, транспортные средства, сельское хозяйство) (Bermudez et al., 2011). Из литературного обзора известно, что в почве г. Оренбурга концентрация никеля превышает ПДК в 72,7% случаев, ванадия – в 10,0% проб, концентрации формальдегида ниже ПДК. Утвержденные нормы ПДК хрома, кобальта и бериллия отсутствуют, средние концентрации поллютантов в почве превышают ПДК по никелю, на высоком уровне концентрации ванадия. По величине содержания в почве города Оренбурга аллергены распределяются следующим образом: до 1 мг/кг – формальдегид; от 1 до 20 мг/кг – кобальт, бериллий; от 21 до 100 мг/кг – ванадий; более 100 мг/кг – никель, хром. Коэффициент вариации валового содержания в почве превышает 30% по всем поллютантам. Большой разброс значений содержания загрязнителей говорит о взаимодействии большого количества источников загрязнений с различной комбинацией веществ (Abbas et al., 2017).

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализировали зерно яровой пшеницы и почвы Оренбургской области 28 районов атомно-абсорбционным методом на тяжелые металлы. Изучали наиболее распространенные сорта пшеницы: Харьковская 3, Оренбургская 21, Саратовская 42, Юго-Восточная 3, Безенчукская янтарь и Учитель. Одной из характеристик, отражающей уровень потребления тяжелых металлов зерновыми культурами является коэффициент биологического поглощения (КБП), рассчитываемый как отношение концентрации элемента в продукции к концентрации его в почве.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Оценка накопления тяжелых металлов (ТМ) в пахотном слое почвы показала, что почва Ташлинского района характеризуется наиболее низким содержанием всех ТМ. Коэффициент корреляции содержания элементов в зерне и почве: для Гайского района составляет 0,78, для Оренбургского – 0,76, для Ташлинского – 0,81 (при уровне значимости  $p < 0,05$ ). КБП составляет в Гайском районе: для цинка  $35 \pm 5$ , меди  $59 \pm 5$ , свинца  $0,11 \pm 0,05$ , никеля  $0,8 \pm 0,1$ , марганца  $2,2 \pm 0,5$ , кадмия  $0,19 \pm 0,05$ ; в Оренбургском районе: для цинка  $36 \pm 5$ , меди  $28 \pm 5$ , свинца  $0,27 \pm 0,05$ , никеля  $0,75 \pm$

0,1, марганца  $1,1 \pm 0,5$ , кадмия  $0,20 \pm 0,05$ ; в Ташлинском районе: для цинка  $41 \pm 5$ , меди  $27 \pm 5$ , свинца  $0,35 \pm 0,05$ , никеля  $0,5 \pm 0,1$ , марганца  $1,1 \pm 0,5$ , кадмия  $0,26 \pm 0,05$ .

Значения КБП у таких элементов как медь, цинк и марганец больше единицы, что говорит о способности пшеницы концентрировать в себе эти ТМ, увеличивая тем самым их концентрацию в зерне в десятки раз по отношению к почве. В Гайском районе наибольшим содержанием в почве отличаются такие элементы как медь, марганец и никель, вследствие чего КБП для них в этом районе наивысшие. Для Ташлинского района характерны наибольшие значения КБП для цинка, свинца и кадмия.

Выделены сорта, обладающие максимальной и минимальной накопительной способностью различных ТМ. Сорта Харьковская 3, Оренбургская 21 и Саратовская 42 проявили существенную накопительную способность к подавляющему большинству исследованным загрязнителям (Zn, Pb, Mn, Cu, Cd). Юго-Восточная 3, Безенчукская янтарь и Учитель – пшеница с низким содержанием ТМ, наименее восприимчива к загрязнителям.

Выявлена зависимость ассимиляционной способности пшеницы для большинства ТМ от показателя ее твердозерности, характерная как для твердых (коэффициенты корреляции для цинка 0,85; свинца 0,76; никеля 0,82; марганца 0,38; меди 0,81; кадмия 0,72), так и для мягких (коэффициенты корреляции для цинка 0,83; свинца 0,78; никеля 0,65; марганца 0,23; меди 0,75; кадмия 0,54) сортов пшеницы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлено наибольшее накопление тяжелых металлов в зерне пшеницы Оренбургской области: меди, цинка, марганца и никеля – в восточной зоне; свинца и кадмия – в западной зоне. Установлено перманентное возрастание содержания тяжелых металлов за последние 20 лет во всех анализируемых районах Оренбургской области. Установлена зависимость содержания элементов в зерне и почве ( $r = 0,76-0,81$ , при уровне значимости  $p < 0,05$ ). В восточной зоне наивысшие значения ассимиляционной способности у таких элементов как медь, марганец и никель, для западной зоны – у цинка, свинца и кадмия. Установлено, что сорта Харьковская 3 и Оренбургская 21 проявляют наибольшую ассимиляционную способность к большинству тяжелых металлов; сорта Безенчукская янтарь и Учитель в наименьшей степени способны к накоплению тяжелых металлов (разница достигает 82%).

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Chandra R., Bharagava R.N., Yadav S., Mohan D. Accumulation and distribution of toxic metals in wheat (*Triticum aestivum* L.) and Indian mustard (*Brassica campestris* L.) irrigated with distillery and tannery effluents. J Hazard Mater. 2009; 162: 1514–1521.
- Bermudez G.M.A., Jasan R., Plá R., Pignata M.L. PTEs and trace element concentrations in wheat grains: assessment of potential non-carcinogenic health hazard through their consumption. J Hazard Mater. 2011; 193: 264–271.
- Abbas, Q., Yousaf, B., Liu, G., et al. Evaluating the health risks of potentially toxic elements through wheat consumption in multi-industrial metropolis of Faisalabad, Pakistan. Environ Sci Pollut Res. 2017; 24: 26646–26657.

## FEATURES OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN SOIL AND GRAIN CROPS

**E.S. Lukyanova, V.A. Fedotov**

Orenburg State University,  
Pobedy Ave 13, Orenburg, 460018, Russian Federation

**ABSTRACT.** The grain of spring wheat and the soils of the Orenburg region of 28 districts were analyzed by atomic absorption method for toxic elements. The coefficient of biological absorption of heavy metals by wheat was calculated. The coefficient of biological absorption in the Gaysky district is for: zinc  $35 \pm 5$ , copper  $59 \pm 5$ , lead  $0.11 \pm 0.05$ , nickel  $0.8 \pm 0.1$ , manganese  $2.2 \pm 0.5$ , cadmium  $0.19 \pm 0.05$ ; in the Orenburg region for: zinc  $36 \pm 5$ , copper  $28 \pm 5$ , lead  $0.27 \pm 0.05$ , nickel  $0.75 \pm 0.1$ , manganese  $1.1 \pm 0.5$ , cadmium  $0.20 \pm 0.05$ ; in the Tashli district for: zinc  $41 \pm 5$ , copper  $27 \pm 5$ , lead  $0.35 \pm 0.05$ , nickel  $0.5 \pm 0.1$ , manganese  $1.1 \pm 0.5$ , cadmium  $0.26 \pm 0.05$ . The soils of the Tashli district are characterized by the lowest content of heavy metals, with the exception of manganese and cadmium. The correlation coefficient of the content of elements in grain and soil: for the Gaysky district is 0.78, for the Orenburg region – 0.76, for the Tashlinsky – 0.81 (with a significance level of  $p < 0.05$ ).

**KEYWORDS:** soil, heavy metals, cereals, grain, wheat.