

DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-3-19

## СНИЖЕНИЕ ОПАСНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗЕРНЕ ПШЕНИЦЫ

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

**РЕЗЮМЕ.** Растения со значительной способностью к накоплению тяжелых металлов могут быть использованы для биологической очистки почв и уменьшения их накопления в зерновых культурах. Результаты исследований показывают, что уменьшение содержания токсикантов в зерне пшеницы может быть достигнуто за счет оптимизации экологии почв в результате выращивания на них бобовых многолетних трав. В частности, наименьшая концентрация соединений свинца в зерне озимой пшеницы наблюдалась после выращивания предшественника эспарцета песчаного – 1,59 мг/кг, кадмия – после козлятника восточного – 0,14 мг/кг, меди и цинка – после клевера лугового – 3,89 и 21,65 мг/кг соответственно.

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

**Для цитирования:** Лукьянова Е.С., Федотов В.А. Снижение опасности накопления тяжелых металлов в зерне пшеницы. Микроэлементы в медицине. 2024;25(3):44–46. DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-3-19.

### ВВЕДЕНИЕ

В мониторинге токсикантов биосферы следует особое внимание уделять химическим соединениям тяжелых металлов, которые при поступлении в почву встраиваются в биогеохимические процессы метаболизма растений. Разные растения в различной степени проявляют аккумуляционную способность к тяжелым металлам. Например, поглощение зеленой массой растений свинца даже при большом содержании его в почве не происходит, поскольку чаще всего свинец находится в формах, плохо растворимых в воде, накопление его растениями затруднено. Цинк гораздо лучше аккумулируется растениями, а медь и кадмий, плохо накапливаясь в растениях, надолго задерживаются, аккумулируясь в организмах животных. Свинец и кадмий являются довольно токсичными веществами, обладая тератогенной и мутагенной активностью. Поступление в окружающую среду этих металлов в отдельных регионах может достигать критического уровня, встраиваясь в пищевые цепочки, затрагивая всю биосферу, что оказывает негативное влияние и на здоровье людей (Singh et al., 2007).

Растения, способные в значительной степени к аккумуляции тяжелых металлов, могут быть использованы для очистки почвы и снижения накопления зерновыми культурами токсикантов. Перспективным направлением является фиторемедиация, основанная на использовании растений для очистки территорий от тяжелых металлов, радионуклидов, пестицидов и других веществ (Abbas et al., 2017). Основной задачей фиторемедиации является отбор растений – гипераккумуляторов тяжелых металлов. Учитывая положительное влияние выращивания многолетних трав на плодородие почв, можно предположить уменьшение содержания тяжелых металлов в растениях последующих культур в севообороте после выращивания трав из-за повышенного накопления в тканях трав тяжелых металлов (Chandra et al., 2009).

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в течение 2015–2023 гг. в Оренбургской области. Оценивали воздействие на ассимиляцию озимой пшеницей токсикантов (тяжелых металлов) различных многолетних трав, выращиваемых на пахотных почвах годом ранее. Изучали следующие предшественники озимой пшеницы: люцерну посевную, клевер луговой, эспарцет песчаный, донник белый, лядвенец рогатый, козлятник восточный, а также контрольные сорта кукурузы на содержание в зерне пшеницы свинца (Pb), кадмия (Cd), меди (Cu) и цинка (Zn). Определение содержания тяжелых металлов в зерне выполняли атомно-абсорбционным методом.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Интенсивное использование химикатов в сельском хозяйстве на исследуемых почвах в предыдущие годы приводило к аккумуляции озимой пшеницей тяжелых металлов и в большой степени зависело от предшественника.

В частности, содержание свинца в озимой пшенице, выращенной после кукурузы, составило 3,90 мг/кг. Выращивание озимой пшеницы после лотоса рогатого способствовало снижению содержания свинца на 42,9%, донника обыкновенного – на 46,8%, клевера лугового – на 57,6%, эспарцета песчаного – на 59,4% меньше, чем после кукурузы. Самое низкое содержание свинца в зерне озимой пшеницы наблюдалось после предшественника эспарцета песчаного – 1,59 мг/кг, после клевера лугового – на 5,5% больше, козлятника восточного – на 13,8% больше, люцерны посевной – на 15,2% больше, донника обыкновенного – на 23,8% больше и лотоса рогатого – на 29,3% больше.

Содержание кадмия в озимой пшенице, выращенной после кукурузы, составило 0,34 мг/кг. Возделывание озимой пшеницы после предшественника козлятника восточного позволило снизить содержание кадмия на 61,7%, после люцерны посевной и клевера лугового – на 53,1%, после эспарцета песчаного и донника белого – на 50,1%, а после лядвенца рогатого – на 41,3% меньше, чем у озимой пшеницы, выращиваемой после кукурузы. Наименьшее содержание кадмия в зерне озимой пшеницы было после предшественника козлятника восточного – 0,14 мг/кг, после предшественника люцерны посевной и клевера лугового – на 18,7% больше, после эспарцета песчаного и донника обыкновенного – на 23,4% и после лядвенца рогатого – на 35,1% больше, чем после козлятника восточного.

Выращивание озимой пшеницы после кукурузы обеспечивает содержание меди в зерне на уровне 9,91 мг/кг. При выращивании пшеницы после предшественника клевера лугового содержание меди в зерне снижается на 60,8% после эспарцета песчаного – на 60,8%, козлятника восточного – на 59,2%, люцерны посевной – на 57,9%, донника белого – на 56,7% и лядвенца рогатого – на 53,6% меньше, чем после кукурузы.

Выращивание озимой пшеницы после кукурузы позволяет получить зерно с содержанием цинка 39,95 мг/кг. Самое низкое содержание цинка в зернах озимой пшеницы обнаружено после предшественника клевера лугового – 21,65 мг/кг, после эспарцета песчаного – на 2,5% больше, лядвенца рогатого – на 4,3%, донника белого – на 10,6%, люцерны посевной – на 13,1% и после козлятника восточного – на 14,3% больше, чем после клевера лугового.

Таким образом, выращивание пшеницы после люцерны посевной позволяет обеспечить наименьшее накопление свинца, кадмия, меди и цинка; выращивание пшеницы после лядвенца рогатого обеспечивает наибольшее накопление пшеницей свинца, кадмия, меди и цинка; выращивание пшеницы после эспарцета песчаного обеспечивает наивысшее накопление цинка; выращивание пшеницы после традиционного предшественника кукурузы обеспечивает более высокую скорость накопления всех исследованных тяжелых металлов, чем ее выращивание после зернобобовых многолетних трав в 1,1–2,9 раза. Свинец и кадмий поглощаются из почвы в небольших количествах, в то время как поглощение меди и цинка является значительным, что определяет важность этих элементов для роста и развития растений озимой пшеницы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной задачей фиторемедиации является отбор растений-гипераккумуляторов тяжелых металлов с целью удаления их с загрязненных территорий. Результаты исследований показывают, что снижение интенсивности накопления тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы обусловлено оптимизацией агроэкологического состояния почвы после выращивания бобовых многолетних трав, что способствовало значительному снижению содержания тяжелых металлов в зерне. Так, самое низкое содержание свинца в зернах озимой пшеницы наблюдалось после предшественника эспарцета песчаного – 1,59 мг/кг, кадмия после козлятника восточного – 0,14 мг/кг, меди и цинка – после клевера лугового – 3,89 и 21,65 мг/кг соответственно. Это определяется более низким содержанием подвижных форм тяжелых металлов в почве, коэффициентом их накопления, более высоким содержанием гумуса, подвижного фосфора, оптимальной реакцией почвенного раствора pH после этих трав.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Singh D., Nath K., Sharma Y.K. Response of wheat seed germination and seedling growth under copper stress. J. Environ. Biol. 2007; 28: 409–414.

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.

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.

## REDUCING THE RISK OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN WHEAT GRAIN

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

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

**ABSTRACT.** Plants capable of accumulating heavy metals in large quantities can be used for biological soil purification and to reduce their accumulation in grain crops. The research results show that the decrease in the intensity of accumulation of heavy metals in winter wheat grain is due to the optimization of the agroecological state of the soil after growing legumes of perennial grasses, which contributed to a significant decrease in the content of heavy metals in grain. In particular, the lowest lead content in winter wheat grains was observed after the precursor of sandy esparcet – 1.59 mg/kg, cadmium after eastern goat – 0.14 mg/kg, copper and zinc after meadow clover – 3.89 and 21.65 mg/kg, respectively.

**KEYWORDS:** heavy metals, cereals, grains, wheat.