

22. Простосердов Н.И. Изучение винограда для определения его использования (увология). Под ред. НС. Охрелинко и П. Я. Голодриги. – М.: Пищепромиздат, 1963. – 79 с. [Prostoserdov N.I. Izuchenie vinograda dlja opredelenija ego ispol'zovanija (uvologija). Pod red. NS. Ohrelinkoi P. Ja. Golodrigi. – M.: Pishhepromizdat, 1963. – 79 s.]

23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов

исследований). – М.: Колос, 1979. – 416 с. [Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). – M.: Kolos, 1979. – 416 s.]

24. Акчурин Р.К. и др. Виноградарство. – М.: Высшая школа, 1971. – С. 3-8. [Akchurin R.K. idr. Vinogradarstvo. – M.: Vysshaja shkola, 1971. – S. 3-8.]

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСЛОКАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ ОВСА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2020.3.70.546](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.3.70.546)

*Ильинский Андрей Валерьевич*

*кандидат с/х наук, доцент,*

*ФГБНУ «ВНИИГум им. А.Н. Костякова»,*

*Мещерский филиал, г. Рязань*

## STUDY OF TRANSLOCATION OF HEAVY METALS IN PLANTS USING MINERAL FERTILIZERS

*Ilinskiy Andrey*

*candidate of agricultural sciences, associate professor*

*Federal State Scientific Institution «All-Russian research institute*

*for hydraulic engineering and reclamation of A.N. Kostyakov»,*

*Meshchersky branch, Ryazan*

### АННОТАЦИЯ

Рассмотрена физиологическая роль меди и цинка в жизни сельскохозяйственных растений. Представлены результаты лизиметрического эксперимента на оподзоленном черноземе Рязанской области по изучению коэффициентов биологического поглощения меди, цинка, свинца и кадмия для зерна и соломы овса при использовании различных систем применения минеральных удобрений. Показано, что в репродуктивных органах растений овса уровень накопления свинца и кадмия значительно ниже, чем в вегетативных органах, а цинка и меди – наоборот, что связано как с биологическими особенностями культуры, так и физиологической ролью биогенных микроэлементов.

### ABSTRACT

The physiological role of copper and zinc in the life of agricultural plants is considered. The results of a lysimetric experiment on the opodzolized Chernozem of the Ryazan region to study the coefficients of biological absorption of copper, zinc, lead and cadmium for grain and oat straw using various systems of mineral fertilizers are presented. It is shown that the level of accumulation of lead and cadmium in the reproductive organs of oat plants is significantly lower than in the vegetative organs, and zinc and copper – on the contrary, which is due to both the biological characteristics of the culture and the physiological role of biogenic microelements.

**Ключевые слова:** микроэлементы, минеральные удобрения, оподзоленный чернозем, сельское хозяйство, транслокация, тяжелые металлы, химическая мелиорация, экологическая безопасность.

**Keywords:** trace elements, mineral fertilizers, black soil, agriculture, translocation, heavy metals, chemical reclamation, environmental safety.

К интенсификации процессов деградации, среди которых в последние десятилетия широкое распространение получила химическая деградация почв, приводит усиление техногенного воздействия на почвенный покров [9, 11]. В растениеводческой продукции, выращенной на загрязненных почвах, часто накапливается повышенная концентрация тяжелых металлов (ТМ) [6, 7, 8]. При этом уровень накопления ТМ в репродуктивных органах растений значительно ниже, чем в вегетативных, зависит от биологических особенностей культуры, физиологической роли элемента, его содержания в почве и доступности растениям [4, 10]. Информация о поступлении, транслокации и накоплении поллютантов и растениеводческой продукции позволит установить закономерности

поглощения ТМ сельскохозяйственными растениями.

В Рязанской области наблюдается техногенное загрязнение такими металлами как Cu, Pb, Zn и др., что сказывается на их содержании в сельскохозяйственной продукции [5]. В тоже время, медь участвует в углеводном и белковом обменах растений. Под её влиянием повышается как активность пероксидазы, так и синтез белков, углеводов и жиров. Недостаток меди вызывает у растений понижение активности синтетических процессов и ведет к накоплению растворимых углеводов, аминокислот и других продуктов распада сложных органических веществ. Медь влияет не только на углеводный и белковый обмены растений, но и повышает интенсивность дыхания. Особенно важно её участие в окис-

лительно-восстановительных реакциях. В клетках растений эти реакции протекают при участии ферментов, в состав которых входит медь. Физиологическая роль цинка в растениях также очень разнообразна. Он оказывает большое влияние на окислительно-восстановительные процессы, скорость которых при его недостатке заметно снижается. Большие дозы фосфора и азота усиливают признаки недостаточности цинка у растений. Под влиянием цинка повышаются синтез сахарозы, крахмала, общее содержание углеводов и белковых веществ. Цинк участвует в активации ряда ферментов, связанных с процессом дыхания [2].

Выщелоченные и оподзоленные черноземы являются наиболее плодородными почвами Рязанской области, они широко распространены в южной и центральной частях области среди темно-серых лесных почв (Елецкий и Мичуринский природно-почвенные округа), занимают 800 тыс. га пашни [1]. Цель лизиметрических исследований заключалась в изучении распределения меди, цинка, свинца и кадмия в зерне и соломе овса на фоне применения на оподзоленном черноземе минеральных удобрений. Для опытов использовались лизиметры конструкции ВНИИГиМ, почва (оподзоленный чернозем) ненарушенного сложения со смоделированным глубоким залеганием грунтовых вод. После уборки и учета урожая зерна и соломы овса проводилось определение в них содержания меди, цинка, свинца

и кадмия методом атомно-абсорбционной спектроскопии в соответствии с Методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства, 1992 и ГОСТ Р 55447-2013.

Анализ данных, представленный в таблице 1 показал, что различные системы минеральных удобрений оказали влияние на значения коэффициентов биологического поглощения элементов как для зерна, так и для соломы овса. Значения коэффициентов биологического поглощения элементов для зерна и соломы овса распределены следующим образом:

- по меди (зерно и солома): наибольшие значения зафиксированы на варианте 1, наименьшие – на варианте 3;

- по цинку (зерно): наибольшее значение зафиксировано на варианте 3, наименьшее – на варианте 1;

- по цинку (солома): наибольшее значение зафиксировано на варианте 1, наименьшее – на варианте 3;

- по свинцу (зерно): наибольшее значение зафиксировано на варианте 2, наименьшее – на варианте 3;

- по свинцу (солома): наибольшее значение зафиксировано на варианте 1, наименьшее – на варианте 2;

- по кадмию (зерно и солома): наибольшие значения зафиксированы на варианте 3, наименьшие – на вариантах 1 и 2.

Таблица 1

**Значения коэффициентов биологического поглощения ( $A_x$ ) меди, цинка, свинца и кадмия для зерна и соломы овса**

Варианты	Коэффициенты поглощения элементов (зерно/солома)			
	медь	цинк	свинец	кадмий
1. контроль	<u>5,87</u>	<u>18,30</u>	<u>0,78</u>	<u>2,14</u>
	2,75	5,99	1,55	10,00
2. N60P60K60	<u>5,72</u>	<u>18,54</u>	<u>0,81</u>	<u>2,14</u>
	2,13	5,93	1,31	10,00
3. N60P240K270	<u>4,56</u>	<u>21,57</u>	<u>0,65</u>	<u>3,23</u>
	1,46	5,88	1,37	10,32

На основе изучения по вариантам лизиметрического эксперимента коэффициентов биологического поглощения изучаемых металлов для основной и побочной продукции овса были построены эмпирические ряды их накопления: для зерна овса эмпирический ряд имеет следующий вид:  $Zn > Cu > Cd > Pb$ ; для соломы овса эмпирический ряд имеет следующий вид:  $Cd > Zn > Cu > Pb$ .

Анализ эмпирических рядов накопления показал, что в зерне овса интенсивнее накапливается цинк и медь, чем кадмий и свинец, в

свою очередь в соломе овса интенсивнее накапливается кадмий и цинк, чем медь и свинец. Согласно ГОСТ 17.4.1.02-83, свинец и кадмий относятся к химическим веществам первого класса опасности.

Изучение соотношений коэффициентов биологического поглощения элементов зерна к соломе овса (рисунок 1) показало, что применение различных систем минеральных удобрений оказало положительное влияние на транслокацию в зерно таких важных микроэлементов как медь и цинк, при этом транслокация свинца и кадмия незначительна.

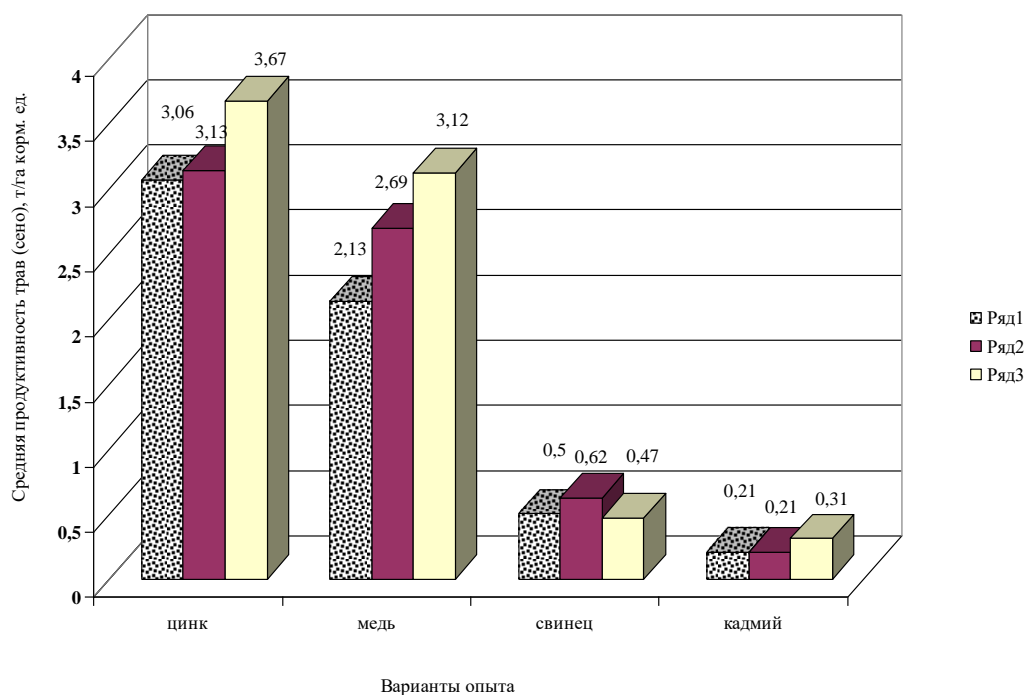


Рисунок 1. Значения отношений коэффициентов биологического поглощения элементов зерна к соломе овса

Таким образом, изучение коэффициентов биологического поглощения рассмотренных металлов и эмпирических рядов их накопления для растений овса показало, что уровень накопления свинца и кадмия в репродуктивных органах значительно ниже, чем в вегетативных органах, а цинка и меди – наоборот, что связано как с биологическими особенностями культуры, так и физиологической ролью биогенных микроэлементов, к которым относятся медь и цинк.

#### Список литературы

1. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Рязанской области – Модель XXI столетия. / Под ред. С.Я. Полянского. – Рязань: Рязанский НИПТИ АПК, 2000. – 183 с.
2. Анспек П. И. Микроудобрения: Справочник.- 2-е изд., перераб. И доп. – Л.; Агропромиздат, 1990. – 272 с.
3. Виноградов Д.В., Ильинский А.В., Данчеев Д.В. Экология агроэкосистем. – Рязань: ИП Жуков В.Ю., 2020. – 256 с.
4. Гармаш Г.А., Гармаш Н.Ю. Распределение тяжёлых металлов по органам культурных растений // Агрехимия. – 1987. – №5. – С. 40–46.
5. Евтюхин В.Ф. Экологическое обоснование контроля и детоксикация агроценозов юга Центрального Нечерноземья, подверженных техногенному воздействию: диссертация доктора биологических наук: 03.02.08 – Экология и 06.01.04 – Агрехимия // ФГОУ «Российский

государственный аграрный университет». – Балашиха, 2011. – 456 с.

6. Ильинский А.В. К вопросу толерантности ярового ячменя при выращивании на почве, загрязнённой комплексом тяжёлых металлов / А.В. Ильинский, Д.В. Виноградов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2016. – № 2 (30). – С. 23–28.

7. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологические последствия загрязнения почв тяжёлыми металлами. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. – 232 с.

8. Краснощеков В.Н. Теория и практика эколого-экономического обоснования комплексных мелиораций в системе адаптивно-ландшафтного земледелия. / Московский государственный университет природообустройства. М., 2001. – 293 с.

9. Методические рекомендации по мероприятиям для предотвращения и ликвидации загрязнения агроландшафтов тяжёлыми металлами. М., ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии 2005. – 72 с.

10. Соколов О.А., Черников В.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 1. Атлас распределения тяжёлых металлов в объектах окружающей среды. – Пушкино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. – 164 с.

11. Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. и др. Агрехимия. – М.: Колос, 2000. – 536 с.