

УДК 631.861

БАЛАНС ЦИНКА И МЕДИ В НЕКОТОРЫХ АГРОЭКОСИСТЕМАХ НИЖНЕЙ САКСОНИИ (ГЕРМАНИЯ)

Р. В. Кайгородов^а, В. Рук^б

^а Пермский государственный университет, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15

^б Universität Lüneburg, Institut für Ökologie und Umweltchemie, Deutschland, 21332, Lüneburg, Schamhorstrasse, 1

Установлены концентрации цинка и меди в органических удобрениях, размеры поступления цинка и меди в агроэкосистемы Нижней Саксонии. Определено содержание цинка и меди в верхних слоях пахотных почв и в органах культурных растений. Рассчитаны балансы цинка и меди в исследуемых агроэкосистемах.

В условиях интенсивной сельскохозяйственной деятельности в Германии остро ставится проблема поступления тяжелых металлов в агроценозы (Klärschlammverordnung..., 1982, Wilcke, Dohler, 1995). Большая доля тяжелых металлов поступает в сельскохозяйственные почвы Германии с биологическими отходами животного происхождения, широко используемыми в качестве органических удобрений (Wilcke, Döhler, 1995). Биологические отходы животноводства обогащены цинком (до 5000 мг/кг сухого веса) и медью (до 750 мг/кг сухого веса) (Rhode, Ruck, 2000). Повышенное содержание цинка и меди в органических продуктах обусловлено использованием этих микроэлементов в кормовых добавках в животноводстве. Для борьбы с инфекционными заболеваниями домашних животных используется оксид цинка в концентрации 220 мг/кг сухого веса корма, а для стимуляции прироста биомассы животных – сульфат меди до 150 мг/кг сухого веса корма. Питательные микроэлементы цинк и медь при высоких концентрациях в почве (от 300 мг Zn/кг и от 100 мг Cu/кг) оказывают токсическое действие на культурные растения (Klärschlammverordnung..., 1982).

В данной работе были изучены масштабы поступления цинка и меди в исследуемые почвы с органическими удобрениями, накопление их в почвах и растениях, а также доля выноса с урожаем злаков (овес, пшеница и ячмень).

Органические удобрения существенно обогащены цинком и медью (табл. 1). Выявленные концентрации достоверно превышают среднее содержание, установленное для биологических отходов в стране. В почвы ежегодно вносят 22,5 м³/га органических удобрений, что в пересчете на сухое вещество составляет 809 кг/га. С ними в среднем

поступает 2,00 кг/га цинка, что вдвое превышает средние для Германии показатели. Поступление меди (0,35 кг/га в год) находится на среднем для почв Германии уровне (табл. 1).

Таблица 1

Содержание цинка и меди в органических удобрениях и их поступление в почву

Содержание элементов	Цинк	Медь
В исследуемых удобрениях, мг/кг	2499±75	443±22
Средние показатели для биологических отходов в Германии (Bodenbericht..., 2002), мг/кг	896	274
Поступление элементов		
В исследуемые почвы, кг/га в год	2,00	0,35
В агроценозы Германии (Bodenbericht..., 2002), кг/га в год	1,00	0,37

Валовое содержание цинка и меди не превышает установленные законом предельно допустимые концентрации для сельскохозяйственных почв и находится в пределах фонового содержания, установленного для незагрязненных тяжелыми металлами сельскохозяйственных почв (табл. 2).

Цинк и медь, поступающие с удобрениями в агроценозы, дифференцируются в профиле почвы. По сравнению с содержанием в почве контрольного поля концентрация цинка и меди в пахотном слое полей I и II повышена (табл. 3).

При однократном внесении исследуемых удобрений содержание цинка в 1 кг пахотного слоя почвы (0-30 см) возрастает на 0,70 мг (2% от валового содержания цинка в пахотном слое исследуемых почв), концентрация меди увеличивается на 0,14 мг (1% от валового содержания).

Таблица 2

Валовое содержание цинка и меди в пахотном слое исследуемых почв, фоновое и ПДК для сельскохозяйственных почв, мг/кг почвы

Содержание элемента	Цинк	Медь
В исследуемых почвах	18 – 35	8 – 15
Фоновое (Scheffer, Schachtschabel, 1989)	12 – 32	2 – 40
ПДК (Klärschlammverordnung..., 1982)	300	100

Таблица 3

Содержание цинка и меди в профиле исследуемых почв, мг/кг

Слой, см	Поле I	Поле II	Контроль
Цинк			
A _{пах} 0 – 30	33,1±8,1	30,7±3,9	16,5±6,3
30 – 40	23,5±2,4	22,4±5,5	16,7±3,8
Медь			
A _{пах} 0 – 30	10,9±3,1	16,78±2,3	7,72±2,9
30 – 40	8,5±0,9	14,38±1,3	7,04±2,4

*± - доверительный интервал

Таблица 4

Концентрация цинка и меди в органах исследуемых растений

Содержание в растениях	Элемент	
	Цинк	Медь
В зерне, мг/кг сухого веса	40,7	3,6
В соломе, мг/кг сухого веса	19,8	4,1
КБП*	3,9	1,5
Токсичные концентрации, мг/кг сухого веса (Frank, Finck, 1980)	от 200	от 20

* КБП – коэффициент биологического поглощения

Согласно коэффициентам биологического поглощения (табл. 4) исследуемые растения – овес, пшеница и ячмень – аккумулируют в надземных органах в 4 раза больше цинка и в 1,5 раза больше меди по отношению к концентрации подвижной фракции в пахотном слое почв. Токсичные концентрации цинка и меди в органах исследуемых растений не обнаружены. Балансовые расчеты (табл. 5) показали, что с урожаем исследуемых растений из агроценозов удаляется 11% цинка и 8% меди, с учетом возврата металлов с вегетативными остатками. Значительная часть цинка и меди, поступающая с удобрениями, остается в агроценозах. При современном уровне поступления цинка и меди в исследуемые

агроценозы, действующие в настоящее время в Германии ПДК (см. табл. 1) по валовому содержанию будут достигнуты в пахотном слое по цинку через 380 лет, по меди – через 600 лет.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что поступающие в агроценозы цинк и медь накапливаются в почве преимущественно в малоподвижной форме и частично удаляются с урожаем сельскохозяйственных растений.

Таблица 5

Баланс цинка и меди в исследуемых агроценозах, кг/га

Статья баланса	Элемент	
	Цинк	Медь
Поступление с органическими удобрениями	2,00	0,35
Вынос надземными органами растений	0,30	0,04
Возврат с вегетативными остатками растений	0,08	0,02
Баланс	+1,78	+0,33

Почвы исследуемых агроценозов при современном состоянии выполняют роль буфера, предотвращающего токсическое действие высоких концентраций цинка и меди на растения. Предел, до которого почва способна выполнять защитную функцию в агроценозе, является предметом дальнейших исследований.

Библиографический список

- Bodensbericht des Landes Mecklenburg-Vorpommern: Phase 1 des Bodenschutzprogramm. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (Herausgeber). Bearb.: Böttcher, G. Güstrow: Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie. 2002. S. 171–178.
- Frank, E., Finck, A.: Z. Pflanzenernährung. // Bodenkunde, 1980. 143. S. 38–46.
- Klärschlammverordnung – AbfKlärV vom 25. 6. 1982, in Kraft getreten 1.4.1983: Bundesgesetzblatt, Jg. 1982. T. I. S. 734–738.
- Rohde, T und Ruck, W: Verhindern Schwermetalle die nachhaltige Nutzung von Wirtschaftsdüngern? // VDLUFA – Schriftenreihe 53. 2000. S. 19–25.
- Scheffer, F und Schachtschabel, P: Lehrbuch der Bodenkunde: Stuttgart: Enke, 1989. S. 221–351.
- Wilcke, W., Döhler, H: Schwermetalle in der Landwirtschaft: Quelle, Flüsse und Verbleib. // KTBL Arbeitspapier 217. 1995. S 1–98.

Поступила в редакцию 28.09.2005

Balance of zinc and copper of the some people ecological systems Bottom Saxony (Germany)

R.W. Kaygorodov, W. Ruck

Concentration of zinc and copper in organic fertilisers are established. The sizes of receipt of zinc and copper in soils the Bottom Saxony are studied. The maintenance of zinc and copper in the top layers arable soils and in bodies of cultural plants is certain. Balances of zinc and copper in investigated soils are calculated.