

УДК: 6 31.423.1

EDN: [ZYOPIS](#)

## Баланс микроэлементов в пахотном слое чернозема выщелоченного Кубани при использовании минеральных удобрений

**Ирина Вячеславовна Шабанова**

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

E-mail: shabanova\_i\_v@mail.ru

**Аннотация.** Мониторинг содержания микро- (Zn, Co, Cu, Mn) и ультрамикроэлементов (Cd, Pb, Cr, Ni) показал, что они находятся в черноземе выщелоченном преимущественно в виде кислоторастворимых форм. Выявленная доля подвижных соединений большинства металлов в почве не превышает 5 % от их валового содержания. Такое распределение обусловлено буферностью чернозема по отношению к тяжелым металлам, которую можно представить по увеличению доли не растворимых в кислотах форм в следующей последовательности: Pb > Mn > Zn > Co > Cd > Cr > Cu > Ni. Около 30 % марганца и кадмия находится в почве в более доступных растениям формах, что связано с их низкой комплексообразующей способностью с гуминовыми веществами. Накопление меди, цинка, кобальта находится на уровне низкой или очень низкой обеспеченности. Из-за высокой сорбции металлов почвенным комплексом чернозема выщелоченного наблюдается недостаточность эссенциально важных микроэлементов для питания растений. Для восстановления микроэлементного питания растений оптимальным является применение некорневых покровок растений растворимыми формами микроэлементов.

**Ключевые слова:** микроэлементы, чернозем выщелоченный, минеральные удобрения

## The balance of trace elements in the arable layer of leached chernozem of the Kuban when using mineral fertilizers

**Irina Vyacheslavovna Shabanova**

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

E-mail: shabanova\_i\_v@mail.ru

**Abstract.** Monitoring of the content of micro- (Zn, Co, Cu, Mn) and ultramicroelements (Cd, Pb, Cr, Ni) showed that they are in leached chernozem mainly in the form of acid-soluble forms. The revealed proportion of mobile compounds of most metals in the soil does not exceed 5% of their gross content. This distribution is due to the buffering of chernozem in relation to heavy metals, which can be represented by an increase in the proportion of forms insoluble in acids in the following sequence: Pb > Mn > Zn > Co > Cd > Cr > Cu > Ni. About 30% of manganese and cadmium are in the soil in forms more accessible to plants, which is due to their low complexing ability with humic substances. The accumulation of copper, zinc, cobalt is at the level of low or very low security. Due to the high sorption of metals by the soil complex of leached chernozem, there is a lack of essential trace elements for plant nutrition. To restore the microelement nutrition of plants, the use of non-root plant coverings with soluble forms of trace elements is optimal.

**Keywords:** trace elements, leached chernozem, mineral fertilizers

## 1. Введение

Чернозем выщелоченный обладает повышенной буферностью по отношению к большинству микроэлементов [1]. d-элементы вступают в химическое взаимодействие с фульвокислотами, гуминовыми веществами почвы, сорбируются почвенно-поглощающим комплексом [2-3]. Снижение доступности растениям микроэлементов можно связать с процессами комплексообразования в почвенном растворе и гидролиза в слабощелочной среде черноземов. Использование высоких доз минеральных удобрений может изменять содержание потенциально доступных растениям форм микроэлементов в почве за счет регулирования pH и образования водорастворимых форм [4-5].

## 2. Цель исследования

Изучение влияния применения минеральных удобрений и навоза на распределение микро- (Zn, Co, Cu, Mn) и ультрамикроэлементов (Cd, Pb, Cr, Ni) в пахотном слое почвы. Определение валового содержания, включающего кислотонерастворимые формы металлов, в основном силикаты. Кислоторастворимые формы представляли соли металлов со слабыми кислотами (карбонаты), гидроксосоли и основания. Подвижные формы включали соединения растворимые в слабокислой среде при pH близком к 5. Динамика распределения этих форм в пахотном слое позволяет оценить доступность растениям эссенциально важных микроэлементов из почвы.

## 3. Методы и материалы исследования

Опыт проводился на стационаре учхоза Кубань в 2021 г., изучали содержание микроэлементов в пахотном слое почвы при внесении высокой дозы минеральных удобрений  $N_{240}P_{120}K_{80}$  под озимую пшеницу и навоза 600 т/га под предшественник кукурузу на зерно. Почву отбирали перед посевом озимой пшеницы с пахотного слоя 0-20 см. Валовое содержание микроэлементов в почве определяли методом масс-спектрометрии, подвижные (pH 4,8) и кислоторастворимые ( $HNO_3$  1:1) формы атомно-абсорбционным методом. Исследуемая почва чернозем выщелоченный слабогумусный, обесесечение гуминовыми веществом низкое и варьируется от 2,9 до 3,2 %, pH близко нейтральной среде.

## 4. Полученные результаты

Содержание различных форм микроэлементов представлено в таблице 1. Преимущественно микроэлементы находятся в почве в виде кислоторастворимых форм или сорбированы силикатами. Содержание кадмия в почве в виде кислоторастворимых,

потенциально доступных растениям форм достигает 50 %, подвижных более 10 %. Такая тенденция вызывает опасения, поскольку может способствовать увеличению содержания этого ультрамикроэлемента в выращенной продукции.

**Таблица 1.** Баланс микроэлементов в черноземе выщелоченном

Me	Валовое содержание, мг/кг	Кислоторастворимые		Подвижные формы		Обеспеченность мг/кг
		Содержание, мг/кг	Доля, %	Содержание, мг/кг	Доля, %	
Co	14–21	12–14	75	0,5–1,1	3,0	низкая
Cu	74–80	18–24	27	0,16–0,26	0,5	очень низкая
Zn	75–80	55–62	77	0,7–1,0	1,5	низкая
Mn	680–750	480–577	78	60–90	11	средняя
Cd	0,5 (фон)	0,21–0,23	45	0,03–0,05	10	–
Pb	14–23	12–14	80	0,5–1,1	5,0	–
Cr	102–110	29–65	36	0,2–0,3	0,5	–
Ni	53–60	10–11	20	1,5–2,1	3,5	средняя

Доля кислоторастворимых форм кобальта, цинка, марганца и свинца в почве достигает 80 %, то же время их подвижность не превышает 5 %. Такое распределение обусловлено буферностью чернозема по отношению к тяжелым металлам, которую можно представить по увеличению доли не растворимых в кислотах форм в следующей последовательности: Pb > Mn > Zn > Co > Cd > Cr > Cu > Ni.

Результаты исследования, представленные в таблице, согласуются со значениями констант устойчивости и произведений растворимости соединений микроэлементов с компонентами почвенного комплекса. Константы устойчивости металлов с фульвокислотами (рН 5,0) представлены в ряду: Zn(2,34) < Co(3,36) < Mn(3,78) < Ni(4,14) < Pb(6,13) < Cu(8,69). Константы устойчивости комплексных соединений металлов с гуминовыми кислотами при рН близкой к 7 имеют сходный характер: Mn(5,6) < Cd(8,9) < Ni(9,6) < Zn(10,3) < Cu(12,3). Микроэлементы при рН близкой к нейтральной среде, характерной для черноземов, образуют малорастворимые в воде гидроксиды, произведение растворимости которых возрастает в ряду: Mn(OH)<sub>2</sub>(12,7) < Cd(OH)<sub>2</sub>(13,6) < Ni(OH)<sub>2</sub>(13,8) < Co(OH)<sub>2</sub>(14,8) < Zn(OH)<sub>2</sub>(16,9) < Cu(OH)<sub>2</sub>(19,7) << Hg(OH)<sub>2</sub>(25,5) < Cr(OH)<sub>3</sub>(30,2).

Из-за высокой сорбции металлов почвенным комплексом чернозема выщелоченного наблюдается четкая тенденция недостаточности эссенциально важных микроэлементов для питания растений. Накопление меди, цинка, кобальта находится на уровне низкой или очень низкой обеспеченности. Применение минеральных удобрений

и навоза в высоких дозах не способствует увеличению содержания доступных растениям форм микроэлементов в пахотном слое почвы.

## 5. Выводы

Микро- и ультрамикроэлементы находятся в пахотном слое чернозема выщелоченного Кубани преимущественно в недоступных растениям формах силикатных и кислоторастворимых, доля подвижных форм эссенциальных элементов крайне низкая. Наблюдается повышенная буферность чернозема выщелоченного по отношению к большинству эссенциально важных элементов питания растений. Поэтому при выращивании полевых культур рациональной будет компенсация дефицита микроэлементного питания за счет некорневых подкормок хелатированными формами микроудобрений.

## Список литературы

1. Гарькуша, С. В. Влияние различных технологий возделывания сахарной свеклы на содержание цинка, свинца и кадмия в почве и корнеплодах свеклы / С. В. Гарькуша, Н. Г. Гайдукова, И. В. Шабанова, Н. А. Кошеленко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 36. – С. 125-129.
2. Гайдукова, Н. Г. Влияние агрохимических средств земледелия на содержание свинца и кадмия в черноземе выщелоченном и озимой пшенице / Н. Г. Гайдукова, Н. А. Кошеленко, И. И. Сидорова, И. В. Шабанова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2007. – № 9. – С. 88-94.
3. Горбылева, А. И. Почвенный поглощающий комплекс дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и урожайность сельскохозяйственных культур / А. И. Горбылева, В. Б. Воробьев, М. М. Комаров // Агрохимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 6-9.
4. Загорулько, А. В. Эколого-агрономическая оценка действия химических средств земледелия на урожай и качество зерна озимой пшеницы / А. В. Загорулько, Н. Г. Гайдукова, И. В. Шабанова, А. С. Скоробогатова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 131. – С. 1405-1424.
5. Нецадим, Н. Н. Об экологических рисках, связанных с накоплением свинца и кадмия в зерне озимой пшеницы, выращенной на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / Н. Н. Нецадим, Н. Г. Гайдукова, И. В. Шабанова,

И. И. Сидорова // Труды Кубанского государственного аграрного университета.  
– 2008. – № 431. – С. 59-65.