ЭКОБИОТЕХ

ISSN 2618-964X

<http://ecobiotech-journal.ru>

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Zn, Cu, Mn, Fe) В АГРОПОЧВАХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г. КИРОВА)

Симонова О.А.^{1,2}, Симонов М.В.², Товстик Е.В.²

¹ Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, Киров
E-mail: simolga07@gmail.com

² Вятский государственный университет, Киров
E-mail: tovstik2006@inbox.ru

В статье изложены результаты исследования влияния разных доз минеральных удобрений (NPK) на содержание подвижных соединений тяжелых металлов (Zn, Cu, Fe, Mn) и их долю от кислоторастворимых форм в пахотном горизонте дерново-подзолистой почвы. Исследования проводили в условиях стационарного опыта. Почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая, сформирована на элювии пермских глин. Установлено, что внесение удобрений в дозах от 30 до 150 кг/га не оказывает значимого влияния на содержание подвижных соединений цинка и меди в почве. Содержание их подвижных соединений в агропочве составило 1,38-3,56 и 0,39-0,41 мг/кг соответственно. Количество подвижных соединений железа в пахотном горизонте варьировало от 35,65 до 51,11 мг/кг и увеличилось при внесении удобрений в варианте опыта NPK 60. Для марганца при внесении удобрений фиксировали повышение количества его подвижных соединений в почве относительно контроля. Их величина составила от 43,22 до 82,4 мг/кг.

Ключевые слова: почва, пахотный слой, тяжелые металлы, подвижные соединения, удобрения

CONTENT OF HEAVY METALS (Zn, Cu, Mn, Fe) IN AGROSOILS OF A NONCHERNOZEM ZONE OF RUSSIA IN THE CONDITIONS OF APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS (ON THE EXAMPLE OF KIROV)

Simonova O.A.^{1,2}, Simonov M.V.², Tovstik E.V.²

¹ Federal Agricultural Research Center of North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov
E-mail: simolga07@gmail.com

² Vyatka State University, Kirov
E-mail: tovstik2006@inbox.ru

In article results of a research of influence of different doses of mineral fertilizers (NPK) on the content of mobile compounds of heavy metals (Zn, Cu, Fe, Mn) and their share from acidsoluble forms in the arable horizon of the cespitose and podsolic soil are stated. Researches were conducted in the conditions of stationary experience. The soil is sod-podzolic, medium loamy, formed on Permian clay eluvium. It is established that application of fertilizers in doses from 30 to 150 kg/hectare has no significant impact on the content of mobile compounds of zinc and copper in the soil. The content of their mobile compounds in agricultural soil was 1.38-3.56 and 0.39-0.41 mg / kg, respectively. The number of mobile iron compounds in the arable horizon varied from 35.65 to 51.11 mg / kg and increased when fertilizers were applied in the NPK 60 experiment. For manganese, when fertilizers were added, an increase in the number of its mobile compounds in the soil was recorded relative to the control. Their value ranged from 43.22 to 82.4 mg / kg.

Keywords: soil, arable layer, heavy metals, mobile connections, fertilizers

Поступила в редакцию: 14.08.2019

DOI: [10.31163/2618-964X-2019-2-3-302-306](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2019-2-3-302-306)

ВВЕДЕНИЕ

Исследование содержания тяжелых металлов (ТМ) в почвах сельскохозяйственного назначения является неотъемлемой частью мониторинга окружающей среды. Прежде всего, это связано с использованием земель данной категории для получения растениеводческой продукции.

Известно, что некоторые ТМ, в относительно низких концентрациях, необходимы для поддержания стабильно высоких урожаев [Nagajyoti et. al., 2001; Villiers et. al., 2011, Минеев,

2004]. К таким металлам можно отнести Zn, Cu, Mn и Co [Алексеев, 2008; Леднев и др., 2016]. Однако в случае повышенных концентраций, они могут быть токсичными для живых организмов.

В настоящее время Министерством природных ресурсов и экологии РФ регламентируется контролировать в почвах содержание валовых форм девяти тяжелых металлов, среди которых Mn, Cu и Zn [Государственный доклад о состоянии..., 2007].

Обнаруживаемые в почве ТМ, как правило, входят в состав различных соединений. При этом извлекаемая форма зависит от используемого экстрагента. Таким образом, из почвы можно извлечь кислоторастворимые, если в качестве экстрагента использовать 1 н. азотную кислоту, подвижные – ацетатно-аммонийный буферный раствор с pH 4,8 и водорастворимые формы ТМ, когда экстрагент – вода [Нестерова и др., 2014].

Наибольший интерес, с точки зрения участия в важнейших почвенных процессах, образовании органоминеральных комплексов, а также доступности для растений, представляют подвижные формы ТМ [Орлов, 1998; Дубенок и др., 2011]. Их содержание в почве определяется наряду с прочими факторами, валовым запасом ТМ и типом почвы. Установлено, что содержание ТМ в материнской породе, как правило, не превышает 100 мг/кг, с учетом того, что доля их доступных соединений может составлять только 10 % от их валовых форм [Изерская и др., 2000; Небольсин и др., 2010].

Наряду с естественными факторами, содержание подвижных форм ТМ в почве может изменяться в результате обработки почвы, внесения в нее удобрений, возделывания ограниченного числа культур, выноса элементов питания с урожаем. Основным источником загрязнения почв сельскохозяйственного назначения ТМ остаются удобрения [Водяницкий 2013; Wang et al., 2001].

Цель работы – исследование содержания подвижных соединений Zn, Cu, Fe, Mn в пахотном горизонте дерново-подзолистой почвы в условиях применения минеральных удобрений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование содержания подвижных и кислоторастворимых соединений Zn, Cu, Fe, Mn проводили в образцах почвы длительного (более 40 лет) стационарного опыта, расположенного в черте г. Кирова. Территория исследования относится к южно-таёжной подзоне. Почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая, сформирована на элювии пермских глин.

Отбор проб почвы для исследования осуществляли из пахотного слоя почвы (0-20 см) в течение вегетационного периода 2016 г. Повторность отбора проб почвы шестикратная, метод отбора – рендомизированный. Варианты опыта включали: 30, 60, 90, 120 и 150 кг/га действующего вещества (NPK). В качестве источника NPK использовали минеральные удобрения: аммиачную селитру, суперфосфат двойной гранулированный и хлористый калий. Контролем служил вариант без удобрений.

В почвенных образцах определяли содержание подвижных соединений тяжелых металлов с использованием ацетатно-аммонийного буферного раствора с pH 4,8; кислоторастворимых – в 1М растворе азотной кислоты при соотношении почва : раствор 1:10 методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии [ФР.1.31.2007.04106. МВИ массовых долей токсичных металлов в пробах почв атомно-абсорбционным методом, 2007].

Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа с использованием пакета программ Microsoft Excel 2007 и Agros 2.07. Достоверность различий содержания элементов между вариантами оценивали с использованием критерия Дункана.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Несмотря на внесение высоких доз удобрений (NPK 120 и 150 кг/га), содержание подвижных соединений цинка в агропочве не превышало установленной для него величины ПДК (23 мг/кг) [ГН 2.1.7.2041-06] (табл.). Во всех вариантах опыта доля подвижных соединений цинка от кислоторастворимых соединений не превышала 40 %, за исключением варианта NPK 60, в котором она возросла до 61,91 %.

Таблица. Содержание и доля подвижных соединений ТМ в агропочве

Вариант	Содержание, мг/кг			
	/ Доля подвижных соединений от кислоторастворимых, %			
	Zn	Cu	Fe	Mn
Контроль	1,38 / 27,71	0,40 / 10,2	35,65 / 2,40	43,22 / 9,92
NPK 30	2,13 / 37,30	0,41 / 10,54	47,67 / 2,38	55,94 / 11,24
NPK 60	3,56 / 61,91	0,39 / 9,47	51,11 / 3,06	62,9 / 12,6
NPK 90	2,14 / 32,87	0,40 / 9,88	49,55 / 2,75	72,07 / 12,67
NPK 120	2,11 / 39,07	0,39 / 10,74	45,71 / 2,48	76,29 / 13,47
NPK 150	1,56 / 22,29	0,39 / 10,16	47,64 / 2,26	82,4 / 13,78

Примечание: в табл. приведены усредненные данные по содержанию ТМ в пробах, 6-кратно отобранных пробах за вегетационный период

Как и в случае с цинком, содержание подвижных соединений меди в агропочве варьировало в пределах 0,39–0,41 мг/кг и не превышало ПДК (3 мг/кг). Доля подвижных соединений меди от кислоторастворимых соединений во всех вариантах опыта была практически на одном уровне и не превышала 11 %.

Известно, что Кировская область входит в число субъектов, чьи почвы характеризуются естественным повышенным содержанием некоторых ТМ. По результатам наших исследований установлено, что содержание подвижных соединений железа в агропочве варьировало в пределах одного порядка (35,65–51,11 мг/кг). Содержание подвижных соединений железа во всех вариантах с внесением удобрений увеличилось по сравнению с контролем. Максимальное значение данного показателя фиксировали в варианте с NPK 60. При этом доля подвижных соединений металла от кислоторастворимых оказалась не высокой и отличалась незначительно от контрольного варианта.

Содержание подвижных соединений марганца в агропочве варьировало от 43,22 до 82,4 мг/кг. При этом в вариантах опыта с дозой удобрений выше, чем 30 NPK кг/га было установлено превышение значения ПДК для данного металла (60 мг/кг) [ГН 2.1.7.2041-06]. Кроме этого, было выявлено, что при внесении удобрений содержание подвижных соединений марганца увеличилось по сравнению с контрольным вариантом.

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на то, что основными источниками цинка в сельском хозяйстве, являются минеральные удобрения, в тоже время, внесение в почву некоторых из них, может привести

к закреплению данного элемента в почве. Данный факт установлен для фосфорных удобрений [Водяницкий, 2009; Manceau et al, 2004]. По результатам наших исследований внесение в почву минеральных удобрений в дозах от 30 до 150 кг/га действующего вещества (НРК) не оказало значимого влияния на содержание подвижных соединений цинка в пахотном горизонте дерново-подзолистой почвы.

Как и для цинка, источником меди в почвах сельскохозяйственного назначения являются минеральные удобрения. Ранее установлено, что при попадании в почву медь формирует прочные связи с органическим веществом, что уменьшает ее подвижность и, следовательно, доступность для растений [Kabata-Pendias, 2010; Горюнова, 2001]. Кроме того, в дерново-подзолистых почвах соединения меди обладают высокой миграционной способностью [Леднев и др., 2016]. В нашем случае доля подвижных соединений меди от кислоторастворимых соединений в почве не зависела от внесения минеральных удобрений (не превышала 11 %).

По данным литературы известно, что содержание подвижных соединений железа в почвах Кировской области достигает 280 мг/кг [Шихова, 2005]. По результатам наших исследований установлено, что содержание подвижных соединений железа в пахотном горизонте почвы не превысило 35,65 мг/кг в контрольном варианте и увеличилось при внесении минеральных удобрений до 51,11 мг/кг. В соответствии с нормативными документами данный металл не является опасным и для него не регламентированы величины ПДК и ОДК [СанПиН 2.1.7.1287-03]. Однако, по литературным данным известно, что оптимальный уровень легкоподвижных соединений железа в дерново-подзолистых почвах составляет 1,3-7,0 мг/кг для разных культур [Небольсин и др., 2010]. Следует отметить, что установленное содержание подвижных соединений данного металла во всех вариантах опыта, было на порядок выше оптимального значения.

Ранее установлено, что содержание марганца в почвах Кировской области может достигать 1000 мг/кг и больше [Шихова и др., 2004]. Наиболее подвижными, вовлеченными в биологический круговорот и подверженными непосредственному влиянию биологических процессов, являются двухвалентные соединения металла. Их количество не превышает 10% от общего содержания [Раджабова, 2012]. В нашем случае содержание подвижных соединений марганца в пахотном горизонте составило 43,22 мг/кг. При этом внесение минеральных удобрений в почву способствовало повышению как их количества до 82,4 мг/кг, так и доли подвижных от кислоторастворимых соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в агроландшафте. СПб.: ПИЯФ РАН, 2008. 216 с.
2. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2009. 95 с.
3. Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность (аналитический обзор) // Почвоведение. 2013. № 7. С. 872-881.
4. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в почве. Утв. гл. гос. сан. врачом РФ 19.01.2006. Введен в действие с 01.04.2006.
5. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году. М.: Минприроды РФ, 2008. 503 с.

6. Горюнова Т.А. Тяжелые металлы () в почвах и растениях юго-западной части Алтайского края // Сибирский экологический журнал. 2001. № 2. С. 181-190.
7. Дубенок Н.Н., Мажайский Ю.А., Евтюхин В.Ф., Тобратов С.А. Закономерности распределения тяжелых металлов в почвах лесных экосистем (на примере центральной части Рязанского региона) // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2011. № 3. С. 26-30.
8. Изерская Л.А., Воробьева Т.С. Формы соединения тяжелых металлов в аллювиальных почвах Средней Оби // Почвоведение. 2000. № 1. С. 56-62.
9. Леднев А.В., Ложкин А.В., Безносков А.И. Тяжелые металлы в почвах Удмуртской республики и приемы, снижающие их миграцию в системе почва-растение. Ижевск: ФГБОУ Ижевская ГСХА, 2016. 175 с.
10. Минеев В.Г. Агрохимия. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. 719 с.
11. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Известкование почв (результаты 50-летних полевых опытов). СПб.: ГНУ ЛНИИСХ Россельхозакадемии, 2010. 254 с.
12. Нестерова О.В., Трегубова В.Г., Семаль В.А. Использование нормативных документов для оценки степени загрязнения почв тяжелыми металлами // Почвоведение. 2014. № 11. С. 1375-1380.
13. Орлов Д.С. Микроэлементы в почвах и живых организмах // Соревольный образовательный журнал. 1998. № 1. С. 61-68.
14. Раджабова П.А. Деятельность почвенных микроорганизмов как фактор формирования пула легкодоступных форм питательных веществ // Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования. Матер. докл. VI съезда общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Всероссийская с международным участием научная конференция. Кн.2. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. С. 401-403.
15. СанПиН 2.1.7.1287-03
16. ФР.1.31.2007.04106. МВИ массовых долей токсичных металлов в пробах почв атомно-абсорбционным методом. ООО "ХАЦ "Плазма", Томск, 2007
17. Шихова Л.Н. Содержание и динамика тяжелых металлов в почвах Северо-Востока европейской части России. Дисс. ... д-ра с.-х. наук. СПб - Пушкин, 2005. 317 с.
18. Шихова Л.Н., Егoшина Т.Л. Тяжелые металлы в почвах и растениях Северо-Востока европейской части России. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2004. 264 с.
19. Manceau A., Marcus M.A., Tamura N. Quantative speciation of heavy metals in soils and spediments by synchrotron X-ray techniques // Applications of Synchrotron Radiation in Low-Temperature Geochemistry and Enviromental Science. Reviews in Mineralogy and Geochemistry. Washington, DC. 2002. V. 49. P. 341-428.
20. Kabata-Pendias A. Trace elements in soil and plants. 4-th edition. Boca Raton, Florida. CRC Press, 2010. 548 p.
21. Nagajyoti P.C., Lee K.D., Sreekanth T.V.M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review // Environ Chem Lett. 2010. V. 8. P. 199-216. DOI 10.1007/s10311-010-0297-8.
22. Villiers F., Ducruix C., Hugouvieux V., Bourguignon J. Investigating the plant response to cadmium exposure by proteomic and metabolomic approaches // Proteomics. 2011. V. 11. P. 1650-1663. DOI: 10.1002/pmic.201000645.
23. Wang Q., Dong Y., Cui Y., Liu X. Instances of soil and crop heavy metals contamination in China // Soil Sediment Contam. 2001. V. 10. P. 497-510.