

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОБАВОК НА ПОДВИЖНОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ

*Е. О. Маркина, В. В. Григорьев, Н. В. Сырчина
Вятский государственный университет, rastafury@mail.ru*

Интенсивная система современного земледелия, предполагающая широкое использование удобрений и средств защиты растений, в сочетании с усиливающейся техногенной нагрузкой на окружающую среду приводит к широкомасштабному загрязнению сельскохозяйственных земель различными токсичными соединениями, к числу которых относятся и тяжелые металлы (Ваймер, 2006). В настоящее время загрязнение тяжелыми металлами выявлено на сотнях тысяч гектаров пахотных земель (Раскатов, 2000). Накопление в почвах тяжелых металлов (ТМ) создает предпосылки для интенсивной миграции этих токсикантов в выращиваемые культуры и загрязнению урожая (Митяшина, 2005). Кроме того, ТМ оказывают негативное воздействие на биологическую активность самой почвы, приводят к разрушению гумуса (Водяницкий, 2012). В связи с этим, поиск рациональных способов инактивации ТМ в почвенных системах имеет большое практическое значение. Наиболее эффективным способом снижения миграционной способности ТМ в системе

почва – растение является перевод токсичных элементов в недоступные для растений формы. К снижению подвижности ТМ могут привести процессы сорбции, комплексообразования, связывания ТМ в малорастворимые соединения. Реализация этих процессов в полевых условиях требует определенных экономических затрат, поэтому очень важно иметь информацию, позволяющую сопоставить эффективность полученного результата с экономическими затратами, необходимыми для его достижения.

Цель работы: изучить влияние различных добавок на подвижность ТМ в почвах.

Задачи: определить перечень добавок, способных привести к изменению подвижности ТМ в почвах; определить влияние добавок на содержание подвижных форм ТМ в почвах в условиях лабораторного эксперимента; оценить экономическую и экологическую целесообразность использования различных добавок для снижения токсичных свойств почвы.

В качестве добавок для связывания ТМ в почвах были изучены следующие вещества и материалы:

- кремнистая опока Каменноярского месторождения Астраханской области (неорганический сорбент);
- лигнин, отход производства Кировского БХЗ (органический сорбент);
- торфогель, ООО «Техносорб» (источник гуминовых веществ, способных связывать ТМ в прочные комплексы);
- гидрофосфат натрия (связывание ТМ в малорастворимые фосфаты);
- гидроксид кальция (изменение подвижности за счет повышения рН).

В качестве почвы использовался агрозем среднего механического состава (легкий суглинок; содержание органического вещества – $8,1 \pm 0,8\%$; $pH_{\text{сол}} - 4,54$).

Подвижность ТМ исследовалась на примере катионов Zn^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , вносимых в почву в форме смеси нитратов (250 мг каждой соли на 1 кг почвы). Почва с добавкой солей тщательно перемешивалась, увлажнялась, выдерживалась в течение двух суток, затем высушивалась в условиях отапливаемого помещения до воздушно сухого состояния. В подготовленную таким образом почву (модельная почва) вносились изучаемые добавки.

Модельные образцы почвы (МП) с добавками увлажнялись, выдерживались 2 дня, затем высушивались до воздушно сухого состояния при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и из них готовилась вытяжка.

Содержание ТМ в почве определялось спектрофотометрическим методом, согласно ФР.1.31.2012.13573.

Полученные данные представлены в таблице.

Таблица

Содержание тяжелых металлов в почве с разными добавками

Добавки	Содержание подвижных форм тяжелых металлов в МП, мг/кг			
	Zn	Pb	Cd	Cu
1	2	3	4	5
МП без добавок	95	5,8	10,6	1,9
МП + Опока (гранулы 1...0,25 мм), 5,0 г/кг	79	5,5	6,0	0,47

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
МП +Известь (Са(ОН) х.ч.), 5,0 г/кг	118	7,8	15,1	1,34
МП +Торфогель, 1,0 г/кг	108	7,4	15,8	0,86
МП +Лигнин, 1,0 г/кг	102	8,0	15,8	0,86
МП +Сульфид натрия, 0,05г/кг	99	6,3	15,8	1,01
МП +Гидрофосфат натрия, 0,05г/кг	97	6,0	14,2	0,92
	Валовое содержание ТМ, мг/кг			
Почва, фон	84	7,9	0,105	9,9
МП	320	250	250	260

Согласно полученным данным, внесение нитратов ТМ в почву приводит к переходу соответствующих катионов в связанное состояние (табл.). Особенно интенсивно связывается медь. Следует отметить, что в отличие от остальных изученных ТМ, для меди характерно образование наиболее прочных комплексов с гуминовыми веществами. Константы устойчивости гуминовых комплексов меди на 2–3 порядка выше чем кадмия (Семенов, 2009). Кроме того, для меди характерно образование минеральных соединений (сульфиды, фосфаты, карбонаты и др.), характеризующихся наиболее низкими значениями произведения растворимости.

Добавка опоки приводит к снижению подвижности всех изученных металлов. Основной механизм связывания ТМ опокой – сорбция. Содержание подвижных форм Cu и Cd в почве, содержащей 0,5% дробленной опоки, уменьшается на 75 и 43% соответственно. В присутствии опоки затрудняется определение валового содержания ТМ в исследуемых образцах. Прочная хемосорбция ТМ пористой структурой опоки приводит к получению заниженных значений результатов анализа по ФР.1.31.2012.13573. Так, определение валового содержание Zn в почве без опоки составляет 320 мг/кг, а в почве с добавкой опоки – 210 мг/кг ($\Delta X = 70$).

Все остальные добавки, включая известь, приводят к снижению подвижности Cu и увеличению подвижных форм других ТМ.

Как известно, под влиянием извести происходит существенное увеличение pH, приводящее к изменению состояния почвенно-поглощающего комплекса (Рыбакова, 2007), в результате соответствующие катионы из иммобилизованного состояния могут перейти в раствор в составе растворимых комплексов с органическими лигандами. Возможное увеличение подвижности ТМ в почвах следует принимать во внимание при известковании почв, чтобы предотвратить загрязнение выращиваемой продукции соответствующими токсикантами.

Внесение в почву лигнина и торфогеля (источники органических лигандов) приводит практически к одинаковым результатам, выражающимся в увеличении подвижности Zn, Cd, Pb и снижении подвижности Cu. Объяснить данный результат можно, исходя из представлений о разной устойчивости соответствующих комплексов, приводящих к мобилизации или иммобилизации катионов.

Добавка в почву сульфидов и фосфатов приводит к некоторому увеличению рН, т. е. действие этих добавок аналогично действию извести, однако под влиянием сульфидов и фосфатов подвижность Си уменьшается сильнее, а подвижность остальных ТМ увеличивается меньше, чем под влиянием извести. Причиной этого эффекта может быть образование соответствующих трудно растворимых соединений.

Таким образом, выполненные исследования показали, что к эффективному связыванию катионов ТМ в почвах из исследуемых добавок приводит только дробленая кремнистая опока.

Литература

Ваймер А. А. Тяжелые металлы и радионуклиды в почвах и сельскохозяйственной продукции Северного Зауралья: Дис. ... д-ра биол. наук. Тюмень, 2006. 355 с.

Водяницкий Ю. Н., Ладонин Д. В., Савичев А. Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами. М., 2012. 305 с.

Митяшина С. Н. Влияние последствий различных систем применения удобрений на гумусовое состояние и подвижность тяжелых металлов в дерново-подзолистых суглинистых почвах: Дис. ... канд. с.-х. наук. Санкт-Петербург-Пушкин, 2005. 203 с.

Раскатов А. В. Агроэкологические аспекты транслокации тяжелых металлов в почве и растениях: На примере дерново-подзолистых почв Ивановской области: Дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2000. 175 с.

Рыбакова О. И. Влияние сельскохозяйственных культур, известкования и удобрений на реакцию почвенной среды и кальциевый режим дерново-подзолистых суглинистых почв: Дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2007. 125 с.

Семенов А. А. Влияние гуминовых кислот на устойчивость растений и микроорганизмов к воздействию тяжелых металлов: Дис. ... канд. биол. наук. М., 2009. 132 с.

ФР.1.31.2012.13573 Методика измерений массовых долей токсичных металлов в пробах почв атомно-абсорбционным методом.