

an increase in the total number of mycomycetes. At the same time, the number of pathogenic fungi decreases but the number of antagonists in the soil increases. The phytosanitary condition of the soil improves and the infestation of spring wheat with root rot decreases.

Keywords: granulated organic fertilizer, poultry manure, spring wheat, mycomycetes, pathogens, root rot.

УДК 633.14: 631.811

ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАНТОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОВЕДЕНИЕ КАДМИЯ В СИСТЕМЕ ТОРФЯНАЯ НИЗИННАЯ ПОЧВА – ГОРЧИЦА БЕЛАЯ

Уткин Алексей Анатольевич, к.с.-х.н, доцент, заведующий кафедрой агрохимии и экологии, ФГБОУ ВО Ивановская государственная сельскохозяйственная академия им. Д.К. Беляева E-mail: aleut@inbox.ru

Аннотация: Увеличение концентрации валовой формы кадмия в торфяной почве заметнее проявлялось от использования агромелиорантов, чем от удобрений. Удобрения, в основном, приводили к повышению подвижности металла в почве. Применение удобрений на фоне мелиорантов чаще приводило к увеличению концентрации металла в растениях, по сравнению с вариантами без их использования.

Ключевые слова: Диатомит, цеолит, кембрийская глина, известь, минеральные удобрения, кадмий, торфяная низинная почва, растение.

Введение. Накопление в почвах избыточных количеств такого металла как кадмий, относящегося к приоритетным экотоксикантам, обнаружено во многих почвах. Установлено, что площади земель, загрязненных кадмием в России составляют 184 тыс. га [3]. При этом с каждым годом доля загрязненных почв увеличивается, что создает опасность частичного вывода таких земель из сельскохозяйственного оборота. Как альтернативный вариант в этом случае выступают торфяные низинные почвы, в виду того, что они в настоящее время мало востребованы в сельскохозяйственном производстве и им отводится «запасная» роль. Их отличает довольно высокий уровень потенциального плодородия, что позволит получать дополнительное количество растениеводческой продукции, тем более что площадь торфяных низинных почв на территории России довольно значительна и составляет 56641,3 тыс. га [2].

Большинство экспериментов по изучению накопления тяжелых металлов растениями проведено на минеральных почвах. В литературе также представлены некоторые результаты исследований поступления свинца в растения из торфяных низинных почв. Обнаружены значительные отличия в

параметрах накопления кадмия растениями из органогенных и минеральных почв. Однако для более полного изучения механизмов поведения кадмия в системе торфяная низинная почва – растение необходим ряд дополнительных экспериментов, включающих в себя использование различных агромелиорантов, сельскохозяйственных культур и видов торфяных почв [4, 5].

Цель – изучение влияния цеолита, диатомита, кембрийской глины, извести и минеральных удобрений на подвижность кадмия в торфяной низинной почве и его накопление растениями горчицы белой.

Материалы и методы. Объектом наших исследований явилась торфяная низинная почва, отобранная в естественных условиях из верхнего слоя на торфяном массиве мелиорированного низинного болота вблизи пос. Новое Леушино Тейковского района Ивановской области.

Агрохимическая характеристика нативной торфяной низинной почвы: рН(kcl) – 6,29; гидролитическая кислотность (H_T) – 9,0 мг-экв/100 г почвы; сумма поглощенных оснований (S) – 40,0 мг-экв/100 г почвы; степень насыщенности основаниями (V) – 86,9%; валовая и подвижная концентрации кадмия – 0,21 и 0,044 мг/кг почвы, соответственно.

Химические свойства цеолита: рН(kcl) – 8,3; ЕКО – 32,1 (мг-экв/100 г почвы); доступные соединения N–NH₄+NO₃, P–P₂O₅, K–K₂O, Ca–CaO, Mg–MgO, Na–Na₂O и Mn–MnO – 7-8, 25-37, 120-270, 4400-5200, 1200-2000, 120-125 и 430-450 мг/кг соответственно. Препарат состоит из неровных гранул 2-4 мм, светло-серого цвета. Выпускается по ТУ 2163-001-55345068-2001. Класс опасности: 4 (малоопасное вещество).

Химические свойства диатомита: содержание соединений, %: SiO₂ – 74,8-88,0, в т.ч. в аморфной форме – 40-45%; Al₂O₃ – 3,3-9,7; CaO – 0,6; Fe₂O₃ – 2,3-4,8; MgO – 0,6-1,7; Na₂O – 0,74; K₂O – 0,96. Препарат состоит из розовых гранул 1-3 мм. Выпускается по ТУ 2164-005-03811093-16. Класс опасности: 4.

Кембрийская глина – мелкодисперсный голубой порошок, содержащий природные минералы и элементы. Выпускается по ТУ 5751-031-38605220-16. Класс опасности: 4.

По общепринятым в агрохимической практике методикам были выполнены следующие определения: подвижные соединения кадмия в торфяной почве на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант – 2А» (в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера с рН 4,8) при соотношении торфяной почвы к раствору как 1 : 5 (ГОСТ Р 53218); валовые концентрации кадмия в почве смесью кислот (М-МВИ-80-2008 ФР.1.31.2013.14150); содержание кадмия в растениях сухим озолением: (РД 52.18.289-90).

Схема опыта включала в себя два фактора: А – минеральные удобрения; В – агромелиоранты из 10 вариантов. Повторность опыта 3-х кратная.

Схема опыта: блок 1: 1. контроль; 2. цеолит; 3. известь гашеная; 4. диатомит; 5. кембрийская глина; блок 2: 1. NPK – фон; 2. фон + цеолит; 3. фон + известь гашеная; 4. фон + диатомит; 5. фон + кембрийская глина.

Опыт проводился в пластиковых сосудах емкостью 2,5 л. Масса воздушно-сухой торфяной почвы в сосудах с известью, контрольного и фонового вариантов составляла 1,4 кг.

Цеолит и диатомит вносился в смеси с торфом по массе в соотношении: торф : цеолит (диатомит) – 6 : 1 или 1,2 : 0,2 (кг/сосуд). Доза извести составила 9,3 г/сосуд. В качестве фона использовались минеральные удобрения – сульфат аммония, суперфосфат простой гранулированный и сульфат калия в дозах 0,15, 0,1 и 0,1 г д.в./кг сухой почвы, соответственно.

Набивка сосудов почвой, удобрениями и агроулучшителями под предыдущий опыт проводилась 25.10.2020 г., затем сосуды в течение нескольких месяцев выдерживались (компостировались) в условиях лаборатории при регулярном поливе с целью более эффективного распределения агроулучшителей и удобрений в объеме почвы.

Норма высева проросших семян горчицы составила 9 штук/сосуд. Посев проросших семян осуществлялся 19.07.2021 г. Уборка зелёной массы проводилась 22.10.2021 г. Период вегетации культуры составил 90 дней. Сорт горчицы – «Белянка».

Во время вегетации растений в почве поддерживалась оптимальная влажность на уровне 70% от ППВ путем полива дистиллированной водой по массе сосуда. В течение опыта велись морфологические наблюдения за растениями.

После уборки и учета урожая с каждого опытного варианта из трех повторностей составлялась объединенная проба растений и почвы на анализ валовых и подвижных соединений металла.

При обработке экспериментальных данных был рассчитан коэффициент накопления (КН) металла растениями, равный отношению концентрации элемента в растениях к его валовой концентрации в почве. Степень подвижности кадмия в торфяной почве рассчитана из соотношения подвижных соединений металла к величине валовой концентрации в почве и выражена в процентах.

Аналитические результаты почвенных и растительных образцов подвергались математической обработке с использованием пакета MS Excel-2003.

Результаты и их обсуждение. Данные, отражающие валовые и подвижные концентрации кадмия в торфяной почве и содержание его в растениях, представлены в таблице 1.

Наибольшие значения валовой и подвижной форм концентраций кадмия в торфяной низинной почве отмечались в вариантах с известью, как на фоне минеральных удобрений, так и без них.

Минеральные удобрения, в основном, несколько снижали валовую концентрацию кадмия в почве.

Использование мелиорантов (варианты фактора Б), за исключением извести приводило к снижению в 1,35-1,86 раза концентрации подвижных соединений Cd по сравнению с концентрацией подвижных форм Cd в почве

контроля. Использование минеральных удобрений совместно с мелиорантами незначительнее снижало содержание подвижных форм Cd в почве в 1,23-1,57 раза.

Таблица 1. Влияние агроmeliорантов и удобрений на накопление кадмия горчицей из торфяной низинной почвы

Вариант опыта	Валовая концентрация Cd в почве, мг/кг	Концентрация подвижных соединений Cd в почве, мг/кг	Степень подвижности, %	Концентрация Cd в растениях, мг/кг	КН
Контроль	0,20	0,054	27,00	0,178	0,89
Цеолит	0,22	0,029	13,18	0,099	1,27
Известь	0,38	0,220	57,89	0,174	0,45
Диатомит	0,13	0,040	30,77	0,228	1,31
Кембрийская глина	0,11	0,044	40,00	0,600	0,46
НРК - фон	0,15	0,047	31,33	0,191	0,96
Фон + цеолит	0,17	0,030	17,65	0,222	1,75
Фон + известь	0,50	0,240	48,00	0,480	1,51
Фон + диатомит	0,10	0,038	38,00	0,151	5,45
Фон + кембрийская глина	0,18	0,034	18,89	0,131	0,73

Степень подвижности соединений Cd в нативной торфяной низинной почве опыта (контроль) отличалась существенно меньшими значениями от подвижности металла в минеральных почвах, где она находится приблизительно на уровне 70-95 % [3].

Наименьшая степень подвижности металла в почве наблюдалась при использовании цеолита, как на фоне минерального удобрения, так и без него. Другие исследуемые агроmeliоранты не обладали инактивирующим действием на подвижность металла в почве.

Наибольшее снижение подвижности кадмия в почве опыта с использованием цеолита, в отличие от других мелиорантов, можно объяснить, например, следующими механизмами поглощения и удержания металла: проникновение и удержание катионов Cd²⁺ из почвенного раствора в межпакетных пространствах кристаллической решетки при набухании глинистых минералов, входящих в состав препарата. Кроме того, глинистым минералам препарата свойственно и экстрамицеллярное поглощение элементов на внешней поверхности и сколах частиц за счёт выраженных электростатических сил притяжения.

Одним из показателей качества сельскохозяйственной продукции, является содержание в ней различных экотоксикантов, например, тяжелых металлов. Доступность многих металлов для растений чаще определяется содержанием подвижных форм элемента в почвах с помощью почвенной вытяжки ААБ с рН 4,8, которая, по мнению многих исследователей, в полной мере характеризует уровень их загрязнения.

Количество Cd, накопленное культурой из незагрязненной торфяной почвы, согласуется с величинами его содержания у большинства растений, произрастающих на незагрязненных или слабо загрязненных почвах, которое варьирует от 0,05 до 0,2 мг/кг воздушно-сухой массы [1].

Диатомит и кембрийская глина в вариантах без минеральных удобрений способствовали меньшему накоплению кадмия растениями, по сравнению с другими мелиорантами, и, наоборот, на фоне применения удобрений, диатомит и кембрийская глина вызывали накопление металла в количествах превышающих содержание в растениях фонового варианта.

Применение минеральных удобрений приводило к снижению поглощения Cd растениями по сравнению с вариантами без их использования только у вариантов с диатомитом и глиной.

Согласно временного максимально-допустимого уровня содержания некоторых химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках растения большинства вариантов опыта не накапливали из почвы кадмий в концентрациях, превышающих допустимое максимальное количество (0,3 мг Cd/кг массы) для сочных кормов.

Между концентрацией соединений валовой формы кадмия в торфяной почве и концентрацией металла в растениях вариантов без удобрений и с их использованием отмечалась средней и высокой силы корреляционная взаимосвязь: $r = -0,56$ и $0,96$ соответственно. Между валовыми и подвижными формами концентраций металла в почве отмечалась корреляция высокой силы: $r = 0,89$ (без удобрений) и $r = 0,97$ (с удобрениями).

Представленные расчетные величины КН по вариантам опыта соответствуют литературным данным, в которых КН кадмия для большинства растений составляет от 0,01 до 16,8 [3].

Заключение. Выращивание горчицы на зеленый корм скоту на незагрязненных кадмием торфяных низинных почвах недопустимо с использованием кембрийской глины и извести на фоне минеральных удобрений, в остальных случаях опасности отравления животных кадмием от поедания зеленой массы горчицы не существует.

Библиографический список

1. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. - Л.: Агропромиздат, 1987. - 142 с.
2. Концепция охраны и рационального использования торфяных болот России. Под общей редакцией чл.-корр. РАСХН Л.И. Инишевой. - Томск: ЦНТИ, 2005. - 97 с.
3. Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение /Под общей ред. М.М. Овчаренко. - М.: ЦИНАО, 1997. - 290 с.
4. Уткин, А.А. Особенности накопления кадмия растениями тимофеевки луговой из торфяной низинной почвы // Аграрный вестник Верхневолжья. - 2021. - №2 (35). - С. 35-40.
5. Уткин, А.А. Агромелиоративное действие цеолита и азофоски на торфяную низинную почву загрязненную кадмием при выращивании салата //

Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2009. - №16. - С. 19-23.

INFLUENCE OF MELIORANTS AND MINERAL FERTILIZERS ON THE BEHAVIOR OF CADMIUM IN THE PEAT LOWLAND SOIL – WHITE MUSTARD SYSTEM

Utkin A.A., candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of agrochemistry and ecology

Ivanovo State Agricultural Academy, 153012, Russia, Ivanovo, Sovetskaya str., 45

Abstract: *The increase in the concentration of the gross form of cadmium in peat soil was more noticeable from the use of agromeliorants than from fertilizers. Fertilizers mainly led to an increase in the mobility of metal in the soil. The use of fertilizers against the background of meliorants more often led to an increase in the concentration of metal in plants, compared with options without their use.*

Key words: *Diatomite, zeolite, cambrian clay, lime, mineral fertilizers, cadmium, peat lowland soil, plant.*

УДК 631.445.24

АДАПТАЦИЯ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ РОССИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ БЕСПРЕЦЕДЕНТНЫХ ВЫЗОВОВ (ПРИМЕР УДОБРЕНИЙ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ).

Перевертин Кирилл Александрович, д.б.н., ведущий научный сотрудник отдела агроэкологической оценки земель ФИЦ ФБГНУ «Почвенный институт им. В.В.Докучаева» E-mail perevertink@mail.ru

Баматов Ибрагим Мусаевич, к.б.н., старший научный сотрудник отдела агроэкологической оценки земель ФИЦ ФБГНУ «Почвенный институт им. В.В.Докучаева»

Аннотация: *В современных условиях беспрецедентных вызовов возможны адаптационные трансформации систем земледелия вплоть до смены целевой функции модели управления: от максимизации прибыли до обеспечения гарантированного уровня выхода урожайной продукции.*

Ключевые слова: *адаптивные системы земледелия, целевая функция, удобрения.*

Введение. Присоединяясь к поздравлениям со 110-летним юбилеем – значимой дате, которой посвящена конференция, отметим, что специальность агронома в настоящее непростое время становится одной из самых социально востребованных. Именно производству продовольствия (напрямую связанному