

- система раздельного сбора (заготовки) коммунальных отходов посредством установки специальных контейнеров для сбора отдельных видов вторичного сырья;

- сортировка отходов на станциях (пунктах) сортировки коммунальных отходов.

Анализ работы сортировочных (досортировочных) станций отходов показывает, что только 35% поступающих отходов производства и потребления на полигоны ТКО области проходят через станции сортировки, а 65% образующихся отходов поступают сразу на объекты захоронения.

Извлечение вторичных материальных ресурсов из состава твердых коммунальных отходов в целом по области за 2015 год составило - 41,4% (в 2014 году 40%).

В рамках выполнения мероприятий Государственной программы сбора (заготовки) и переработки вторичного сырья в Республике Беларусь на 2009 – 2015 годы заготовительными предприятиями, с учетом индивидуальных предпринимателей, работающих по прямым договорам, в 2015 году было собрано и передано на переработку:

- отходов бумаги и картона 41,153 тыс. тонн (71,9 %) при годовом плане 57,2 тыс. тонн;

- отходов стекла 21,257 тыс. тонн (101,2 %) при годовом плане 21 тыс. тонн;

- полимерных отходов 6,183 тыс. тонн (154,6 %) при годовом плане 4,0 тыс. тонн;

- текстильных отходов 1,929 тыс. тонн (101,6 %) при годовом плане 1,9 тыс. тонн;

- изношенные шины 5,86 тыс. тонн (102,9 %) при годовом плане 5,7 тыс. тонн;

- строительных отходов 82,962 тыс. тонн (156,5 %) при годовом плане 53 тыс. тонн.

УДК 579.843.95.083.13 ·

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ ПРИЕМОВ И ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Поддубная О.В., Ковалева И.В., Булак Т.В.

Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь, olga.gorki@mail.ru

The article presents the results of researches of the effect of various agro-reclamation techniques on the content of mobile forms of heavy metals in soil and their accumulation in the green onions.

Введение

Одной из основ устойчивого развития любой страны является организация рационального использования и охраны природных ресурсов, составной частью которых являются земли. Принятию управленческих решений, связанных с реализацией действий на земле, в обязательном порядке должен предшествовать анализ данных о ее состоянии. Согласно Государственному земельному кадастру Республики Беларусь, в 2012 г. площадь земель страны составила 20760,0 тыс.га [1, 4].

Интенсификация сельского хозяйства, переход к индустриальным методам производства, создание крупных агропромышленных и животноводческих комплексов, широкий размах мелиоративного строительства и химизации сельскохозяйственных угодий в целях устойчивого наращивания продовольственного фонда страны требуют особенно внимательного и бережного отношения к почве, как к средству производства и условий существования. Охрана почв, их рациональное использование имеют первостепенное значение для экономического и социального развития страны. Значение современного состояния почвенных ресурсов, их рациональное использование, бережное отношение к ним послужат приумножению их плодородия. Именно почвенный покров в конечном итоге принимает на себя давление потока промышленных и коммунальных выбросов и отходов, выполняя важнейшую роль буфера и детоксиканта [2, 3].

Почва аккумулирует тяжелые металлы, пестициды, углеводороды, детергенты и другие химические загрязняющие вещества, предупреждая тем самым их поступление в природные воды и очищая от них атмосферный воздух. В Беларуси производится агрохимическое картирование на содержание цинка и меди и уже установлено, что 260 тыс. га сельскохозяйственных угодий загрязнено медью и 179,3 тыс. га – цинком. Площадь почв в республике, загрязненных от различных источников свинцом в настоящее время ориентировочно составляет 100 тыс. га, а кадмием – 45 тыс. га. Расчет статей баланса тяжелых металлов в Беларуси за 30 лет показал, что скорость их аккумуляции в поверхностном слое имеет положительное значение: для Cd – 5,1 г/га, Pb – 162,1; Zn – 692,3; Cu – 192 г/га в год. По данным Головатого С.Е., приход тяжелых металлов с атмосферными осадками в Беларуси в среднем составляет Cd – 3,44 г/га, Pb – 128,7, Zn – 498,4 и Cu – 49,2 г/га [3].

В Институте почвоведения и агрохимии детальные исследования загрязнения сельскохозяйственных земель тяжелыми металлами проводились в 1995-2005 г. По данным ученых в сельхозземлях в зонах влияния крупных промышленных центров загрязнение почв тяжелыми металлами имеет радиус 10 км и более. Особую опасность представляет свинец, содержание которого в среднем в 1,3–1,7 выше фона, на отдельных участках – выше ОДК, а также цинк и кадмий. В сельхозугодьях, расположенных вдоль дорог, ширина загрязнения может достигать 50 м. Здесь основным загрязнителем является свинец, концентрации которого превышает фоновые значения в 1,7–3,8 раза. По предварительным оценкам общая площадь сельхозугодий, загрязненных тяжелыми металлами, в основном свинцом, цинком и кадмием, составляет около 150 тыс. га или 1,9% площади угодий. Экспертная оценка показывает, что почвы с высоким уровнем содержания кадмия занимают площадь около 9,4 тыс.га, свинцом – 65,7 тыс. га [2 5].

По результатам локального мониторинга земель установлено, что преобладающим загрязняющим веществом в почвах предприятий машиностроительного комплекса является цинк и кадмий. Выявленные в 2012 г. валовые концентрации цинка изменялись в диапазоне от 0,2 до 12 ОДК [4].

Поэтому, учитывая актуальность экологической проблемы, цель данной работы – определить наиболее эффективные агромелиоративные приемы по уменьшению содержания подвижных форм Cu, Pb, Zn, Cd в почве и накопление в растениях зеленого лука.

Основная часть

Авторами был проведен вегетационный опыт с луком, в котором изучалось влияние загрязнения дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы медью, цин-

ком, свинцом и кадмием на урожайность зеленого лука (перо), содержание подвижных форм ТМ в почве и накопление тяжелых металлов в растениях. Опыт проводился в сетчатом павильоне в сосудах, вмещающих 6 кг почвы. Для получения достоверных экспериментальных результатов применялись метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии и метод дисперсионного анализа.

Во всех вариантах опыта применялись минеральные удобрения в форме аммиачной селитры, двойного суперфосфата и хлористого калия в дозе N – 0,06, P₂O₅ – 0,06 и K₂O – 0,06 г/кг почвы. Уровень кислотности (рН) дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы был равен 5,4, содержание фосфора составляло 24,2 мг P₂O₅ на 100 г почвы и содержание калия – 17,5 мг K₂O на 100 г почвы.

Создание разных уровней по загрязнению дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы цинком, медью, свинцом и кадмием производилось путем внесения 150 мг/кг почвы свинца, кадмия – 2, меди – 150 и цинка 250мг/кг. Тяжелые металлы вносились в виде солей Pb(CH₃COO)₂·3H₂O, CdSO₄·8H₂O, CuSO₄·5H₂O, ZnSO₄·7H₂O. В качестве детоксикантов использовались 60 т/га навоза, 6 т/га извести, 60 т/га мелиоранта (органо-минеральная смесь) на основе-доступного природного сырья торфа, сапропеля и глинистых минералов.

Для снижения содержания подвижных форм тяжелых металлов в загрязненной почве в проведенных исследованиях применялись следующие агро-мелиоративные приемы: внесение навоза, известкование, внесение органо-минерального состава (ОМС) или мелиоранта и совместное внесение извести и мелиоранта

Результаты влияния применения различных агро-мелиоративных приемов на содержание подвижных форм меди в почве и накопление ее в растениях зеленого лука приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние различных агро-мелиоративных приемов на содержание подвижных форм меди в почве и накопление ее в растениях зеленого лука

Варианты опыта	Содержание меди в почве, мг/кг	Содержание меди в растениях лука, мг/кг сухого вещества
Фон I – контроль	8,30	10,37
Cu ₁₅₀	167,50	29,22
Cu ₁₅₀ + навоз 60 т/га	118,30	21,44
Cu ₁₅₀ + CaCO ₃ 6 т/га	131,14	23,59
Cu ₁₅₀ + мелиорант 60 т/га	102,31	17,51
Cu ₁₅₀ + CaCO ₃ 6 т/га + мелиорант 60 т/га	93,26	16,53

Взятая для опыта дерново-подзолистая среднесуглинистая почва имела фоновое содержание меди 8,30 мг/кг почвы. Внесение в почву 150 мг/кг почвы Cu увеличивало содержание подвижных форм в 20,2 раза и привело к сильному загрязнению ее данным тяжелым металлом. Содержание меди в почве в этом варианте опыта превышало ОДК (10мг/кг почвы) в 33,5 раза, но содержание меди в зеленом луке возросло только в 2,8 раза по сравнению с контролем. Эти данные свидетельствуют о том, что защитный механизм растений довольно свободно справляется с высокими концентрациями меди в почве.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что наиболее эффективными приемами снижения накопления меди в растениях лука было внесение навоза и применение органо-минерального состава (ОМС) в дозе 60 т/га. Наилучший же результат дало совместное внесение извести и мелиоран-

та в загрязненную почву. Подвижность меди в почве под влиянием совместного применения ОМС и извести снизилась на 44,3%, при применении органоминерального состава – на 38,9%, 6 т/га CaCO₃ – на 21,7%, 60 т/га навоза - на 29,3%. В варианте с внесением в загрязненную почву 6 т/га CaCO₃ и 60 т/га мелиоранта накопление меди в растениях лука снизилось на 43,4%. При внесении ОМС данный показатель снизился на 40,1%, извести – на 19,3%, навоза – на 26,6%.

МДУ меди в овощных культурах составляет 5 мг/кг сырой массы. С учетом того, что содержание меди в наших опытах в растениях зеленого лука приведено в мг/кг сухой массы, в варианте с совместным применением 6 т/га CaCO₃ и 60 т/га мелиоранта и в варианте с применением 60 т/га органоминерального состава содержание Cu в растениях лука не превышает МДУ для овощных культур.

Таким образом, применение органоминерального состава в чистом виде и совместно с известью дает возможность вырастить зеленый лук даже на почвах с очень сильным загрязнением медью с допустимым содержанием данного тяжелого металла в продукции.

Опытная дерново-подзолистая среднесуглинистая почва имела фоновое содержание цинка 10,33 мг/кг почвы. Внесение в почву 250 мг/кг почвы цинка привело к увеличению содержания в почве его подвижных форм в 20 раз и превысило ОДК (10мг/кг почвы) в почве в 20,6 раза. Применение 60 т/га навоза, 6 т/га извести и 60 т/га органоминерального состава (мелиоранта) существенно снижало подвижность цинка в почве. Особенно сильно она снижалась (более чем в 2 раза) при внесении мелиоранта и извести. Цинк был менее токсичным для растений зеленого лука, чем Cu, Pb и Cd, но более активно по сравнению с ними поступал в растения.

Данные опыта по применению различных агрономелиоративных приемов на содержание подвижных форм цинка в почве и накопление ее в растениях зеленого лука приведены в таблице 2.

В нашем опыте при совместном применении ОМС и извести и одиночном применении мелиоранта содержание цинка в зеленом луке снизилось соответственно до 64,6 и 87,16 мг/кг сухой массы растений. Если это содержание пересчитать на сырую массу зеленого лука, то данный показатель укладывается в допустимые рамки для овощных культур (МДУ цинка в овощных культурах установлено в размере 50 мг/кг сухой массы).

Таблица 2 – Влияние различных агрономелиоративных приемов на содержание подвижных цинка в почве и накопление его в растениях зеленого лука

Варианты опыта	Содержание цинка в почве, мг/кг	Содержание цинка в растениях лука, мг/кг сухого вещества
Фон I – контроль	10,33	28,24
Zn ₂₅₀	206,56	174,83
Zn ₂₅₀ + навоз 60 т/га	171,80	122,71
Zn ₂₅₀ + CaCO ₃ 6 т/га	158,08	120,15
Zn ₂₅₀ + мелиорант 60 т/га	127,48	87,16
Zn ₂₅₀ + CaCO ₃ 6 т/га + мелиорант 60 т/га	107,33	64,6

Результаты влияния применения различных агрономелиоративных приемов на содержание подвижных форм свинца в почве и накопление ее в растениях зеленого лука приведены в таблице 3.

МДУ содержания свинца в овощах достаточно жесткое (0,3 мг/кг сырой массы) и применение наиболее эффективных из изучаемых в опыте агрономелиоративных

приемов снижения накопления свинца не дало также возможности получить зеленый лук с уровнем содержания свинца, не превышающим установленный.

Таблица 3 – Влияние различных агрономелиоративных приемов на содержание подвижных свинца в почве и накопление его в растениях зеленого лука

Варианты опыта	Содержание свинца в почве, мг/кг	Содержание свинца в растениях лука, мг/кг сухого вещества
Фон I – контроль	4,32	0,25
Pb ₁₅₀	80,60	6,9
Pb ₁₅₀ + навоз 60 т/га	52,43	5,26
Pb ₁₅₀ + CaCO ₃ 6 т/га	46,75	4,33
Pb ₁₅₀ + мелиорант 60 т/га	47,18	3,39
Pb ₁₅₀ + CaCO ₃ 6 т/га + мелиорант 60 т/га	46,11	0,21

Взятая для опыта дерново-подзолистая среднесуглинистая почва имела фоновое содержание свинца 4,32 мг/кг почвы. Внесение в почву 150 мг/кг почвы свинца увеличивало содержание в почве его подвижных форм в 18,7 раз и превысило ОДК (5 мг/кг почвы) для суглинистых почв в 3,2 раза. Применение 60 т/га навоза, 6 т/га извести и 60 т/га органо-минерального состава (мелиоранта) существенно снижало подвижность свинца в почве. Наиболее значительное снижение подвижность свинца в проведенном исследовании наблюдалось при внесении в загрязненную почву извести и извести совместно с ОМС (в 1,7 по сравнению с вариантом Pb₁₅₀)

Как уже упоминалось, основная часть свинца депонируется в корнях, и только 1–2% переходит в надземные органы. При высокой концентрации свинец угнетает ростовые процессы, вызывает нарушения в пигментных комплексах и уменьшает содержание хлорофилла в тканях, витамина С и провитамина А. Как показывают полученные данные, на сильно загрязненных свинцом почвах накопление этого элемента в сухой массе растений зеленого лука возросло в 27,6 раза. Внесение навоза, извести и мелиоранта существенно снижало накопление свинца в полученной продукции. Наиболее существенным оно было при одиночном применении мелиоранта известкование и совместном применении извести и органо-минерального состава. В этих вариантах опыта значения показателей содержания свинца в растениях зеленого лука были близки между собой и снизились в 2 раза по сравнению с вариантом Pb₁₅₀.

Кадмий-токсичный, тератогенный, канцерогенный ТМ. Высокая токсичность кадмия для растений объясняется его антагонизмом по отношению к цинку, т.е. кадмий способен замещать цинк в некоторых биохимических процессах и нарушать работу ферментов, связанных с дыханием, белковым обменом и другими физиологическими процессами.

Сведения о результатах влияния применения различных агрономелиоративных приемов на содержание подвижных форм меди в почве и накопление ее в растениях зеленого лука приведены в таблице 4.

Взятая для проведения исследований дерново-подзолистая среднесуглинистая почва имела повышенное содержание кадмия 0,24 мг/кг почвы. Дополнительное внесение в почву 2 мг/кг почвы кадмия увеличивало содержание в почве подвижных форм этого элемента в 7,6 раз в результате чего данный показатель превысил ОДК(0,04 мг/кг) для суглинистых почв в 45,8 раз.

Таблица 4 – Влияние различных агрономелиоративных приемов на содержание подвижных кадмия в почве и накопление его в растениях зеленого лука

Варианты опыта	Содержание кадмия в почве, мг/кг	Содержание кадмия в растениях лука, мг/кг сухого вещества
Фон I – контроль	0,24	0,19
Cd ₂	1,83	0,79
Cd ₂ + навоз 60 т/га	1,35	0,48
Cd ₂ + CaCO ₃ 6 т/га	1,48	0,46
Cd ₂ + мелиорант 60 т/га	1,22	0,39
Cd ₂ + CaCO ₃ 6 т/га + мелиорант 60 т/га	1,11	0,34

На почвах с сильным загрязнением кадмием более эффективным оказалось применение органо-минерального составов в чистом виде и совместно с известью. Использование данных агрономелиоративных приемов давало возможность снизить содержание подвижных форм данного металла в 1,5 и 1,6 раза соответственно по сравнению с загрязненной почвой.

Кадмий активно поступал в растения лука. В варианте с внесением 2 мг/кг почвы кадмия его содержание в сухой массе зеленого лука возросло в 4,2 раза по сравнению с контролем. Внесение 60 т/га навоза, 6 т/га извести, 60 т/га мелиоранта в чистом виде и совместно ОМС и извести снизили содержание кадмия в сухой массе растений зеленого лука в 1,6, 1,7, 2 и 2,3, раза соответственно. Для овощных культур МДУ кадмия составляет 0,03 мг/кг сырой массы. Таким образом, на сильно загрязненных кадмием почвах не один из изучаемых приемов не дал возможность получить зеленый лук с допустимым уровнем содержания кадмия.

Заключение

Таким образом, судя по результатам проведенного исследования, можно сделать вывод, что наиболее эффективными агрономелиоративными приемами по снижению содержания подвижных форм ТМ в загрязненной почве и накопление их в растениях зеленого лука являлись применение органо-минерального составов в чистом виде и совместно с известью.

Использование различных агрономелиоративных приемов на землях, загрязненных тяжелыми металлами, способствует снижению подвижности и фитотоксичности поливалентных металлов, препятствует их поступлению в растения.

Список литературы

1. Биохимические и микробиологические критерии оценки плодородия почв и нормирования антропогенной нагрузки : (методические рекомендации) / [В.В. Лапа и др.] ; РУП "Институт почвоведения и агрохимии". – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2015. – 40 с.
2. Гогмачадзе, Г.Д. Деградация почв: причины, следствия, пути снижения и ликвидации / Г.Д. Гогмачадзе ; [под общ. ред. Д.М. Хомякова ; предисловие: Д.М. Хомяков]. – Москва: Изд-во Московского ун-та, 2011. – 268 с.
3. Головатый, С.Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый, // РУП «Институт почвоведения и агрохимии» – Минск, 2002
4. Помелов, А.С. Структурирование земельных ресурсов и регулирование землепользования в Беларуси / А.С. Помелов // ОО "Земельная реформа". – Минск : РУП "БелНИЦзем", 2013. – 523 с.
5. http://agrobeltarus.by/articles/nauka/otsenka_zagryaznennykh_selskokhozyaystvennykh_zemel_v_beltarusi/