

УДК 504.54

СНИЖЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Асс. *Гагиева Ф. А.*,канд. техн. наук, доц. *Хубаева Г. П.*Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)
г. Владикавказ, РСО-Алания, Россия

В статье рассматриваются методы снижения тяжелых металлов в почве путем определения доз удобрений, извести, органических веществ. На их фоне вносятся местные цеолитсодержащие глины – ирлиты, обеспечивающие снижение количества тяжелых металлов до предельно допустимых концентраций. На исследуемой территории выявлены растения-фитоиндикаторы, позволяющие заблаговременно определить уровень загрязнения и обосновать вносимые дозы удобрений. Показана урожайность сельскохозяйственных культур при разном уровне токсичности почв.

Почвенный покров вместе с его микромиром выполняет функции универсального поглотителя, разрушителя и нейтрализатора различных загрязнений. Несмотря на протекторные свойства почвы, существуют пределы, превышение которых привело к необратимым процессам. Следовательно, особое значение имеет детоксикация почв, т. е. восстановление техногенно нарушенных земель.

Практически во всех регионах отмечаются пахотные угодья с уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами. Агротехническая служба РФ ведет наблюдения за содержанием в почве агрохимических показателей, а также тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов, радионуклидов и накопила определенные данные по различным почвенно-климатическим зонам [1, 2]. Вблизи городов и автострад почвы загрязнены свинцом, цинком, медью, никелем, кадмием. Тяжелые металлы обнаруживаются в растениеводческой продукции даже при относительно невысоких уровнях их содержания в почвах [3].

Поступающие в почвы тяжелые металлы подвергаются различным видам трансформации в зависимости от свойств почв и

биологических особенностей растений. Основными факторами, влияющими на подвижность тяжелых металлов в почве, их трансформацию и доступность растениям считаются растворимость солей тяжелых металлов, pH почвенной среды, содержание органического вещества в почве, гранулометрический состав и катионно-обменная емкость, вид тяжелых металлов и уровень загрязнения ими почвы, видовые и биологические особенности выращиваемых культур. Для загрязненных тяжелыми металлами почв способы, снижающие их транслокацию в растения, основаны на переводе катионов тяжелых металлов в слабодоступные растениям формы или в подвижные соединения с последующим выщелачиванием [3]. Наиболее распространены способы, базирующиеся на переводе катионов металлов в малоподвижные формы при использовании больших доз органических удобрений, известкования, фосфоритования и глинования, а также применения цеолитов [3].

Но при переводе тяжелых металлов в подвижные соединения, прежде чем они будут выщелачиваться в нижележащие горизонты, растения могут успеть накопить их в достаточно больших количествах.

Большую роль в миграции и сорбции тяжелых металлов играет органический состав почвы. Органические вещества повышают поглонительную способность, буферность почвы, способствуют снижению токсического действия тяжелых металлов, снижают концентрацию солей в почвенном растворе, уменьшают фитотоксичность многовалентных тяжелых металлов и препятствуют их проникновению в растения [4]. Продолжительное действие высоких доз органических удобрений проявляется на легких почвах с малой поглонительной способностью. При рекультивации легких почв в качестве эффективного приема иногда применяют глинование, то есть внесение глин, содержащих алюмосиликаты типа монтмориллонита [5]. Этот прием является дорогостоящим, трудно выполнимым технологически. В последнее время распространено использование природных сорбентов, таких, как цеолиты. Наибольшую эффективность цеолиты проявляют на сильно загрязненных почвах, снижая подвижность тяжелых металлов. Действие цеолита усиливается при внесении навоза или различных нетрадиционных удобрений [5].

Многие исследователи, М. М. Овчаренко и соавторы [6], Ш. А. Алиев [7], И. А. Шильников и соавторы [8], предлагают такой эффективный прием, снижающий подвижность тяжелых металлов, как известкование кислых почв. Необходимость известкования зависит от строения и химического состава почв в каждой зоне и не продуктивна в отношении нейтральных и слабощелочных почв. На кислых почвах подвижность тяжелых металлов выше, что увеличивает поступление их в растения.

Пока нет единого мнения по регулированию процесса трансформации тяжелых металлов в нужную сторону и по оценке способов детоксикации почв для получения экологически чистой продукции. Надежных конкретных рекомендаций по снижению доступности тяжелых металлов из загрязненных почв в растения до настоящего времени разработано недостаточно.

Принимая во внимание вышесказанное, целью наших исследований было изучение транслокации тяжелых металлов в системе «почва–растение» и приемов их детоксикации для получения экологически чистой продукции.

Материал и методология

Многофакторный микрополевой опыт по изучению транслокации тяжелых металлов в системе «почва–растение» и приемов их детоксикации проводили на опытном поле Северо-Кавказского научно-исследовательского института горного и предгорного сельского хозяйства в 2002–2004 годы согласно Методическим указаниям Центрального института агрохимического обслуживания сельского хозяйства. (В настоящее время ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова) [9]. Эксперимент проводили на почве, представляющей собой выщелоченный маломощный чернозем на галечнике.

Опыт закладывался в четырехкратной повторности в целлофановых сосудах без дна, размером 40×40×30 см, площадь поверхности сосуда – 0,16 м².

Для изучения основных вариантов опыта на одинаковом загрязненном фоне был создан такой фон искусственно путем внесения в почву солей тяжелых металлов: CuSO₄·5H₂O; ZnSO₄·7H₂O; Pb(C₂H₃O₂)₂·3H₂O; CdSO₄·8H₂O; Ni(NO₃)₂·6H₂O из расчета на чистый элемент Cu – 150, Zn – 300, Pb – 100, Cd – 5 и Ni – 100 мг/кг почвы.

Фоновые минеральные удобрения (азот, фосфор, калий), агроメリоранты, полуперепревший навоз и тяжелые металлы вносили в почву по отдельности. Почву тщательно перемешивали. Сосуды устанавливали на подпахотный слой почвы на глубину 25 см. Нижние 5 см заполнялись подпахотным слоем участка, следующие 20 см – исследуемой почвой. Верхние края сосудов оставляли выступать над почвой на 5 см. Почву при набивке сосудов уплотняли трамбованием, чтобы избежать усадки во время вегетации растений.

В опыте выращивали картофель сорта Владикавказский. Посадку картофеля производили во второй декаде апреля.

Годы проведения опытов заметно различались по метеорологическим условиям. Количество осадков в 2002 году составило 837 мм, в 2003 году – 722 и в 2004 году – 996 мм.

Возможно на опыт накладываются выбросы близлежащих металлургических предприятий при переработке в разные годы разноразностной руды, которые выпадают на почву и растения [10].

Предложен также метод фитоиндикации для оценки загрязненности почв тяжелыми металлами [10, 11].

Результаты и обсуждение

Исследования показали, что в ходе вегетации картофеля происходили некоторые изменения в содержании тяжелых металлов в почве. Из приведенных в табл. 1 данных видно, что содержание тяжелых металлов в исходной почве незначительное. Внесение минеральных удобрений не оказало существенного влияния на количество металлов в почве. Содержание тяжелых металлов в почве на контрольном и фоновом вариантах снижалось в период вегетации картофеля примерно одинаково.

Искусственно создаваемый в почве при закладке опыта загрязненный тяжелыми металлами фон (Cu – 150, Zn – 300, Pb – 100, Cd – 5 и Ni – 100 мг/кг почвы в расчете на чистый металл) в течение вегетации картофеля претерпевал значительные изменения, заметно и постепенно снижаясь к концу вегетации картофеля по всем вариантам опыта, что, по-видимому, объясняется, с одной стороны, накоплением этих металлов в ботве и клубнях картофеля во время вегетации и, с другой стороны, вымыванием части их в нижележащие горизонты почвы.

Применение извести и навоза при раздельном их внесении не оказало существенного влияния на содержание Cu, Cd и Ni в почве по отношению к варианту Фон ($N_{30}P_{30}K_{30}$) + ТМ, но они заметно снижали содержание Zn и Pb, особенно при совместном их внесении. Влияние ирлитов 1 и 7 на снижение содержания тяжелых металлов было более заметным, особенно на вариантах с внесением ирлита 7. Видимо, высокая кислотность этого природного материала (рН 3,8 и гидролитическая кислотность 10,8 мг-экв/100 г) интенсивнее растворяла металлы, что способствовало более интенсивному их вымыванию из корнеобитаемого слоя почвы, и приводило к заметному снижению их содержания в пахотном слое почвы к фазе цветения и к уборке по сравнению с искусственно загрязненным фоном при закладке опыта.

Изучение поведения тяжелых металлов в системе «почва–растение», установление размеров поступления и выноса их с урожаями сельскохозяйственных культур имеет определяющее значение в деле разработки способов детоксикации почв и получения экологически чистой растениеводческой продукции.

Результаты исследований по изучению содержания тяжелых металлов в клубнях картофеля приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Влияние агрохимикатов на содержание тяжелых металлов (ТМ)
в клубнях картофеля (среднее за 3 года), мг/кг**

Вариант опыта	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni
Контроль	4,13	3,50	0,03	2,06	1,20
$N_{30}P_{30}K_{30}$ – Фон	4,23	3,63	0,04	2,17	0,99
Фон +ТМ	5,93	5,27	0,06	4,03	2,52
Фон +ТМ + известь	3,57	4,40	0,035	2,43	1,73
Фон + ТМ + навоз	3,70	4,57	0,045	3,03	1,79
Фон + ТМ + известь + навоз	3,23	3,67	0,035	1,77	1,56
Фон + ТМ + ирлит 1	3,95	4,30	0,02	1,70	2,14
Фон + ТМ + ирлит 7	4,40	4,20	0,03	2,80	2,43
Фон + ТМ + ирлиты 1+7	4,10	3,80	0,02	2,60	2,25
$N_{60}P_{60}K_{60}$ +ТМ	5,83	5,63	0,065	4,07	3,63
МАС	5	10	0,03	0,5	0,5

Note. МАС – maximum allowable concentrations.

Таблица 1

**Динамика содержания тяжелых металлов (ТМ)
в почве под картофелем (в среднем за 3 года), мг/кг**

Вариант опыта	Перед посадкой картофеля					Фаза цветения					После уборки				
	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni
Контроль	12,9	25,4	0,27	26,2	3,2	14,6	24,7	0,22	24,2	3,0	10,1	20,8	0,23	23,0	1,8
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ – Фон	12,9	25,4	0,27	26,2	3,2	14,7	25,6	0,19	24,6	3,0	10,3	22,2	0,19	24,5	1,5
Искусственно созданный загрязненный фон															
Фон +ТМ (Cu, Zb, Cd, Pb, Ni)	150	300	5	100	100	106,6	251,2	4,76	97,7	89,0	96,1	236,3	4,6	89,8	78,4
Фон +ТМ+ известь (6 т/га)	150	300	5	100	100	112,3	237,2	4,84	95,7	91,7	99,7	228,4	4,2	89,3	77,9
Фон + ТМ + навоз (20 т/га)	150	300	5	100	100	107,5	240,9	4,82	95,8	89,6	94,3	216,8	4,6	90,4	77,0
Фон + ТМ + известь (6 т/га) + навоз (20 т/га)	150	300	5	100	100	112,2	198,5	4,85	95,1	87,3	97,5	188,9	4,7	88,3	78,2
Фон + ТМ + ирлит 1 (2 т/га)	150	300	5	100	100	98,7	227,3	4,78	98,5	89,5	76,2	206,6	4,7	94,7	72,0
Фон + ТМ + ирлит 7 (2 т/га)	150	300	5	100	100	98,3	222,6	4,80	92,1	85,3	80,0	210,5	4,6	88,2	67,2
Фон + ТМ + ирлиты 1+7 (1+1 т/га)	150	300	5	100	100	100,1	224,0	4,77	96,5	88,6	76,2	205,7	4,5	92,6	63,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +ТМ	150	300	5	100	100	110,3	249,5	4,75	96,8	86,1	95,5	232,6	4,3	83,9	77,1
Предельно допустимые концентрации						100	150	1	100	100					

Следует сказать о большом различии в накоплении тяжелых металлов в клубнях в разные годы и по вариантам опыта. Средневзвешенное содержание металлов на контроле варьировало по годам в пределах: Cu – 2,2–5,2; Zn – 1,8–5,2; Cd – 0,03–0,04; Pb – 0,1–3,5; Ni – 0,48–1,65 мг/кг. Такой разброс в показателях частично объясняется сложившимися в годы исследований различными погодными условиями и, по-видимому, выбросами тяжелых металлов от близлежащих металлургических предприятий при переработке в разные годы разнокачественной руды, которые выпадают на почву и растения.

Примерно такая же картина наблюдается и на варианте N₃₀P₃₀K₃₀. Внесенные минеральные удобрения не оказали существенного влияния на содержание тяжелых металлов в клубнях. Полученные данные показывают, что на контрольном варианте (исходная почва) концентрация части тяжелых металлов (Pb, Ni) в клубнях картофеля в некоторые годы превышает нормы maximum allowable concentrations (MAC). В 2004 г. концентрация Cu в клубнях превысила MAC в 1,04 раза, Cd в 2002 г. – 1,33 раза, Pb в 2002 и 2003 гг. – 5,2 и 7,0 раза соответственно, Ni в 2003 г. и 2004 г. – 2,9 и 3,3 раза соответственно. И это несмотря на то, что до закладки опыта содержание этих металлов в почве было значительно ниже MAC.

Это подтверждает мнение о том, что MAC тяжелых металлов в почве не всегда гарантирует получение экологически чистой растениеводческой продукции и говорит о необходимости поиска и разработки мероприятий по детоксикации почв для получения незагрязненной тяжелыми металлами продукции.

Максимальное накопление всех тяжелых металлов в клубнях картофеля во все годы исследований происходило в вариантах Фон + ТМ и N₆₀P₆₀K₆₀ + ТМ, то есть при внесении соответственно одинарной и двойной дозы минеральных удобрений и создании в почве под картофелем загрязненного тяжелыми металлами фона из которого без применения мелиорантов растения поглощали значительно больше тяжелых металлов, чем на вариантах, где вносились мелиоранты. Причем, значительное загрязнение продукции было следующими тяжелыми металлами: Cu, Cd, Pb и Ni с превышением ПДК в 1,41–1,37; 1,99–2,16; 8,0–8,1 и 7,03–10,34 раза соответственно по элементам и вариантам (табл. 2). Такую загрязненную продукцию использовать в пищевых целях

не рекомендуется. Загрязненные тяжелыми металлами клубни картофеля лучше использовать при соответствующей переработке для производства крахмала или спирта.

Внесение в почву агроメリорантов способствовало снижению поступления тяжелых металлов в растения картофеля. Лучшее действие в этом плане оказывало известкование (табл. 2). Так, внесение в почву известняковой муки в дозе 6 т/га значительно снижало содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля во все годы исследований. Такое наше заключение по отношению роли известкования совпадает с мнением других авторов [7, 12], которые утверждают, что основным приемом снижения подвижности большинства тяжелых металлов в кислых почвах и их поступления в растения является известкование в результате комплексного воздействия на почву. С одной стороны, металлы в виде карбонатов и гидроксидов имеют низкую растворимость, с другой – известь на кислых почвах значительно увеличивает микробную массу, а микроорганизмы в свою очередь способны поглощать и удерживать многие металлы [12]. В результате этого несколько возрастает и емкость катионного поглощения почв, что тормозит поступление тяжелых металлов в растения.

В проведенных нами исследованиях на накопление тяжелых металлов в ботве картофеля действие полуперепревшего навоза также было эффективным (табл. 3), но несколько уступало известкованию. В среднем за 3 года тормозящее действие навоза на поступление тяжелых металлов в растения превысило вариант $N_{30}P_{30}K_{30} + TM$ по Cu – 1,6; Zn – 1,2; Cd – 1,5; Pb – 1,3 и Ni – 1,4 раза. Совместное внесение извести и навоза на фоне $N_{30}P_{30}K_{30} + TM$ несколько улучшало их положительное действие на ограничение поступления тяжелых металлов в растения.

Таблица 3

Влияние агрохимикатов на содержание тяжелых металлов (ТМ) в ботве картофеля (в среднем за 3 года), мг/кг

Вариант опыта	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni
1	2	3	4	5	6
Контроль	5,83	13,46	0,06	7,43	3,73
$N_{30}P_{30}K_{30}$ – Фон	6,40	18,23	0,09	8,33	3,96
Фон +ТМ	40,16	45,03	0,22	11,9	9,03

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6
Фон +ТМ+ известь (6 т/га)	30,73	35,73	0,14	8,67	7,60
Фон + ТМ + навоз (20 т/га)	34,36	36,06	0,16	9,46	7,37
Фон + ТМ + известь +навоз	32,73	36,07	0,13	9,30	7,90
Фон + ТМ + ирлит 1(2 т/га)	44,60	49,40	0,20	9,30	8,95
Фон + ТМ + ирлит 7 (2 т/га)	44,6	53,75	0,18	9,50	12,55
Фон + ТМ + ирлиты 1+7 (1+1 т/га)	39,60	40,90	0,20	8,65	8,35
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +ТМ	40,26	46,50	0,24	12,23	9,43

В среднем за 3 года тормозящее действие навоза на поступление тяжелых металлов в растения превысило вариант N₃₀P₃₀K₃₀+ТМ по Cu – 1,6; Zn – 1,2; Cd – 1,5; Pb – 1,3 и Ni – 1,4 раза. Совместное внесение извести и навоза на фоне N₃₀P₃₀K₃₀ + ТМ несколько улучшало их положительное действие на ограничение поступления тяжелых металлов в растения.

Применение ирлитов оказывало положительное влияние на уменьшение содержания тяжелых металлов в клубнях картофеля, незначительно уступая извести и навозу, а в некоторых случаях даже превосходя их. Так, в 2003 году в клубнях картофеля на вариантах с применением ирлитов было обнаружено меньше Cu и Zn, чем в вариантах с внесением извести и навоза. Большее влияние на снижение накопления тяжелых металлов растениями оказывал ирлит 1. Действие ирлита 7 было слабее, видимо, в связи с очень высокой кислотностью, растворяюще действующей на кислоторастворимые формы металлов, что облегчает их поглощение и накопление растениями (13).

Между надземной частью и корневой системой растения происходит постоянный обмен веществ. Обе синтетические лаборатории – лист и корень – взаимно зависят от работы друг друга, используют «полуфабрикаты», образовавшиеся в каждом из них, для продолжения синтеза. Поэтому при определении содержания элементов питания, в том числе микроэлементов и тяжелых металлов в растении, важно знать в данном конкретном случае их содержание не только в товарной части урожая (клубнях), но также и в его побочной продукции (ботве).

В связи с этим были выполнены лабораторные анализы по определению содержания тяжелых металлов в ботве картофеля в наиболее ответственную фазу (фаза цветения) в зависимости от антропогенной нагрузки и применения различных агрохимикатов и мелиорантов (табл. 3). На вариантах опыта с внесением солей тяжелых металлов при создании загрязненного фона концентрация всех тяжелых металлов в ботве сильно увеличилась по сравнению с контролем и фоновым вариантом. При этом превышение средне-взвешенного содержания составило по Cu – 6,3 раза, Zn – 2,5, Cd – 2,4, Pb – 1,4 и Ni – 2,3 раза по сравнению с удобренным фоном (N₃₀P₃₀K₃₀).

Известкование почвы, применение навоза и ирлитов значительно снижали концентрацию тяжелых металлов в ботве. Более всего содержание тяжелых металлов снижало внесение в почву извести, на втором месте применение навоза как отдельно, так и при совместном внесении с известью. Применение ирлитов также было эффективным, однако несколько уступало действию извести и навоза.

Вынос тяжелых металлов с урожаем основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур является важным показателем биологического круговорота их в окружающей среде. Величина выноса непостоянная и обуславливается почвенно-климатическими условиями, величиной урожайности, содержанием металлов в почве, их доступности растениям и т. д.

Проведенные расчеты по определению хозяйственного выноса тяжелых металлов с урожаем сельскохозяйственной продукции (клубни картофеля + ботва) представлены в табл. 4. Внесение N₃₀P₃₀K₃₀ заметно увеличило хозяйственный вынос всех изучаемых металлов во все годы исследований. В среднем за 3 года превышение выноса тяжелых металлов на этом варианте по сравнению с контролем составило: Cu – 0,05 кг/га, Zn – 0,12, Pb – 0,05 и Ni – 0,01 кг/га. На искусственно загрязненном фоне почвы (вариант 3) хозяйственный вынос значительно увеличился и в среднем за 3 года превысил фоновый вариант по меди в 4,1 раза, по цинку – 2,3 раза, по кадмию – 2,7 раза, по свинцу – 1,4 раза и по никелю – 3,0 раза. При этом доля ботвы в процентах от хозяйственного выноса составила по Cu – 86,0–87,9; Zn – 79,6–94,0; Cd – 80,0–85,7; Pb – 50,0–80,7 и Ni – 66,7–77,8 %.

Таблица 4

**Вынос тяжелых металлов (ТМ) из почвы с урожаем картофеля
в зависимости от применения агрохимикатов**

Вариант опыта	Хозяйственный вынос, кг/га					Вынос с ботвой, % от хозяйственного выноса				
	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni
Контроль	0,10	0,16	0,001	0,10	0,04	58,9	78,3	72,3	83,0	65,9
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ – Фон	0,14	0,28	0,001	0,15	0,05	61,4	80,2	63,4	81,2	42,0
Фон +ТМ	0,58	0,61	0,005	0,23	0,12	87,3	87,4	82,8	69,3	73,2
Фон +ТМ+ известь	0,54	0,62	0,003	0,21	0,12	90,3	87,4	83,4	74,2	80,8
Фон + ТМ + навоз	0,73	0,78	0,005	0,27	0,14	90,9	88,4	84,5	75,0	80,7
Фон + ТМ +известь + навоз	0,73	0,80	0,004	0,26	0,16	91,7	89,7	84,1	87,1	82,7
Фон + ТМ + ирлит 1	0,72	0,73	0,003	0,17	0,15	92,4	93,9	90,9	75,0	81,2
Фон + ТМ + ирлит 7	0,67	0,79	0,003	0,19	0,18	91,1	92,6	88,2	62,4	83,1
Фон + ТМ + ирлиты 1+7	0,64	0,67	0,003	0,18	0,14	91,4	92,7	90,9	54,7	81,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +ТМ	0,88	0,97	0,006	0,36	0,20	88,7	89,1	80,6	72,5	74,0

Известкование почвы не оказало заметного влияния на вынос тяжелых металлов с урожаем основной и побочной продукции. Видимо, это связано с тем, что внесение извести в определенной степени способствует переводу солей тяжелых металлов в менее доступные для растений соединения, что ограничивает поглощение их растениями, и концентрация металлов в растениях ниже, отсюда и вынос меньше. Внесение извести способствует заметному повышению урожайности как основной (клубни), так и побочной (ботва) продукции картофеля. По-видимому, такое двоякое действие извести в данном конкретном случае взаимно уравновешивалось и поэтому разница в выносе тяжелых металлов между вариантами Фон + ТМ и Фон + ТМ + известь, оказалась незначительной (табл. 4). Применение навоза как отдельно, так и совместно с известью способствовало повышению хозяйственного выноса тяжелых металлов во все годы исследований, что связано со значительным повышением урожая на этих вариантах [13].

Максимальный хозяйственный вынос всех элементов отмечен на варианте N₆₀P₆₀K₆₀ + ТМ и колебался по годам в пределах:

Cu – 0,77–1,01 кг/га, Zn – 0,86–1,12, Cd – 0,006–0,008, Pb – 0,11–0,51 и Ni – 0,06–0,41 кг/га.

Следует только добавить, что в 2004 году наблюдался наименьший вынос свинца по всем вариантам опыта: на порядок ниже, чем в другие годы, что, по всей вероятности, объясняется очень большим количеством атмосферных осадков и переувлажненностью почвы, приведшей к большему растворению и вымыванию этого элемента в нижележащие слои почвы.

Применение ирлитов также значительно повышало хозяйственный вынос тяжелых металлов по сравнению с контрольным и фоновым вариантами в связи с более высоким урожаем, но заметно уступало вариантам с применением навоза.

Разработан метод определения токсичности почв методом биотестирования [10]. Проводилась оценка азотфиксирующей способности корневых клубеньков бобовых трав – клевер, астрагал, донник, люцерна, эспарцет, – выращиваемых на зараженных тяжелыми металлами Pb, As, Hg, F, Zn почвах. Степень токсичности зараженной почвы определяли по способности клубеньков бобовых трав к синтезу леггемоглобина в условиях максимальной влажности. При наличии розовой или красной окраски внутренней части клубеньков более чем у 50 % клубеньков оценивали состояние почвы как удовлетворительное, наличие окраски у 20–50 % клубеньков – считали экологическим риском и ниже 20 % – оценивали как экологическое бедствие.

Токсичность почв определяют также по накоплению тяжелых металлов в наземных частях растений в фазе цветения: амброзии, клевера, люцерны, эспарцета. Зараженную тяжелыми металлами – Cd, Zn, Pb почву в дозах, превышающих предельно допустимые концентрации, исследовали [11] в разных местах произрастания – возле автотрассы Ростов – Владикавказ, возле завода «Электроцинк» и на экспериментальном участке Северо-Кавказского научно-исследовательского института горного и предгорного сельского хозяйства. В зоне наибольшего загрязнения (завод «Электроцинк») у амброзии в фазе цветения содержание кадмия превышало предельно допустимые концентрации в 1,5 раза, цинка – в 37 раз, свинца – в 2,2 раза. У других изучаемых культур в фазе цветения также наблюдается превышение ПДК отдельных тяжелых металлов. Однако растения амброзии

сорбировали тяжелые металлы в гораздо больших количествах, чем другие исследуемые культуры.

Выводы

Применение агромелиорантов и органических удобрений: известняковая мука, местные цеолитоподобные глины – ирлиты, полупрепевший навоз на загрязненной тяжелыми металлами почве является высокоэффективным приемом детоксикации почв и снижения поступления тяжелых металлов из почвы в растения картофеля.

Поскольку ботва картофеля поглощает из почвы и накапливает в своей массе значительные количества тяжелых металлов, превосходящие их содержание в клубнях (до 12 раз и более) и не используется в хозяйственных целях, то сбор ее с последующим отчуждением можно считать одним из способов детоксикации почв от тяжелых металлов.

Определение содержания тяжелых металлов в почве возможно с применением методов фитоиндикации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сокаев К. Е. Проблема техногенного загрязнения почв сельскохозяйственного использования // Вестник международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ). 2007. Т. 13. № 3. С. 102–106.
2. Овчаренко М. М. О развитии агрохимической службы // Химия в сельском хозяйстве. 1994. № 3. С. 5–8.
3. Сокаев К. Е. Агроэкологический мониторинг почв и эффективность удобрений в Предгорьях Центрального Кавказа. Владикавказ: Издательско-полиграфическое предприятие им. В. Гассиева. 2010. 287 с.
4. Черных Н. А., Овчаренко М. М., Поповичева Л. Л. Приемы снижения фитотоксичности тяжелых металлов // Агрохимия. 1995. № 9. С. 101–107.
5. Овчаренко М. М., Бабкин В. В., Кирпичников Н. А. Факторы почвенного плодородия и загрязнения продукции тяжелыми металлами // Агрохимический вестник. 1998. № 3. С. 31–34.
6. Алиев Ш. А. Агромелиоранты как средство экологизации земледелия // Агрохимический вестник. 2001. № 6. С. 26–28.
7. Шильников И. А. Проблемы известкования почв / И. А. Шильников, Н. А. Кирпичников, Л. П. Удалова [и др.] // Химия в сельском хозяйстве. 1996. № 5. С. 18–21.

8. Изучить транслокацию тяжелых металлов в почве, сельскохозяйственной продукции и разработать приемы детоксикации почв для получения чистой продукции: Методические указания по проведению исследований М. 1993. 8 с.

9. *Оглуздин А. С., Алексеев Ю. В., Вялушкина Н. И.* Сапропель как мелиорант почв, загрязненных тяжелыми металлами // Химия в сельском хозяйстве. 1996. № 4. С. 5–7.

10. *Заалишвили В. Б.* Изобретение: Способ оценки техногенного загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами / Заалишвили В. Б., Бекузарова С. А., Комжа А. Л., Козаева О. П. Патент № 2485477, опубликован 20.06.2013, МПК G01 N3/48.

11. *Заалишвили В. Б.* Изобретение: Способ определения токсичности почв / Заалишвили В. Б., Бекузарова С. А., Комжа А. Л., Бекмурзов А. Д. Патент № 2490630, опубликован 20.08.2013. МПК G01N33/24.

12. Миграция кадмия, цинка, свинца и стронция из корнеобитаемого слоя дерново-подзолистых почв / Л. А. Шильников, М. М. Овчаренко, М. В. Никифоров, Н. И. Аканова // Агрехимический вестник. 1998. № 5–6. С. 43–44.

13. *Сокаев К. Е., Хубаева Г. П.* Экология окружающей среды города Владикавказа и его пригорода. Владикавказ: Издательство Олимп-Бизнес. 2014. 206 р.



УДК 338.439.4:643

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Соиск. *Джидзалова Н. Ю.*,

д-р эконом. наук, проф. *Тускаев Т. Р.*,

соиск. *Джидзалова Б. Ю.*

Горский государственный аграрный университет
г. Владикавказ, РСО-Алания, Россия

Инновационный процесс в растениеводстве следует понимать как систему мероприятий по проведению комплекса научных исследований и разработок по созданию инноваций, их освоению с целью максимизации доходов и повышения конкурентоспособности растениеводческой продукции на основе снижения удельных издержек и повышения ее качества, обеспечивающих ускоренный экономический рост и расширенное воспроизводство отрасли.