

11, ноябрь 2015

УДК 546.55 +612.062

Исследование влияния тяжёлых металлов на рост растений и микрофлору почвы

Козлова И.К., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Информационные системы и телекоммуникации»*

Научный руководитель: Шабатина Т.И., д.х.н, доцент

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,

кафедра «Химия»

bauman@bmstu.ru

Загрязнение почв тяжелыми металлами имеет разные источники: отходы металлообрабатывающей промышленности, промышленные выбросы, продукты сгорания топлива, средства химизации сельского хозяйства.

Металлургические предприятия ежегодно выбрасывают на поверхность более 150 тысяч тонн меди, около 90 тыс. тонн свинца, около 800 тонн кобальта и около 30 тонн ртути. С выхлопными газами на поверхность почв попадает более 250 тысяч тонн свинца в год.

Тяжелые металлы попадают в почву вместе с удобрениями, в состав которых они входят как примесь, а также различными техногенами.

До тех пор, пока тяжелые металлы (ТМ) прочно связаны с составными частями почвы и труднодоступны, их отрицательное влияние на почву и окружающую среду будет незначительным. Однако если почвенные условия позволяют перейти тяжелым металлам в почвенный раствор, появляется прямая опасность загрязнения почв, возникает вероятность проникновения их в растения, а также в организм человека.

Опасность загрязнения почв зависит: от форм химических соединений в почве; присутствия элементов противодействующих влиянию тяжелых металлов и веществ, образующих с ними комплексные соединения; от процессов адсорбции и десорбции; количества доступных форм этих металлов в почве и почвенно-климатических условий. Следовательно, отрицательное влияние ТМ зависит, по существу, от их подвижности, т.е. растворимости.

ТМ в основном характеризуются переменной валентностью, низкой растворимостью их гидроокисей, высокой способностью образовывать комплексные соединения и, естественно, катионной способностью.

К факторам, способствующим удержанию ТМ почвой относятся: обменная адсорбция поверхности глин и гумуса, формирование комплексных соединений с гумусом, а также формирование нерастворимых соединений, особенно при восстановлении.

Наблюдение за изменением тяжелых металлов в почве невозможно без знания факторов, определяющих их подвижность. Процессы передвижения удержания, обуславливающие поведение ТМ в почве, мало, чем отличаются от процессов, определяющих поведение других катионов. Хотя, ТМ иногда обнаруживаются в почвах в низкой концентрациях, они формируют устойчивые комплексы с органическими соединениями и вступают в специфические реакции адсорбции легче, чем щелочные и щелочноземельные металлы.

Миграция ТМ в почвах может происходить с жидкостью и суспензией при помощи корней растений или почвенных микроорганизмов. Миграция растворимых соединений происходит вместе с почвенным раствором (диффузия) или путем перемещения самой жидкости. Вымывание глин и органического вещества приводит к миграции всех связанных с ними металлов. Миграция в твердой фазе и проникновение в кристаллическую решетку являются больше механизмом связывания, чем перемещения.

Наиболее мощные потоки ТМ возникают вокруг предприятий черной и цветной металлургии. Исключение составляет свинец, который в окружающую среду в большом количестве поступает также от автотранспорта. Урбанизация общества приводит к тому, что в почвах городов значительно повышается содержание ТМ.

Тяжелые металлы (Cu, Ni, Co, Pb, Sn, Zn, Cd, Bi, Sb, Hg) относятся к микроэлементам, т. е. химическим элементам, присутствующим в организмах в низких концентрациях (обычно тысячные доли процента и ниже). Химические элементы, которые, входя в состав организмов растений, животных и человека, принимают участие в процессах обмена веществ и обладают выраженной биологической ролью, получили название биогенных элементов. К числу биоэлементов относятся: азот, водород, железо, йод, калий, кальций, кислород, кобальт, кремний, магний, марганец, медь, молибден, натрий, сера, стронций, углерод, фосфор, фтор, хлор, цинк.

Количественное содержание биогенных элементов, входящих в состав организмов, сильно варьируется в зависимости от среды обитания, способа питания, видовой принадлежности.

Повышенные концентрации тяжелых металлов в почве могут оказывать отрицательное влияние на рост растений и накапливаться в них. Рассмотрим, как влияют наиболее распространенные тяжелые металлы на растения.

В биосфере кобальт преимущественно рассеивается, однако на участках, где есть растения — концентраторы кобальта, образуются кобальтовые месторождения. В глинах и сланцах в среднем содержится 0,002 % кобальта, в песчаниках 0,00003 %, в известняках 0,00001 %. В поверхностных водах его мало, в Мировом океане его лишь 0,00000005 %. Будучи слабым водным мигрантом, он легко переходит в осадки, адсорбируясь гидроокисями марганца, глинами и другими высокодисперсными минералами.

Содержание кобальта в почвах определяет количество этого элемента в составе растений данной местности, а от этого зависит поступление кобальта в организм травоядных животных.

Кобальт применяют в сельском хозяйстве как микроудобрения – удобрения, содержащие микроэлементы (В, Cu, Mn, Zn, Co и др.), т. е. вещества, потребляемые растениями в небольших количествах. Применение кобальтовых солей (сернокислого кобальта) в качестве удобрений, как оказалось, способствует ускорению созревания ячменя, повышает урожай семян красного клевера, увеличивает содержание жира в семенах льна. Но повышенные концентрации соединений кобальта являются токсичными.

Следующий металл – никель. Содержание никеля в почвах составляет 0,004 %, в природных поверхностных водах — 0,00000034 %. Растения в районе никелевых месторождений могут накапливать в себе значительные количества никеля. При этом наблюдаются явления эндемического заболевания растений, например уродливые формы астр, что может быть биологическим и видовым индикатором в поисках никелевых месторождений.

При усвоении никеля растениями происходит взаимодействие с содержащимися в почве железом, кобальтом, хромом, магнием, медью, цинком, марганцем; при этом ионы марганца и магния не ингибируют, а ионы кобальта, меди, железа и цинка — ингибируют абсорбцию никеля на 25-42%. Типичные симптомы повреждающего токсического действия никеля: хлороз, появление желтого окрашивания, остановка роста корней и появления молодых побегов или ростков, деформация частей растения, необычная пятнистость, в некоторых случаях — гибель всего растения.

Поговорим о меди. Общее содержание меди в почвах составляет около 0,002%, причем на долю растворимой части приходится около 1% этого количества. В почвах встречаются несколько форм меди, в различной степени усваиваемой растениями: водорастворимая медь, обменная медь, поглощенная органическими и минеральными коллоидами, руднорастворимые медные соли, медьсодержащие минералы, комплексные металлоорганические соединения меди. Подвижность меди и поступление ее в растения уменьшаются при известковании почв, связывании меди в виде органических соединений и закреплении почвенным гумусом и перегнойными кислотами.

Медь необходима для жизнедеятельности растительных организмов. Почти вся медь листьев сосредоточена в хлоропластах и тесно связана с процессами фотосинтеза; она участвует в синтезе хлорофилла и стабилизирует его, предохраняет от разрушения.

Медь способствует синтезу в растениях железосодержащих ферментов, в частности пероксидазы. Установлено положительное влияние меди на синтез белков в растениях и благодаря этому — на водоудерживающую способность растительных тканей. Напротив, при недостатке меди гидрофильность коллоидов тканей уменьшается. Очевидно, вследствие этого медь в виде удобрений имеет значение для придания растениям засуха- и морозоустойчивости, а также, возможно, устойчивости к бактериальным заболеваниям.

Последний рассматриваемый металл — цинк. Среднее содержание цинка в почвах составляет 0,005 %; из этого количества на долю растворимого цинка приходится не более 1 %. Солончаковые и солонцеватые почвы содержат больше всего подвижного цинка (0,0087-0,014 %) в виде цинкатов натрия и калия. Промежуточное положение по количеству подвижных форм цинка занимают черноземы и серые лесные почвы; меньше всего таких форм в подзолистых почвах (0,00185-0,00241 %). На кислых почвах цинк более подвижен и выносится из почв в больших количествах; поэтому на кислых почвах чаще наступает дефицит цинка, на щелочных почвах цинк наименее подвижен.

Цинк является компонентом ряда ферментных систем. Он необходим для образования дыхательных ферментов. Цинк связан с превращением содержащих сульфгидрильную группу соединений, функция которых состоит в регулировании уровня окислительно-восстановительного потенциала в клетках. Цинк является составным компонентом фермента карбоангидразы, который влияет на очень важную «темновую» фазу фотосинтеза по утилизации углекислого газа.

Под влиянием цинка происходит увеличение содержания витамина С, каротина, углеводов и белков в ряде видов растений, цинк усиливает рост корневой системы и положительно сказывается на морозоустойчивости, а также жаро-, засухо- и

солеустойчивости растений. Соединения цинка имеют большое значение для процессов плодоношения.

Тяжелые металлы (свинец, медь, цинк, мышьяк, ртуть, кадмий, хром, алюминий и др.) в микроколичествах необходимы организму и в основном они находятся в активных центрах коферментов. При содержании тяжелых металлов в почве выше допустимых норм отмечают повышение поступления указанных металлов в рационы и соответственно в продукцию животноводства, ухудшение качества сельскохозяйственной продукции.

Продукт	Предельно допустимые концентрации в продуктах питания (мг/кг)								
	Хром	Ни- кель	Медь	Цинк	Кад- мий	Оло- во	Ртуть	Сви- нец	Сурь- ма
Зерно	0,2	0,5	10,0	50,0	0,03	-	0,03	0,3	0,1
Крупа	0,2	0,5	10,0	50,0	0,10	-	0,03	0,3	0,1
Мука	0,2	0,5	10,0	50,0	0,10	-	0,02	0,3	0,1
Крахмал	0,2	0,5	-	30,0	-	-	0,02	-	0,1
Овощи свежие	0,2	0,5	5,0	10,0	0,03	-	0,02	0,5	0,3
Овощи консерв.	0,2	0,5	5,0	10,0	0,03	200	0,02	0,5	0,3
Фрукты свежие	0,2	0,5	5,0	10,0	0,03	-	0,02	0,4	0,3
Фрукты консерв.	0,2	0,5	5,0	10,0	0,03	200	0,02	0,4	0,3
Ягоды свежие	-	0,5	5,0	10,0	0,03	-	0,02	0,4	0,3

Ягоды консерв.	-	0,5	5,0	10,0	0,03	200	0,02	0,4	0,3
Грибы свежие	-	0,5	-	-	-	-	0,05	0,5	-
Хлеб	0,2	-	10,0	50,0	-	-	0,02	0,3	0,1

По опасности для здоровья человека тяжелые металлы делятся на следующие классы:

1 класс (самый опасный): Cd, Hg, Se, Pb, Zn;

2 класс: Co, Ni, Cu, Mo, Sb, Cr (цветная металлургия – город Никель Кольский п-ов);

3 класс: Ba, V, W, Mn, Sr.

Тяжелые металлы и их соединения могут поступать в организм человека через легкие, слизистые оболочки, кожу и желудочно-кишечный тракт. Механизмы и скорость проникновения их через разные биологические барьеры и среды зависят от физико-химических свойств указанных веществ, химического состава и условий внутренней среды организма. Отдельные металлы могут избирательно накапливаться в определенных органах и длительно задерживаться в них.

На примере отдельных металлов рассмотрим пути их поступления в организм через желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) с продуктами питания (животного и растительного происхождения), а также токсическое действие.

Два d-элемента - кобальт и никель, широко используют в современных промышленных технологиях. При высоком содержании их в окружающей среде эти элементы могут поступать в повышенных количествах в организм человека, вызывая отравления с тяжелыми последствиями.

Кобальт является биоэлементом, который принимает активное участие в ряде биохимических процессов. Однако избыточное его поступление вызывает токсический эффект с разными повреждениями в системах окислительных превращений, так как соединения Co(III) обладают сильной окислительной комплексообразовательной способностью и легко усваиваются организмом.

Никель в крови находится в виде комплексов с низкомолекулярными соединениями, в частности с аминокислотами. Из крови никель проникает в ткани. В

организме человека никель входит в состав некоторых ферментов. Его обнаруживают постоянно в рибонуклеиновой кислоте (РНК), что может быть связано с онкогенностью никеля. Около 50 % никеля откладывается во внутренних органах и крови, 30 % - в мышцах и жировой ткани, 15 % - в костях и соединительной ткани.

Цинк, также d-элемент, имеет состояние окисления +2, является сильным восстановителем. Соли цинка хорошо растворимы в воде. При их поступлении наблюдается задержка на некоторое время с последующим постепенным попаданием в кровь и распределением в организме. Цинк может вызывать «цинковую» (литейную) лихорадку. Пониженный уровень цинка в пище способствует увеличению абсорбции этого металла, а высокое содержание фосфора и меди в её снижает. Наиболее активно цинк всасывается в двенадцатиперстной кишке и верхней части тонкого кишечника.

Медь в крови находится в связанном с белками состоянии. Основной формой меди в тканях является двухвалентная медь, которая создает наиболее прочные комплексы с белками. Медь может вступать в соединения с разными аминокислотами. При избыточном поступлении меди в организм в связи с ее высокой биохимической активностью происходят серьезные нарушения в обмене веществ, проявляющиеся в токсических эффектах. Существуют конкуренция и негативное влияние цинка, марганца, никеля на обмен меди.

Из приведенных выше данных о распределении, накоплении и превращении ряда тяжелых металлов видно, что указанные процессы имеют много особенностей. Несмотря на различия в естественной биологической значимости разных металлов, все они при избыточном поступлении в организм вызывают токсические эффекты, сопряженные с нарушением нормального хода биохимических процессов и физиологических функций.

В заключение приведем следующие выводы: многие тяжелые металлы, такие как железо, медь, цинк, молибден, участвуют в биологических процессах и в определенных количествах являются необходимыми микроэлементами для функционирования растений, животных и человека. С другой стороны, тяжелые металлы и их соединения могут оказывать вредное воздействие на живые организмы, способны накапливаться в тканях, вызывая ряд заболеваний. Не имеющие полезной роли в биологических процессах металлы, такие как свинец и ртуть, определяются как токсичные металлы. Поэтому необходимо предпринимать какие-либо действия по устранению многочисленных выбросов ТМ в атмосферу и почву, постараться очистить окружающую среду от их пагубного воздействия и очень аккуратно поступать при их добавлении в удобрения.

Список литературы.

1. Добровольский Г.В., Гришина Л.А. Охрана почв. М.: МГУ, 1985. 223 с.
2. Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
3. Левина Э.Н., Общая токсикология металлов. Л.: Медицина, 1972. 183 с.
4. Лушников Е.К. Клиническая токсикология. М.: Медицина, 1990. 325 с.
5. Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Коренев Г.Е. Растениеводство. М.: Колос, 1997. 448 с.
6. Рэуце Н., Кырста С. Борьба с загрязнением почвы. М.: Агропромиздат, 1986. 214 с.
7. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Центр Академия, 2003. 400 с.
8. Климов Е.С., Давыдова О.А., Бузаева М.В. Экологическая безопасность ферритизированных гальваношлямов // Безопасность жизнедеятельности. 2010. № 9. С. 26-32.
9. Околелова А.А. Тяжелые металлы в почвах антропогенных ландшафтов Волгограда // Молодой ученый. 2013. №4. С. 159-161.
10. Водяницкий Ю.Н. Обобщенная характеристика распределения тяжелых металлов в почвенном профиле. // Агрохимия. 2014. №6. С. 77-83