

УДК 631.45

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Обущенко С.В., Гнеденко В.В.

*ФГБОУ ВПО «Самарский государственный экономический университет», Самара,
e-mail: Gnedenko@mail.ru)*

В работе приведены исследования содержания микроэлементов и тяжёлых металлов в почвах сельскохозяйственного назначения Самарской области: свинца, кадмия, меди, олова, цинка, хрома, никеля. Показано, что содержание подвижных форм кадмия не превышает допущенных РДК, однако подвижность кадмия высока, поэтому необходим постоянный его контроль. Содержание подвижных форм свинца, никеля, хрома, меди и цинка на всех типах и подтипах почв разного состава и разным содержанием гумуса, не превышает его предельно-допустимых концентраций. Показано, что поступление свинца из почвы в растения увеличивается не пропорционально росту его содержания в почве. В большинстве случаев выявлена общая закономерность, чем больше элемента в почве (в подвижной форме прежде всего), тем больше поступает его в растения.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, свинец, кадмий, медь, олово, свинец, хром, никель

MONITORING OF MICRONUTRIENT AND HEAVY METAL CONTENT IN SOIL OF SAMARA REGION

Obuschenko S.V., Gnedenko V.V.

Samara State University of Economics, Samara, e-mail: Gnedenko@mail.ru

The paper concerns the study of micronutrient and heavy metal content in agricultural lands soil of Samara region: lead, cadmium, copper, tin, zinc, chrome, nickel. The study demonstrates that the content of movable cadmium forms does not exceed the accepted APC, however cadmium moving ability is high and it requires permanent control. The content of movable lead, nickel, chrome, copper and zinc forms in all types and subtypes of soil with various humus levels does not exceed the maximum permissible concentration. It is proved that the plants receive lead from soil disproportionately to the increase of lead content in soil. In most cases it is possible to draw up the tendency: the more element content there is in soil (mainly in the movable forms), the more element content the plants receive.

Keywords: heavy metals, lead, cadmium, copper, tin, chrome, nickel

Из большого числа разнообразных химических веществ, поступающих в окружающую среду из антропогенных источников, особое место занимают тяжёлые металлы (ТМ).

К ТМ относятся свыше 40 химических элементов таблицы Менделеева с атомными массами, превышающими 50 единиц, или химические элементы с удельным весом выше 5 г/см³. Не все ТМ представляют одинаковую опасность для живых организмов. По токсичности и способности накапливаться в пищевых цепях лишь немногим более десяти элементов признаны приоритетными загрязнителями биосферы. Среди них выделяют: ртуть, свинец, кадмий, медь, ванадий, олово, цинк, молибден, кобальт, никель. Три элемента (ртуть, свинец, кадмий) считаются наиболее опасными.

Большинство этих элементов относится к группе микроэлементов.

Содержание их в микроколичествах совершенно необходимо растительным и животным организмам и не вызывает у них никаких негативных реакций.

В агроландшафтах наиболее распространены: цинк, свинец, ртуть, кадмий, хром.

Все основные циклы миграции ТМ в биосфере начинаются в почве, потому что именно в ней происходит мобилизация металлов и образование различных миграционных форм. Почва (её тонкодисперсные частицы и органическое вещество) – важнейший фактор, регулирующий поступление ТМ в растения. Она служит естественным барьером на пути ТМ и сдерживает их поступление в растения и в сопредельные среды. Так как почва – основное средство сельскохозяйственного производства, накопление в ней избыточных концентраций тяжёлых металлов представляет прямую угрозу экологической безопасности получаемой продукции. В связи с этим, существует необходимость мониторинга содержания ТМ в почве, разработка мер по предотвращению поступления их в почвенный покров, а также снижение токсичности уже имеющихся концентраций элементов.

Для безопасного ведения сельскохозяйственного производства необходимо знать токсичность элемента, пути поступления в почву, условия миграции в ней, усвояемость растениями.

В настоящее время уже известен целый ряд мер для снижения уровня содержания

ТМ в продукции, получаемой в процессе выращивания сельскохозяйственных культур. Тем не менее, одним из важнейших звеньев получения экологически безопасной продукции является нормирование ТМ [1].

Рассмотрим краткую характеристику наиболее опасных элементов.

Кадмий (Cd). Содержание кадмия в почвах невелико и, например, в чернозёме составляет $1 \cdot 10^{-5}\%$, что на порядок меньше, чем его содержание в растениях. Содержание кадмия в почве зависит от материнской породы. Основным источником загрязнения почв кадмием являются промышленные выбросы и сточные воды. Значительная часть кадмия может поступать в почву с фосфорными удобрениями, известковыми материалами и выбросами автотранспорта. Содержание кадмия в почве на уровне 5 мг/кг наполовину снижает продуктивность сельскохозяйственных культур, а период его полувыведения из почвы один из самых больших (около 1100 лет).

Кадмий обладает мутагенным и канцерогенным свойствами и представляет генетическую опасность.

Никель (Ni). Среднее содержание никеля в растениях составляет $5 \cdot 10^{-5}\%$ на сырое вещество, в организме животных – $1 \cdot 10^{-6}\%$, в почвах – $4 \cdot 10^{-3}\%$.

Основные источники поступления никеля в окружающую среду: сжигание топлива, цветная и чёрная металлургия, осадки сточных вод промышленности и коммунального хозяйства.

В кислой среде никель более подвижен чем в нейтральной или щелочной.

Никель необходим растениям в очень малых количествах. В водных культурах никель токсичен для растений (кукурузы, бобы) в дозе 2 мг/л. Более токсичен никель для растений на кислых почвах. Токсичность никеля проявляется при содержании его в растениях на уровне 50 мг/кг.

Никель способен изменять активность окислительно-восстановительных процессов, влияет на поглощающую способность корней. При повышенном содержании никеля в почве, происходит угнетение роста растений, снижается содержание хлорофилла в листьях.

Медь (Cu). Валовое содержание меди в почвах не превышает $1 \cdot 10^{-5}\%$. Очень низкое содержание меди в почвах с высоким рН.

Источники поступления меди в экосистемы: выбросы металлургических предприятий, минеральные и органические удобрения, осадки сточных вод.

Медь входит в состав ряда ферментов, важных для поддержания нормальной жизнедеятельности клеток. Недостаток меди

вызывает хлороз листьев, увядание, задерживается цветение. В то же время все её соли токсичны, поэтому транспирационный показатель вредности меди (3,5 мг/кг) крайне значительно превышает ПДК для почвы (3,0 мг/кг).

Естественный почвенный фон содержания меди составляет 12-28 мг/кг, но, так как она является биогенным элементом, то её содержание в почве ниже 15 мг/кг приводит к заболеваниям растений.

Свинец (Pb). Среднее содержание свинца в почве колеблется от $0,37 \cdot 10^{-3}\%$ до $4,3 \cdot 10^{-3}\%$. Источники поступления свинца: выбросы металлургических предприятий, автомобильный транспорт, осадки коммунальных и промышленных сточных вод, а также инсектициды, в состав которых он входит. За последние 30-40 лет кларк свинца в почве вырос почти на порядок вследствие мощного его поступления в окружающую среду.

Наибольшее количество свинца содержится в почве на расстоянии 1,2-2 м от дороги и поступает в почву даже на расстоянии до 300 м от дороги.

Почва, являясь естественным барьером на пути миграции и поступления свинца в растения и грунтовые воды, обладает высокой способностью закреплять поступающий в неё элемент.

Фоновое содержание свинца в почвах европейской части России колеблется в пределах 15-47 мг/кг. Загрязнение почвы свинцом на уровне 50 мг/кг опасно для здоровья человека.

Поступление свинца из почвы в растения увеличивается не пропорционально росту его содержания в почве.

Хром (Cr) – высокотоксичный элемент. В почве его содержание составляет $1,9 \cdot 10^{-2}\%$. Хром – один из биогенных элементов, который постоянно находится в клетках растений и животных.

Фитотоксичность хрома зависит от его валентности, определяющей подвижность элемента в почве и его доступность растениям.

Трёхвалентный хром выступает в роли катиона и хорошо поглощается почвой, вследствие чего обладает малой токсичностью. Поэтому ПДК трёхвалентного хрома в почве равна 100 мг/кг, тогда как ПДК шестивалентного хрома – 0,05 мг/кг. По токсичности хром уступает только ртути.

Цинк (Zn). Содержание цинка в почвах составляет $5 \cdot 10^{-3}\%$. Цинк и кадмий являются сопутствующими элементами: чем больше в почве цинка, тем больше и кадмия.

Цинк – один из главных микроэлементов: он входит в состав ферментов, обуслав-

ливающих и регулирующих многие жизненные процессы.

Цинк повышает жаро- и морозоустойчивость растений. При его недостатке в почве замедляется превращение неорганических фосфатов в органические соединения растений.

С другой стороны существенное увеличение содержания цинка в компонентах окружающей среды и продуктах питания негативно отражается на живых организмах, сопровождается ухудшением здоровья человека. Влияние высоких концентраций

цинка проявляется в синергетическом действии, усиливая эффект других загрязнителей.

Растения обладают неодинаковой способностью поглощать цинк из почвы. Из всех тяжёлых металлов цинк наиболее подвижный элемент и хорошо усваивается растениями.

Экологическая ситуация Самарской области по содержанию подвижных форм тяжёлых металлов в почвах реперных участков в среднем за 2005-2010 гг. представлена в табл. 1.

Таблица 1

Содержание подвижных форм тяжёлых металлов в почвах реперных участков в среднем за 2005-2010 гг.

Район	Почва	№ реперного участка	Элемент, мг/кг					
			Cd	Pb	Ni	Cr	Zn	Cu
Северная зона								
Кошкинский	Чернозём типичный тяжелосуглинистый	3	0,055	0,65	0,50	1,29	0,43	0,18
Сергиевский		5						
Ч-Вершинский	Чернозём типичный глинистый	4	0,088	0,78	0,62	1,90	0,58	0,18
Шенталинский		13						
Иса克林ский		14						
Камышлинский		15						
Центральная зона								
Ставропольский	Чернозём выщелоченный легкосуглинистый	10	0,046	0,39	0,32	0,33	0,71	0,09
Кинельский	Чернозём типичный тяжелосуглинистый	17	0,048	0,56	0,55	1,07	0,44	0,13
Волжский	Чернозём обыкновенный тяжелосуглинистый	2	0,063	0,76	0,52	2,35	0,53	0,17
Приволжский	Чернозём обыкновенный среднесуглинистый	7	0,055	0,73	0,55	0,77	0,48	0,22
Борский	Чернозём обыкновенный легкосуглинистый	16	0,060	0,73	0,76	1,18	0,65	0,13
Волжский	Чернозём южный тяжелосуглинистый	1	0,061	0,58	0,56	0,70	0,43	0,19
Южная зона								
Нефтегорский	Чернозём типичный среднесуглинистый	8	0,075	0,88	0,70	3,22	0,47	0,19
Большеглушицкий	Чернозём обыкновенный тяжелосуглинистый	9	0,077	0,50	0,60	1,47	1,24	0,20
Красноармейский	Чернозём обыкновенный глинистый	11	0,086	0,77	0,58	1,04	0,75	0,17
Большечерногоровский	Чернозём южный глинистый	6	0,106	0,93	0,97	2,94	0,46	0,21
Пестравский		12						
ПДК подвижных форм		0,5*	6,0	4,0	6,0**	23	3,0	

Примечание. * Ориентировочно-допустимая концентрация валового содержания, ПДК подвижных форм не установлена. ** Хром трёхвалентный.

Анализируя данные таблицы, мы видим, что содержание подвижных форм кадмия в почвах области находится в пределах от 0,05 до 0,1 мг/кг, что не превышает ПДК (0,5 мг/кг). Однако, учитывая, что это ориентировочно допустимые концентрации валового содержания, а подвижность кадмия достаточно высокая (до 50%), необходимо отслеживать возможное загрязнение им сельскохозяйственной продукции.

Содержание подвижных форм свинца на всех типах и подтипах почв разного состава и разным содержанием гумуса, не превышает его предельно-допустимых концентраций.

Не вызывает опасения и содержание подвижных форм никеля, хрома, меди и цинка. Более того, возникает необходимость внесения цинксодержащих удобрений, так как цинк повышает жаро- и морозоустойчивость растений. При недостатке цинка характерна задержка роста. Кроме того, увеличение содержания цинка в почве снижает поступление кадмия в растения.

Токсичные для растений концентрации ТМ в зависимости от свойств почв могут

варьировать в значительной степени. Кроме того, проявляется общая закономерность, чем больше элемента в почве (прежде всего в подвижной форме), тем больше поступает его в растения.

Анализируя табл. 2, следует отметить, что не всегда такая закономерность соблюдается в отношении растительности. Поступление свинца из почвы в растения увеличивается не пропорционально росту его содержания в почве. У пшеницы, например, количество свинца в соломе превышает в 2 раза, а в зерне находится на допустимом уровне. Это зависит от способности растений использовать только часть свинца, находящуюся в почве, а также возможности самих растений регулировать поступление этого элемента. Вероятно, в корнях растений существует механизм, препятствующий передвижению свинца в надземные органы растений.

За последние годы тенденции к увеличению содержания ТМ в растительной продукции по кадмию, никелю, цинку и меди – не наблюдается. Это связано с благоприятной обстановкой по содержанию ТМ в почвах области.

Таблица 2

Накопление тяжёлых металлов в зерне и соломе озимой пшеницы в зависимости от содержания подвижных форм в почвах, мг/кг

Ставропольский район, уч. № 10				
	цинк	медь	свинец	кадмий
почва	0,8	0,13	0,73	0,103
зерно	19,1	3,51	0,68	0,057
солома	18,3	3	0,99	0,07
Борский район, уч. № 16				
	цинк	медь	свинец	кадмий
почва	0,27	0,1	0,57	0,084
зерно	15,7	8,58	0,23	0,07
солома	5,51	7,1	1,25	0,06
Б-Черниговский район, уч. № 6				
	цинк	медь	свинец	кадмий
почва	0,35	0,16	0,91	0,109
зерно	23,1	3,8	0,6	0,045
солома	15,8	2,2	1,35	0,09

Количественную характеристику уровня перехода ТМ в системе «почва-растение» выражают через величину коэффициента биологического поглощения (КБП), который представляет собой отношение ТМ в растении к их содержанию в почве.

В результате мониторинга реперных участков было установлено, что для большинства сельскохозяйственных культур нашей области характерен следующий ряд тяжёлых металлов по значению КБП: Cu>Zu>Cd>Ni>Pb.

Различные культуры растений могут отличаться по способности аккумуляции ТМ и распределению их по органам. В репродуктивных органах растений содержание тяжёлых металлов меньше, чем в соломе. Но у подсолнечников накопление этих элементов происходит больше в семени, чем в стебле.

Из всего сказанного можно сделать выводы и подтвердить закономерности:

– растения имеют определённые защитные механизмы, которые препятствуют поступлению ТМ;

– у разных видов растений поглощение и накопление ТМ происходит неодинаково;

– проявляется закономерность, чем больше ТМ в почве, тем больше поступает их в растения. Хотя прямой связи между загрязнённостью ТМ и их поступлением в растения нет;

– содержание в почвах ТМ на контролируемых реперных участках находится на допустимом уровне;

– по способности аккумулироваться в растениях ТМ располагаются в следующий ряд: Cu>Zu>Cd>Ni>Pb.

Список литературы

1. Ильин В.Б. Нормировании тяжёлых металлов в почве // Почвоведение, 1986. – № 9. – С. 90-98.