

В плодах огурцов при внесении диатомита увеличивается концентрация всех элементов, а также радиоактивных изотопов стронция и цезия. Однако содержание ТМ, Sr⁹⁰, Cs¹³⁷ ни в одном виде овощной продукции не превышает предельно допустимые уровни. Тем не менее следует отметить, что содержание нитратов в огурцах при внесении диатомита в более высоких нормах может превысить ПДК.

Анализ содержания тяжелых металлов, нитратов, стронция-90 и цезия-137 в овощах показывает, что разные культуры в разной степени накапливают те или иные элементы. В большей степени их накапливает свекла столовая (Zn, Cu, Pb, Ni, Cr) и огурцы (Ni, Cr, нитраты, Sr⁹⁰), в меньшей степени – морковь и томаты.

Выводы

1. Внесение диатомита как в чистом виде, так и смеси диатомита с куриным пометом способствует повышению урожайности овощных культур: моркови на 13,8% (норма смеси 8 т/га), столовой свеклы на 36,5% (норма 8 т/га), томатов на 4,0% (диатомит 5 т/га), огурцов на 16,5% (диатомит 5 т/га).

2. С экологической точки зрения органо-минеральное удобрение на основе диатомита Инзенского месторождения и куриного помета при соотношении компонентов 4:1 и использовании в нормах от 5 до 8 т/га не представляет опасности: содержание тяжелых металлов, нитратов, радиоактивных изотопов стронция-90 и цезия-137 в продукции не превышает предельно допустимые уровни.

УДК 631.416+631.51

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ЕЕ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ

А.Х.Куликова, М.И.Ходько, Н.Г.Захаров

Известно, что свыше 90% всех болезней человека прямо или косвенно связано с состоянием окружающей среды, которая является либо причиной возникновения заболеваний, либо способствует их развитию. Из большого числа разнообразных химических веществ, поступающих в окружающую среду из антропогенных источников, особое место занимают тяжелые металлы (ТМ).

Однако для растений не все тяжелые металлы одинаково токсичны, так как в эти группы входят: цинк, медь, молибден, кобальт, марганец, получившие название микроэлементов и имеющие важное биологическое значение в жизни растений. Такие элементы, как кадмий,

свинец, ртуть, никель, хром, не имея определенного функционального значения для растений и животных, оказывают токсическое действие на экосистему в целом.

Почвы являются природными накопителями ТМ в окружающей среде и основным источником загрязнения растительной продукции. Опасность, вызываемая загрязнением ТМ, усугубляется еще и слабым выведением их из почвы, так как они не подвергаются процессам естественного разрушения и, попадая в почву, становятся определяющим фактором ее плодородия. Так, период полуудаления в почвенных лизиметрах варьирует в зависимости от вида металлов следующим образом: для кадмия – 13...1100, меди – 310...1500, свинца – 740...5900, цинка – 70...510 лет и т.д.

Тяжелые металлы претерпевают в почве, в зависимости от используемых в сельском хозяйстве технологий, химические превращения, в ходе которых их токсичность изменяется в очень широких пределах. Наибольшую опасность представляют подвижные формы тяжелых металлов, так как они являются наиболее доступными для живых организмов. Подвижность же существенно зависит от типа почвы, содержания органического вещества, кислотности, плотности почвы и других факторов. В связи с этим важное практическое значение имеет познание механизмов и закономерностей поведения и распределения ТМ в зависимости от используемых в современном сельскохозяйственном производстве технологий, в частности, различных способов обработки почвы.

Целью наших исследований является выяснить, как влияют различные способы обработки почвы на содержание в ней валовых и подвижных форм тяжелых металлов для разработки стратегии оптимизации и повышения экологичности используемых технологий в современном сельскохозяйственном производстве.

Полевые опыты проводятся на опытном поле УГСХА с 1988 г. в 6-ти польном полевом зернопаропропашном севообороте: пар чистый (с 1996 г. занятый вико-овсяной смесью), озимая рожь, кукуруза, яровая пшеница, горох, овес.

Схема опыта включает четыре системы основной обработки почвы:

1. Отвальная: послеуборочное лущение стерни БДТ-7 на 8...10 см, отвальная обработка ПЛН-4-35 под все культуры севооборота. Вариант принят за контроль.

2. Плоскорезная: послеуборочная поверхностная обработка комбинированным агрегатом КПШ-5+БИГ-3 на 8...10 см, плоскорезная обработка КПГ-2,2 на ту же глубину, что и в первом варианте.

3. Комбинированная в севообороте: послеуборочная поверхностная обработка КПШ-5+БИГ-3 на 8...10 см, и безотвальная обработка плугом со стойкой СимИМЭ под чистый (занятый) пар на глубину 25-27 см; лущение стерни БДТ-7 на 8...10 см и отвальная обработка ПЛН-4-35 под кукурузу и горох соответственно на 28...30 и 25...27 см; поверхностная обработка КПШ-5+БИГ-3 на 8...10 см и плоскорезное рыхление КПП-2,2, под яровую пшеницу и овес на 20...22 см.

4. Минимально-поверхностная: послеуборочная двухкратная обработка комбинированным агрегатом КПШ-5+БИГ-3 под все культуры с интервалом 10...15 дней; первая на глубину 8...10 см, вторая – 10...12 см.

Возделывание культур в опытах осуществляется на фоне минеральных удобрений с расчетом получения планируемых урожаев. Органические удобрения (навоз) до 1996 года вносили из расчета 8...10 т/га, с введением сидерального пара не используется. Во все годы исследований в качестве органических удобрений применяется солома зерновых культур и гороха.

В опытах химические средства защиты не применяются. Организация полевых опытов, проведение наблюдений, лабораторных анализов осуществлялось по общепринятым методикам. Определение валовых и подвижных форм тяжелых металлов определялось на атомно-абсорбционном спектрометре.

Почва опытного поля – чернозем выщелоченный среднемощный тяжелосуглинистый с исходным содержанием гумуса от 4,95 до 5,35% подвижных форм фосфора и калия (по Чирикову) соответственно 21...35 и 13...25 мг на 100 г почвы, реакция почвенного раствора 6,2...6,7, сумма поглощенных оснований в верхнем горизонте составляет 28,8...39 мг-экв, на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями достигает 94,2...98,2%.

Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве в зависимости от способов ее основной обработки представлены в таблицах 1 и 2.

Из данных таблиц видно, что выпадающие на поверхность почвы ТМ аккумулируются в верхнем десятисантиметровом слое почвы. С глубиной содержание их снижается, а на глубине 30 см выходит на фоновый уровень и имеет минимальные значения. Последнее свидетельствует о значительном антропогенном поступлении тяжелых металлов на поверхность почвы. Следует отметить, что по отвальной системе обработки почвы наблюдается более равномерное распределение ТМ по пахотному слою, тогда как по плоскорезной и, особенно,

1. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве в зависимости от способов ее обработки (мг/кг)

	Глубина, см	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	Cr	Hg	As	Cs ¹³⁷	Sr ⁹⁰
Отвальная	0-10	22,6	8,1	7,6	0,9	12,0	6,2	0,034	0,10	18,0	1,2
	10-20	23,3	7,4	6,2	0,7	13,0	7,0	0,025	0,11	17,8	1,1
	20-30	18,9	7,2	6,2	0,5	10,5	5,2	0,021	0,10	17,7	1,1
	\bar{x}	21,6	7,6	6,7	0,7	11,8	6,1	0,027	0,10	17,8	1,1
Плоскорезная	0-10	22,1	8,5	7,3	0,9	11,7	6,0	0,030	0,09	18,0	1,2
	10-20	22,8	7,6	6,4	0,6	12,8	6,7	0,023	0,12	17,8	1,1
	20-30	18,8	6,8	6,0	0,5	10,4	5,1	0,021	0,09	17,7	1,0
	\bar{x}	21,2	7,6	6,6	0,7	11,6	5,9	0,025	0,10	17,8	1,1
Комбинированная в севообороте	0-10	22,7	7,9	6,9	0,7	11,2	5,7	0,029	0,09	17,7	1,2
	10-20	19,0	8,1	6,8	0,8	11,0	5,5	0,023	0,10	17,8	1,1
	20-30	16,7	6,8	5,9	0,4	10,1	5,1	0,021	0,09	18,0	1,1
	\bar{x}	19,5	7,6	6,5	0,6	10,8	5,4	0,024	0,09	17,8	1,1
Минимально-поверхностная	0-10	23,0	7,5	6,3	0,6	12,9	6,8	0,025	0,10	17,7	1,2
	10-20	18,5	7,2	6,3	0,5	10,8	5,3	0,021	0,10	17,7	1,1
	20-30	16,4	6,6	5,8	0,4	10,3	5,1	0,020	0,09	17,6	1,0
	\bar{x}	19,3	7,1	6,1	0,5	11,3	5,7	0,022	0,10	17,7	1,1
ПДК		100	55	30	5,0	85	8,05	2,1	2,0	–	–
Содержание в почвах зоны		29-63	5-40	13-30	0,4-1,7	20-70	20-287	0,03-0,4	–	–	–
ПДЭН		низкая 15-30	низкая 5-15	низкая 5-10	высокая 0,5-1	низкая 10-20	–	очень низкая <0,05			

2. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве в зависимости от способов ее обработки (мг/кг)

	Глубина, см	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	Cr
Отвальная	0-10	2,7	1,0	0,9	0,5	1,1	0,6
	10-20	3,0	1,0	0,9	0,3	1,1	0,6
	20-30	2,3	0,9	0,8	0,2	1,0	0,5
	\bar{x}	2,7	0,97	0,87	0,33	1,07	0,57
Плоскорезная	0-10	2,6	1,0	0,9	0,4	1,2	0,6
	10-20	2,9	1,0	0,9	0,3	1,1	0,6
	20-30	2,2	0,9	0,8	0,2	1,0	0,5
	\bar{x}	2,6	0,97	0,87	0,30	1,1	0,57
Комбинированная в севообороте	0-10	2,8	1,0	0,9	0,3	1,1	0,6
	10-20	2,3	1,0	0,9	0,4	1,1	0,6
	20-30	2,0	0,9	0,8	0,2	1,0	0,5
	\bar{x}	2,4	0,97	0,87	0,30	1,07	0,57
Минимально-поверхностная	0-10	2,9	1,0	0,9	0,3	1,1	0,6
	10-20	2,1	0,9	0,8	0,12	1,0	0,5
	20-30	2,0	0,9	0,8	0,2	1,0	0,5
	\bar{x}	2,3	0,93	0,83	0,21	1,03	0,53
ПДК		23	3	-	-	4	6
Обеспеченность растений кукурузы		> 2 очень высокая	< 1,4 очень бедная				

по минимально-поверхностной обработке происходит заметное снижение их в слое 20-30 см (например, по цинку и меди в 1,4 раза, никелю в 1,3 раза и т.д.).

В современной науке в основу экологического нормирования, кроме показателя ПДК (предельно-допустимая концентрация), положен показатель ПДЭН – предельно-допустимая экологическая нагрузка, то есть такой уровень нагрузки, при котором сохраняется нормальное функционирование экосистемы, сохраняется в ней биотрансформация и детоксикация. В связи с этим при анализе содержания ТМ в почве опытного поля мы использовали оба эти показателя.

Из всех изучаемых ТМ наиболее напряженная обстановка в Ульяновской области сложилась с кадмием.

Известно, что кадмий обладает мутагенными и канцерогенными свойствами и представляет генетическую опасность. Его валовое содержание на выщелоченном черноземе опытного поля УГСХА колеблется от 0,5 до 0,9, а подвижных форм 0,2-0,3 мг/кг почвы. Считается, что оптимальное содержание кадмия в почве не должно превышать 0,6 кг/га, в то время как в почвах нашего опыта его содержание колеблется от 1,2 до 2,7 кг/га. Ежегодный прирост кадмия в почвах составляет 0,15%. Это связано с его ежегодными выбросами в атмосферу и выпадением на поверхность почвы от 0,2 до 9 кг/км².

Об антропогенном происхождении кадмия говорит и тот факт, что он аккумулируется в верхнем горизонте до 10 см и его содержание по профилю снижается. Значительная часть кадмия поступает на поверхность почвы с выбросами автотранспорта, известкованием и особенно с внесением фосфорных удобрений. Ежегодное поступление кадмия с фосфорными удобрениями составляет в среднем 5 г/га, поэтому при длительном использовании этого удобрения складывается опасная ситуация накопления кадмия в верхних слоях почвы, поскольку он находится в подвижном состоянии и легко доступен растениям. С фосфорными удобрениями его вносится в 2-3 раза больше, чем потребляется растениями.

Так как на изучаемых почвах ПДЭН по кадмию оценивается как высокая, то при составлении систем удобрения и обработки почвы в севообороте это обстоятельство должно учитываться, и в первую очередь при расчете доз фосфорных удобрений и планировании известкования.

Следует также отметить очень высокую подвижность кадмия в почве: если содержание подвижных форм остальных элементов не превышает 8...14,5% от общего количества, то по кадмию оно составляет 40-56%. Последнее обуславливает необходимость обязательного

мониторинга продукции растениеводства в наших условиях на содержание в ней кадмия.

Почва является естественным барьером на пути миграции и поступления свинца в растения и грунтовые воды, обладает высокой способностью закреплять поступающий в нее элемент. ПДЭН для свинца составляет 5-10 мг/кг почвы.

Основным источником поступления свинца в почву является сжигание угля, мазута, бензина, природного газа. Наибольшее его количество накапливают почвы на расстоянии до 300 м от дороги.

Исследования показали, что содержание валовых форм свинца в почвах опытного поля колеблется от 6,1 до 7,6 мг/кг, а подвижных 0,8-0,9 мг/кг почвы. Различные способы обработки не влияли на содержание валовых форм свинца в почве, а его подвижные формы активно мигрировали на глубину до 30 см. Наибольшее количество свинца в почве накапливается в верхнем десятисантиметровом слое.

Основным источником поступления никеля в окружающую среду является сжигание топлива, осадки сточных вод промышленности и сельского хозяйства. Содержание валовых форм никеля в почве колебалось от 13 до 10,3 мг/кг почвы, а подвижных составляло около 1 мг/кг почвы, что ниже ПДЭН, которое составляет от 10 до 20 мг/кг почвы. При минимальной поверхностной обработке почвы в верхнем горизонте почвы 0-10 см никеля накапливается больше (до 12,9 мг/кг), что связано с особенностями данного способа обработки.

По токсичности хром уступает только ртути. Содержание их в почве, включая мышьяк, ниже предельно допустимой экологической нагрузки, а способы обработки почвы мало влияют на содержание валовых и подвижных форм этих элементов. В районах области не выявлено почв со значительным загрязнением этими металлами.

Физиологическая роль меди определяется ее вхождением в состав медьсодержащих белков и 19 ферментов. Под действием меди усиливается прочность хлорофилл-белкового комплекса, снижается степень разрушения хлорофилла в темноте. Медь положительно действует на процесс зеленения у всех растений. Она повышает засухо-, морозо- и жароустойчивость растений. При недостатке или избытке меди в почве и растениях у человека развиваются заболевания костной ткани – эндемическая анемия и др. Валовое содержание Си в почве низкое и составляет 8,5-6,6 мг/кг почвы, а по содержанию подвижной формы она очень бедная (0,9-1,0 мг/кг почвы). Следовательно, в почве наблюдается недостаток этого важного микроэлемента.

Способы обработки почвы практически не влияли на содержание

валовых и подвижных форм меди. Однако в верхнем 10 см слое почвы происходит большая аккумуляция меди. Резкий недостаток меди в почве ставит вопрос и о возможности использования на таких почвах осадков сточных вод, в которых содержится свыше 800 мг/кг меди.

Кроме того, важным источником меди является навоз: в 20 кг этого удобрения содержится 40 г меди. Одной из причин недостатка меди в почвах, по-видимому, является резкое сокращение использования органических удобрений. Так, насыщенность органическими удобрениями почв Ульяновской области в 1999 г. составила 0,3 т/га.

Цинк – один из главнейших микроэлементов: Он входит в состав 30 ферментов, принимает участие в биосинтезе РНК и хлорофилла, участвует в углеводном и фосфатном обмене, повышает жаро- и морозоустойчивость растений. Однако существенное увеличение содержания цинка в продуктах питания сопровождается ухудшением здоровья человека. Цинк проявляет синергическое действие – усиливает отрицательное действие других загрязнителей, поэтому его динамика во многом определяет плодородие почвы.

Почва опытного поля содержит цинка от 16,4 до 23 мг/г, следовательно, достаточно обеспечена этим элементом. Выпадающие на поверхность почвы соединения цинка аккумулируются, главным образом, в слое почвы 0-10 см, а подвижные формы равномерно локализованы по профилю почвы и составляют 2-3 мг/кг почвы, а этого вполне достаточно для удовлетворения потребности сельскохозяйственных растений в этом микроэлементе.

Необходимо отметить, что при снижении кислотности почвенного раствора снижается растворимость и подвижность цинка, мышьяка, уменьшается потребление растениями кадмия и свинца, поэтому к агротехническим приемам, снижающим содержание ТМ, относится известкование, а также внесение органических удобрений, которые закрепляют ТМ вследствие образования органо-минеральных соединений, обладающих низкой растворимостью.

На почвах, сильно загрязненных ТМ, лучше исключить минимальную обработку, поскольку вспашка позволяет несколько снизить содержание ТМ в активном слое почвы.

Для снижения фитотоксичности тяжелых металлов можно использовать природные цеолиты, диатомиты, опоки, трепела, которые являются хорошими сорбентами ТМ. Например, в нашей области Майнские цеолиты фиксируют свинец в 5...10 раз активнее, чем почва.

Выводы

1. Наибольшая аккумуляция тяжелых металлов происходит в

верхнем 10-сантиметровом слое почвы, что свидетельствует о значительном их антропогенном поступлении.

2. Валовое содержание тяжелых металлов в черноземе выщелоченном не превышает их предельно допустимые концентрации в почве. Однако содержание кадмия по показателю ПДЭН (предельно допустимая экологическая нагрузка) оценивается как высокое, что предполагает необходимость обязательного контроля качества растениеводческой продукции по этому элементу.

3. Подвижность большинства тяжелых металлов в выщелоченном черноземе находится в пределах 8-14,5% от валового их содержания, кроме кадмия. 40-56% кадмия находится в подвижной, и, следовательно, в доступной для растений форме.

4. Отвальная система обработки почвы обеспечивает более равномерное распределение тяжелых металлов по пахотному слою. По плоскорезной и минимально-поверхностной системе наблюдается заметное снижение их в нижнем слое пахотного горизонта.

УДК 631.8+635.656

ВЛИЯНИЕ СОЛОМИСТО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОТРЕБЛЕНИЕ И ВЫНОС АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ УРОЖАЕМ ГОРОХА НА ТИПИЧНОМ ЧЕРНОЗЕМЕ ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

Г.В.Колсанов, А.Х.Куликова, Н.В.Хвостов

Восполнение ежегодно минерализующегося гумуса почв внесением органических удобрений является одной из главных задач культурного земледелия. В Ульяновской области уровень их внесения даже в лучшие 1986-1990 годы едва достигал 3,3 т/га, что составляло лишь 50% потребности (Колсанов Г.В. и др., 1996). В этих условиях перспективным и пока еще не используемым удобрением продолжает оставаться солома, которая по содержанию органического вещества в 3,4 раза превосходит стандартный полуперепревший навоз. Затраты на внесение соломы в почву на 30% ниже затрат на ее уборку, а по сравнению с навозом, - в зависимости от удаленности полей от мест его хранения, - ниже в 2,0-4,5 раза (Колсанов Г.В., Хвостов Н.В., 2001). Минимальные объемы использования соломы на удобрение с учетом соломы, используемой в животноводстве Ульяновской области могут составить 0,5 т/га пашни, что равноценно среднегодовому внесению подстилочного навоза 1,5 т/га или 1,9-2,1 млн. т на всей площади посевов полевых культур.