

На правах рукописи

Чжоу Дунсин

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ
ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ
КОМПОСТОВ НА ОСНОВЕ ОСВ НА ДЕРНОВО-
ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ**

Специальность 03.00.16 - экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва 2005

Диссертация выполнена на кафедре экологии Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева и во Всероссийском научно-исследовательском, конструкторском и проектно-технологическом институте органических удобрений и торфа.

Научные руководители:

доктор сельскохозяйственных наук,
заслуженный деятель науки РФ
кандидат биологических наук, доцент

Еськов Анатолий Иванович
Раскатов Вячеслав Андреевич

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор
кандидат химических наук, доцент
Ведущее предприятие - факультет почвоведения МГУ

Карпухин Анатолий Иванович
Кузнецов Анатолий Васильевич

Защита диссертации состоится " 25 " мая 2005 г. в 17⁰⁰ ч на заседании диссертационного совета Д-220.043.03 при Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева по адресу: 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной Научной библиотеке Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева по адресу: 127550, Москва, Тимирязевская, 49.

Автореферат разослан "28" апреля 2005 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



В.А. Калинин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Глобальность экологических проблем связана с увеличением объемов потребления природных ресурсов и непрерывным ростом образующихся отходов, размещение которых в окружающей среде становится весьма опасным. По мнению ведущих ученых-экологов антропогенная деятельность человека стала самым мощным геологическим и геохимическим фактором, изменяющим лик планеты Земля (Яшин, 1998; Добровольский, 1998). Чтобы предотвратить эти изменения и обеспечить устойчивое развитие природопользования, следует предвидеть результаты антропогенного воздействия на природную среду при проектировании хозяйственной деятельности на основе разработки качественных и количественных прогнозов возможных изменений в экосистеме с последующей оценкой их отрицательных последствий.

Нынешнее состояние земельного фонда можно оценить как критическое, что в совокупности с усилением процесса деградации почвенного покрова уже представляет угрозу экологической, продовольственной и национальной безопасности России (Кирюшин, 1996, 2000; Черников, 2000; Плющиков, 2001; Еськов, 2004). Назрела необходимость внедрения адаптивных систем земледелия, прогрессивных технологий утилизации отходов и их сельскохозяйственное использование, совершенствование методов оценки состояния агроэкосистем и динамики их изменения в зависимости от почвенно-экологических условий исследуемой территории.

Проблема утилизации осадков городских сточных вод (ОСВ), продуктов технологической очистки вод коммунального хозяйства и промышленности, остро стоит как в Российской Федерации, так и за рубежом, в том числе и КНР. ОСВ имеют сложный элементный состав со значительным содержанием органического вещества, азота и зольных элементов, в первую очередь доступного фосфора, что обуславливает целесообразность их использования в качестве органического удобрения в сельском и лесном хозяйстве, городском озеленении, рекультивации полигонов захоронения промышленных и бытовых отходов (Касатиков и др., 1987; Ильин, 1991).

Для распознавания и оценки существующих уровней загрязнения агроэкосистем от применения ОСВ необходимо проведение исследований по изучению равновесных физико-химических процессов в системе «удобрение-почва-растение» в условиях их длительного окультуривания.

Цель и задачи исследований. Целью исследования является выявление агроэкологических и технологических аспектов производства и применения органо-растительного компоста (ОРК) на основе осадка сточных вод, а именно, в изучении влияния органо-растительного компоста в сравнении с осадком сточных вод в составе органической и органоминеральной систем удобрений, на

миграцию макро- и микроэлементов в системе «удобрение-почва-растение». В связи с этим в процессе исследований решались задачи по сравнительной оценке прямого действия и последствия органических и органоминеральных систем удобрений на основе органо-растительного компоста и осадка сточных вод на:

- 1) агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы;
- 2) урожайность культур и их агро- и биогеохимические показатели;
- 3) валовое содержание и концентрацию подвижных форм тяжелых металлов (ТМ) в дерново-подзолистой супесчаной почве;
- 4) на экологические показатели полевого агроценоза по величинам суммарного загрязнения (Z_c) и коэффициента концентрации (K_c).

Научная новизна исследований. Впервые на основе проведения полевых и лабораторных исследований рассмотрено изменение агроэкологических свойств дерново-подзолистой почвы под влиянием органо-растительного компоста на основе осадка сточных вод с получением важнейших интегральных экологически значимых показателей качества товарной продукции. Разработаны агроэкологически обоснованные технологические приёмы получения и применения органо-растительного компостов на основе осадка сточных вод. Определены экологически безопасные дозы ОРК в сравнении с ОСВ для оптимизации плодородия почвы и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Проведена агроэкологическая оценка состояния локальных почвенных участков и выявлена различная степень транслокации ТМ в системе «удобрение-почва-растение» по действию и последствию ОРК и ОСВ.

Практическая значимость. Результаты исследований позволяют сделать выбор оптимальных решений по повышению устойчивости и продуктивности агроэкосистем, формирующихся на дерново-подзолистых супесчаных почвах при использовании ОРК на основе ОСВ. Полученные данные необходимы для разработки краткосрочных прогнозов и рекомендаций по снижению негативного влияния удобрений на основе осадка сточных вод на агроэкосистему. Полученные в работе экспериментальные данные могут быть использованы для улучшения плодородия почв, получения конкурентоспособной продукции при экологической безопасности агроландшафтов. Диссертационный материал может быть использован при составлении проектно-сметной документации проектов землепользования. Полученные материалы предлагается использовать в учебном процессе для студентов специальности «Агроэкология» со специализациями: «Экологическая экспертиза» и «Экологические риски и безопасность».

Апробация работы. Основные результаты исследований, выводы и научные положения диссертации докладывались на заседаниях кафедры экологии

МСХА и на юбилейной научной конференции молодых ученых и специалистов МСХА (декабрь 2003); отдельные результаты вошли в ежегодные отчеты кафедры за 2002-2004 гг. По теме диссертации опубликовано 5 работ.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, объектов и методов исследования, результатов исследования, выводов и предложений. Работа изложена на 119 страницах компьютерного текста, включает 43 таблицы, 17 рисунков. Список использованной литературы включает 136 наименований, в том числе 27 - иностранных.

Работа выполнена в соответствии с перечнем приоритетных направлений развития науки и техники на период до 2005 г. утвержденных приказом Минсельхозпрода РФ и Президиума РАСХН на базе Всероссийского научно-исследовательского, конструкторского и проектно-технологического института органических удобрений и торфа (ВНИПТИОУ, Владимирская обл.) и кафедры экологии МСХА.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2002-2004 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве (опытное поле ВНИПТИОУ). Рельеф участка ровный. Исходная дерново-подзолистая супесчаная почва имела следующую агрохимическую характеристику: $pH_{\text{сол}}=5,2$; $N_{\text{экв}}=0,0100$ г; $S=5,30$ мг-экв./100 г; гумус=1,64%. Данная почва характеризуется невысоким содержанием обменных форм фосфора и калия ($P_2O_5=5,81$ мг./100 г, $K_2O=4,56$ мг./100 г).

В указанный период проведено 3 мелкоделяночных полевых опыта; исследуемые культуры: ячмень «Суздаль» и овес «Орёл». ОРК приготовлен в 2001-2002 г. из безреагентного аэробно-стабилизированного ОСВ с очистных сооружений г. Владимира и зеленой массы люпина (опыт 1), и викоовсяной смеси (опыты 2 и 3). Из минеральных удобрений применяли аммиачную селитру (34,2%), двойной суперфосфат (42,0%) и хлористый калий (56,0%). ОРК и минеральные удобрения вносились эквивалентно ОСВ по содержанию фосфора.

Опыт 1 проводился в 2002-2003 гг.:

фон 0 - 1. Контроль (без удобрений), 2. ОСВ 15 т/га, 3. ОСВ 30 т/га, 4. ОСВ 60 т/га, 5. $N_{90}P_{90}K_{90}$, 6. ОСВ 15 т/га + $N_{90}P_{90}$, 7. ОСВ 15 т/га + $N_{90}K_{90}$, 8. ОСВ 15 т/га + $P_{90}K_{90}$, 9. ОСВ 15 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$;

фон 1 - 1. Контроль (без удобрений), 2. ОРК 15 т/га, 3. ОРК 30 т/га, 4. ОРК 60 т/га, 5. $N_{90}P_{90}K_{90}$, 6. ОРК 15 т/га + $N_{90}P_{90}$, 7. ОРК 15 т/га + $N_{90}K_{90}$, 8. ОРК 15 т/га + $P_{90}K_{90}$, 9. ОРК 15 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Автор искренне благодарен заведующему лабораторией ВНИПТИОУ профессору Касатикову В.А. за помощь и консультации при проведении полевых опытов.

Автор признателен коллективу кафедры экологии МСХА и сотрудникам ВНИПТИОУ за ценные советы и помощь при проведении научных исследований.

Опыт 2 проводился в 2002-2003 гг.: 1. Контроль (без удобрений), 2. ОСВ 30т/га, 3. ОРК 30т/га.

Опыт 3 проводился в 2003-2004 гг.: 1. Контроль (без удобрений); 2. ОРК 15 т/га; 3. ОРК 30 т/га; 4. ОРК 15 т/га + известь 3 т/га; 5. ОРК 30 т/га + известь 3 т/га; 6. ОРК 15 т/га + $N_{60}K_{60}$; 7. НРК (эквивалентно ОРК 15 т/га).

Таблица 1

Агрохимическая характеристика ОСВ и ОРК						
	Зольность, %	рН _{сол.}	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{нитр} мг/кг
			Общее содержание, (%)			
ОСВ	63,5	7,4	1,90	2,14	0,45	95,5
ОРК(ОСВ+люпин)	73,4	6,7	1,07	2,32	0,51	346,7
ОРК (ОСВ+викоовсяная смесь)	77,5	6,6	1,25	1,81	0,56	296

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в ОСВ и ОРК мг/кг, сухого вещества					
Элемент	ОСВ		ОРК(ОСВ+люпин)		ГОСТ на ОСВ: Р17.4.3.07-2001 (валовое содержание)
	Валовое	Подвижное	Валовое	Подвижное	
Кадмий	99,7	24,9	23,7	7,7	30
Медь	524	76,8	264	33	1500
Цинк	1283	281	753	145	3500
Свинец	30,2	1,42	61,8	2,7	500
Никель	169	26,1	142	17,4	400

Методы исследований. Образцы почвы были отобраны из пахотного слоя почвы ($A_{\text{пах}} 0-20 \text{ см}$) в 2002, 2003 гг. Повторность каждого варианта 5-ти кратная. Учетная площадь делянки 3 м². Расположение вариантов рендомизированное. Обработка почвы и уход за посевами проводилась вручную. В течение вегетации растений проводили фенологические наблюдения (Методика государственного сортоиспытания с.-х. культур, 1989). Урожай зерна и соломы учитывали сплошным поделяночным взвешиванием.

В образцах почвы проводили определение основных агрохимических показателей: рН_{сол.} - потенциметрически (ГОСТ 26483-85), Нг. - по Каппену (ГОСТ 26212-91). Определение подвижных форм фосфора и обменного калия в почве проводили по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91). Для расчёта баланса в почве биогенных элементов определяли их количество в основной и побочной продукции: азота (ГОСТ 13496.4-93), фосфора (ГОСТ Р.51420-99),

калия (ГОСТ 30504-97).

Валовое содержание ТМ определяли в вытяжке (HNO_3 1:1), подвижные формы ТМ определяли в растворе ААБ с $\text{pH}=4,8$ (Методические указания..., ЦИНАО, 1992). Подготовку растительного материала к анализу проводили методом сухого озоления и перевода золы в раствор азотной кислоты. Конечное определение содержания свинца, кадмия, меди, цинка и никеля проводили атомно-абсорбционным методом.

Санитарно-гигиеническую оценку загрязнения почвы удобрений и растений ТМ проводили на основе нормативных документов (СанПиН 2.1.7.1287-03, ГОСТ Р. 17.4.3.07-2001, СанПиН 5061-89).

Оценку изменения экологических показателей экосистемы вследствие локального внесения ОРК и ОСВ проводили с помощью педогеохимической индикации загрязнения почв ТМ. Рассчитывали показатель уровня загрязненности почвы и растений по величине коэффициента концентрации K_c :

$$(A) = C_a \cdot C_{кз}$$

где C_a – аномальная концентрация элементов в варианте, $C_{кз}$ – концентрация элементов на контроле.

Коэффициент концентрации K_c показывает степень загрязнения конкретным элементом. Уровень суммарного загрязнения оценивали по показателю (Z_c), который характеризует общий эффект воздействия на агроэкосистему при $K_c > 1,0$:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1), \quad (2)$$

Уровень биологического поглощения ($K_{бп}$) ТМ растением оценивали по отношению: $K_{бп} = K_{ср}/K_{сн}$, где $K_{ср}$ – коэффициент концентрации элемента в растении, $K_{сн}$ – коэффициент концентрации подвижной формы элемента в почве. Математическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1987). Результаты исследований обрабатывали и оформляли на персональном компьютере с помощью программ MS Word 2000, MS Excel, Straz.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Влияние ОРК и ОСВ на агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы

Опыт 1. При изучении действия и последствий ОРК и ОСВ на агрохимические свойства почвы в условиях многолетнего опыта выявлено их положительное влияние на рассматриваемые показатели, что соответствует имеющимся в литературе данным по применению органических и органоминеральных

систем удобрений на основе ОСВ (Stutzer, 1984; Касатиков, 1988; Алексеев, 1997; Бердяева, Касатиков, Садовникова, 2001; Дорошевич, 2002).

Органические и органо-минеральные удобрения на основе ОРК и ОСВ оказали существенное влияние на важнейшие агрохимические и экологические значимые показатели почвы (табл. 3).

Таблица 3

Действие органической и органоминеральной систем удобрений на основе ОСВ и ОРК на агрохимические свойства почвы

№ варианта	pH сол	H _г мг.экв /100г	S мг.экв /100г	T мг.экв /100г	V (%)	P ₂ O ₅ _{свод.} мг/100г	K ₂ O _{об.м.} мг/ 100г
Фон 0							
1. Контроль	4,9	3,09	6,19	9,28	66,7	8,27	4,08
2. ОСВ 15т/га(Фон 0)	5,1	3,22	7,65	10,9	70,4	24,0	4,62
3. ОСВ 30т/га	5,8	2,12	8,94	11,0	80,8	41,6	4,73
4. ОСВ 60т/га	5,9	2,34	9,55	11,9	80,3	65,1	4,95
5. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	5,3	3,01	6,21	9,22	67,4	24,5	7,17
6. Фон 0 + N ₉₀ P ₉₀	5,4	3,04	6,80	9,84	69,1	37,7	3,63
7. Фон 0 + N ₉₀ K ₉₀	5,5	3,04	7,04	10,1	69,8	33,3	8,98
8. Фон 0 + P ₉₀ K ₉₀	5,7	2,53	7,65	10,2	75,1	35,9	7,15
9. Фон 0 + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	5,7	2,31	7,53	9,84	76,5	39,0	8,69
<i>HCP</i> _{0,5}	0,3	0,16	0,38	0,51	0,34	1,44	0,34
Фон 1							
1. Контроль	4,9	3,09	6,19	9,28	66,7	8,27	4,08
2. ОРК 15т/га(Фон 1)	5,3	2,61	6,62	9,23	71,7	25,9	4,2
3. ОРК 30т/га	5,8	1,83	7,41	9,24	80,2	36,9	4,6
4. ОРК 60т/га	5,9	2,04	8,57	10,6	80,8	53,7	5,98
5. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	5,3	3,01	6,21	9,22	67,4	24,5	7,17
6. Фон 1 + N ₉₀ P ₉₀	5,4	2,77	5,81	8,58	67,7	36,2	4,0
7. Фон 1 + N ₉₀ K ₉₀	5,5	2,59	5,70	8,29	68,8	29,8	8,38
8. Фон 1 + P ₉₀ K ₉₀	5,6	2,53	7,35	9,88	74,4	40,8	8,3
9. Фон 1 + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	5,3	3,15	6,43	9,58	67,1	37,5	9,4
<i>HCP</i> _{0,5}	0,2	0,14	0,46	0,24	0,56	1,24	0,41

С ростом доз ОРК и ОСВ pH_{сол.} меняется в пределах ± (0,2-1,0). Характер изменения pH_{сол.} не связан с фоновыми различиями и определяется в основном видом минеральных удобрений и дозами органических (табл. 3, вар. 3-4). При

внесении ОРК в отличие от ОСВ выявлено большее снижение гидролитической кислотности за счет действия органических веществ в составе компоста. Аналогичная зависимость выявлена при рассмотрении действия ОСВ и ОРК на емкость катионного обмена.

Действие органо-минеральных систем удобрений на кислотно-основные свойства почвы определяется видом минерального и органического удобрений. В частности, для систем удобрений на основе ОСВ, в отличие от ОРК, характерна более высокая сумма поглощенных катионов. Уровень гидролитической кислотности максимален при внесении азотных удобрений, оказывающих более значительное подкисляющее действие на почву по сравнению с фосфорно-калийными удобрениями.

Действие ОСВ и ОРК на фосфатно-калийный режим почвы определяется уровнем подвижных форм фосфора и калия в органических удобрениях и видом минерального удобрения. ОРК в составе органической системы способствует росту уровня $P_2O_{5\text{подв}}$ почвы в 3,1-6,5 раза, уступая при этом действию ОСВ. Это приводит к оптимизации условий развития корневой системы растений и, как следствие, росту их урожайности.

Величина обменной и гидролитической кислотности как по действию, так и по последствию ОРК и ОСВ, находится в обратной зависимости от их доз в отсутствии существенных различий по видам минеральных удобрений.

Сумма поглощенных катионов по последствию органических удобрений уменьшается в сравнении с действием соответственно на 21-33 и 12-13% за счет миграционных процессов в системе «удобрение-почва-растение». Для органо-минеральных систем удобрений выявлено также снижение гидролитической кислотности и суммы поглощенных катионов по последствию ОСВ и ОРК.

Увеличение в почве $P_2O_{5\text{подв}}$ по последствию ОСВ на 10-26% по сравнению с действием происходит за счет интенсивной деструкции в почве биомассы осадка. В то время как для ОРК характерна обратная зависимость, проявляющаяся в снижении величин $P_2O_{5\text{подв}}$ на 16-32%, обусловленная, очевидно, более высокой степенью деструкции ОРК в почве по его действию. Для $K_2O_{\text{обм}}$, ввиду его низкой концентрации в рассматриваемых удобрениях, не выявлено количественных изменений. При органо-минеральной системе по обоим фонам происходит снижение концентрации в почве $P_2O_{5\text{подв}}$ по последствию ОСВ и ОРК.

Опыт 2. В условиях «незагрязненного», внесением органических удобрений на основе ОСВ, почвенного фона произошло достоверное снижение величин обменной и гидролитической кислотности (табл. 4). Уровень H^+ снизился во 2 и 3 вариантах соответственно на 5,4 и 8,5%, при этом произошло увеличение суммы поглощенных катионов. При внесении ОСВ и ОРК содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы возрастает, соответственно, в 2,9 и 3,8

раза в условиях разной степени деструкции удобрений при снижении уровня обменного калия при внесении ОРК в дозе 30 т/га.

Таблица 4

Действие ОСВ и ОРК на агрохимические свойства почвы

№ варианта	pH _{сол}	H _г , мг.экв/ 100г	S мг.экв/ 100г	T мг.экв/ 100г	V (%)	P ₂ O ₅ _{подв.} мг/100г	K ₂ O _{обм.} мг/100г
1. Контроль	4,90	2,22	4,96	7,18	69,1	5,14	4,2
2. ОСВ 30т/га	5,15	2,10	5,38	7,48	71,9	15,1	4,1
3. ОРК 30т/га	5,18	2,03	5,33	7,36	72,4	19,6	3,6
<i>HCP_{0,5}</i>	0,18	0,1	0,25	0,11	0,31	0,71	0,29

По последствию ОСВ и ОРК в сравнении с действием выявлено увеличение обменной и гидролитической кислотности почвы, при этом сумма поглощенных катионов возросла соответственно на 22 и 25%. Уровень фосфатно-калийного режима почвы по последствию ОСВ и ОРК определяется, с одной стороны, интенсивностью процессов разложения органических удобрений в почве, а с другой стороны выносом фосфора биомассой растений. Выявлено увеличение P₂O₅_{подв.} по последствию ОРК в сравнении с контролем в 4,46 раза. В то время как для вариантов с ОСВ уровень P₂O₅_{подв.} повысился только в 2,5 раза, что ниже данных полученных при изучении действия данных видов удобрений. Таким образом, в условиях «незагрязненного» почвенного фона положительное влияние последствия ОРК на основе ОСВ и викоовсяной смеси на динамику P₂O₅_{подв.} существенно выше, чем последствие ОСВ. При этом выявлено положительное их последствие также и на динамику K₂O_{обм.}

Опыт 3. При изучении характера изменения агрохимических свойств почвы под влиянием систем удобрений на основе ОРК в сочетании с известкованием почвы и минеральными удобрениями выявлено, что внесение ОРК в дозах 15 и 30 т/га оказывает положительное действие на кислотно-основные свойства почвенного поглощающего комплекса в пахотном слое почвы (табл. 5, вар. 2, 3). В то же время известкование почвы по фону ОРК способствует дальнейшему снижению обменной и гидролитической кислотностей и увеличению суммы поглощённых оснований в пахотном слое почвы. При внесении азотно-калийных удобрений в почве происходит незначительное повышение обменной и гидролитической кислотностей в сравнении с фоном ОРК 15 т/га.

Действие доз ОРК 15 и 30 т/га приводит к увеличению концентрации подвижного фосфора в пахотном слое почвы соответственно на 48-76%. В то же время внесение извести (вар. 4, 5) приводит к снижению концентрации подвижного фосфора на 10-12% в сравнении с вариантами без внесения извести за счет образования Са-фосфатов. По действию ОРК в почве происходит также

увеличение содержания $K_2O_{обм.}$ в ней по всем вариантам опыта на 39-50%. Известкование почвы приводит к снижению концентрации $K_2O_{обм.}$ на 2-3%.

Таблица 5

Действие органо-растительного компоста на агрохимические свойства почвы

№ варианта	pH _{сол.}	H _{г.} мг.экв/ 100г	S мг.экв/ 100г	T мг.экв/ 100г	V (%)	P ₂ O ₅ _{подв.} мг/100г	K ₂ O _{обм.} мг/100г
1. Контроль	5,74	1,28	10,6	11,7	89,2	6,89	6,51
2. ОРК 15 т/га	5,83	1,06	11,3	12,4	91,4	11,4	9,24
3. ОРК 30 т/га	5,87	1,02	11,4	12,4	91,8	12,2	9,77
4. ОРК 15т/га + известь 3т/га	5,98	0,93	11,5	12,5	92,5	10,2	9,08
5. ОРК 30 т/га + известь 3т/га	6,04	0,89	11,7	12,6	92,9	12,0	9,46
6. ОРК 15 т/га + N ₆₀ K ₆₀	5,80	1,16	10,9	12,1	90,4	10,8	11,0
7. НРК (экв. ОРК 15 т/га)	5,63	1,23	9,85	11,1	88,9	8,05	9,24
<i>НСР_{0,5}</i>	0,08	0,06	0,65	0,42	0,54	0,72	0,54

По последствию ОРК сохраняется его положительное влияние на кислотно-основные свойства почвенного поглощающего комплекса в пахотном слое почвы (0-20 см), выявленное по действию удобрений. В то же время известкование по фону ОРК способствует дальнейшему снижению обменной и гидролитической кислотностей и увеличению суммы поглощённых оснований в пахотном слое почвы, что обусловлено влиянием катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} в составе доломитовой муки, используемой для известкования почвы. В вариантах 6, 7 по последствию минеральных азотно-калийных удобрений, в почве происходит повышение обменной и гидролитической кислотностей и снижение суммы поглощенных оснований в сравнении с фоном ОРК 15 т/га.

В вариантах 2-3 по последствию ОРК сохраняется его положительное влияние на концентрацию подвижного фосфора в пахотном слое почвы, выражающееся в ее увеличении на 74-88%. При этом последствие известкования приводит к дальнейшему росту концентрации подвижного фосфора в вариантах 4-5 в сравнении с фоновыми вариантами за счет очевидно распада Са-фосфатов, образовавшихся в почве при совместном внесении ОРК и доломитовой муки и интенсификации деструкции ОРК в почве по последствию доломитовой муки.

Динамика калийного режима почвы по последствию ОРК отдельно и в сочетании с известкованием однотипна фосфатному. Тем самым действие ОРК

отдельно и в сочетании с известью по действию и последствию оказывает неоднозначное влияние на фосфатно-калийный режим почвы. Оно обусловлено действием известкования на обменные свойства почвенного поглощающего комплекса и интенсивностью процессов биологического разложения ОРК в почве во времени.

Влияние ОСВ и ОРК на макроэлементный состав и урожайность зерновых культур

Действие и последствие ОСВ и ОРК на макроэлементный состав зерна и соломы культур и выносы элементов питания

Опыт 1. При изучении действия ОРК и ОСВ в виде органической системы удобрения и в составе органоминеральной системы на макроэлементный состав зерна и соломы культур и вынос ими элементов питания в условиях многолетнего опыта выявлено их неоднозначное влияние на содержание удобрительных макроэлементов в зерне и соломе ячменя (табл. 6).

В частности в вариантах с внесением только ОСВ (Фон 0), содержание азота в зерне и соломе ячменя возрастает пропорционально дозам ОСВ. При внесении ОРК (Фон 1) содержание азота в зерне повышается в меньшей степени, а в соломе содержание азота при внесении ОРК в дозах 15 и 30 т/га снижается относительно контроля. Это связано очевидно с одной стороны с влиянием ОРК, а с другой - наличием фактора «ростового разбавления», проявляющегося в данном случае для соломы. Следует отметить, что динамика содержания K_2O в зерне и соломе ячменя вполне согласуется с данным предположением.

В отличие от ОСВ ОРК менее интенсивно влияет на макроэлементный состав зерна и соломы ячменя. И действительно, если по действию ОСВ содержание азота в зерне и соломе ячменя повышается на 9-29 и 3-17 относительных %, то по действию ОРК - только на 2-6 и 6%. Близкая зависимость получена по влиянию ОРК на содержание фосфора и калия в зерне и соломе ячменя.

В вариантах с органоминеральной системой на действие органических удобрений накладывается влияние минеральных, что в конечном итоге сказывается на содержании элементов питания в зерне и соломе ячменя. И действительно в вариантах с органоминеральной системой на основе ОСВ содержание азота в зерне повышается по сравнению с фоном, где вносится только ОСВ (вар. 2) на 2-22% и для ОРК - на 4-10 относительных процентов. При этом минимальный уровень содержания азота в зерне ячменя для органоминеральной системы был получен в вариантах с внесением по фону ОСВ и ОРК азотно-калийных и фосфорно-калийных удобрений за счет действия фактора «ростового разбавления».

Таблица 6

Действие органической и органоминеральной систем удобрений на основе ОСВ и ОРК на макроэлементный состав ячменя. % сухого вещества

№ Варианта	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Фон 0					
1. Контроль	2,35	0,89	0,51	1,38	0,30	0,63
2. ОСВ 15т/га (Фон 0)	2,57	0,90	0,49	1,42	0,31	0,52
3. ОСВ 30т/га	2,78	1,00	0,49	1,55	0,30	0,48
4. ОСВ 60т/га	3,03	1,02	0,47	1,62	0,32	0,49
5. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	2,78	0,88	0,53	1,34	0,30	0,71
6. Фон 0 + N ₉₀ P ₉₀	2,82	0,85	0,46	1,43	0,30	0,70
7. Фон 0 + N ₉₀ K ₉₀	2,38	0,95	0,51	1,49	0,28	0,92
8. Фон 0 + P ₉₀ K ₉₀	2,62	0,83	0,53	1,43	0,27	0,69
9. Фон 0 + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,14	0,93	0,48	1,58	0,30	0,65
<i>HCP</i> _{0,5}	0,16	0,07	0,04	0,09	0,02	0,06
Фон 1						
1. Контроль	2,35	0,89	0,51	1,38	0,30	0,63
2. ОРК 15т/га (Фон 1)	2,40	0,90	0,40	1,21	0,28	0,54
3. ОРК 30т/га	2,44	0,84	0,42	1,34	0,29	0,50
4. ОРК 60т/га	2,48	0,87	0,46	1,46	0,30	0,42
5. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	2,78	0,88	0,53	1,34	0,30	0,71
6. Фон 1 + N ₉₀ P ₉₀	2,63	0,97	0,46	1,58	0,32	0,50
7. Фон 1 + N ₉₀ K ₉₀	2,40	1,02	0,48	1,60	0,26	0,81
8. Фон 1 + P ₉₀ K ₉₀	2,50	0,86	0,50	1,53	0,30	0,67
9. Фон 1 + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	2,65	1,00	0,57	1,44	0,30	1,01
<i>HCP</i> _{0,5}	0,16	0,07	0,05	0,08	0,02	0,07

В то же время в вариантах с органоминеральной системой наименьшее содержание азота получено при внесении азотно-фосфорных удобрений как по фону ОСВ, так и по фону ОРК. Близкая зависимость получена по содержанию фосфора и калия в зерне и соломе ячменя в вариантах с органоминеральной системой, особенно в вариантах с ОРК.

В целом органоминеральная система удобрения обеспечила более сбалансированное питание растений ячменя. В вариантах с внесением только ОСВ (Фон 0), содержание азота в зерне и соломе ячменя возрастает пропорционально дозам ОСВ. При внесении ОРК (Фон 1) содержание азота в зерне повышается в

меньшей степени, а в соломе содержание азота при внесении ОРК в дозах 15 и 30 т/га снижается относительно контроля (табл. 6).

В вариантах с действием органических удобрений в виде ОСВ и ОРК вынос биомассой ячменя азота, фосфора и калия повышается пропорционально дозам от 15 до 60 т/га.

По последствию органической системы в виде ОСВ (Фон 0), содержание азота в зерне овса возрастает пропорционально последствию от 30 до 60 т/га ОСВ, а в соломе - пропорционально последствию от 15 до 60 т/га ОСВ. При внесении ОРК (Фон 1) содержание азота в зерне и соломе повышается в большей степени. Динамика содержания фосфора и калия в зерне овса вполне согласуется с данным предположением.

Опыт 2. В условиях «незагрязненного», внесением органических удобрений почвенного фона, действие ОСВ повышает содержание в зерне ячменя N , P_2O_5 и K_2O , в то время как действие ОРК влияет лишь на содержание азота в зерне. При этом вынос азота, фосфора и калия зерном и соломой ячменя на всех вариантах существенно возрастает по сравнению с контролем. Превышение ОРК над ОСВ по выносу элементов выявлено только для азота.

По последствию на овес влияние ОСВ и ОРК на его макроэлементный состав определяется последствием данных удобрений на агрохимические свойства почвы и механизм миграции фосфора в системе «удобрение-почва-растение».

Опыт 3. Под действием собственно ОРК, а также при его сочетании с известкованием и внесением минеральных удобрений выявлено уменьшение содержание азота в зерне и соломе ячменя соответственно на 0,03-0,17% и 0,05-0,4% по сравнению с контролем. В отличие от азота, содержание фосфора в зерне и соломе ячменя в вариантах ОРК 15 т/га + 3 т/га извести и ОРК 30 т/га + 3 т/га извести снижается на 0,06-0,14% в сравнении с контролем.

Максимальное количество азота выносится в варианте 7 с внесением только минеральных удобрений, фосфора - варианте 3 с внесением ОРК в дозе 30 т/га, а калия - варианте 5 (табл. 7).

При совместном внесении ОРК и минеральных удобрений содержание в зерне овса азота и фосфора снижается соответственно на 0,08-0,18% и 0,05-0,08% по сравнению с контролем. Содержание калия в зерне овса на всех вариантах почти не изменилось, а содержание его в соломе повысилось на 0,03-0,25% по сравнению с контролем.

Действие ОРК на вынос и использование макроэлементов биомассой ячменя

№ варианта	Внесение удобрения, кг/га			Вынос с биомассой ячменя и овса, кг/га			Коэффициент использования (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Контроль	-	-	-	70,1	50,8	57,5	-	-	-
2. ОРК 15 т/га	93,8	136	42	99,5	70,8	90,1	31,3	14,7	77,6
3. ОРК 30 т/га	188	272	84	99,0	82,5	87,0	15,4	11,7	35,1
4. ОРК 15т/га + известь 3т/га	93,8	136	42	89,2	68,2	85,1	20,4	12,8	65,7
5. ОРК 30 т/га + известь 3т/га	188	272	84	98,6	75,4	100	15,2	9,1	50,8
6. ОРК 15 т/га + N ₆₀ K ₆₀	154	136	102	97,9	72,6	77,1	19,6	16,1	19,2
7. НРК (экв. ОРК 15 т/га)	93,8	136	42	100	65,4	70,4	29,6	10,8	30,7

Действие и последствие осадков сточных вод и органического компоста на урожайность зерновых культур

Опыт 1. При изучении действия ОРК и ОСВ в виде органической системы удобрения и в составе органоминеральной системы на урожайность ячменя выявлен ее прирост по действию ОСВ пропорционально его дозам на 61,5, 69,2 и 76,9%, а в вариантах по действию ОРК - соответственно на 74,4, 164,1 и 184,6% по сравнению с контролем. Выявленная зависимость свидетельствует о повышенной агрономической эффективности ОРК в сравнении с ОСВ, обусловленная более благоприятными физическими и физико-химическими свойствами ОРК и его положительным влиянием на уровень доступных форм питательных макроэлементов в почве.

По последствию происходит выравнивание влияния рассматриваемых видов удобрений на урожайность зерна и массу соломы овса. Их величины повышаются соответственно на 20-56% и 20-84% по последствию ОСВ и органоминеральной системы на его основе, а также на 16-55% и 2-77% по последствию ОРК и органоминеральной системы на его основе.

Опыт 2. В соответствии с полученными данными урожайность зерна и соломы ячменя при внесении ОСВ увеличивается соответственно на 37,3 и 18,9%, а при внесении ОРК - на 57,3 и 26,5%. В то же время по последствию органических удобрений на биомассу овса не выявлено существенных различий в последствии ОСВ и ОРК на урожайность зерна и массу соломы овса (табл. 8).

Влияние ОРК и ОСВ на урожайность культур и продуктивность звена севооборота

№ Варианта	Урожай ячменя	Прибавка		Урожай овса	Прибавка		Продуктив- ность звена, ц/га з. ед.
		ц/га	%		ц/га	%	
1. Контроль	11,0	-	-	14,5	-	-	36,6
2. ОСВ 30т/га	15,1	4,1	37,3	15,4	0,9	6,2	43,0
3. ОРК 30т/га	17,3	6,3	57,3	15,6	1,1	7,6	45,1
НСР _ф	1,36			0,41			-

Опыт 3. При изучении влияния систем удобрений на основе ОРК в сочетании с известкованием почвы и минеральными удобрениями на урожайность зерна и массу соломы ячменя выявлено увеличение урожайности зерна на 44-136%, а массы соломы - на 43-107% (рис. 1). Органиминеральная система на основе ОРК (вар. 6) обеспечивает более сбалансированное питание растений и как следствие позволяет получать максимальный уровень урожайности зерна и массы соломы ячменя.

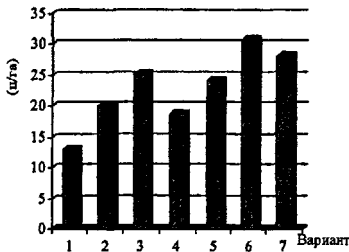


Рис. 1 Урожайность ячменя по действию ОРК

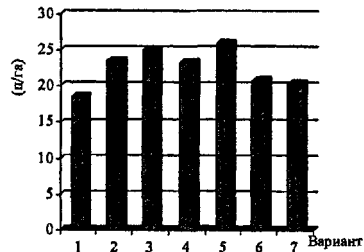


Рис. 2 Урожайность овса по последдействию ОРК

По последствию на овес сохраняется положительное влияние ОРК на урожайность зерна (рис. 2). И действительно уровень прибавок зерна равен 28-35% (вар. 2,3), при сочетании ОРК с известкованием почвы - 26-41% (вар. 4, 5).

Влияние ОСВ и ОРК на валовое содержание и концентрацию подвижных форм ТМ в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы

Опыт 1. При изучении влияния ОРК и ОСВ в виде органической системы удобрения и в составе органиминеральной системы на геохимические показатели агроценоза выявлено, что действие органической системы удобрения по-

вышает валовое содержание ТМ в почве пропорционально дозам вносимых ОСВ и ОРК, достигая максимума при дозах удобрений 60 т/га. При этом только по кадмию достигается уровень ОДК, начиная с дозы удобрения 15 т/га. По величинам коэффициентов концентрации K_c валового содержания ТМ выделен следующий убывающий ряд элементов: $Cd > Cu > Zn > Ni > Pb$. Сравнивая действие ОСВ и ОРК на уровень валового содержания ТМ и величины Z_c , следует отметить более высокие значения K_c и Z_c в вариантах с ОСВ (рис. 3). Наибольшие величины Z_c получены при внесении по фону ОСВ и ОРК $N_{90}P_{90}$ и $P_{90}K_{90}$ и $N_{90}P_{90}$.

Сравнивая значения K_c валового содержания ТМ и подвижных форм можно отметить, что действие ОСВ и ОРК оказывают значительно более высокое влияние на концентрацию подвижных форм Cd, Cu, Ni, Pb и Zn, чем на их валовое содержание.

По последствию при органической системе удобрения валовое содержание ТМ в почве возрастает пропорционально дозам, вносимым ОСВ и ОРК. Для подвижных форм ТМ в почве по величинам Z_c в органической системе в вариантах с ОРК по сравнению с ОСВ выявлено снижение в 1,5-1,6 раза, а в органоминеральной - в 1,3-1,6 раза (рис. 4). По коэффициенту концентрации K_c ТМ для валового их содержания и подвижных форм по последствию ОРК и ОСВ выделен следующий убывающий ряд элементов: $Cd > Zn > Cu > Ni > Pb$.

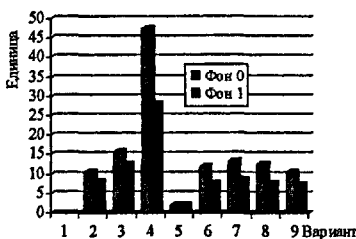


Рис. 3 Z_c по валовому содержанию ТМ по действию ОСВ и ОРК, 0-20см

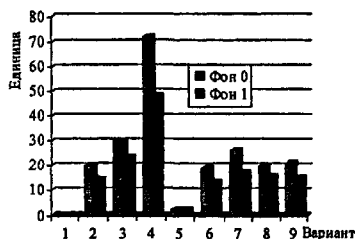


Рис. 4 Z_c по подвижным формам ТМ по действию ОСВ и ОРК, 0-20 см

Опыт 2. При однократном внесении ОСВ и ОРК в почву в дозе 30 т/га валовое содержание и концентрация подвижных форм ТМ возросли в меньшей степени по сравнению с данными опыта 1.

По значениям коэффициента концентрации K_c валового содержания тяжелых металлов в данном опыте независимо от вида удобрения можно построить следующий убывающий ряд ТМ: $Si > Cd > Zn > Ni > Pb$, а для K_c подвижных форм ТМ - $Cd > Pb > Zn > Cu > Ni$. По действию ОСВ коэффициент концентрации K_c существенно выше, чем по действию ОРК.

В соответствие с полученными данными величина Z_c валового содержания ТМ при внесении 30 т/га ОСВ и ОРК в пахотном слое почвы составляет соот-

ответственно 4,8 и 2,6 единицы, величина Z_c подвижных форм ТМ составляет соответственно 9,4 и 5,4 единицы. При этом сохраняется превалирующее влияние действия ОСВ и ОРК на концентрацию подвижных форм ТМ, чем на их валовое содержание (табл. 9).

Таблица 9

Содержание ТМ в пахотном слое почвы согласно вариантам опыта, мг/кг сухо-

го вещества

№ варианта	Pb	Cd	Си	Zn	Ni	Zc
Валовое содержание						
1. Контроль	5,0	0,60	6,5	29,5	17,0	-
2. ОСВ 30т/га	6,1	1,15	17,3	48,2	22,6	4,8
3. ОРК 30т/га	5,3	0,86	11,5	36,7	19,5	2,7
<i>HCP_{0,5}</i>	0,33	0,08	0,7	3,01	1,34	
ОДК	130,0	2,0	132,0	220	80,0	
Концентрация подвижных форм						
1. Контроль	0,1	0,11	0,38	4,3	0,3	-
2. ОСВ 30т/га	0,3	0,55	0,62	10,5	0,4	9,4
3. ОРК 30т/га	0,2	0,38	0,40	8,0	0,3	5,4
<i>HCP_{0,5}</i>	0,01	0,03	0,05	0,7	0,03	
ПДК	6	0,5	3	23	4	

По последствию однократного применения ОСВ сохраняется более высокое валовое содержание и концентрация подвижных форм ТМ в почве в сравнении с внесением ОРК с превышением Z_c соответственно в 1,9 и 3 раза.

По величинам K_c валового содержания ТМ выделен следующий убывающий ряд элементов: $Cu > Cd > Zn > Ni > Pb$. Для подвижных форм ТМ ряд K_c несколько иной: $Pb > Cd > Cu > Zn > Ni$. Сравнивая ряды K_c валового содержания и подвижных форм ТМ следует, что по последствию органических удобрений K_c концентрации подвижных форм Pb, Cd и Zn увеличивается в большей степени, чем K_c валового их содержания.

Опыт 3. При изучении влияния систем удобрений на основе ОРК в сочетании с известкованием почвы и минеральными удобрениями действие ОРК также приводит к повышению в почве концентрации ТМ. В соответствии со значениями K_c валового содержания тяжелых металлов выделяется следующий убывающий ряд элементов: $Pb > Cu > Zn > Ni > Cd$. При этом уровень Z_c валового содержания ТМ в почве составляет всего 1,2-5,5 единицы.

Исходя из величины Z_c по вариантам опыта и соотнося их с критериями загрязнённости почвы, по данному показателю следует отметить, что пахотный слой почвы в условиях однократного применения ОРК отдельно и в сочетании

с известкованием почвы и внесением минеральных удобрений по степени загрязнения относится к слабозагрязненной почве.

Влияние ОСВ и ОРК на накопление ТМ зерновыми культурами

Опыт 1. При изучении действия и последствий ОРК и ОСВ в условиях многолетнего опыта выявлено их определенное влияние на накопление ТМ зерновыми культурами, в частности отмечено активное накопление Cd с уровнем K_c 1,0-4,8 ед., Cu - 1,1-1,3 ед., Ni - 1,6-4,6 ед., Zn ~ 1,0-2,0 ед. в зерне вариантов с внесением ОСВ (Фон 0). В то же время в зерновой продукции вариантов по изучению действия различных доз ОРК (Фон 1) значения K_c Cd, Cu, Ni, Zn соответственно равны 1,0-3,2; 1,0-1,6; 1,6-3,6; 1,1-1,5 ед., свидетельствуя о гораздо меньшем накоплении ТМ в зерне ячменя по действию ОРК. Содержание ТМ в зерне вариантов с действием ОРК (Фон 1) меньше, чем по действию ОСВ (Фон 0). В этом случае происходит усиление влияния компоста, что приводит к уменьшению поглощения наиболее транслакционно-активных - Cd, Ni, Zn.

При внесении по фону ОРК минеральных удобрений величины Z_c в сравнении с аналогичной системой удобрения на основе ОСВ снижаются в 1,3-1,9 раза, достигая наименьшего уровня в варианте с внесением по фону ОРК азотно-фосфорных удобрений (рис. 5).

В отличие от данных по накоплению ТМ в зерне, солома вариантов с ОРК при органической и органоминеральной системах относится к слабой и средней степени загрязнения. В то же время если рассматривать степень загрязнения соломы по величине МДУ, то следует отметить, что только варианты с внесением ОСВ в дозе 30-60, а ОРК - в дозе 60 т/га приводят к сверхнормативному накоплению в соломе ячменя Cd.

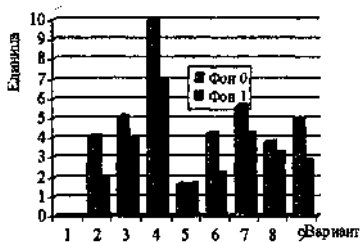


Рис. 5. Zn ТМ в зерне ячменя по действию ОСВ, ОРК

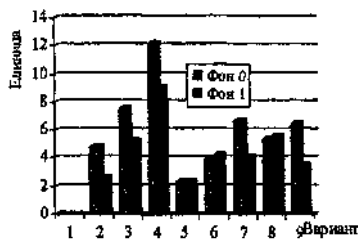


Рис. 6. Zn ТМ в соломе ячменя по действию ОСВ, ОРК

По последствию ОСВ и ОРК уровень ТМ в зерне овса за исключением Pb увеличивается пропорционально дозам удобрения. В вариантах с органоминеральной системой содержание ТМ достигает максимума в варианте с внесением

по фону ОСВ азотно-калийных удобрений. Аналогичная зависимость, но при более низком уровне ТМ, выявлена и в вариантах с ОРК.

Из всей группы ТМ по действию наиболее активно в зерне всех вариантов происходит накопление Cd с уровнем K_c 2,3-6,0 ед., Си - 1-1,1 ед., Ni - 1,4-2,3 ед., Zn - 1,0-1,2 ед. по сравнению с последствием ОСВ (Фон 0). В то же время в зерне овса вариантов с ОРК (Фон 1) значения K_c Cd, Ni, Zn соответственно равны 1,5-4,3; 1,3-2,1; 1,0-1,1 ед. Это свидетельствует о гораздо меньшем накоплении ТМ в зерне овса по действию ОРК на ячмень в сравнении с последствием ОСВ.

Показатель $K_{б.п.}$ можно охарактеризовать как коэффициент биологического поглощения. Его значения для Cd, Cu, Zn, Ni соответственно равны 0,33; 0,08; 0,14 и 0,2 (при внесении ОСВ 15 т/га); а при внесении ОСВ 60 т/га - 0,31; 0,05; 0,15 и 0,17. Для вариантов с ОРК $K_{б.п.}$ равен: 0,29; 0,05; 0,1 и 0,14 при внесении ОРК 15 т/га и 0,23; 0,04; 0,12 и 0,13 в условиях внесения ОРК 60 т/га. Таким образом, наибольшей величиной $K_{б.п.}$ обладает Cd, а наименьшей - Pb и Си. В частности в ходе опыта установлено, что использование ОРК на основе ОСВ в качестве удобрения снижает $K_{б.п.}$ ТМ.

В вариантах с последствием ОРК в отличие от вариантов с ОСВ выявлено преимущественное накопление в соломе Ni, Zn и Cd с более низкими уровнями K_c , равными соответственно: 2,0-4,66 ед., 1,62-2,85 ед. и 2-3,03 ед. Накопление Pb выявлено только по последствию ОРК 60 т/га и органоминеральной системы удобрений (вар. 5-7) на основе ОРК. Сравнивая значения Z_c по последствию рассматриваемых фонов, следует отметить более высокие его значения в вариантах с ОСВ, которые выше чем в вариантах с ОРК при органической и органоминеральной системах соответственно в 1,5-1,7 раза.

Опыт 2. В условиях однократного внесения ОСВ и ОРК в дозе 30 т/га как и при периодическом их внесении содержание тяжелых металлов в зерне и соломе ячменя по действию ОСВ выше, чем по действию ОРК. При этом в зерне ячменя также выявлено преобладающее накопление Cd с уровнем K_c от действия ОСВ и ОРК, равным соответственно 2,6 и 2 ед.. Аналогичная зависимость выявлена также для Zn и Ni. При этом согласно значениям K_c выделяется следующий убывающий ряд элементов: Cd > Ni > Zn > Cu > Pb.

Необходимо отметить, что по величине Z_c зерно ячменя при однократном внесении ОСВ относится к средней степени загрязнения, а внесение ОРК - к слабой степени загрязнения, что подтверждает преимущество ОРК перед ОСВ с точки зрения стабилизации экологической обстановки и получения экологически безопасной продукции. Для соломы в соответствии со значениями Z_c , равными для ОСВ и ОРК соответственно 6,1 и 5,5 выявлена средняя степень загрязнения. В то же время по величине МДУ в отличие от результатов опыта 1

не выявлено сверхнормативного превышения ни по одному из элементов. Это свидетельствует о целесообразности однократного использования ОРК с близким содержанием ТМ за ротацию 2-3 полного севооборота. Сравнимая величина K_c ТМ в зерне ячменя со степенью их подвижности в почве, были рассчитаны $K_{г.п.}$ **Pb, Cd, Cu, Zn, Ni**, которые при внесении ОСВ 30 т/га соответственно равны 0,2; 0,28; 0,46; 0,23; 0,22 ед. а при внесении ОРК 30 т/га - 0,13; 0,12; 0,32; 0,14; и 0,18 ед. Тем самым по действию ОСВ и ОРК на концентрацию ТМ в зерне ячменя наиболее высокие величины $K_{г.п.}$ получены для Си. Использование ОРК на основе ОСВ в качестве удобрения снижает $K_{г.п.}$ **Cd**.

В условиях последействия ОСВ в дозе 30 т/га содержание ТМ в зерне и соломе овса выше, чем по последействию ОРК. При этом в зерне овса как и при периодическом внесении удобрений на основе ОСВ выявлено преобладающее накопление Cd с уровнем K_c от действия ОСВ и ОРК, равное соответственно 2,4 и 2,2 ед.. Аналогичная зависимость выявлена для Zn и Ni.

По величине Z_c зерно овса по последействию однократного внесения ОСВ относится по степени загрязнения к средней, а при однократном внесении ОРК - к слабой степени загрязнения.

Опыт 3. В соответствии с полученными данными действия ОРК отдельно и в сочетании с известкованием оказывает разнокачественное влияние на содержание ТМ в зерне ячменя. Внесение ОРК в дозе 15 т/га лишь в небольшой степени повышает концентрацию в зерне Cu, Zn и Ni с уровнями K_c , равными соответственно 1,38; 1,06 и 1,4.

Дальнейшее повышение дозы ОРК до 30 т/га приводит к росту K_c по ТМ в 1,5-2 раза. При этом выделен следующий убывающий ряд элементов: Cu > Ni > Zn > Cd > Pb. Известкование, заметно снижая концентрацию подвижных форм ТМ, уменьшает и концентрацию ТМ в зерне ячменя.

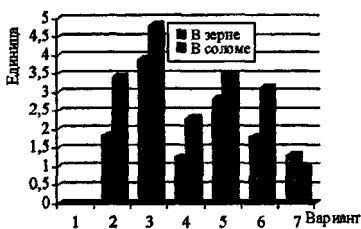


Рис. 7. Z_c ТМ в ячмене по действию ОРК

Применение ОРК совместно с минеральными удобрениями приводит к снижению концентрации в зерне Cu и Zn по отношению к контролю. Соотнося значения Z_c с категориями по степени загрязнения растений следует отметить наличие преимущественно слабой степени загрязнения зерна ячменя в данном

опыте за исключением вар. 3, имеющего значение Z_c на границе слабой и средней степени загрязнения (рис. 7).

Для соломы ячменя в данном опыте, как и в предыдущих, выявлен рост K_c для отдельных ТМ при сохранении общей закономерности K_c и Z_c от доз ОРК и известкования почвы. При этом в отличие от данных по товарной продукции возрастает количество вариантов с уровнем Z_c выше 3 ед., что позволяет отнести их к средней категории степени загрязнения. Для соломы, как и для зерна ячменя не выявлено сверхнормативного превышения концентрации ТМ.

ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования по изучению действия и последствия органо-растительных компостов (ОРК) на основе осадков сточных вод (ОСВ) на агроэкологическое состояние дерново-подзолистой почвы и продуктивность агроэкосистем показали высокую эффективность ОРК по сравнению с ОСВ и их положительное влияние на уровень доступных форм питательных элементов в почве: возрастает содержание P_2O_5 – в 1,2-4,5; K_2O – в 1,1-2,2 раз.
2. Установлен нормативно-трансакционный уровень ОРК в условиях различной степени загрязнения почвы. ОРК снижают отрицательное действие ОСВ, в отличие от собственно ОСВ, и в меньшей степени влияют на формирование в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы биогеохимической аномалии (**Pb, Cd, Cu, Zn, Ni**).
3. Разработаны технологические особенности компостирования субстрата на основе осадка сточных вод и растительных остатков. При компостировании уменьшаются валовое содержание и концентрация подвижной формы кадмия в ОРК. Его уровень соответственно в 5,5 и 4,2 раз ниже, чем в ОСВ. Близкая зависимость выявлена и по другим ТМ.
4. Действие и последствие ОРК и ОСВ имеют качественно различное влияние на кислотно-основные свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы, обусловленные агрохимическими свойствами удобрений и известью.
5. Различия в действии и последствии ОРК и ОСВ на фосфатный режим почвы определяются более высоким содержанием $P_2O_{5\text{подв}}$ в ОСВ и ускоренной минерализацией ОРК в почве.
6. Известкование почвы по фону ОРК снижает концентрацию $P_2O_{5\text{подв}}$ в пахотном слое на 10-12% за счет образования Са-фосфатов. По последствию известкования происходит рост концентрации в почве $P_2O_{5\text{подв}}$ в сравнении с не известкованным фоном за счет минерализации ОРК.
7. Положительные особенности роста и развития ячменя по действию ОРК в сравнении с ОСВ определяются: а) трендом снижением содержания азота, фосфора и калия за счет эффекта «ростового разбавления», проявляющегося

- при органической и органоминеральной системах удобрений, в том числе, и при известковании почвы.; б) оптимизацией агрономического эффекта от действия ОРК обусловленное более высокой доступностью азота, фосфора и калия в составе ОРК при пониженной эффективности азотно-фосфорных удобрений, вносимых по его фону.
8. Оптимизация роста и развития овса по последствию ОРК в сравнении с ОСВ определяются следующими трендами: а) положительным последствием органических удобрений на содержание азота, фосфора и калия в составе зерна и соломы яровой зерновой культуры, б) проявлением эффекта «ростового разбавления» при внесении по фону ОРК азотно-калийных и азотно-фосфорных удобрений, в) агроэкологическим эффектом по последствию органической и органоминеральной систем удобрений на основе ОРК и ОСВ.
 9. Концентрация в почве подвижных форм ТМ по действию и последствию органической и органоминеральной систем удобрений на основе ОРК в 1,3-1,8 раза ниже, чем при внесении ОСВ.
 10. Действие и последствие ОРК на элементный состав яровых зерновых культур выражается в отличие от ОСВ: а) снижением показателя суммарного загрязнения Z_c зерна при органической и органоминеральной системах удобрений соответственно в 1,4-2,1 и 1,3-1,9 раза пропорционально их дозам; б) отсутствием превышений значений МДУ ТМ в зерне; в) снижением категории загрязнения зерна исходя из значения Z_c до уровня слабого и среднего по действию ОРК и слабого - по последствию; г) положительным влиянием фактора «известкование почвы» на снижение концентрации ТМ в зерне при уменьшении Z_c в 1,4-1,5 раза.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Исходя из принципа экологической безопасности, нами предлагается использование осадков сточных вод в качестве органического удобрения в дозе 15-30 т/га после предварительного компостирования с растительными остатками.
2. В целях оптимизации макроэлементного питания растений в полевых опытах необходимо дифференцировать нормы органо-растительных компостов на основе ОСВ с обязательным внесением азотно-калийных удобрений.
3. Органо-растительные компосты на основе осадка сточных вод на дерново-подзолистых супесчаных почвах рекомендуется вносить однократно с периодичностью 2-3 года с обязательным предварительным известкованием почвы.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Чжоу Дунсин. Влияние осадков сточных вод используемых в качестве удобрения на биопродуктивность овса // Рукопись, депонированная в центре информации и технико-экономических исследований АПК. 12.2004.
2. Чжоу Дунсин. Влияние осадков сточных вод на растение и физико-химические свойства почвы // Материалы юбилейной научной конференции молодых ученых и специалистов. - М., изд-во МСХА, 2003. С. 327-334.
3. Чжоу Дунсин. Влияние систем удобрений на основе органико-растительных компостов на рост, развитие и урожайность ячменя // Рукопись, депонированная в центре информации и технико-экономических исследований АПК. 11.2004.
4. Чжоу Дунсин, Еськов А.И., Касатиков В.А., Раскатов В.А.. Влияние осадка сточных вод и органико-растительного компоста на агрохимические свойства почвы и содержание в ней ТМ // Известия ТСХА. 2005. № 1. С. 15-22.
5. Чжоу Дунсин, Еськов А.И., Касатиков В.А., Раскатов В.А.. Влияние осадков сточных вод на ячмень и плодородие почвы // Плодородие. 2005 № 1. С. 21-23.

Объем 1,5 печ. л. Зак. 267. Тираж 100 экз.

Центр оперативной полиграфии
ФГОУ ВПО МСХА им. К.А. Тимирязева
127550, Москва, ул. Тимирязевская, 44



19 МАЙ 2005

341