

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 624.131.4

Н. К. Краева, О. В. Малюта, А. Р. Григорьева

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОЙ ТОКСИЧНОСТИ НЕТРАДИЦИОННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И СПОСОБЫ ЕЕ СНИЖЕНИЯ

Определена степень токсичности нетрадиционных органических удобрений и предложен способ ее снижения. Использование некоторых органических отходов пищевой промышленности в качестве добавок при создании нетрадиционных органических удобрений позволяет снизить содержание подвижных форм тяжелых металлов, токсичность и изменить класс опасности новых почвенных мелиорантов.

Ключевые слова: нетрадиционные органические удобрения (НОУ), тяжелые металлы, добавки, токсичность.

Введение. Одной из экологических проблем на сегодняшний день является утилизация отходов, в частности такого многотоннажного отхода, как осадки сточных вод (ОСВ).

Исследователи, занимающиеся проблемой утилизации данного вида отходов и созданием на его основе нетрадиционных видов удобрений, выделяют ряд проблем, например, высокий класс опасности из-за содержания тяжелых металлов (ТМ) в концентрациях, превышающих ПДК и, как следствие, ограниченное использование таких удобрений в сельском хозяйстве [1]. Тяжелые металлы практически не подвергаются биологическому разложению, поэтому при компостировании органических отходов эти металлы аккумулируются в компостах. Подвижные формы ТМ, нарушая регуляцию клеточных механизмов, накапливаются в растениях в количествах, влияющих на рост и развитие агрокультур. В связи с этим важнейшим показателем агроэкологической оценки загрязнения почв тяжёлыми металлами является подвижность тяжёлых металлов в почве.

На подвижность ТМ в почве влияет множество факторов, главными среди которых являются почвенные факторы (кислотность, ёмкость катионного обмена, степень насыщенности основаниями, содержание органического вещества и его фракционный состав и др.) [2]. Гумусовые вещества, обладая высокой емкостью поглощения, снижают подвижность в почве некоторых металлов (алюминий, кобальт, свинец), но в ряде случаев полной фиксации тяжелых металлов не происходит. Поэтому фиксация тяжелых металлов в компостах из осадков сточных вод, перевод тяжелых металлов в недоступную для растений форму и, в итоге, снижение класса опасности данного вида отходов – достаточно актуальная проблема.

Цель работы – определить степень возможной токсичности новых почвенных мелиорантов и разработать способ ее снижения.

Для достижения поставленной цели были определены следующие **задачи**:

– оценить степень токсичности и определить класс опасности нетрадиционных органических удобрений на основе ОСВ;

– выявить виды сорбентов тяжелых металлов для использования в качестве добавок при создании НОУ и оценить степень их возможной токсичности;

– оценить степень токсичности и определить класс опасности нетрадиционных удобрений на основе ОСВ с использованием органических добавок.

Методики эксперимента. Работа проводилась в лаборатории «Биотестирования отходов и объектов окружающей среды» с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Экология, биотехнологии и процессы получения экологически чистых энергоносителей» (ЦКП ЭБЭЭ) Марийского государственного технического университета.

Определение токсичности и класса опасности органических отходов проводилось согласно методикам определения токсичности водных вытяжек из осадков сточных вод по смертности с использованием дафний (*Daphnia magna* Straus), люминесцентных бактерий «Эколюм» и культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer).

Методика биотестирования с использованием дафний основана на определении смертности рачков при воздействии токсических веществ, присутствующих в исследуемой водной среде, по сравнению с контрольной культурой в пробах, не содержащих токсических веществ (контроль).

Острое токсическое действие исследуемой воды или водной вытяжки на дафний определяется по их смертности (летальности) за определенный период экспозиции. Критерием острой токсичности служит гибель 50% и более дафний за 48 часов в исследуемой пробе при условии, что в контрольном эксперименте все рачки сохраняют свою жизнеспособность.

В экспериментах по определению острого токсического действия устанавливают:

- среднюю летальную концентрацию отдельных веществ (кратность разбавления вод или водной вытяжки из почв, осадков сточных вод и отходов, содержащих смеси веществ), вызывающую гибель 50% и более тест-организмов (ЛКР₅₀₋₄₈);

- безвредную кратность разбавления вод, водных вытяжек, вызывающую гибель не более 10 % тест-объектов за 48-часовую экспозицию (БКР₁₀₋₄₈) [3].

Экспресс-метод оценки токсичности с использованием люминесцентных микроорганизмов основан на том, что тест-объект (люминесцентные бактерии) при действии токсических соединений изменяет свои физиолого-биохимические функции, в данном случае активность фермента бактериальной люциферазы, ответственного за интенсивность биолюминесценции, и реагирует на действие различных химических и биологических факторов аналогично высшим животным. Оценка токсичности (Т) основана на определении величины изменения интенсивности биолюминесценции бактерий при действии токсических соединений, содержащихся в тестируемой пробе, по сравнению с контролем [4].

Для определения острой токсичности отходов использовалась и тест-культура зеленой протококковой водоросли хлорелла. Измерение оптической плотности суспензии водоросли позволяет оперативно контролировать изменение численности клеток в контрольном и опытном вариантах острого токсикологического эксперимента, проводимого в специализированном многоюветном культиваторе. Критерием токсичности воды является снижение на 20% и более (подавление роста) или увеличение на 30% и более (стимуляция роста) величины оптической плотности

культуры водоросли, выращиваемой в течение 22 часов на тестируемой воде по сравнению с ее ростом на контрольной среде, приготовленной на дистиллированной воде (ТКР_(+20/30-22)) [5].

Химические исследования (атомно-адсорбционный метод) проводились согласно стандарту ИСО 11466 и ИСО 11047 на атомно-абсорбционном спектрометре «АAnalit-400» [6, 7].

Математическая обработка данных проводилась методами дисперсионного анализа.

Результаты. В ходе литературного поиска были выявлены вещества с высокими сорбционными свойствами – крахмал, пектин, лигнин, хитин, целлюлоза и виды органических отходов, которые содержат в себе данные вещества в большом количестве, поэтому теоретически могут быть использованы в качестве добавок при создании нетрадиционных удобрений на основе ОСВ для снижения их токсичности. По природе сорбирующего компонента отходы можно разделить на три группы [8–11]:

- хитинсодержащие: грибные отходы, подмор пчел, отработанный грибной субстрат;
- пектинсодержащие: плодоовощные отходы, жмых;
- лигнинсодержащие: гидролизный лигнин.

Данные виды отходов, так же как и компосты на основе ОСВ, подверглись биотестированию для определения класса опасности.

Результаты исследований компоста (ОСВ + хвойно-лиственный опил), отобранного на разных стадиях компостирования, свидетельствуют, что компост, не прошедший термофильную стадию, является более токсичным: оба тест-организма показывают IV класс опасности. Токсичность компоста после термофильной стадии снижается: один из тест-организмов (дафнии) показал V класс опасности, другой (водоросли) – IV класс опасности (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Определение класса опасности компоста методами биотестирования с использованием дафний и бактерий

Вариант опыта	Показатели токсичности в тесте с дафниями			Показатели токсичности в тесте с водорослями		Класс опасности отхода
	ЛКР ₍₅₀₋₄₈₎	БКР ₍₅₀₋₄₈₎	Класс опасности	ТКР _(+20/30-22)	Класс опасности	
Компост 1 (до термофильной стадии)	4,68	10,8	IV	8,95	IV	IV
Компост 2 (после термофильной стадии)	–	1,0	V	8,13	IV	IV

Но так как за окончательный результат принимается класс опасности, выявленный на тест-объекте, проявившем более высокую чувствительность к анализируемому отходу, то токсичность обоих компостов соответствует IV классу опасности.

В результате биотестирования на дафниях предполагаемых добавок к компосту было выявлено, что такие отходы, как грибной субстрат, плодоовощные отходы и отходы грибов практически не обладают токсичностью и относятся к V классу опасности (табл. 2). Гидролизный лигнин и жмых показали IV класс опасности, причем токсичность гидролизного лигнина связана с сильной кислотностью (а не наличием токсикантов), нейтрализация которой позволит изменить класс опасности. Что касается подмора пчел, то у него был определен III класс опасности, возможно, это связано с содержанием в подморе таких продуктов пчеловодства, как прополис и пчелиный яд, отрицательно влияющих на тест-организмы.

Результаты биотестирования на биолюминесцентных бактериях показали практически аналогичную токсичность. В сравнении с другими исследуемыми отходами наибольшую токсичность имеет подмор пчел.

Таким образом, для дальнейшего использования в качестве органической добавки к компосту на основе ОСВ оказались наиболее пригодными: отработанный грибной субстрат, грибные и плодоовощные отходы. Однако оптимальными с точки зрения токсикологических параметров и доступности являются плодоовощные отходы и отработанный грибной субстрат.

Т а б л и ц а 2

Определение класса опасности отходов методами биотестирования с использованием дафний и бактерий

Вариант опыта	Показатели токсичности в тесте с дафниями			Показатели токсичности в тесте с бактериями		Класс опасности отхода
	ЛКР ₍₅₀₋₄₈₎	БКР ₍₁₀₋₄₈₎	Класс опасности	Т - индекс токсичности	Класс опасности	
Подмор пчел	28,4	158,2	III	96,27	III	III
Гидролизный лигнин	1,8	7,5	IV	23,35	IV	IV
Грибной субстрат	–	1,0	V	5,82	V	V
Плодоовощные отходы	–	1,0	V	0	V	V
Грибы	–	1,0	V	0	V	V
Жмых	1,1	4,7	IV	45,38	IV	IV

Отобранные сорбенты в различных концентрациях вносились в компост из осадков сточных вод и хвойно-лиственного опила (не достигшего термофильной стадии). Таким образом, в эксперименте исследовались следующие варианты:

- 1) компост (ОСВ + хвойно-лиственный опил) без добавок (контроль);
- 2) компост (ОСВ + хвойно-лиственный опил) + отработанный грибной субстрат;
- 3) компост (ОСВ + хвойно-лиственный опил) + плодоовощные отходы.

Композиции смешивали в следующих соотношениях 97,5:2,5; 95:5, 92,5:7,5; 90:10; 87,5:12,5; 85:15, 80:20, в процентном содержании по массе сухого вещества, тщательно перемешивали и закладывали в полипропеленовые мешки. Мешки помещались в вертикальном положении в деревянные ящики на открытом воздухе в Учебно-опытном лесхозе МарГТУ. Продолжительность экспозиции шесть месяцев. В период проведения экспериментов поддерживалась постоянная влажность не менее 70%. Эксперимент закладывался в трех повторностях. После полугодовой выдержки полученные компосты подвергли химическому анализу (табл.3) с целью оценить эффективность сорбентов и биотестированию для определения возможного снижения степени токсичности компоста на основе ОСВ после внесения органических добавок (табл.4).

Результаты атомно-спектрометрического анализа показали существенное снижение содержания подвижных форм ТМ в компосте при внесении отработанного грибного субстрата по сравнению с контролем. Оптимальная доза внесения данной добавки в нетрадиционное органическое удобрение составляет 12,5 %. При внесении плодоовощных отходов в качестве добавки также снижается подвижность тяжелых металлов по сравнению с контролем. Оптимальная доза внесения варьирует от 10 до 12,5 %.

Таким образом, органические отходы пищевой промышленности – плодоовощные и грибной субстрат – обладают высокими сорбционными свойствами и существенно снижают содержание подвижных форм тяжелых металлов в компосте.

Результаты биотестирования свидетельствуют о снижении класса опасности в варианте 2 – НОУ + грибной субстрат: все тест-организмы показали пятый класс

опасности, т.е. практически отсутствие токсичности. В варианте 3 – НОУ + плодовоощные отходы наличие токсичности показали только водоросли, тесты на дафниях и бактериях указывали на пятый класс опасности. При биотестировании НОУ без добавок все тест-организмы индицировали четвертый класс опасности.

Т а б л и ц а 3

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в нетрадиционном органическом удобрении при использовании органических добавок

Концентрация внесения, %	Отработанный грибной субстрат					Плодовоощные отходы				
	Pb	Cu	Zn	Cd	Ni	Pb	Cu	Zn	Cd	Ni
2,5	7,16	16,99	37,89	1,62	8,57	7,16	15,79	34,58	1,60	7,89
5	7,16	16,90	36,99	1,62	8,01	7,06	14,00	34,46	1,55	7,59
7,5	7,11	16,86	34,88	1,62	7,69	7,06	12,78	33,90	1,55	6,99
10	7,11	16,75	33,71	1,62	7,18	7,00	10,19	33,65	1,47	6,55
12,5	6,76	16,33	33,98	1,60	7,14	4,74	6,75	29,15	1,15	6,80
15	6,43	5,91	27,89	1,43	4,49	4,30	6,35	28,14	1,15	6,30
без добавок	7,17	16,99	38,49	1,62	8,78	7,17	16,99	38,49	1,62	8,78
<i>HCP₀₅</i>	<i>0,038</i>	<i>0,055</i>	<i>0,106</i>	<i>0,041</i>	<i>0,052</i>	<i>0,091</i>	<i>0,113</i>	<i>0,025</i>	<i>0,038</i>	<i>0,033</i>

Т а б л и ц а 4

Определение класса опасности отходов методами биотестирования с использованием дафний, бактерий и водорослей

Вариант опыта	Показатели токсичности в тесте с дафниями			Показатели токсичности в тесте с бактериями		Показатели токсичности в тесте с водорослями		Класс опасности отхода
	ЛКР ₍₅₀₋₄₈₎	БКР ₍₁₀₋₄₈₎	Класс опасн.	Т-индекс токсичн.	Класс опасн.	ТКР _(+20/30-22)	Класс опасн.	
1	4,68	10,8	IV	23,1	IV	8,95	IV	IV
2	–	1,0	V	1,56	V	1	V	V
3	–	1,0	V	15,13	V	6,2	IV	IV

Очевидно, что привнесение органических отходов, обладающих хорошими сорбирующими свойствами, в качестве добавок при создании нетрадиционных мелиорантов позволяет снизить токсичность НОУ.

Выводы.

1. Нетрадиционные органические удобрения на основе ОСВ обладают токсичностью и относятся к четвертому классу опасности отходов.

2. Органические отходы пищевой промышленности – плодовоощные и грибной субстрат обладают высокими сорбционными свойствами и практически не токсичны.

3. Применение органических отходов плодовоощных и грибного субстрата в качестве добавок при создании нетрадиционных органических удобрений снижает миграцию тяжелых металлов, токсичность и класс опасности новых почвенных мелиорантов.

4. Использование данных сорбентов при производстве нетрадиционных органических удобрений можно считать целесообразным.

Список литературы

1. Шибалева, М. Е. Регулирование содержания тяжелых металлов в растениях с помощью инокулированных компостов / М. Е. Шибалева, И. А. Архипченко // Экология и промышленность России. – 2006. – №8. – С. 33–35.

2. Александрова, Э. А. Тяжёлые металлы в почвах и растениях и их аналитический контроль / Э. А. Александрова, Н. Г. Гайдукова, Н. А. Кошеленко, З. Н. Ткаченко. – Краснодар: КГАУ, 2001. – С. 6–11.
3. ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.9-06) Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной и природной воды по смертности тест-объекта *Daphnia magna Straus*. Красноярский государственный университет.
4. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.8-04) Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой «Эколюм» на приборе «Биотокс-10». ООО НЦ «Экологическая перспектива».
5. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.7-04) Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). Красноярский государственный университет.
6. BS 7755-3.9:1995, ISO 11466:1995 Soil quality. Chemical methods. Extraction of trace elements soluble in aqua regia.
7. BS 7755-3.13:1998, ISO 11047:1998 Soil quality. Chemical methods. Determination of cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, manganese, nickel and zinc in aqua regia extracts of soil. Flame and electrothermal atomic absorption spectrometric methods.
8. Гайдукова, Н. Г. О влиянии гумуса и железа на состояние тяжёлых металлов в чернозёме выщелоченном Западного Предкавказья / Н. Г. Гайдукова, И. А. Лебедевский // Наука Кубани. – 2005. – №3. – С. 34–37.
9. Механизмы сорбции ионов металлов грибными хитинсодержащими комплексами / Л. Ф. Горовой, А. П. Петюшенко // Новые перспективы в использовании хитина и хитозана: Материалы пятой конференции, Москва – Щелково. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – С. 134–136.
10. Рогов, И. А. Использование сырья с высоким содержанием пищевых волокон в технологии диетических мясных продуктов / И. А. Рогов, Э. С. Токарев, Ю. И. Ковалев, Е. А. Клочкова. – М.: АгроНИИТЭИММП, 1988. – 44 с.
11. Красноселова, Е. А. Разработка технологии комплексной переработки яблок летних и осенних сортов с получением пектина и пектинопродуктов функционального назначения: Автореф. дис... канд. техн. н. – Краснодар, 2007.

Статья поступила в редакцию 18.05.10.

N. K. Kraeva, O. V. Maluta, A. R. Grigoreva

NONCONVENTIONAL ORGANIC FERTILIZERS POSSIBLE TOXICITY ESTIMATION AND THE WAYS OF ITS DECREASE

Nonconventional organic fertilizers (NOF) toxicity degree is defined and the way of its decrease is offered. Use of some organic wastes of the food-processing industry as an additive at the NOF creation allows to lower heavy metals mobile forms content and toxicity and to change a danger class of new edaphic ameliorants.

Key words: *nonconventional organic fertilizers (NOF), heavy metals, additives, toxicity.*

КРАЕВА Наталья Константиновна – аспирант кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ МарГТУ. Область научных интересов – утилизация органических отходов. Автор 12 публикаций.

E-mail: natalya.kraeva@mail.ru

МАЛЮТА Ольга Васильевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования МарГТУ. Область научных интересов – биотестирование и биоиндикация объектов окружающей среды. Автор 45 публикаций.

E-mail: MalutaOV@marstu.net

ГРИГОРЬЕВА Алена Рудиковна – магистр кафедры экологии, почвоведения и природопользования МарГТУ. Область научных интересов – биотестирование и биоиндикация объектов окружающей среды. Автор двух публикаций.

E-mail: GrigorevaAR@marstu.net