

ОЦІНКА ТОКСИЧНОСТІ ВІДХОДІВ МЕХАНІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРІВ БІОТЕСТУВАННЯМ

О.С. Малишевська*

Івано-Франківський національний медичний університет, Івано-Франківськ, Україна

*Corresponding author: o16r02@gmail.com

Received 12 May 2021; Accepted 8 June 2021

Проблематика. Біотестування дає можливість урахувати складні взаємовідносини між ґрунтом, забрудненням і живими організмами, а також встановити вплив на екосистеми мінімальних значень концентрацій забруднювальних речовин. Воно є більш інформативним порівняно з визначенням мінімальних значень концентрацій.

Мета. Аналіз оцінки фітотоксичності шламу механічної переробки сумішей полімерів, які вилучені з твердих побутових відходів.

Методика реалізації. Об'єкт дослідження – відходи механічної переробки сумішей полімерів, представлені шламом після промивки подрібнених полімерів, який містив частинки від 0,5 до 2,7 мм полімерів різного складу від 87,3 до 92,6 % від загальної кількості, а також залишки паперових етикеток від 7,4 до 12,6 % від загальної кількості. Оцінку фітотоксичної дії провели вегетаційними методами згідно з ISO 17402-2008, ISO 17126-2005a, ISO 22030:2005b, ISO 11269-1:2012a, МР 2.1.7.2297-07 “Методичні рекомендації. Обґрунтування класу небезпеки відходів виробництва і споживання по фітотоксичності”. Рівні забруднення досліджуваних зразків оцінювали за ISO 11269-2:2002 та МР 2.1.7.2297-07. Біотестування було проведено на таких видах рослин: крес-салат, гірчиця, пшениця, кукурудза, соя, ячмінь. Дослідження вмісту важких металів (Pb, Cu, Cd, Zn, Ni) проведено атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі типу КАС-120.1. Отримані результати оброблялись за допомогою традиційних статистичних методів із використанням ліцензованих комп'ютерних програм Microsoft Excel і StatSoft STATISTICA 10.0.1011.0.

Результати. Досліджений шлам не має негативного впливу на процес проростання крес-салату, гірчиці, кукурудзи. Рівень фітотоксичного впливу шламу на проростання сої та ячменю був у межах допустимого та не перевищив 3,33 %. Під час оцінки вегетаційних властивостей досліджуваних рослин встановлено, що в процесі вирощування кукурудзи, пшениці, ячменю та сої шлам не чинить фітотоксичної дії. При зміні концентрації доданого шламу фітотоксичний вплив на довжину коренів і стебел крес-салату та гірчиці був середнім (крес-салат) та слабким (гірчиця). Дослідження міграції наявних у ростових субстратах важких металів та їх накопичення в процесі росту й розвитку рослин показало незначний вміст важких металів у всіх досліджених зразках рослин із різним вмістом шламу. Вміст свинцю вищий у 1,83 разу порівняно з контрольними зразками й у 2,13 разу порівняно зі зразками на “умовно чистому” ґрунті та нижчий на 14 % порівняно з нормами СанПіН 42-123-4089-86 “ГДК важких металів і арсену в продовольчій сировині і харчових продуктах”.

Висновки. Оцінку фітотоксичної дії шламу, отриманого в процесі механічної переробки вторинної полімерної сировини, встановлено, що визначення фітотоксичного впливу цього виду шламу на процес проростання та вегетаційні зміни рослин раціонально проводити на найбільш чутливих культурах – крес-салаті та гірчиці. Виявлено рухливі форми свинцю, що мігрує з ґрунтових субстратів у рослини та накопичується в них. Міграції зв'язаних форм важких металів міді, нікелю, кадмію та цинку не встановлено.

Ключові слова: біотест; фітотоксичність; полімерні відходи; фітотест; оцінка токсичності.

Вступ

Як відомо, все те, що виробляється, добувається і споживається людством, рано чи пізно перетворюється на відходи. Кількість твердих відходів, що надходять у природне середовище, щорічно зростає в геометричній прогресії. Сьогодні проблема твердих відходів повною мірою не вирішена в жодній країні світу, утилізація їх залишається однією з основних проблем ХХІ століття [1].

Основними механізмами потрапляння компонентів відходів у довкілля є випаровування летких компонентів і вилугування їх водою. Можливе забруднення ґрунтів, але воно, швидше за все, буде відбуватися через попереднє розчинення у водному середовищі. Тому необхідними є гігієнічна діагностика забруднення ґрунтів під час розміщення відходів та оцінка їх екологічної небезпеки. Ці дослідження повинні проводитись як фізико-хімічними методами, заснованими на порівнянні результатів аналізу

із санітарно-гігієнічними й токсикологічними нормативами (гранично допустимі концентрації та гранично допустимий рівень забрудників), так і за реакціями живих організмів методами біотестування та біоіндикації [2].

Фітотестування – один із біологічних методів оцінки небезпеки відходів. Критерієм визначення небезпеки відходів за цим методом є оцінка їх фітотоксичної дії.

Саме методи біотестування дають можливість врахувати складні взаємовідносини між ґрунтом, забрудненням і живими організмами та встановити вплив на екосистеми мінімальних значень забруднювальних речовин. Крім того, вони більш інформативні порівняно з визначенням мінімальних значень концентрацій [3, 4].

Мета нашого дослідження – аналіз оцінки фітотоксичності шламу механічної переробки сумішей полімерів, які вилучені з твердих побутових відходів.

Матеріали і методи

Із метою оцінки фітотоксичної дії відходів (шламу) механічної переробки сумішей полімерних відходів, які були вилучені з твердих побутових відходів, на вищі рослини провели дослідження вегетаційними методами згідно з методиками, викладеними в ISO 17402-2008, ISO 17126-2005a, ISO 22030:2005b, ISO 11269-1:2012a [5–9]. Об'єкт дослідження – відходи механічної переробки сумішей полімерів, представлені шламом після промивки подрібнених полімерів, який містив частинки від 0,5 до 2,7 мм полімерів різного складу від 87,3 до 92,6 % від загальної кількості, а також залишки паперових етикеток від 7,4 до 12,6 % від загальної кількості. Забруднення досліджуваних зразків оцінювали за шкалою ISO 11269-2:2012b, ISO 16198 [9, 10].

Було підготовлено зразки:

- контрольний субстрат – промитий пісок гранулометричного складу: 10 % частинок, більших за 0,6 мм, 80 % – між 0,2 і 0,6 мм та 10 % – менших за 0,2 мм;

- ростовий субстрат (суміш контрольного субстрату зі шламом) із винесенням досліджуваного шламу в кількості: 10 г/кг; 100 г/кг; 500 г/кг, 1000 г/кг;

- “умовно чистий” ґрунт – ґрунт із Галицького національного парку Галицького району Івано-Франківської області, територія, яка належить до заповідного фонду та екологічно чистого регіону Прикарпаття.

- шлам від переробки сумішей полімерних відходів.

У зразки висівають по 30 шт. підготовлених насінин за ISO 11268-1 і пророщують за відповідних умов протягом 3–5 діб (залежно від виду рослин).

Після пророщування насінин підраховують кількість проростків у контрольних і дослідних зразках і вираховують відсоток зниження числа пророслих насінин у дослідних групах порівняно з контрольними.

Види рослин, на яких проведено біотестування: крес-салат (*Lepidium sativum* L.), гірчиця (*Sinapis alba* L.), пшениця (*Triticum aestivum*), кукурудза (*Zea mays* L.), соя (*Glycine* L.), ячмінь (*Hordeum vulgare* L.).

Оцінка фітотоксичності зразків проводилась за встановленням різниці між кількістю пророслих насінин, величиною довжини стебла та коренів рослин, вирощених у дослідних і контрольних зразках. Так, якщо різниця не перевищує 10 %, то такий зразок вважається екологічно чистим. Зниження числа проростків у дослідженному варіанті порівняно з контрольним від 10 до 30 % свідчить про слабку фітотоксичність. Різниця від 30 до 50 % вказує на середній ступінь фітотоксичності, а різниця, вища за 50 %, – на високий (недопустимий) ступінь фітотоксичності досліджуваного зразка.

Дослідження вмісту важких металів (Pb, Cu, Cd, Zn, Ni) провели атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі типу КАС-120.1 з електротермічною атомізацією хімічних елементів. Принцип методу полягає в екстракції металів HNO₃ із досліджуваних зразків і вимірюванні величини атомного поглинання металів за використання ламп типу ЛТ-2. Чутливість методу становить 0,05–0,001 мг/дм³ залежно від хімічного елемента, який досліджується. Розрахунки вмісту кожного хімічного елемента в підготовлених пробах проводили за результатами трьох вимірювань. Підготовку проб рослинного матеріалу, вирощеного в чашках Петрі на шлам, на “умовно чистому” ґрунті та на контрольному субстраті, для визначення вмісту сполук важких металів проводили методом сухого озолування – прожарювання проб у муфелі з подальшою обробкою розчином азотної кислоти та відповідно до МВВ 081/12-0009-01 (сполук свинцю), МВВ 081/12-0117-03 (сполук нікелю), МВВ 081/12-0012-01 (сполук хрому), МВВ 081/12-0013-01 (сполук цинку) [11–14].

Отримані результати оброблялись за допомогою традиційних статистичних методів у ліцензованих комп'ютерних програмах Microsoft Excel і StatSoft STATISTICA 10.0.1011.0.

Результати

Результати проведених досліджень з оцінки фітотоксичності показали, що в зразках із крес-салатом, гірчицею та кукурудзою було 100 %-кове проростання насінин в усіх досліджуваних зразках; проросло 30 насінин різних

культур. Зниження числа проростків рослин спостерігалось у зразках із пшеницею та ячменем у всіх зразках та із соєю на шламі (табл. 1).

Наступним кроком було встановлення фітотоксичності шламу за величиною зміни довжини стебла та коренів досліджуваних видів рослин (табл. 2).

Таблиця 1: Визначення відсотка проростання насіння та фітотоксичності ґрунту за проростками різних видів рослин

Зразок	Кількість висіяних насінин, шт.	Кількість пророслих насінин, шт.	Пророслі насінини, %	Різниця кількості пророслих насінин порівняно з контрольною групою, %	Оцінка фітотоксичності
Крес-салат***					
Контрольний субстрат	30	30	100	–	–
Шлам	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 10 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 100 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 500 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 1000 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
Гірчиця***					
Контрольний субстрат	30	30	100	–	–
Шлам	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 10 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 100 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 500 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 1000 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
Пшениця*					
Контрольний субстрат	30	28	93,3	6,67	–
Шлам	30	29	96,7	3,33	Допустима
РС із внесенням 10 г/кг шламу	30	28	93,3	6,67	Допустима
РС із внесенням 100 г/кг шламу	30	28	93,3	6,67	Допустима
РС із внесенням 500 г/кг шламу	30	29	96,7	3,33	Допустима
РС із внесенням 1000 г/кг шламу	30	28	93,3	6,67	Допустима
Кукурудза***					
Контрольний субстрат	30	30	100	–	–
Шлам	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 10 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 100 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 500 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 1000 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
Соя**					
Контрольний субстрат	30	30	100	–	–
Шлам	30	29	96,7	3,33	Допустима
РС із внесенням 10 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 100 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 500 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 1000 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
Ячмінь*					
Контрольний субстрат	30	29	96,7	3,33	–
Шлам	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 10 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 100 г/кг шламу	30	29	96,7	3,33	Допустима
РС із внесенням 500 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня
РС із внесенням 1000 г/кг шламу	30	30	100	–	Відсутня

Примітки. РС – ростовий субстрат. Достовірність відмінностей між контролем і дослідженням: * – $p < 0,01$, ** – $p < 0,001$, *** – $p < 0,0001$.

Для дослідження міграції наявних у ростових субстратах важких металів та їх накопичення в процесі росту й розвитку рослин було проведено аналіз субстратів, у які висаджувалися насінини рослин, і рослинного матеріалу (усереднена проба), вирощеного у лабораторних

умовах (рис. 1, 2, табл. 3). “Умовно чистий” ґрунт використано з метою отримання більш інформативних результатів, що максимально наближені до реальних умов вирощування сільськогосподарської продукції на ґрунтах, які зазнали мінімального техногенного впливу.

Таблиця 2: Визначення фітотоксичності зразків за зміною довжини стебла та кореня різних видів рослин

Зразок	Стебло			Корінь		
	Довжина стебла, мм	Зміна довжини, %	Оцінка фітотоксичності	Довжина стебла, мм	Зміна довжини, %	Оцінка фітотоксичності
Крес-салат						
Контрольний субстрат	4,07 ± 0,51	–	–	2,41 ± 0,18	–	–
Шлам	2,7 ± 0,32	–33,61	Середня	1,37 ± 0,23	–42,92	Середня
РС із внесенням 10 г/кг шламу	4,54 ± 0,44	+11,70	Допустима	3,31 ± 0,43	+34,80	Допустима
РС із внесенням 100 г/кг шламу	5,22 ± 0,57	+28,40	Допустима	2,91 ± 0,35	+21,30	Допустима
РС із внесенням 500 г/кг шламу	4,86 ± 0,38	+19,60	Допустима	2,62 ± 0,22	+9,27	Допустима
РС із внесенням 1000 г/кг шламу	4,43 ± 0,23	+8,93	Допустима	2,56 ± 0,57	+6,67	Допустима
Гірчиця						
Контрольний субстрат	5,78 ± 0,36	–	–	3,83 ± 0,34	–	–
Шлам	5,03 ± 0,23	–12,98	Слабка	2,7 ± 0,27	–29,50	Слабка
РС із внесенням 10 г/кг шламу	6,28 ± 0,61	+8,62	Допустима	4,74 ± 0,33	+23,80	Допустима
РС із внесенням 100 г/кг шламу	6,62 ± 0,46	+14,60	Допустима	5,04 ± 0,46	+31,70	Допустима
РС із внесенням 500 г/кг шламу	7,48 ± 0,37	+29,40	Допустима	5,89 ± 0,37	+53,70	Допустима
РС із внесенням 1000 г/кг шламу	8,27 ± 0,34	+43,08	Допустима	6,53 ± 0,24	+70,50	Допустима
Пшениця						
Контрольний субстрат	8,02 ± 0,57	–	–	6,26 ± 0,29	–	–
Шлам	8,59 ± 0,31	+7,11	Допустима	6,96 ± 0,56	+11,18	Допустима
РС із внесенням 10 г/кг шламу	10,02 ± 0,73	+24,70	Допустима	8,59 ± 0,42	+37,20	Допустима
РС із внесенням 100 г/кг шламу	9,74 ± 0,43	+21,40	Допустима	8,31 ± 0,72	+32,80	Допустима
РС із внесенням 500 г/кг шламу	9,51 ± 0,67	+18,60	Допустима	7,93 ± 0,24	+26,70	Допустима
РС із внесенням 1000 г/кг шламу	9,13 ± 0,48	+13,84	Допустима	7,02 ± 0,33	+12,14	Допустима
Кукурудза						
Контрольний субстрат	8,75 ± 0,21	–	–	11,37 ± 0,53	–	–
Шлам	9,77 ± 0,42	+11,66	Допустима	16,23 ± 0,27	+42,74	Допустима
РС із внесенням 10 г/кг шламу	9,32 ± 0,28	+6,53	Допустима	11,51 ± 0,43	+1,17	Допустима
РС із внесенням 100 г/кг шламу	9,38 ± 0,46	+7,22	Допустима	11,66 ± 0,64	+2,51	Допустима
РС із внесенням 500 г/кг шламу	9,48 ± 0,24	+8,34	Допустима	11,56 ± 0,43	+1,73	Допустима
РС із внесенням 1000 г/кг шламу	9,60 ± 0,56	+9,71	Допустима	11,43 ± 0,32	+0,53	Допустима
Соя						
Контрольний субстрат	1,23 ± 0,37	–	–	14,75 ± 0,26	–	–
Шлам	2,43 ± 0,28	+97,56	–	14,89 ± 0,84	+0,95	Допустима
РС із внесенням 10 г/кг шламу	1,69 ± 0,13	+37,6	Допустима	15,91 ± 0,31	+7,83	Допустима
РС із внесенням 100 г/кг шламу	2,26 ± 0,58	+83,4	Допустима	16,15 ± 0,16	+9,46	Допустима
РС із внесенням 500 г/кг шламу	3,16 ± 0,23	+157,3	Допустима	15,77 ± 0,42	+6,92	Допустима
РС із внесенням 1000 г/кг шламу	3,92 ± 0,37	+218,7	Допустима	15,01 ± 0,34	+1,76	Допустима
Ячмінь						
Контрольний субстрат	7,86 ± 0,34	–	–	5,83 ± 0,46	–	–
Шлам	9,58 ± 0,28	+21,88	Допустима	6,54 ± 0,25	+12,18	Допустима
РС із внесенням 10 г/кг шламу	11,17 ± 0,82	+42,1	Допустима	6,46 ± 0,61	+10,80	Допустима
РС із внесенням 100 г/кг шламу	12,31 ± 0,63	+56,7	Допустима	6,79 ± 0,54	+16,40	Допустима
РС із внесенням 500 г/кг шламу	13,57 ± 0,73	+72,65	Допустима	7,28 ± 0,48	+24,87	Допустима
РС із внесенням 1000 г/кг шламу	12,67 ± 0,38	+61,2	Допустима	8,24 ± 0,19	+41,34	Допустима

Примітка. РС – ростовий субстрат.

Таблиця 3: Вміст рухомих форм важких металів в усереднених пробах ростових субстратів

Зразок	Вміст важких металів, мг/кг				
	Pb	Cu	Ni	Cd	Zn
Контроль	0,333 ± 0,054	0,254 ± 0,045	0,283 ± 0,075	0,085 ± 0,053	1,782 ± 0,048
“Умовно чистий” ґрунт	0,732 ± 0,062	0,293 ± 0,024	0,261 ± 0,067	0,284 ± 0,057	2,172 ± 0,065
Шлам	0,863 ± 0,073	0,462 ± 0,035	0,373 ± 0,064	0,343 ± 0,082	1,681 ± 0,076
Гранично допустима концентрація рухомих форм у ґрунті	6,0	3,0	4,0	0,7	23,0
СанПіН 42-123-4089-86 “ГДК важких металів і арсену в продовольчій сировині і харчових продуктах”	1,0	25,0	4,0	0,05	50,0

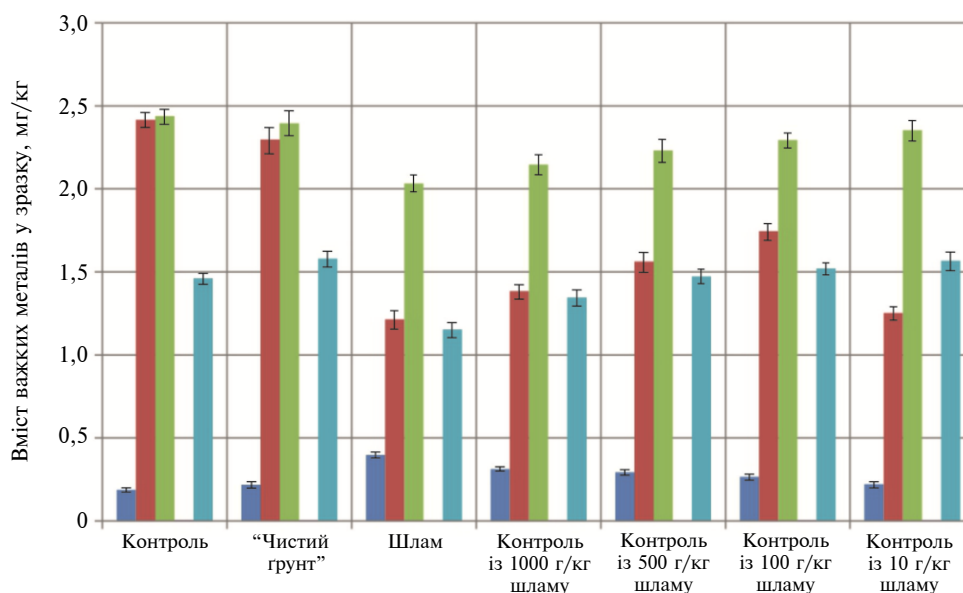


Рисунок 1: Вміст важких металів в усереднених пробах рослинного матеріалу, вирощеного під час проведення лабораторних досліджень на фітотоксичність: ■ – Pb; ■ – Cu; ■ – Ni; ■ – Zn

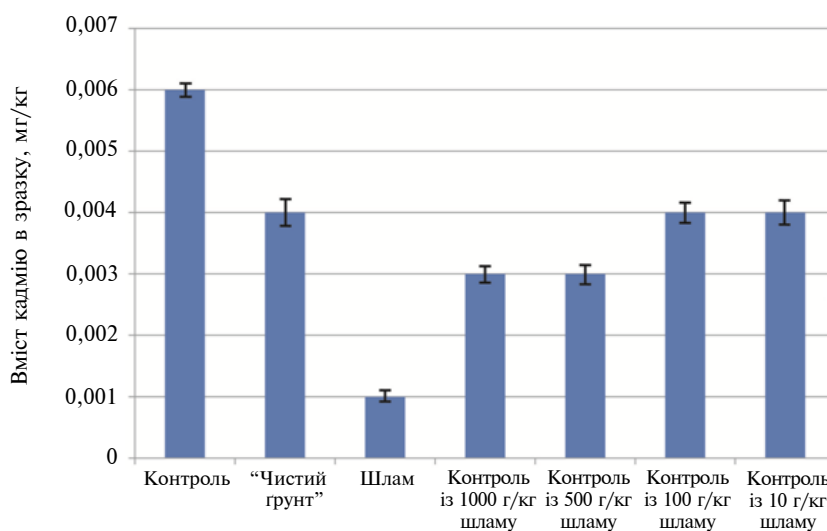


Рисунок 2: Вміст кадмію в усереднених пробах рослинного матеріалу, вирощеного під час проведення лабораторних досліджень на фітотоксичність

Обговорення

З аналізу результатів досліджень, поданих у табл. 1, слідує, що всі висаджені насінини крес-салату, гірчиці, кукурудзи проросли стовідсотково. Це вказує на те, що досліджений шлам не чинить негативного впливу на процес проростання цих культур. Для зазначених культур фітотоксичної дії досліджуваного шламу в будь-яких концентраціях виявлено не було.

Щодо фітотоксичної дії шламу на проростання сої та ячменю, то її рівень був у межах допустимого (<10 %) і не перевищив 3,33 %. Неоднозначними є результати, отримані під час встановлення фітотоксичного впливу на пшеницю. У проведених дослідах із пшеницею рівень фітотоксичності не вийшов за межі допустимого і становив 6,67 %, але гальмування проростання насінин було в усіх контрольних зразках та в зразку з мінімальним вмістом шламу, що може ставити під сумнів якість використаного для дослідів насіння.

Оцінка фітотоксичного впливу шламу на вегетаційні властивості досліджуваних рослин (див. табл. 2) показала, що на процес вирощування кукурудзи, пшениці, ячменю та сої шлам не чинить фітотоксичної дії. Навпаки, внесення шламу до контрольного субстрату стимулювало ріст і розвиток зазначених вище культур, що викликано наявністю в шламі значної кількості органічної складової (залишки паперу від етикеток) у доступній для засвоєння рослинами формі.

Під час дослідження фітотоксичного впливу, викликаного зміною концентрації доданого шламу, на довжину коренів і стебел крес-салату та гірчиці виявлено, що вирощування цих рослин на 100 %-вому шламі викликає середню (крес-салат) і слабку (гірчиця) фітотоксичність.

Дослідженням міграції наявних у ростових субстратах важких металів та їх накопичення в процесі росту й розвитку рослин встановлено незначний вміст важких металів у рослинному матеріалі (усереднена проба), вирощеному в лабораторних умовах, у всіх досліджених зразках із різним вмістом шламу.

Зокрема, вміст міді, нікелю, кадмію та цинку в пробі “рослинний матеріал, вирощений на шлам” був нижчим, ніж вміст важких металів у пробах “умовно чистий” ґрунт” і “контрольний субстрат”. Вміст свинцю був вищим в 1,83 разу порівняно з контрольними зразками й у 2,13 разу порівняно зі зразками

на “умовно чистому” ґрунті та нижчим на 14 % порівняно з нормами СанПіН 42-123-4089-86 “Гранично допустимі концентрації важких металів і арсену в продовольчій сировині і харчових продуктах”.

Висновки

Аналіз результатів фітотоксичної дії шламу на проростання досліджених рослин показав, що він не чинить негативного впливу на процес проростання крес-салату, гірчиці, кукурудзи. Рівень фітотоксичного впливу шламу на проростання сої та ячменю був у межах допустимого.

Результати оцінки фітотоксичної дії шламу, отриманого в процесі механічної переробки вторинної змішаної полімерної сировини, яка була вилучена з твердих побутових відходів, засвідчили, що визначати фітотоксичність цього виду шламу в процесі проростання та вегетаційних змін рослин раціонально на найбільш чутливих культурах – крес-салаті та гірчиці. Досліджені культури сої, кукурудзи, пшениці та ячменю не були чутливими до фітотоксичного впливу шламу переробки полімерної вторинної сировини.

Дослідження міграції наявних у ростових субстратах важких металів та їх накопичення у процесі росту й розвитку рослин встановило наявність зв’язаних форм важких металів міді, нікелю, кадмію та цинку; їх міграції у досліджених рослинах не виявлено. Однак виявлено рухливі форми свинцю, що мігрує з досліджених ростових субстратів і шламу в рослини та накопичується в них.

Фінансування

Дослідження проведено за кошти бюджетної НДР, фінансованої МОЗ України “Розробка новітньої технології утилізації полімерних побутових відходів на основі механічного рециклінгу” (ДР № 0117U004237).

Подяки

Консультавання в дизайні проведених досліджень та виборі рослинного матеріалу надали співробітники ДУ “Інститут громадського здоров’я ім. О.М. Марзєєва НАМНУ” лабораторії гігієни ґрунту та відходів д.м.н., с.н.с. В.В. Станкевич, Г.А. Трахтенгерц, О.М. Черевко.

References

- [1] Environmental management : Waste - detailed information - GOV.UK [Internet]. Gov.uk. 2021 [cited 2021 May 5]. Available from: <https://www.gov.uk/topic/environmental-management/waste>
- [2] Sforzini S, Oliveri L, Chinaglia S, Viarengo A. Application of biotests for the determination of soil ecotoxicity after exposure to biodegradable plastics. *Front Environ Sci.* 2016;4:68. DOI: 10.3389/fenvs.2016.00068
- [3] Lyubenova M, Boteva S. Biotests in ecotoxicology: current practice and problems. In: Larramendy ML, Soloneski S, editors. *Toxicology - new aspects to this scientific conundrum.* InTechOpen; 2016. DOI: 10.5772/62600
- [4] Methneni N, Morales-González J, Jaziri A, Mansour H, Fernandez-Serrano M. Persistent organic and inorganic pollutants in the effluents from the textile dyeing industries: Ecotoxicology appraisal via a battery of biotests. *Environ Res.* 2021;196:110956. DOI: 10.1016/j.envres.2021.110956
- [5] ISO 17402 - 2008 - Soil quality - Requirements and guidance for the selection and application of methods for the assessment of bioavailability of contaminants in soil and soil materials [Internet]. ISO. 2021 [cited 2021 May 5]. Available from: <https://www.iso.org/standard/38349.html>
- [6] ISO 17126 - 2005a - Soil quality - Determination of the effects of pollutants on soil flora - Screening test for emergence of lettuce seedlings (*Lactuca sativa* L.) [Internet]. ISO. 2021 [cited 2021 May 5]. Available from: <https://www.iso.org/standard/31214.html>
- [7] ISO 22030:2005b - Soil quality - Biological methods - Chronic toxicity in higher plants [Internet]. ISO. 2021 [cited 2021 May 5]. Available from: <https://www.iso.org/standard/36065.html>
- [8] ISO 11269-1:2012a - Soil quality - Determination of the effects of pollutants on soil flora - Part 1: Method for the measurement of inhibition of root growth [Internet]. ISO. 2021 [cited 2021 May 5]. Available from: <https://www.iso.org/standard/51388.html>
- [9] ISO 11269-2:2012b - Soil quality - Determination of the effects of pollutants on soil flora - Part 2: Effects of contaminated soil on the emergence and early growth of higher plants [Internet]. ISO. 2021 [cited 2021 May 5]. Available from: <https://www.iso.org/standard/51382.html>
- [10] ISO 16198 - Soil quality - Plant-based test to assess the environmental bioavailability of trace elements to plants [Internet]. ISO. 2021 [cited 2021 May 5]. Available from: <https://www.iso.org/standard/55834.html>
- [11] MP 081/12-0009-01 Soils. Measurement procedure for lead by atomic absorption spectrophotometry (2.0–100 mg/kg) [Internet]. Online.budstandart.com. 2021. Available from: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=76348
- [12] MP 081/12-0117-03 Soils. Measurement procedure for mass fraction of mobile forms of nickel and cobalt by the atomic absorption method [Internet]. Online.budstandart.com. 2021. Available from: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=90869
- [13] MP 081/12-0012-01 Soils. Measurement procedure for chromium by atomic absorption spectrophotometry (0.5–100 mg/kg) [Internet]. Online.budstandart.com. 2021. Available from: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=76345
- [14] MP 081/12-0013-01 Soils. Measurement procedure for zinc by atomic absorption spectrophotometry (5–1000 mg/kg) [Internet]. Online.budstandart.com. 2021. Available from: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=76346

.....
О.С. Малышевская

Ивано-Франковский национальный медицинский университет, Ивано-Франковск, Украина

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ОТХОДОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ БИОТЕСТИРОВАНИЕМ

Проблематика. Биотестирование позволяет учесть сложные взаимоотношения между почвой, загрязнением и живыми организмами, а также установить влияние на экосистемы минимальных значений концентраций загрязняющих веществ. Оно является более информативным по сравнению с определением минимальных значений концентраций.

Цель. Анализ оценки фитотоксичности шлама механической переработки смесей полимеров, изъятых из твердых бытовых отходов.

Методика реализации. Объект исследования – отходы механической переработки смесей полимеров, представленные шламом после промывки измельченных полимеров, который содержит частицы от 0,5 до 2,7 мм полимеров различного состава от 87,3 до 92,6 % от общего количества, а также остатки бумажных этикеток от 7,4 до 12,6 % от общего количества. Оценку фитотоксического воздействия провели вегетационными методами в соответствии с ISO 17402-2008, ISO 17126-2005a, ISO 22030:2005b, ISO 11269-1:2012a, MP 2.1.7.2297-07 “Методические рекомендации. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности”. Уровни загрязнения исследуемых образцов оценивали согласно ISO 11269-2:2002 и MP 2.1.7.2297-07. Биотестирование проводили на таких видах растений: кресс-салат, горчица, пшеница, кукуруза, соя, ячмень. Исследование содержания тяжелых металлов (Pb, Cu, Cd, Zn, Ni) провели атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре типа КАС-120.1. Полученные результаты обрабатывались с применением традиционных статистических методов с помощью лицензированных компьютерных программ Microsoft Excel и StatSoft STATISTICA 10.0.1011.0.

Результаты. Исследованный шлам не оказывает негативного влияния на процесс прорастания кресс-салата, горчицы, кукурузы. Уровень фитотоксического влияния шлама на прорастание сои и ячменя находился в пределах допустимого и не превысил 3,33 %. При оценке вегетационных свойств изучаемых растений установлено, что в процессе выращивания кукурузы, пшеницы, ячменя и сои шлам не оказывает фитотоксического воздействия. При изменении концентрации добавленного шлама фитотоксическое влияние на длину корней и стеблей кресс-салата и горчицы было средним (кресс-салат) и слабым (горчица). Исследование миграции имеющихся в ростовых субстратах тяжелых металлов и их накопления в процессе роста и развития растений показало незначительное содержание тяжелых металлов в растениях во всех исследованных образцах с различным содержанием шлама. Содержание свинца выше в 1,83 раза по сравнению с контрольными образцами и в 2,13 раза по сравнению с образцами на "условно чистой" почве и ниже на 14 % по сравнению с нормами СанПиН 42-123-4089-86 "ПДК тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах".

Выводы. Оценкой фитотоксического воздействия шлама, полученного в процессе механической переработки полимерного сырья, установлено, что определение фитотоксичности данного вида шлама на процесс прорастания и вегетационные изменения растений рационально проводить на наиболее чувствительных культурах – кресс-салате и горчице. Определены подвижные формы свинца, который мигрирует из растительных субстратов и шлама в растения и накапливается в них. Миграции связанных форм тяжелых металлов меди, никеля, кадмия и цинка не установлено.

Ключевые слова: биотест; фитотоксичность; полимерные отходы; фитотест; оценка токсичности.

O.S. Malyshevskaya

Ivano-Frankivsk National Medical University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

TOXICITY ASSESSMENT OF WASTE FROM MECHANICAL PROCESSING OF POLYMERS BY BIOTESTING

Background. Biotesting allows us to take into account the complex relationships between soil, pollution and living organisms, as well as to determine the impact of minimum concentrations of pollutants on ecosystems. It is more informative than determining the minimum concentration values.

Objective. We are aimed to analyze the phytotoxicity assessment of sludge from mechanical processing of polymer mixtures extracted from solid household waste.

Methods. The object of the study is waste from mechanical processing of polymer mixtures, represented by sludge after washing of crushed polymers, that is composed of particles of polymers of various compositions ranging in size from 0.5 to 2.7 mm (87.3 to 92.6 % of the total amount), as well as residues of paper labels from 7.4 to 12.6% of the total amount. The assessment of phytotoxic effects was carried out by vegetative methods in accordance with ISO 17402-2008, ISO 17126-2005a, ISO 22030:2005b, ISO 11269-1:2012a, MP 2.1.7.2297-07 "Guidelines. Justification of the hazard class of production and consumption waste by phytotoxicity". The contamination levels of the test samples were assessed according to ISO 11269-2:2002 and MR 2.1.7.2297-07. Biotesting was carried out on the following types of plants: watercress, mustard, wheat, corn, soy, barley. The study of the content of heavy metals (Pb, Cu, Cd, Zn, Ni) was carried out by atomic absorption method with a spectrophotometer of the CAS-120.1 type. The obtained results were processed using traditional statistical methods applying licensed computer programs Microsoft Excel and StatSoft STATISTICA 10.0.1011.0.

Results. The studied sludge does not have a negative effect on the process of germination of watercress, mustard, corn. The level of phytotoxic effect of sludge on the germination of soybeans and barley was within the permissible range and did not exceed 3.33 %. When assessing the vegetative properties of the studied plants, it was found that in the process of growing corn, wheat, barley and soy, the sludge does not have a phytotoxic effect. When the concentration of added sludge changed, the phytotoxic effect on the length of the roots and stems of watercress and mustard was medium (cress) and weak (mustard). The study of the migration of heavy metals present in the growth substrates and their accumulation during the growth and development of plants showed an insignificant content of heavy metals in plants in all the studied samples with different sludge content. The lead content is 1.83 times higher compared to the control samples and 2.13 times higher compared to the samples on "conditionally clean" soil and 14% lower compared to the norms of SRN 42-123-4089-86 "MAC of heavy metals and arsenic in food raw materials and food products".

Conclusions. The assessment of the phytotoxic effect of the sludge obtained in the process of mechanical processing of polymer raw materials has established that it is rational to determine the phytotoxicity of this type of sludge on the germination process and vegetation changes of plants on the most sensitive crops, such as cress and mustard. The mobile forms of lead that migrates from plant substrates and sludge into plants and accumulates in them are determined. Migration of bound forms of heavy metals copper, nickel, cadmium and zinc has not been established.

Keywords: biotest; phytotoxicity; polymer waste; phytotest; toxicity assessment.