

УДК 595.142: 006.83

ХАРЧИШИН В.М., канд. с.-г. наук, МЕЛЬНИЧЕНКО О.М., д-р с.-г. наук,
 ВЕРЕД П.І., ЗЛОЧЕВСЬКИЙ М.В., кандидати с.-г. наук

**ІННОВАЦІЇ У ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМ УТИЛІЗАЦІЇ
 ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ МЕТОДОМ ВЕРМІКУЛЬТИВУВАННЯ**

Розглянуто проблеми утилізації органічних відходів сільськогосподарського виробництва традиційними шляхами та проаналізовано ефективність впровадження біотехнології вермікультивування з метою вирішення практичних завдань тваринництва та проблем, пов'язаних із забрудненням навколишнього природного середовища. Виявлено і обгрунтовано пряму пропорційну залежність між умістом металів-токсикантів у органічних відходах та біомасі вермікультури. Запропоновано інновації під час утилізації органічних відходів методом вермікультивування, які дають змогу зменшити інтенсивність міграції важких металів із органічних відходів у біомасу черв'яків.

Ключові слова: біоконверсія органічних відходів, вермікультура, цеоліти вітчизняних родовищ, екологічно чиста продукція.

Постановка проблеми. Ведення господарства, де відходи одного виробничого циклу є сировиною для подальшого виробництва, називається біоконверсним комплексом. Саме цим перспективним напрямом розвитку сільського господарства сьогодні займаються у провідних країнах світу і найбільше у Німеччині. В Україні біоконверсні технології лише набувають популярності (рис. 1).

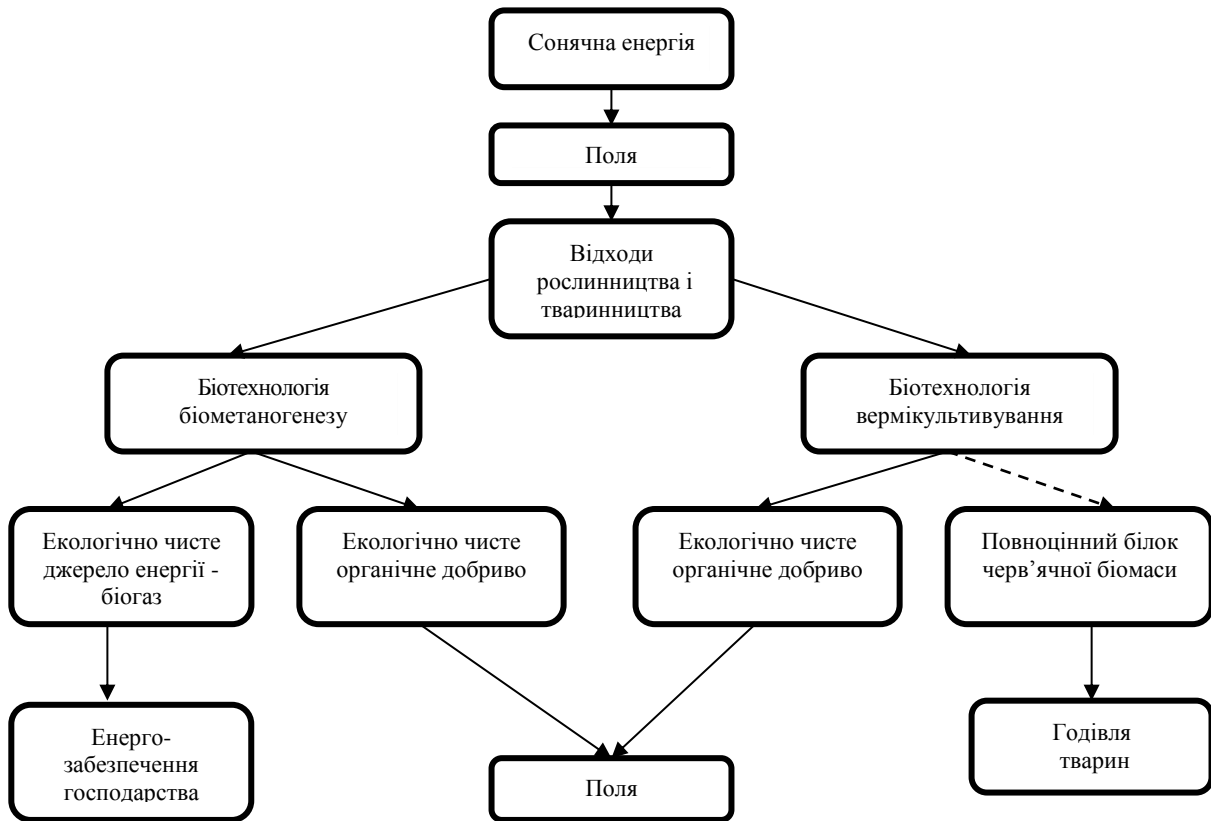


Рис. 1. Ведення господарства на засадах біоконверсійного комплексу.

Застосування новітніх досягнень біотехнології у розширенні кормової бази для сільськогосподарських тварин, птиці та ставкової риби пов'язано передусім зі збільшенням ресурсів повноцінного білка, який необхідний для балансування раціонів [5, 8].

Останніми роками у різних країнах підвищився інтерес до технологій переробки гнойової біомаси та інших органіковмісних відходів за допомогою спеціалізованих дощових черв'яків [1,10].

Інтерес до вермікультури виник у зв'язку із можливістю використання її як джерела повноцінного білка для задоволення потреб приватного птахівництва і тваринництва. Певну роль відіграло зменшення вилову риби та різке підвищення цін на м'ясо-кісткове і рибне борошно [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даними А.М. Ігоніна (1995), в помірному кліматі із одного гектара, засіяного пшеницею, можна отримати 350 кг білка; кукурудзи (зерна) – 390 кг; конюшини – більш як 1000 кг; люцерни – 1500 кг, тимчасом гектар поверхні вермікультиваторів за рік дає змогу отримати до 400 ц борошна із черв'яків з умістом повноцінного білка до 67 % [4].

Тіло черв'яків містить всі амінокислоти, в тому числі критичні: лізин, метіонін, триптофан. За даними різних авторів, у біомасі вермікультури містяться ферменти, вітаміни та мікроелементи, вміст протеїну становить 60–80 %, жиру – близько 9 % та 7–16 % азотистих екстрактивних речовин [2, 6, 7].

Ліпідна фракція черв'ячної біомаси багата на фосфоліпіди. Вона включає C_{27} -стерини, каротиноїди, тригліцериди, насичені жирні кислоти (47–54 %), ненасичені (до 23 %) і полієнові жирні кислоти (до 13 %), які є есенціальними факторами живлення. Ліпіди черв'ячної біомаси містять також фракцію жиророзчинних пігментів, які міцно зв'язані з фосфоліпідами [4].

М.Ф. Повхан із співавторами (1994) відмічає, що із біомаси черв'яків виділяють такі водорозчинні вітаміни: пантотенову кислоту (18,5 мкг/ кг), нікотинову кислоту (156 мкг/ кг), рибофлавін (157 мкг/ кг), піридоксин (6,9 мкг/ кг), біотин (1,1 мкг/ кг), фолієву кислоту (1,6 мкг/ кг), вітамін B_{12} (3,7 мкг/ кг) [2].

Б.Д. Стаднік (1994) зазначає, що за утилізації гною ВРХ шляхом вермікультування знижується концентрація Cs^{137} та K^{40} у біогумусі, але підвищується рівень цих елементів у черв'ячній біомасі. Забруднені важкими металами осади стічних вод не є перешкодою для використання черв'яків як організмів-трансформаторів органічних відходів [3]. Разом з тим, важкі метали можуть накопичуватись в організмі черв'яків, що лімітує їх використання як білкового корму [11].

З огляду на зазначене вище, виникає необхідність пошуку шляхів поліпшення якості черв'ячної біомаси.

Мета роботи – встановити динаміку концентрації Кадмію і Плюмбуму у черв'ячній біомасі залежно від вмісту цеолітів вітчизняних родовищ у живильному середовищі для вермікультури та оптимальні дози внесення цеолітів до субстрату.

Матеріали і методи досліджень. Для вивчення ефективності використання цеоліту Сокирницького родовища Закарпатської області (А) та цеолітовмісного базальтового туфу родовища “Полицьке-ІІ” Рівненської області (В) за оптимізації мінерального складу живильного середовища вермікультури проведено науково-господарський дослід у віварії Білоцерківського національного аграрного університету за схемою наведеною у таблиці 1. Ложа формували за кількістю черв'яків, їхньою масою, площею субстрату і його масою. Дослідному передував підготовчий період, упродовж якого ложа вирівнювали за масою і кількістю черв'яків.

Таблиця 1 – Схема досліду щодо вивчення впливу цеолітів вітчизняних родовищ (А і В) на продуктивність вермікультури і якість одержаної продукції

Групи-ложа	Частка досліджуваного фактора у живильному середовищі
Контрольне	ОС (основний субстрат)
Дослідні: I	ОС з 1,5 % цеоліту А
II	ОС з 3,0 % цеоліту А
III	ОС з 4,5 % цеоліту А
IV	ОС з 6,0 % цеоліту А
V	ОС з 1,5 % цеоліту В
VI	ОС з 3,0 % цеоліту В
VII	ОС з 4,5 % цеоліту В
VIII	ОС з 6,0 % цеоліту В

Мінерали у дослідні ложа додавали залежно від маси субстрату за встановленою схемою. Першу порцію цеолітів, які окрім адсорбційних властивостей, містять низку макро- та мікроелементів [3], вносили у приготовлені ложа і перемішували з живильним середовищем. У

подальшому мінерали додавали разом із підкормкою. У дослідні групи-ложа вносили цеоліт (А) та цеолітовмісний базальтовий туф (В) у дозах 1,5; 3; 4,5 та 6 % від маси субстрату.



Рис. 2. Цех утилізації органічних відходів у Білоцерківському національному аграрному університеті.

Після завершення дослідів з кожного ложа відбирали пробником середні проби (100 см^2) у десяти місцях і у підготовлених зразках визначали вміст Кадмію та Плюмбуму за допомогою атомно-абсорбційної спектрофотометрії на приладі ААС-3.

Основні показники досліджень оброблено біометрично. При цьому вірогідним вважали значення критерію вірогідності за Стьюдентом при трьох порогах – $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$.

Результати досліджень та їх обговорення. Світові ресурси Кадмію (Cd) оцінюються на рівні 20 млн т, а його виробництво становить майже 15 тис. т на рік. Із них щорічно майже 1 млн кг Cd потрапляє в атмосферу, що становить близько 45 % від загального забруднення цим елементом; 52 % становлять забруднення, що надходять внаслідок спалювання та переробки відходів, які містять Кадмій [6].

Біохімічна роль Кадмію полягає у його сильній спорідненості до сульфогідрильних груп (відомі комплекси Cd з металотіонеїноподібними протеїнами), бокових ланцюгів білків та фосфатних груп.

Відомо, що Cd інгібує процеси в мікроорганізмах, які відбуваються за участю ДНК, протидіє симбіозу мікробів і рослин та підвищує схильність рослин до грибкових інвазій. Cd – ефективний і специфічний інгібітор біологічного відновлення NO_2^- до NO .

Фонові рівні Cd (на суху масу рослин) для зерна всіх злаків визначаються в межах від 0,013 до 0,22 мг/кг, у травах – від 0,07 до 0,27 мг/кг, у бобових культурах – від 0,08 до 0,28 мг/кг.

У раціоні тварин кадмій являє собою кумулятивну отруту, а тому його безпечний рівень встановлюють для регіонів, країн, територій на підставі нормативів добового надходження з водою та кормами [6].

Проведені дослідження підтверджують, що природні цеоліти в біотехнології вермікультивування можна використовувати для оптимізації параметрів живильного середовища. Встановлено, що у разі додавання 3 % цеоліту А до субстрату черв'яків спостерігається підвищення маси популяції на 23,3 % ($p < 0,05$) та на 16,5 % ($p < 0,05$) – за умови внесення 4,5 % цеолітовмісного базальтового туфу В порівняно з контрольною групою-ложем [1].

Результати досліджень, наведені у таблиці 2, вказують на те, що у черв'ячній біомасі контрольної групи-ложа концентрація Кадмію становила $0,14 \pm 0,021$ мг/кг сухої речовини. Разом із тим встановлено, що у разі додавання цеолітів як А, так і В концентрація цього елемента змінюється.

Таблиця 2 – Вміст Кадмію та Плюмбуму у черв'ячній біомасі, мг/кг сухої речовини, $M \pm m$, $n=5$

Групи-ложа	Вміст металів, мг/кг сухої речовини	
	Плюмбум	Кадмій
Контрольна	0,27±0,048	0,14±0,021
Дослідні: I	0,28±0,046	0,14±0,022
II	0,26±0,019	0,12±0,011
III	0,26±0,049	0,13±0,016
IV	0,12±0,011*	0,14±0,015
V	0,25±0,024	0,13±0,011
VI	0,21±0,030	0,11±0,013
VII	0,18±0,023	0,10±0,008
VIII	0,16±0,024*	0,11±0,009

Примітка: різниця вірогідна * – $p < 0,05$

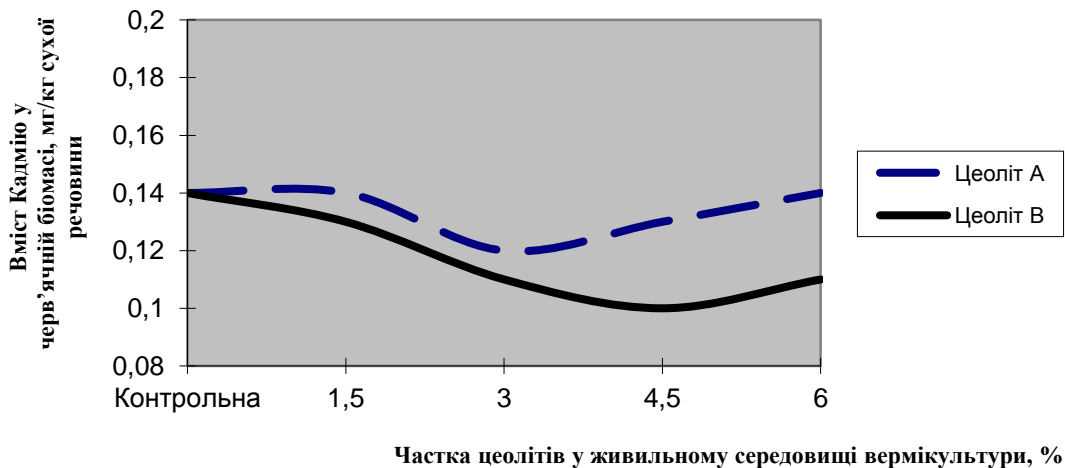


Рис. 3. Динаміка вмісту Кадмію у черв'ячній біомасі залежно від кількості внесених природних цеолітів у живильне середовище

Результати наших досліджень узгоджуються із літературними даними про те, що природні мінерали, завдяки своїм адсорбційним властивостям, здатні зв'язувати Кадмій (переводити із рухомої форми у важкорухому), що дає змогу поліпшити якість одержаної продукції [2].

З іншого боку, введення цеоліту до складу живильного середовища вермікультури уможливило оптимізацію рН середовища, адже відомо, що за $pH > 7,5$ Cd стає нерухомим, і найбільшу рухомість Кадмій виявляє в кислому середовищі в інтервалі рН 4,5–5,5 [4].

Біохімічну роль Плюмбуму (Pb) в організмах людини і тварин недостатньо вивчено. Потрапляючи в організм з водою та харчовими продуктами, Pb та його сполуки спричиняють недокрів'я, гепатит і параліч [4].

Уміст Pb у їстівних частинах рослин, які вирощено на незабруднених ґрунтах, становить 0,001–0,08 мг/кг сирої маси, 0,05–3,0 мг/кг сухої маси, 2,7–94 мг/кг золи; у зерні злакових – 0,01–2,28 мг/кг сухої речовини; у травах – 2,1–2,5 мг/кг сухої речовини. Однак, у зонах техногенних забруднень рослини можуть накопичувати Плюмбум в небезпечно токсичних кількостях: листки салату, шпинату – 45–1506, бульби картоплі – 100–425, трава – 63–2714, листя чорниці – 141–874 мг/кг сухої речовини [4].

На рисунку 4 показано, що введення до субстрату вермікультури цеоліту А призводить до зниження вмісту Плюмбуму в черв'ячній біомасі на 3,7–55,5 %, та на 8,2–40,7 % відповідно при введенні цеоліту В. Зокрема, із одержаних даних випливає, що у групі-ложі, де виявлено найвищу продуктивність вермікультури при додаванні цеоліту А концентрація Плюмбуму була на 3,7 %, а цеоліту В – на 33,3 % відповідно нижчою порівняно із вмістом цього елемента у черв'ячній біомасі із контрольної групи-ложа.

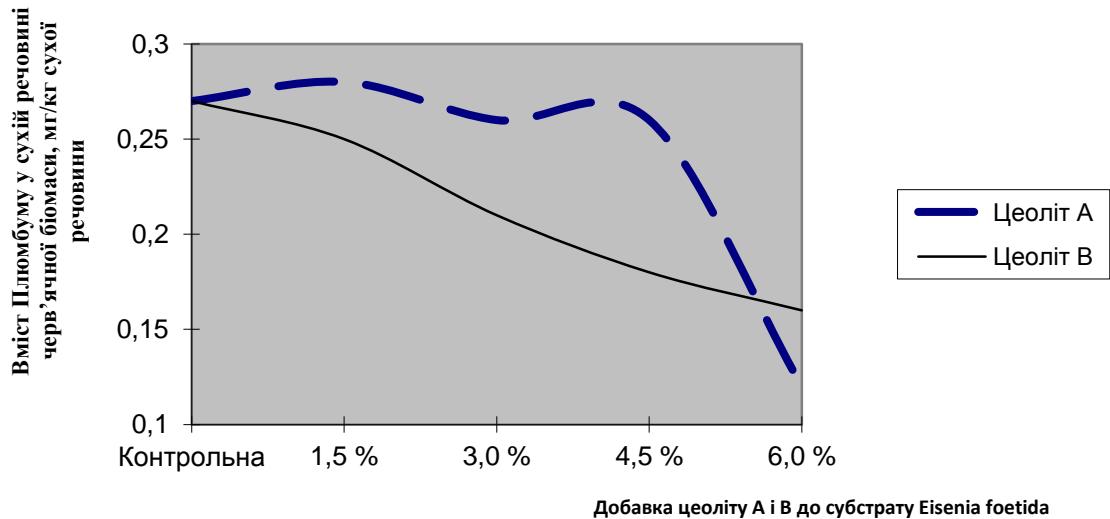


Рис. 4. Динаміка вмісту Плиумбу у черв'ячній біомасі залежно від кількості внесених природних цеолітів у живильне середовище.

Отже, результати експериментальних досліджень вказують на те, що додавання цеолітів А і В до органічних відходів під час одержання повноцінного білка на кормові цілі дає змогу знизити у черв'ячній біомасі концентрацію металів-токсикантів (Cd і Pb).

Висновки та перспективи подальших досліджень. 1. Експериментальними дослідженнями встановлено, що цеоліт Сокирницького родовища Закарпатської області та цеолітовмісний базальтовий туф родовища „Полицьке-П” Рівненської області є мінералами, які в оптимальних концентраціях впливають на реалізацію генетичного потенціалу *Eisenia foetida*, а з іншого боку, є засобами, що знижують вміст Кадмію і Плиумбу у черв'ячній біомасі.

2. Введення цеоліту Сокирницького родовища часткою 3,0 % у живильне середовище вермікультури зменшує надходження металів-токсикантів до червоної біомаси: Кадмію – на 7,5, Плиумбу – на 3,7 % відповідно.

3. Введення цеолітовмісного базальтового туфу родовища „Полицьке-П” до субстрату гібрида червоних каліфорнійських черв'яків часткою 4,5 % дає змогу знизити вміст у черв'ячній біомасі Кадмію – на 28,6 та Плиумбу – на 33,3 %.

З урахуванням поживності та якості черв'ячної біомаси, одержаної під час утилізації органічних відходів сільськогосподарського виробництва із використанням природних цеолітів, перспективним напрямом досліджень є вивчення ефективності згодовування її у раціонах птиці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Декларацийний патент України на корисну модель 9905 UA, МПК 7 A01K67/033. Склад живильного середовища для гібрида червоних каліфорнійських черв'яків / В.Г. Герасименко, В.М. Харчишин. – № u 2005 03790; заявл. 21.04.2005; опубл. 17.10.2005, Бюл. № 10.
2. Повхан М.Ф. Вермікультура: производство и использование / М.Ф. Повхан, И.А. Мельник, В.А. Андриенко. – К.: УкрІНТЭИ, 1994. – 128 с.
3. Стадник Б.Г. Вермікультивирование – многоцелевое рентабельное производство // Химия в сел. хоз-ве. – 1997. – № 5. – С. 39–40.
4. Игонин А.М. Как повысить плодородие почвы в десятки раз с помощью дождевых червей / А.М. Игонин. – М., 1995. – 88 с.
5. Kale R.D. The Role of Earthworms and Research on Vermiculture in India / R.D. Kale // Vermitechnologies for Developing Countries, Proceedings of the International Symposium on Vermi Technologies for Developing Countries, Philippines. – 2005. – P. 66–88.
6. Munroe G. Manual of on-Farm Vermicomposting and Vermiculture / G. Munroe // Organic Agriculture Centre of Canada. – 2007. – P. 39.
7. Pathogen Die-Off in Vermicomposting Process / [Bajsa O., Nair J., Mathew K., Ho G.E.] // Paper Presented at the International Conference on Small Water and Wastewater Treatment Systems, Perth. – 2004. – P. 102–106.
8. Sinha R.K. Earthworms: The Miracle of Nature (Charles Darwin's 'Unheralded Soldiers of Mankind and Farmer's Friends') / R.K. Sinha // The Environmentalist. – 2009. – Vol. 29, № 4. – P. 339–340.

9. Chandran V. Vermifiltration of Fruit Juice Processing Wastewater from in Brisbane / V. Chandran, B. Soni // 40 CP Vermiculture Project, School of Engineering (Environment), Griffith University, Nathan Campus, Brisbane, Australia. – 2010. – P. 17–20.

10. Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management / [Edwards C., Norman Q., Arancon N. et al.] // Boca Raton, FL, U.S.A: CRC Press Taylor and Francis. – 2010. – 601 p.

11. Morgan J.E. Seasonal changes in the tissue metal (Cd, Zn and Pb) concentration in two ecophysiologicaly dissimilar earthworm species, pollution monitoring implication / J.E. Morgan & A.J. Morgan // Environmental Pollution. – 2012. – Vol. 82. – P. 1–7.

Иновации в решении проблем утилизации органических отходов методом вермикюльтивирования

В.Н. Харчишин, А.Н. Мельниченко, П.И. Веред, М.В. Злочевский

Рассмотрены проблемы утилизации органических отходов сельскохозяйственного производства традиционными путями, а также проанализировано эффективность внедрения биотехнологии вермикюльтивирования с целью решения практических задач животноводства и проблем, связанных с загрязнением окружающей среды. Обнаружена и обоснована прямая пропорциональная зависимость между содержанием металлов-токсикантов в органических отходах и биомассе вермикюльтуры. Предложены иновации при утилизации органических отходов методом вермикюльтивирования, которые позволяют уменьшить интенсивность миграции тяжелых металлов из органических отходов в биомассу красного калифорнийского гибрида.

Ключевые слова: биоконверсия органических отходов, вермикюльтура, цеолит отечественных месторождений, экологически чистая продукция.

Надійшла 29.10.2013.