

## **БІОХІМІЧНИЙ ТА ХІМІЧНИЙ СКЛАД БІОМАСИ ВЕРМИКУЛЬТУРИ, ВИРОЩЕНОЇ НА ПОСЛІДІ ПТИЦІ, ФЕРМЕНТОВАНОГО ПРИСКОРЕНИМ МЕТОДОМ**

*I. С. Осіпенко, аспірант  
С. В. Мерзлов, д-р с.-г. наук, професор*

Білоцерківський національний аграрний університет  
Соборна площа, 8/1, м. Біла Церква, 09117, Україна  
[innaosipenko1987@gmail.com](mailto:innaosipenko1987@gmail.com)

*Інтенсивне нагодування поголів'я м'ясної птиці, безпосередньо курчат-бройлерів, як в нашій державі, так і в більшості країн світу супроводжується нагромадженням великої кількості відходів (посліду із підстилкою) даної технології на обмежених територіях. За даними ряду дослідників утилізація цієї біомаси має проходити із врахуванням екологічних вимог і викликів. Таким вимогам відповідає утилізація посліду птиці шляхом вермикультивування (вирощування черв'яків). Перспективним є підготовка посліду курчат-бройлерів із підстилкою для використання його у складі субстрату для вермикультури шляхом компостування за участі біодеструкторів (мікробіологічних препаратів). Проте, не вивченим залишається питання впливу посліду птиці у складі субстрату, ферментованого за допомогою біодеструктора БТУ-ЦЕНТР, на хімічний склад біомаси вермикультури. Матеріалом для вивчення була біомаса черв'яків, вирощена на субстраті із вмістом посліду бройлерів, ферментованого різними дозами біодеструктора. У контрольній групі біомаса вермикультури була вирощена на субстраті, до складу якого входило 92,0 % за масою посліду курчат-бройлерів із підстилкою ферментованого 540 діб без використання біодеструктора і 8,0 % пшеничної соломи. У I, II та III дослідній групі черв'яків вирощували на субстраті, до складу якого входило 92,0 % за масою посліду курчат-бройлерів із підстилкою ферментованого продовж 180 діб за використання біодеструктора БТУ-ЦЕНТР, відповідно, у кількості 3,75, 7,5 та 11,25 см<sup>3</sup>/т і 8,0 % соломи пшениці. У біомасі вермикультури визначали вміст загального білка, ліпідів, золи, Цинку, Феруму, Купруму, Плюмбуму та Кадмію. Доведено, що у біомасі вермикультури, вирощеної на посліді курчат-бройлерів, ферментованого низькою дозою біодеструктора вміст загального білка майже не змінюється. У біомасі черв'яків одержаних на субстраті із вмістом посліду бройлерів ферментованих біодеструктором у кількості 11,25 см<sup>3</sup>/т вміст загального білка збільшується на 2,1 % відносно контролю. Встановлено статистично значуще підвищення вмісту ліпідів у біомасі вермикультури вирощеної на субстраті, який містив послід бройлерів ферментований найбільшою дозою біодеструктора (III дослідна група). Різниця із контролем становила 6,7 %. Доведено закономірність, що чим більше для ферментування посліду птиці застосовували біодеструктора, тим у вирощеній на ньому біомасі вермикультури виявлено більший вміст загальної золи, порівнюючи між I, II та III дослідними групами. Найбільший вміст золи виявлено у контролі. Різниця із дослідними групами становила, відповідно, 18,1, 12,1 та 6,0 %. Застосовуючи субстрат із вмістом посліду ферментованого біодеструктором у дозах 7,5 та 11,25 см<sup>3</sup>/т вміст Феруму у біомасі вермикультури був меншим, ніж у контролі, відповідно, на 1,95 та 0,76 %. Найбільший вміст Купруму та Цинку виявлено у біомасі черв'яків із контрольної групи. У біомасі вермикультури вирощеної на субстраті із вмістом посліду ферментованого біодеструктором у дозі 11,25 см<sup>3</sup>/т вміст Купруму та Цинку був меншим, ніж у контролі, відповідно, на 2,5 та 0,9 %. Встановлено, що вміст Плюмбуму та*

*Кадмію не перевищував гранично допустимої норми за вирощування вермикюльтури на субстраті із вмістом посліду курчат-бройлерів ферментованого біодеструктором.*

**Ключові слова:** ЗАГАЛЬНИЙ БЛОК, ЛІПІДИ, ЗОЛА, ФЕРУМ, ЦИНК, КУПРУМ, МЕТАЛИ-БІОТИКИ, МЕТАЛИ-ТОКСИКАНТИ.

## **BIOCHEMICAL AND CHEMICAL COMPOSITION OF VERMICULTURE BIOMASS GROWN ON POULTRY LITTER FERMENTED BY THE ACCELERATED METHOD**

*I. S. Osipenko, S. V. Merzlov*

Bila Tserkva National Agrarian University  
8/1, Soborna Square, Bila Tserkva, 09117, Ukraine  
[innaosipenko1987@gmail.com](mailto:innaosipenko1987@gmail.com)

The intensive increase in the number of meat poultry, directly broiler chickens both in our country and in the most countries of the world, is accompanied by the accumulation of a large amount of waste (droppings with litter) of this technology in limited areas. According to a number of researchers, the utilization of this biomass must take into account environmental requirements and challenges. These requirements are met by the utilization of poultry droppings by means of vermiculture (growing worms). It is promising to prepare the droppings of broiler chickens with bedding for its use as a substrate for vermiculture by composting with the participation of biodestructors (microbiological preparations). However, the problem of the influence of poultry droppings in the composition of the substrate fermented with the help of biodestructor BTU-CENTER on the chemical composition of vermiculture biomass remains unstudied. The material for study was the biomass of worms grown on a substrate containing broiler droppings fermented with various doses of a biodestructor. In the control group, vermiculture biomass was grown on a substrate that included 92.0% by weight of broiler chicken droppings with litter fermented for 540 days without the use of a biodestructor and 8.0% wheat straw. In the 1st, 2nd, and 3rd experimental groups, worms were grown on a substrate consisting of 92.0% by mass of broiler chicken droppings with fermented litter for 180 days using the BTU-CENTER biodestructor, respectively, in the amount of 3.75, 7.5 and 11.25 cm<sup>3</sup>/t and 8.0% wheat straw. The content of total protein, lipids, ash, zinc, ferrum, copper, lead and cadmium was determined in vermiculture biomass. It has been proven that the content of total protein in vermiculture biomass grown on broiler chicken droppings fermented with a low dose of biodestructor almost does not change. In the biomass of worms obtained on a substrate with the content of broiler droppings fermented with a biodestructor in the amount of 11.25 cm<sup>3</sup>/t, the total protein content increases by 2.1% compared to the control one. A statistically significant increase in the content of lipids in the biomass of vermiculture grown on a substrate containing broiler droppings fermented with the highest dose of biodestructor (experimental group III) was established. The difference with the control group was 6.7%. It was proven that the more biodestructor was used for fermentation of poultry droppings, the higher the content of total ash was found in the vermiculture biomass grown on it, comparing the I, II and III research groups. The highest ash content was found in the control one. The difference with the experimental groups was 18.1, 12.1 and 6.0%, respectively. Using the substrate with the content of manure fermented with a biodestructor in doses of 7.5 and 11.25 cm<sup>3</sup>/t, the content of ferrum in the vermiculture biomass was lower than in the control group by 1.95 and 0.76%, respectively. The highest content of copper and zinc was found in the biomass of worms from the control group. In the biomass of vermiculture grown on a substrate with manure fermented with a biodestructor at a dose of 11.25 cm<sup>3</sup>/t, the content of copper and zinc was lower than in the control group by 2.5 and 0.9%, respectively. It was established that the content of lead and cadmium did not exceed the maximum allowable norm for growing vermiculture on a substrate containing broiler chicken droppings fermented with a biodestructor.

**Keywords:** TOTAL PROTEIN, LIPIDS, ASH, FERRUM, ZINC, CUPRUM, BIOTIC METALS, TOXICANT METALS.

Ефективним із господарсько-екологічної точки зору способом утилізації посліду птиці є вирощування на ньому біомаси черв'яків (Nasiru et al., 2013; Vovkohon & Merzlov, 2014; Zhang et al., 2016). Найчастіше для технології вермикультивування на території України застосовують гібрид червоних каліфорнійських черв'яків та різні раси гнойових черв'яків. Біологічні особливості черв'яків дозволяють швидко розмножуватись. Із 90-добового віку черв'яки (за оптимальних умов) спаровуються через кожні 14-17 діб. Кожна особина формує кокон із якого через 14-25 діб утворюється по 7-18 молодих черв'яків. Гібрид червоних каліфорнійських черв'яків стійкий до інфекційних захворювань (Leet & Volz 2013; Vovkohon & Merzlov, 2014).

Поживним середовищем для вирощування черв'яків є різноманітні органічні відходи рослинного та тваринного походження (гній сільськогосподарських та домашніх тварин, послід птиці, зіпсовані корми рослинного походження), побутові відходи (харчові, папір, картон), тирса і стружка нехвойних порід дерев (Ismayana et al., 2012; Karak et al., 2014).

Під час процесу вермикомпостування на органічні відходи діють ензими черв'яків та мікроорганізмів, які є в субстраті і шлунково-кишковому каналі вермикультури внаслідок чого утворюється біогумус. Біогумус є ефективним, екологічно-привабливим органічним добривом для рослин. Із біогумусом у ґрунт потрапляють фульвокислоти, поліцукри, гумінові кислоти, нітрогеновмісні сполуки, корисна мікрофлора. Саме перебування черв'яків у ґрунті сприяє пришвидшенню мінералізації органічних решток, розпушуванню і аерації (Coyne et al., 2010; Li et al., 2010; Sinha et al., 2010; Yadav et al., 2014).

За переробки тонни субстрату можливо отримати від 35 до 75 кг біомаси вермикультури. Хімічний склад біомаси черв'яків дозволяє використовувати її як білково-вітамінну кормову добавку до раціонів тварин, птиці та риби, а також як сировину для фармацевтичної промисловості.

У тілі черв'яків міститься від 58,0 до 74,3 % загального білка із перерахунку на суху речовину, від 5,5 до 15,5 % ліпідів та від 2,5 до 14,5 % вуглеводів. Білок біомаси вермикультури є білком тваринного походження і містить значну кількість незамінних амінокислот, які обов'язково мають міститись у раціонах тварин. За деякими незамінними амінокислотами борошно виготовлене із черв'яків переважає показники борошна із рибопродуктів або борошна із цільної крові. Біомаса вермикультури містить значну концентрацію жиророзчинних і водорозчинних вітамінів (Natti, 2013; Dynes, 2013).

Для вирощування вермикультури свіжий (неферментований) гній сільськогосподарських тварин та послід птиці не є придатним, оскільки за великого вмісту у ньому аміаку черв'яки швидко із нього тікають або у ньому гинуть. Перед використанням гнойової біомаси для вирощування черв'яків її компостують. Найдовший період компостування традиційним методом триває під час підготовки посліду птиці. Компостування посліду птиці може тривати до 20 місяців. Компостування за використання різних біодеструкторів (мікробіологічний препарат) скорочується у часі у 1.5-2,5 рази (Blazy et al., 2014; Merzlov et al., 2022).

В умовах дослідного господарства Білоцерківського національного аграрного університету проведено ферментування посліду курчат-бройлерів із підстилкою (тирса нехвойних дерев) за використання різних доз біодеструктора БТУ-ЦЕНТР і вирощено на цьому посліді біомасу вермикультури. В доступній літературі мало зустрічається інформації щодо показників хімічного складу вермикультури, вирощеної на середовищах, які складаються із посліду птиці, який компостували із використанням біодеструктора.

Мета досліджень – встановлення хімічних та біохімічних показників складу біомаси черв'яків, як кормової добавки, вирощеної на субстраті, який містить послід курчат-бройлерів, ферментований прискореним методом із використанням різних доз біодеструктора

**Матеріали і методи.** Біохімічні та хімічні показники досліджували у біомасі вермикультури, яку одержали на субстраті із вмістом посліду курчат-бройлерів, компостованого за різних умов. Послід птиці містив підстилку нехвойних дерев. У контролі черв'яків вирощували на субстраті, який складався на 92,0 % із ферментованого продовж 540 діб посліду бройлерів та із 8,0 % (за масою) соломи пшениці. У I дослідній групі вермикультуру вирощували на субстраті, який містив 92,0 % посліду птиці, ферментованого продовж 180 діб за участі біодеструктора БТУ-ЦЕНТР у кількості 3,75 см<sup>3</sup>/т та 8,0 % соломи пшениці. У II дослідній групі біомаса черв'яків була одержана на субстраті, де 92,0 % його маси було представлено компостованим послідом курчат бройлерів із вмістом біодеструктора БТУ ЦЕНТР у кількості 7,5 см<sup>3</sup>/т продовж 180 діб та 8,0 % соломи пшениці. Біомасу вермикультури в III дослідній групі виростили на субстраті аналогічному, що у I і II дослідній групі, за винятком того, що послід бройлерів ферментували 180 діб із внесенням у останній біодеструктора БТУ-ЦЕНТР у кількості 11,25 см<sup>3</sup>/т.

Для хімічного дослідження застосовували біомасу статевозрілих черв'яків, середня маса яких була на рівні 0,74±0,03 г.

Перед проведенням біохімічних і хімічних досліджень в біомасі черв'яків, останніх зовні очищали від субстрату, ретельно обмивали технічною та дистильованою водою і переносили у ексікатори, заповнені подрібненими, зволженими часточками фільтрувального паперу на 36 годин для очищення шлунково-кишкового каналу від вмістимого.

Вміст білка у біомасі вермикультури досліджували методом О. Lowry. Дослідження проводили у гомогенаті черв'яків (Lowry et al., 1951). Вміст жиру у біомасі вермикультури визначали згідно із ДСТУ ISO 1443:2005. Вміст загальної золи визначали згідно із ДСТУ ISO 936:2008.

Уміст Феруму, Купруму, Цинку, Кадмію і Плюмбуму у біомасі вермикультури визначали за методом атомно-абсорбційної спектроскопії (ISO 15586:2003). Отримані результати досліджень опрацьовували, застосовуючи стандартні методи варіаційної статистики за використання програми Statistica.

**Результати й обговорення.** У контрольній групі вміст загального білка у біомасі черв'яків був на рівні 650 г/кг сухої речовини. За вирощування вермикультури на субстраті із вмістом посліду, ферментованого за використання біодеструктора БТУ-ЦЕНТР у кількості 3,75 см<sup>3</sup>/т, вміст білка майже не змінився. Різниця із контролем становила лише 1,07 %. Встановлено, що із збільшенням дози біодеструктора під час ферментації посліду бройлерів кількість білка в біомасі вермикультури зростає. У II дослідній групі вміст білка був більшим на 1,5 % відносно контролю. У біомасі черв'яків із III дослідної групи підвищення вмісту білка не мало статистичної значущості. Відхилення від контролю було в межах 2,1 % (рис. 1).

Поясненням виникнення тенденції щодо підвищення вмісту загального білка може бути те, що субстрат із II та III дослідної групи містить оптимальну кількість амінокислот у доступній для вермикультури формі. Крім того, цей субстрат є оптимальним поживним середовищем для розмноження у ньому синбіотичної, по відношенню до черв'яків, мікрофлори, здатної сприяти підвищенню засвоєння Нітрогену вермикультурою із поживного середовища.

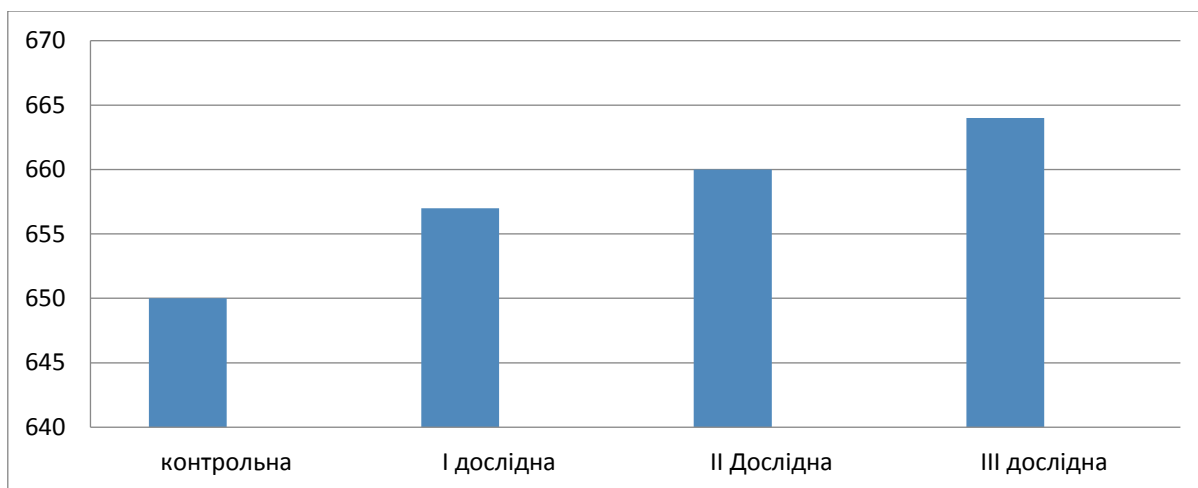


Рис. 1. Вміст білка у біомасі вермикультури, г/кг сухої речовини

Застосування посліду курчат-бройлерів у субстраті із I дослідної групи не мало впливу на підвищення вмісту ліпідів у організмі черв'яків, яких вирощували на цьому середовищі. За використання субстрату, який містив послід птиці ферментований за найбільшої дози біодеструктора (III дослідна група) встановлено зростання вмісту ліпідів у біомасі вермикультури відносно контролю. Різниця мала статистичну значущість ( $p < 0,05$ ) і становила 6,7 % (рис. 2).

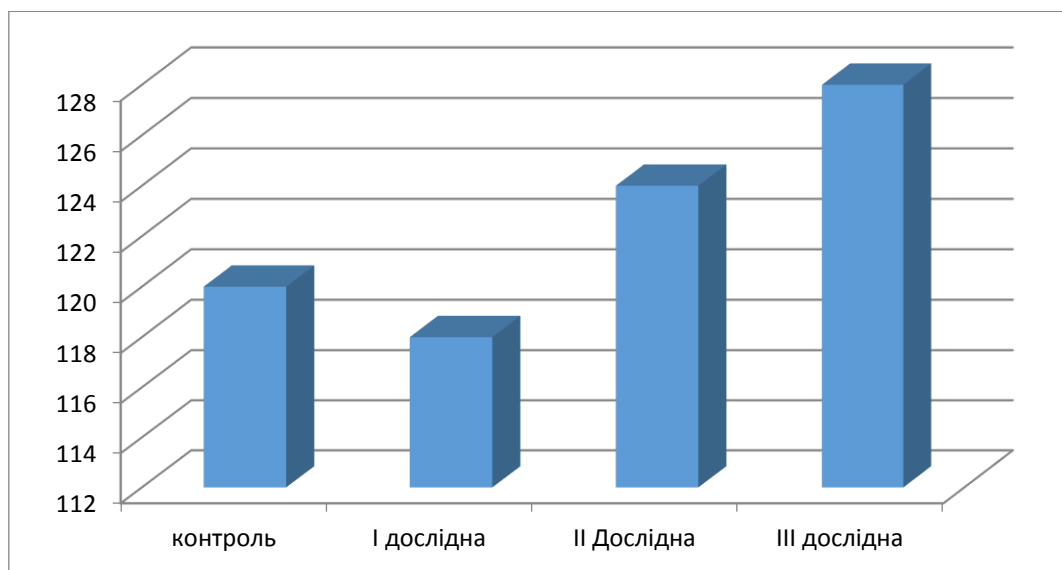


Рис. 2. Вміст ліпідів у біомасі вермикультури, г/кг сухої речовини

Статистично значуще підвищення вмісту ліпідів у біомасі вермикультури вирощеної на субстраті із вмістом посліду ферментованого за участі біодеструктора у дозі  $11,25 \text{ см}^3/\text{т}$  можливо обґрунтувати максимально оптимальним вмістом карбонових кислот у поживному середовищі на якому вирощували черв'яків.

Досліджуючи вміст золи, встановлено закономірність, що чим інтенсивніше пройшла мінералізація посліду у субстраті, тим був вищим вміст золи у вермикультурі. У контролі вміст золи становив 33 г/кг сухої речовини. У біомасі черв'яків із I дослідної групи вміст золи був найменшим. Різниця із контролем становила 18,1 % ( $p < 0,05$ ). Вирощування вермикультури на субстраті із вмістом посліду, який ферментували біодеструктором БТУ-ЦЕНТР у кількості  $7,5 \text{ см}^3/\text{т}$ , сприяє зниженню вмісту золи у біомасі черв'яків на 12,1 % ( $p < 0,05$ ). У III дослідній групі вміст золи у біомасі черв'яків був меншим, ніж у контролі на 6,0 % (рис 3).

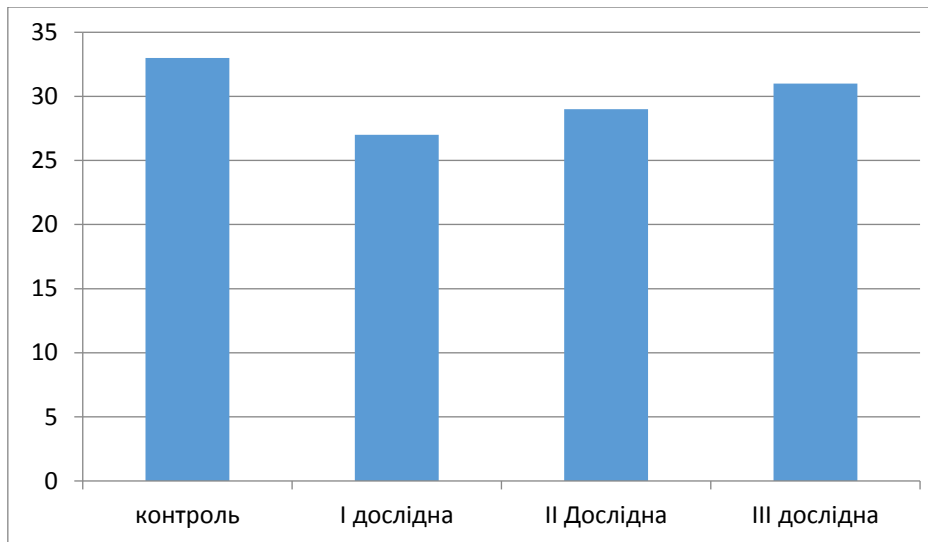


Рис. 3. Вміст золи у біомасі вермикюльтури, г/кг сухої речовини

Досліджуючи мікроелементи, було встановлено, що вміст Феруму у біомасі вермикюльтури із контрольної групи становив 902,1 мг/кг сухої речовини. Найменший вміст металу-біотику виявлено у біомасі черв'яків із I дослідної групи. Різниця із контролем становила 2,7 % і була в межах тенденції (табл.).

Таблиця

**Вміст мікроелементів у біомасі черв'яків, мг/кг сухої речовини**

Групи	Метали-біотики		
	Ферум	Купрум	Цинк
Контрольна	902,1±16,84	8,1±0,35	80,1±2,31
I дослідна	877,3±21,13	7,4±0,29	77,9±1,85
II дослідна	884,5±24,76	7,7±0,54	78,5±3,55
III дослідна	895,2±25,55	7,9±0,24	79,4±4,87

Використовуючи субстрат із вмістом посліду, ферментованого високими дозами біодеструктора (II та III дослідна група), вміст Феруму у черв'яках був меншим, ніж у контролі, відповідно, на 1,95 та 0,76 %.

Вивчаючи вміст Купруму у біомасі вермикюльтури виявлено, що найбільший вміст цього металу був у контролі. У біомасі черв'яків із I дослідної групи вміст металу був меншим, ніж у контролі на 8,6 %. Збільшення вмісту Купруму у біомасі вермикюльтури із II та III дослідних групах відносно I дослідної групи свідчить про кращу його трансформацію із субстрату за рахунок більшої мінералізації посліду курчат-бройлерів.

Вміст Цинку у біомасі вермикюльтури, аналогічно як і інші метали-біотики, був найбільшим у контрольній групі. Зменшення цього мікроелемента у дослідних групах залежало від складу субстрату на якому вирощували черв'яків. Чим більше використовували біодеструктора БТУ-ЦЕНТР для ферментації посліду бройлерів, який додавали до субстрату, тим вміст Цинку був вищим.

Вивчали також у біомасі вермикюльтури і вміст металів-токсикантів. Доведено, що вміст Плюмбуму та Кадмію не перевищував гранично допустимої норми за вирощування черв'яків на субстраті із вмістом посліду курчат-бройлерів (рис. 4).

Уміст Кадмію у біомасі вермикюльтури із контрольної групи був на рівні 0,05 мг/кг сухої речовини. Найменший вміст металу-токсиканту виявлено у біомасі черв'яків із I дослідної групи. Різниця із контролем не мала статистичної значущості. Вміст Кадмію у біомасі вермикюльтури із II дослідної групи був меншим, ніж у контролі на 10,0 %. Вміст

металу-токсиканту у III дослідній групі був вищим, ніж у I та II дослідній групі, відповідно, на 17,0 та 6,7 %.

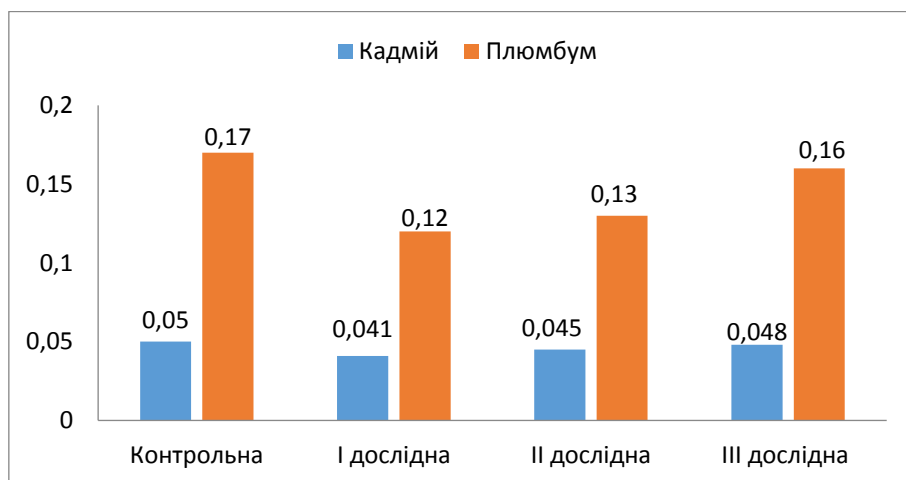


Рис. 4. Вміст металів-токсикантів у біомасі вермикультури, мг /кг сухої речовини

Таким чином, доведено, що біомаса вермикультури, вирощеної на субстраті із вмістом посліду курчат-бройлерів, ферментованого за участі біодеструктора БТУ-ЦЕНТР, накопичує менше металів-токсикантів, що робить її більш цінною кормовою добавкою для сільськогосподарських тварин та птиці.

## ВИСНОВКИ

1. За вирощування вермикультури на субстраті із вмістом посліду курчат-бройлерів, ферментованого біодеструктором БТУ-ЦЕНТР у кількості 11,25 см<sup>3</sup>/т у біомасі черв'яків, синтезується більша кількість поживних речовин у перерахунку на суху речовину. Вміст загального білка та ліпідів зростає, відповідно, на 2,1 та 6,7 % ( $p < 0,05$ ).

2. У біомасі вермикультури, вирощеної на субстраті із вмістом посліду курчат-бройлерів, ферментованого біодеструктором БТУ-ЦЕНТР у кількості 11,25 см<sup>3</sup>/т, знижується вміст золи та металів-токсикантів (Плюмбуму, Кадмію), відповідно, на 6,0; 5,88 та 4,0 %.

**Перспективи досліджень.** Науково-практичний інтерес представляють подальші дослідження встановлення ефективності згодовування біомаси вермикультури, вирощеної на субстраті із вмістом посліду птиці, ферментованого за участі біодеструктора у складі комбікормів курчат-бройлерів.

## References

Blazy, V., Guardia de A., Benoist J.C., Daumoin M., Lemasl D M., Wolbert, Barrington S. (2014). Process condition influence on pig slaughter house compost quality under forced aeration. *Waste Biomass Valor.* 5, 451-468

Coyne, K., Knutzen, E. (2010). *The Urban Homestead: Your Guide to Self-Sufficient Living in the Heart of the City.* Port Townsend: Process Self Reliance series. 337.

DSTU ISO 1443:2005 M'aso ta m'iasni produkty. Metod vyznachennia zahalnoho vmistu zhyru (ISO 1443:1973, IDT) vid 2 hrudnia 2005 r. № 345 z 2007-04-01 [in Ukrainian]

DSTU ISO 936:2008 M'aso ta miasni produkty. Metod vyznachennia masovoi chastky zahalnoi zoly (ISO 936:1998, IDT) vid 16 kvitnia 2008 r. № 126 z 2010-01-01 [in Ukrainian].

Dynes, R.A. (2003). Earthworms; Technology Info to Enable the Development of Earthworm Production; Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC), Govt. of Australia, Canberra, ACT. <http://hdl.handle.net/102.100.100/190414?index=1>

Hatti Shankerappa S. (2013). Chemical composition like protein, lipid and glycogen of local three species of earthworms of Gulbarga city, Karnataka- India. *International Journal of Advancements in Research & Technology*. 2(7). 73-97.

Ismayana, A., Indrasti N.S., Suprihatin, Maddu A., Fredy A. (2012). Faktor rasio C/N awal dan laju aerasi pada proses co-composting bagasse dan blotong (Factor of initial C/N ratio and aeration rate in co-composting process of bagasse and filter cake). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 22(3). 173-179.

ISO 15586:2003, Water quality - Determination of trace elements using atomic absorption spectrometry with graphite furnace.

Karak, T., Sonar, I., Paul, R.K., Das, S., Boruah, R.K., Dutta, A.K., & Das, D.K. (2014). Composting of cow dung and crop residues using termite mounds as bulking agent. *Bioresource technology*, 169, 731–741. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.06.110>.

Leet, JK, Volz, DC. (2013). Improving waste management strategies for small livestock farms. *Environ Sci Technol*. 47(21). 11940-11941. doi:10.1021/es404078b.

Li, K., Li, P. and Li, H. (2010). Earthworms helping economy, improving ecology and protecting health, *Int. J. Global Environmental Issues*. 10(3). 354-365. doi:10.1504/ijgenvi.2010.037276.

Lowry, O.H., Rosenbrough, N.I. Farr, A.L. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem*. 193. 265–315.

Merzlov, S.V., Osipenko, I.S., Merzlova, H.V. (2022). Vyroshchuvannia cherviakov na substrati z vmistom poslidu ptytsi fermentovanoho za uchasti biodestruktoriv. *Zbirnyk naukovykh prats «Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnystvva»*. 2. 51–57. doi: 10.33245/2310-9289-2022-175-2-51-57 [in Ukrainian].

Nasiru, A., Ismail, N., Ibrahim, M.H. (2013). Vermicomposting: Tool for Sustainable Ruminant Manure Management. *Journal of Waste Management*. 7(1), dx.doi.org 10.1155/2013/732759.

Sinha, R., Valani, D., Chauhan, K.A., Agarwa, I S. (2010). Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture biotechnology using earthworms: Reviving the dreams of Sir Charles Darwin. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*. 2(7). 113-128.

Vovkohon, A.H. & Merzlov S.V. (2014). Vplyv riznykh dzherel ta doz Yodu na naroshchuvannia biomasy hibryda chervonykh kaliforniiskykh cherviakov. *Seriia: Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnystvva. Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy..* 202. 63–67 [in Ukrainian].

Yadav, S. K., Miah F., Makin A. A., Khan Z. K. (2014). Small-Scale Compost Production through vermiculture Biotechnology. *International Journal of Research in Agriculture and Forestry*. 1(2). 7-12.

Zhang, H., Li, G., Gu, J., Wang, G., Li, Y., Zhang, D. (2016). Influence of aeration on volatile sulfur compounds (VSCs) and NH<sub>3</sub> emissions during aerobic composting of kitchen waste. *Waste Manag*. 58. 369-375. doi:10.1016/j.wasman.2016.08.022.