

## ВМІСТ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ФЕРМЕНТОВАНОМУ СИЛОСІ КУКУРУДЗИ І СІНАЖІ ЛЮЦЕРНИ

Л. В. Мітіогло, канд. с.-г. наук,  
С. В. Мерзлов, д-р с.-г. наук,  
Г. В. Мерзлова, канд. с.-г. наук,  
С. П. Бабенко, канд. с.-г. наук

Білоцерківський національний аграрний університет  
Соборна площа 8/1, Біла Церква, 09117, Україна  
[merzlovagv@ukr.net](mailto:merzlovagv@ukr.net)

*Серед соковитих і грубих кормів для великої рогатої худоби важливе місце займають силос кукурудзаний і сінаж люцерни. За порушення технології заготівлі, зберігання чи використання цих кормів значна частина їх псується і стає непридатною для згодовування тваринам. Потрапляння таких кормів у раціон жуйних може викликати різні негативні наслідки. Тому постає питання ефективної утилізації зіпсованого силосу кукурудзи і сінажу люцерни. Одним із ефективних способів переробки зіпсованих кормів рослинного походження в органічне добриво є компостування за використання мікробіологічних препаратів – біодеструкторів. За компостування прискорюється мінералізація і підвищується засвоєння мікроелементів рослинами. Проте не вивченим є питання впливу різних доз біодеструктора БТУ-ЦЕНТР на вміст мікроелементів у ферментованому силосі кукурудзи і сінажі люцерни. Для дослідження відбирали проби зіпсованих кормів, які ферментували без внесення біодеструктора (контроль) та із внесенням біодеструктора у дозах 5,0, 10,0 та 20,0 см<sup>3</sup>/т. У сінажі і силосі після компостування визначали вміст Феруму, Цинку, Мангану, Купруму та Кобальту. За компостування зіпсованого сінажу люцерни, вміст Феруму у ньому підвищується, відносно корму до ферментування. У контрольному варіанті збільшення вмісту металу було на рівні 40,0 %. Ферментування корму за участі біодеструктора (доза використання 10,0 см<sup>3</sup>/т) призвело до підвищення вмісту Феруму у компостованій біомасі на 35,7 % відносно контрольної групи. За компостування з додаванням біодеструктора у кількості 20,0 см<sup>3</sup>/т, вміст Феруму збільшується у 2,1 раза відносно вмісту металу у сінажі люцерни до ферментації. За компостування сінажу із внесенням біодеструктора, процес мінералізації пришвидшився і вміст Цинку на одиницю ферментованої маси зріс. Найвищий вміст металу був виявлений у дослідній групі, де використовували мікробіологічний препарат у дозі 20,0 см<sup>3</sup>/т. Різниця із контрольним показником становила 49,6 %. Ферментування сінажу люцерни без біодеструктора призводило до того, що вміст Мангану був найменшим відносно дослідних груп. Найбільша різниця становила із ферментованою біомасою біодеструктором у дозі 20,0 см<sup>3</sup>/т і становила 23,3 %. Вміст Купруму у сінажі люцерни за ферментування біодеструктором значно зростає. Доведено закономірність чим більше під час компостування сінажу люцерни застосовували біодеструктора тим вміст металу у ферментованій масі був більшим. За найбільшій дозі біодеструктора вміст металу-біотику у ферментованому сінажі зріс на статистично значущу величину. Різниця із контролем становила 50,3 %. Чим більшу дозу біодеструктора БТУ-ЦЕНТР вносили у вихідний матеріал, тим вміст Кобальту у компостованому сінажі збільшується. За внесення у сінаж люцерни біодеструктора у дозі 20,0 см<sup>3</sup>/т, вміст металу-біотику після компостування був більшим відносно контролю на 26,7 %. Виявлена аналогічна закономірність щодо зміни вмісту металів-біотиків у силосі кукурудзи після його компостування із біодеструктором.*

*Ферментування силосу без додавання біодеструктора супроводжувалося підвищенням вмісту у компостованій біомасі Феруму, Цинку, Мангану, Купруму та Кобальту відносно корму до ферментування. Чим більше вносили біодеструктора у силос кукурудзи, тим ферментування сприяло підвищенню мінералізації, а відповідно і вмісту металів-біотиків у ньому. За використання найбільшої дози біодеструктора вміст Феруму, Цинку, Мангану, Купруму та Кобальту збільшувався у ферментованому кормі, відповідно, на 37,2; 41,3; 46,4; 21,6 та 30,0 % відносно контролю.*

**Ключові слова:** СИЛОС КУКУРУДЗИ, СІНАЖ ЛЮЦЕРНИ, ФЕРУМ, ЦИНК, КУПРУМ, КОБАЛЬТ, МЕТАЛИ-БІОТИКИ.

## **THE CONTENT OF MICRO-ELEMENTS IN FERMENTED CORN SILAGE AND ALFALFA SAYAGE**

*L. V. Mitiohlo, S. V. Merzlov, H. V. Merzlova, S. P. Babenko*

Bila Tserkva National Agrarian University  
8/1, Soborna Square, Bila Tserkva, 09117, Ukraine  
[merzlovagv@ukr.net](mailto:merzlovagv@ukr.net)

Corn silage and alfalfa hay occupy an important place among juicy and coarse fodder for cattle. Due to violation of the technology of procurement, storage or use of these fodders, a large part of them decays and becomes unsuitable for animals feeding. Getting such feed into the diet of ruminants can cause various negative consequences. Therefore, the problem of effective disposal of spoiled corn silage and alfalfa hay arises. One of the effective methods of spoiled feed of plant origin processing into organic fertilizer is composting using microbiological preparations - biodestructors. Composting accelerates mineralization and increases the assimilation of trace elements by plants. However, the problem of the influence of different doses of the BTU-CENTR biodestructor on the content of microelements in fermented corn silage and alfalfa hay has not been studied. For the study, samples of spoiled fodder had been selected, which were fermented without the introduction of a biodestructor (control) and with the introduction of a biodestructor in doses of 5.0, 10.0 and 20.0 cm<sup>3</sup>/t. The content of Ferrum, Zinc, Manganese, Copper and Cobalt was determined in hay and silage after composting. During composting of spoiled alfalfa hay, the Ferrum content in it increases relatively to feed before fermentation. In the control version, the increase in metal content was at the level of 40.0%. Fermentation of fodder with the participation of a biodestructor (use dose of 10.0 cm<sup>3</sup>/t) led to an increase in the content of Ferum in the composted biomass by 35.7% compared to the control group. During composting with the addition of a biodestructor in the amount of 20.0 cm<sup>3</sup>/t, the Ferrum content increases by 2.1 times relatively to the metal content in alfalfa hay before fermentation. During the composting of hay with the addition of a biodestructor, the mineralization process accelerated and the content of Zinc per unit of the fermented mass increased. The highest metal content was found in the experimental group where the microbiological preparation was used at a dose of 20.0 cm<sup>3</sup>/t. The difference with the control indicator was 49.6%. Fermentation of alfalfa hay without a biodestructor led to the fact that the content of Manganese was the lowest in relation to the research groups. The biggest difference was with fermented biomass biodestructor at a dose of 20.0 cm<sup>3</sup>/t and constituted 23.3%. The content of Copper in alfalfa hay after fermentation with a biodestructor increases significantly. It has been proven that the more biodestructor was used during composting of alfalfa hay, the higher was the metal content in the fermented mass. At the highest dose of the biodestructor, the content of metal-biotics in the fermented hay increased by a statistically significant value. The difference with the control group constituted 50.3%. The higher dose of the BTU CENTR biodestructor was added to the starting material, the higher was the Cobalt content in the composted hay. When a biodestructor was applied to alfalfa hay at a dose of 20.0 cm<sup>3</sup>/t, the metal-

biotic content after composting was 26.7% higher than in the control group. A similar regularity was revealed regarding the change in the content of biotic metals in corn silage after its composting with a biodestructor. Fermentation of silage without the addition of a biodestructor was accompanied by an increase in the content of Ferrum, Zinc, Manganese, Copper and Cobalt in the composted biomass relatively to the feed before fermentation. The more the biodestructor was added to the corn silage, the more fermentation contributed to the increase in mineralization, and accordingly, the content of biotic metals in it. With the use of the largest dose of biodestructor, the content of Ferrum, Zinc, Manganese, Copper and Cobalt in fermented feed increases by 37.2, respectively; 41.3; 46.4; 21.6 and 30.0% relatively to the control group.

**Keywords:** CORN SILAGE, ALFALFA SAYAGE, FERRUM, ZINC, COPPER, COBALT, BIOTIC METALS.

У молочному і м'ясному скотарстві за сучасних технологій передбачається використання протягом цілого року грубих та соковитих кормів в тому числі силосу кукурудзи та сінажу люцерни. Господарства із значним поголів'ям великої рогатої худоби заготовляють великі об'єми сінажу та силосу. Проте за порушення технологічних процесів заготівлі силосу та сінажу певна кількість корму може бути не придатною. Крім того, використання силосу кукурудзи та сінажу люцерни у спеку може призводити до швидкого псування корму (Arriola et al., 2011). Використання у складі раціонів зіпсованих грубих і соковитих кормів категорично не рекомендується. Незначне потрапляння таких кормів у шлунково-кишковий канал тварин може викликати порушення травлення, а також призводити до виникнення хвороб, значного зниження продуктивності та проявів летальних випадків (Cherniuk & Zahorodnii, 2015; Chernyuk et al., 2019).

За таких умов у господарствах накопичується велика маса зіпсованих кормів. Це призводить до виникнення проблем із її утилізації. Існують традиційні і нетрадиційні способи утилізації зіпсованого силосу та сінажу. Серед традиційних способів це – накопичення зіпсованих кормів на відведеній ділянці для природнього перегнивання самостійно або змішуючи їх із гнойовою масою від великої рогатої худоби. Більш сучасними методами утилізації зіпсованого силосу та сінажу є використання силосу та сінажу у складі гнойової біомаси під час виробництва метану (біогаз) зброджуючи у метантенках різного технологічного рівня за мезофільних чи термофільних температурних режимів та ферментування (компостування) за використання мікробіологічних препаратів з наступним використанням під час вермикультивування або без нього (Rorick, 1980).

Процес ферментування передбачає дію на біомасу зіпсованих кормів мікроорганізмів, безпосередньо ензимів, які ними синтезуються. Внаслідок чого поживні речовини біомаси гідролізуються до простіших сполук, виділяються сполуки розпаду і тепло. За дії конгломерату мікроорганізмів у біомасі зіпсованих кормів підвищується температура із психрофільного режиму до термофільного. Під час дії термофільного режиму ряд патогенних мікроорганізмів, які не витримують підвищених температур знешкоджуються. Крім того, знешкоджується ряд насіння бур'янів, яке було у кормовій біомасі. За компостування зменшується об'єм рослинних відходів внаслідок швидкої біохімічної мінералізації їх органічної складової. Компостування відходів сільського господарства за примусової аерації без перемішування компосту призводить до зменшення викидів у атмосферне повітря аміаку, закису нітрогену, метану та вуглекислого газу у порівнянні із тривалою ферментацією без використання біодеструкторів, примусової аерації із використанням періодичного перемішування за допомогою ручної праці або механізованим способом. Для ефективного з господарсько-екологічної точки зору ферментування відходів рослинництва необхідно регулювати вміст вологи у біомасі і постійне надходження Оксигену. За неоптимальних умов час компостування суттєво збільшується і зростають викиди шкідливих газів у атмосферу (Tiquia et al., 1996; Tiquia & Tam, 2002; Amir et al., 2008; Raut et al., 2008; Liu et al., 2011;

Nakasaki et al., 2011; Blazy et al., 2014; Khan et al., 2014; Zhahg et al., 2016; Hyun Young Hwang et al., 2020).

Інтенсивна мінералізація відходів рослинництва за компостування із використанням біодеструкторів створює передумови одержання ефективного органічного добрива для використання у підвищенні врожайності сільськогосподарських культур (Cholilie et al., 2019).

Компостування органічних відходів, за використання мікробіологічних препаратів в тому числі відходів рослинництва, швидкість ферментації збільшується і в наслідок мінералізації ряд макро- і мікроелементів стає доступними для рослин (Raut et al., 2008). У доступній літературі є мало інформації щодо зміни мінерального (мікроелементного) складу силосу кукурудзи та сінажу люцерни після ферментування за участі біодеструкторів.

Тому метою досліджень є вивчення впливу ферментації за допомогою різних доз біодеструктора БТУ-ЦЕНТР на вміст мікроелементів у зіпсованому силосі кукурудзи та сінажі люцерни.

**Матеріали і методи.** Для дослідження використовували зіпсований ферментований силос кукурудзи та зіпсований ферментований сінаж люцерни різними дозами біодеструктора БТУ-ЦЕНТР. У контролі проби по 200,0 кг силосу і сінажу ферментували без додавання мікробіологічного препарату. У I дослідній групі-пробі силос і сінаж компостували за внесення біодеструктора у дозі 5 см<sup>3</sup>/т. У проби зіпсованих кормів у II та III групах вносили біодеструктор у кількості, відповідно, 10,0 та 20,0 см<sup>3</sup>/т. Час компостування силосу та сінажу становив 110 діб (табл.).

Таблиця

Схема досліду

Групи-проби	Кількість проб, шт.	Маса зіпсованого корму, кг	Доза внесення біодеструктора, см <sup>3</sup> /т
Контрольна	4	200,0	-
I дослідна	4	200,0	5
II дослідна	4	200,0	10
III дослідна	4	200,0	20

Середній вміст вологи сінажу люцерни та силосу кукурудзи на початку ферментування становив, відповідно, 65,4±1,2 та 64,6±1,3 %. Переміщування зіпсованих кормів під час ферментування проводили один раз на 8 діб.

Вміст мікроелементів у ферментованому силосі кукурудзи та сінажі люцерни визначали згідно із ДСТУ 7965:2015.

Отримані результати експериментів обробляли користуючись стандартними методами статистики за допомогою програми Statistica.

**Результати й обговорення.** За ферментування зіпсованого сінажу люцерни без внесення біодеструктора (контрольна група) вміст Феруму становив в останньому 392 мг/кг сухої маси. Різниця із вмістом металу-біотику до компостування становила 40,0 %. Застосування найменшої дози біодеструктора (5 см<sup>3</sup>/т) вміст Феруму у ферментованому сінажі підвищується на 14,2 % відносно показника у контролі. У II дослідній групі компостування призвело до підвищення вмісту Феруму у сінажі люцерни на 35,7 % відносно контрольної групи. Внесення у сінаж люцерни біодеструктора у кількості 20,0 см<sup>3</sup>/т дозволило збільшити вміст металу у компостованій біомасі на 50,0 відносно контрольного значення. Вміст Феруму у ферментованому сінажі із II та III дослідної групи збільшився, відповідно, у 1,9 та 2,1 раза відносно вмісту металу до ферментації (рис. 1).

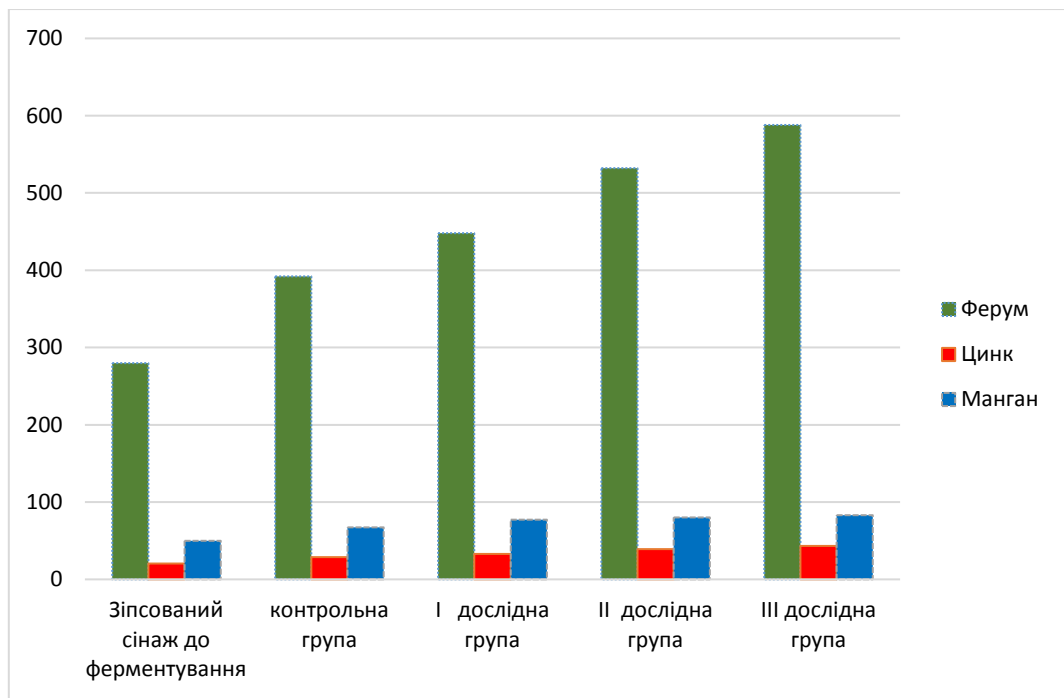


Рис. 1. Вміст Феруму, Цинку та Мангану у сінажі після ферментування, мг/кг сухої речовини

Перед ферментуванням сінажу вміст у ньому Цинку був на рівні 20,4 мг/кг сухої речовини. За компостування процес мінералізації пришвидшився і вміст цього металу-біотику на одиницю маси ферментованого корму зріс. У I дослідній групі вміст Цинку був більшим, ніж у контролі на 13,8 %. За ферментування сінажу люцерни найвищий вміст металу був виявлений у III дослідній групі, де використовували біодеструктор у дозі 20,0 см<sup>3</sup>/т. Різниця з контролем становила 49,6 %.

Ферментування сінажу люцерни без внесення біодеструктора (контроль) призводило до того, що вміст Мангану після компостування був найменшим відносно дослідних груп. У I дослідній групі за дії біодеструктора, вміст металу-біотику збільшується на 54,8 % відносно цього показника у неферментованому сінажі.

Компостування зіпсованого корму у II дослідній групі збільшило вміст у ньому Мангану, відносно контролю і I дослідної групи, відповідно, на 18,8 та 3,6 %. Збільшення вмісту металу у компостованому сінажі люцерни із III дослідної групи було на 23,3 % відносно контролю свідчило про максимальний процес руйнування органічних сполук і протікання мінералізації.

У контрольній групі вміст Купруму після компостування був більшим на 37,8 % відносно, цього показника у сінажі до ферментації. За компостування сінажу люцерни біодеструктором у дозі 5 см<sup>3</sup>/т вміст металу-біотику збільшується на 14,5 % відносно показника у контролі. Встановлено закономірність - чим більше під час компостування сінажу люцерни застосовували біодеструктора, тим вміст металу у ферментованій масі був більшим. У II дослідній групі вміст Купруму був більшим ніж у контролі на 35,2 %. За найбільшої дози біодеструктора вміст металу-біотику у ферментованому сінажі зріс на статистично значущу величину. Різниця із контролем становила 50,3 % (рис. 2.).

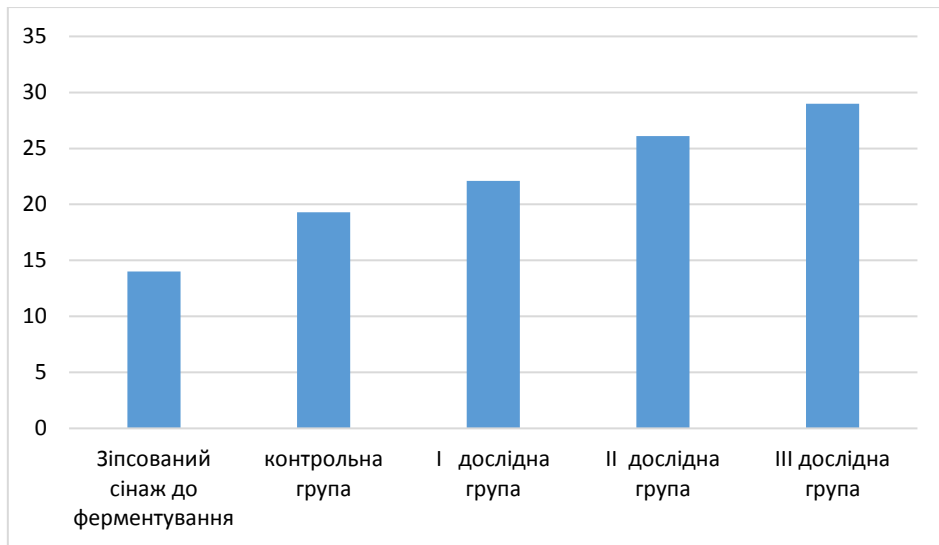


Рис. 2. Вміст Купруму у сінажі після ферментування, мг/кг сухої речовини

Досліджуючи вміст Кобальту у сінажі люцерни встановлено, що ферментування впливає на збільшення цього металу у біомасі. Слід відмітити, що чим більшу дозу біодеструктора БТУ-ЦЕНТР вносили у вихідний матеріал, тим вміст Кобальту у компостованому сінажі збільшувався. У контрольній групі збільшення вмісту металу відносно його показника до ферментування було на рівні 36,4 %. За внесення у сінаж люцерни біодеструктора у дозі 10,0 см<sup>3</sup>/т, вміст Кобальту у ферментованій масі збільшується відносно неферментованого корму і контролю, відповідно, на 54,5 та 13,3 %. У III дослідній групі вміст металу-біотику у сінажі після компостування був більшим відносно контролю на 26,7 % (рис. 3).

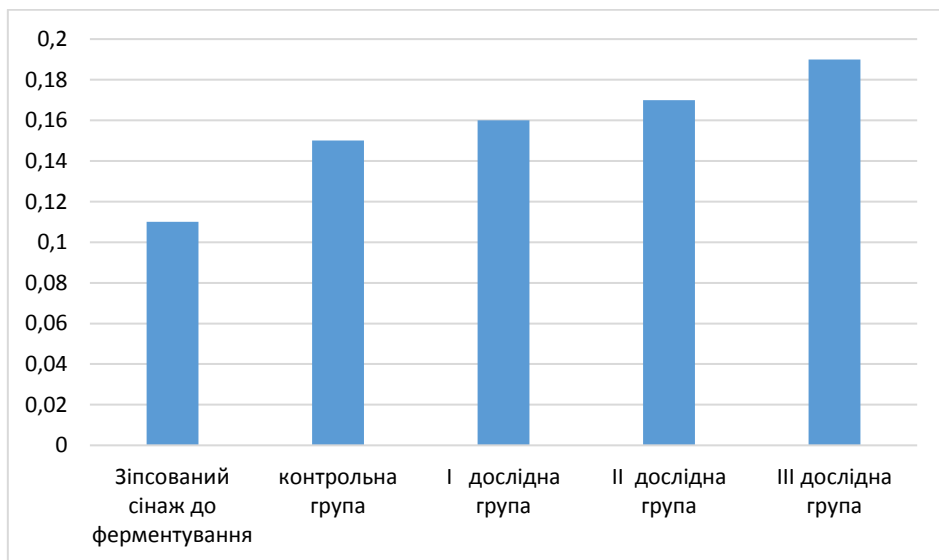


Рис. 3. Вміст Кобальту у сінажі після ферментування, мг/кг сухої речовини

Аналізуючи вміст мікроелементів у силосі кукурудзи до ферментування, було встановлено, що найбільший вміст був Феруму і найменше Кобальту. За проведення ферментування без використання біодеструктора вміст Феруму збільшується на 30,0 % відносно цього показника у неферментованому силосі. Внесення біодеструктора призводило до зростання вмісту металу-біотику у силосі кукурудзи після компостування. У I дослідній групі вміст Феруму у ферментованій біомасі був більшим, ніж у контролі на 15,4 %. За внесення у силос кукурудзи біодеструктор у дозі 10,0 см<sup>3</sup>/т вміст металу збільшився на 17,3 % відносно

контролю і на 52,5 % відносно неферментованого силосу. За найбільшої дози біодеструктора (III дослідна група) вміст Феруму у компостованому силосі був найвищим. Різниця із контролем становила 37,1 % (рис. 4).

Вміст Мангану у силосі кукурудзи до ферментування був на рівні 75,4 мг/кг сухої речовини. Компостування за участі біодеструктора призводить до мінералізації корму, а відповідно до зростання вмісту Мангану. Найменший вміст Мангану було виявлено у контрольній групі. Із збільшенням дози біодеструктора під час компостування вміст металу у ферментованому силосі кукурудзи зростає. За дози біодеструктора 5 см<sup>3</sup>/т, вміст Мангану був більшим, ніж у контролі на 4,3 %. За підвищення дози біодеструктора БТУ-ЦЕНТР в силосі до 20,0 см<sup>3</sup>/т, вміст Мангану зростає на 75,5 % (рис. 4).

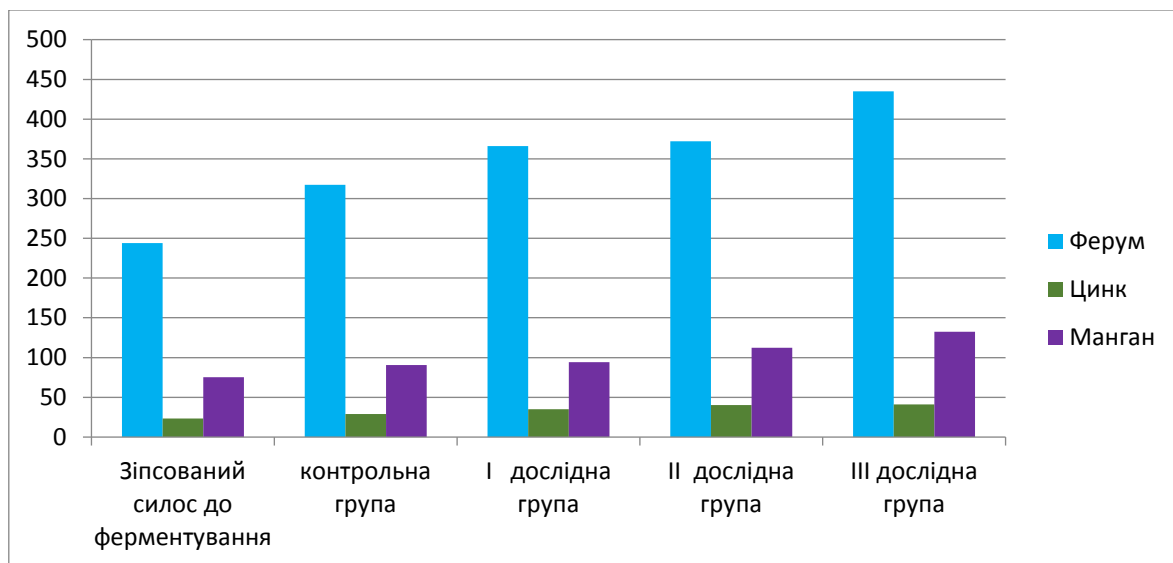


Рис. 4. Вміст Феруму, Цинку та Мангану у силосі кукурудзи після ферментування, мг/кг сухої речовини

Виявлено вплив ферментування силосу кукурудзи на підвищення вмісту у ньому Цинку. За дії природнього конгломерату мікроорганізмів (контрольна група) процес деградації органічних сполук вплинув на підвищення вмісту металу-біотику на 25,0 % відносно вмісту Цинку у силосі до компостування. У I дослідній групі виявлено збільшення вмісту Цинку на 20,6 % відносно контролю. За ферментування силосу кукурудзи біодеструктором у дозі 10,0 см<sup>3</sup>/т вміст металу зростає на 38,6 %, у порівнянні із контрольною групою. Найбільший вміст Цинку серед дослідних груп було виявлено у III дослідній групі. Стосовно показника у силосі до компостування вміст металу зріс на 76,7 % (рис. 4).

У контрольній групі за процесу ферментування за дії природніх штамів мікроорганізмів проходить явище мінералізації, внаслідок чого вміст Купруму підвищується відносно силосу до ферментації на 27,5 %. Використання найменшої дози біодеструктора під час компостування силосу дозволило збільшити вміст Купруму у останньому на 16,1 % відносно контролю. У II та III дослідних групах виявлено зростання вмісту металу-біотику за дії підвищених доз біодеструктора. Різниця із контролем становила, відповідно, 25,5 та 41,1 % (рис. 5).



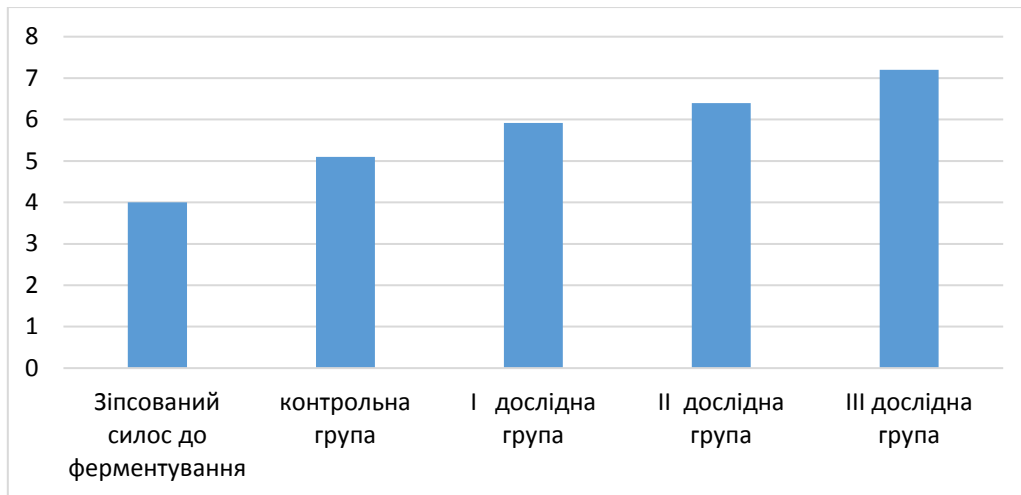


Рис. 5. Вміст Купруму у силосі кукурудзи, мг/кг сухої речовини

На зміну концентрації Кобальту у силосі виявлено вплив процесу ферментування останнього за дії різних доз біодеструктора. Компостування корму без внесення біодеструктора мало найменший вплив на підвищення Кобальту у ферментованій масі. Встановлено закономірність збільшення вмісту Кобальту у силосі із збільшенням у ньому біодеструктора під час компостування. Найбільша різниця у вмісті металу-біотику до і після компостування виявлено у III дослідній групі. Різниця з контролем становила 44,4 % (рис. 6).

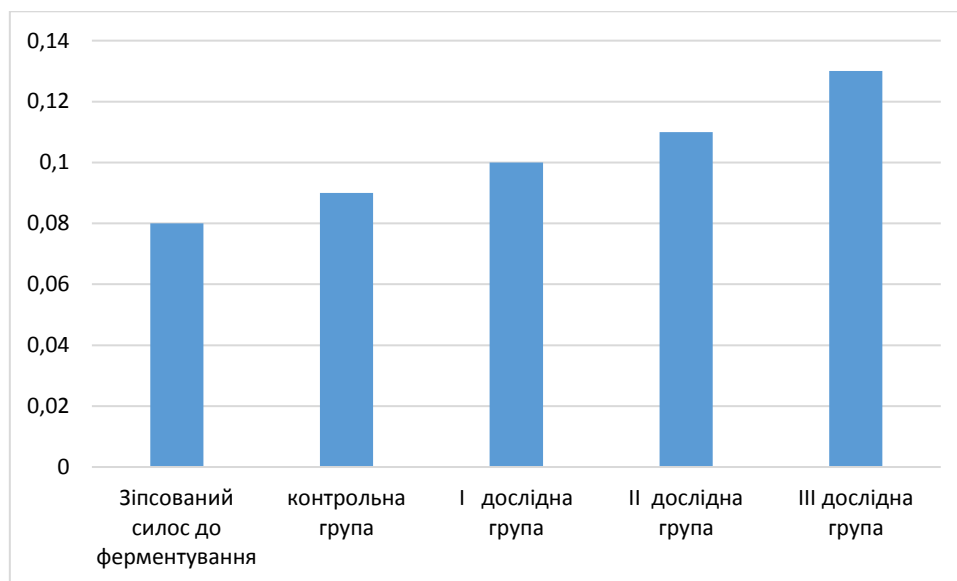


Рис. 6. Вміст Кобальту у силосі кукурудзи, мг/кг сухої речовини

## В И С Н О В К И

1. За ферментування із використанням біодеструктора БТУ-ЦЕНТР, вміст Цинку, Кобальту, Купруму, Феруму та Мангану у силосі кукурудзи збільшується, відповідно, на 41,3, 30,0, 21,6, 37,1 та 40,4 % відносно варіанту, де корм компостували без внесення біодеструктора.

2. Компостування сінажу люцерни, за участі біодеструктора БТУ-ЦЕНТР, прискорює процес мінералізації, що підтверджується зростанням вмісту у останньому Цинку, Кобальту, Купруму, Феруму та Мангану, відповідно, на 31,5, 26,6, 31,2, 31,2 та 7,4 % відносно контролю.



3. Із збільшенням вмісту біодеструктора у силосі кукурудзи і сінажі люцерни вміст мікроелементів у ферментованій їх масі зростає.

**Перспективи досліджень.** Науковий інтерес представляють подальші дослідження впливу ферментування, за участі біодеструктора БТУ-ЦЕНТР, на вміст макроелементів у силосі кукурудзи та сінажі люцерни.

## References

Amir, S., Merlina, G., Pinelli, E., Winterton, P., Revel, J. C., & Hafidi, M. (2008). Microbial community dynamics during composting of sewage sludge and straw studied through phospholipid and neutral lipid analysis. *Journal of hazardous materials*, 159(2-3), 593–601. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.02.062>.

Arriola, K., Churl, S.K., Adesogan, A.T. (*Journal of Dairy Science*. 94(3). 1511-6. doi:10.3168/jds.2010-3807.

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.

Cherniuk, S.V., Zahorodnii, A.P. (2015). Efektyvnist vykorystannia sylosu, konservovanoho mikrobnym inokuliantom u hodivli diinykh koriv. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva: zbirnyk naukovykh prats*. 2. 168-170 [in Ukrainian].

Chernyuk, S., Zahorodnii, A., Chernyavskyy, O., Polishchuk, V., Polishchuk, S., Karaulna, V., Sobolev, O., Merzlova, H., Sliusarenko, A., Fedorchenko, M. (2019). Biological conservants impact on the silage quality and aerobic stability. *Ukrainian Journal of Ecology*. 9(1). 226-230.

Cholilie, I.A., Sari, T.R., & Nurhermawati, R. (2019). Production of compost and worm casting organic fertiliser from *lumbricus rubellus* and its application to growth of red spinach plant (*Altenanthera amoena* V.). *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering*. 2(1), 30-38. <https://doi.org/10.21776/ub.afssae.2019.002.01.5>

DSTU 7965:2015 Kormy dlia tvaryn, syrovyna dlia vyhotovlennia povnoratsionnykh sumishei, vydilennia tvaryn. Vyznachannia vmistu kadmiu, kobaltu, molibdenu, nikeliu ta khromu metodom atomno-absorbtsiinoi spektrometrii z elektrotermichnoiu atomizatsiieiu. vid 22 chervnia 2015 r. № 61 z 2017-01-01[in Ukrainian].

Hyun Young Hwang, H. Young Hwang, Seong Heon Kim, S. Heon Kim, Myung Sook Kim, M. Sook Kim, Seong Jin Park, S. Jin Park, & Chang Hoon Lee, C. Hoon Lee. (2020). Co-composting of chicken manure with organic wastes: characterization of gases emissions and compost quality. *Applied biological chemistry*, 63, 3. doi: [10.1186/s13765-019-0483-8](https://doi.org/10.1186/s13765-019-0483-8)

Khan, N., Clark, I., Sánchez-Monedero, M. A., Shea, S., Meier, S., & Bolan, N. (2014). Maturity indices in co-composting of chicken manure and sawdust with biochar. *Bioresource technology*, 168, 245–251. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.02.123>

Liu, D., Zhang, R., Wu, H., Xu, D., Tang, Z., Yu, G., Xu, Z., & Shen, Q. (2011). Changes in biochemical and microbiological parameters during the period of rapid composting of dairy manure with rice chaff. *Bioresource technology*, 102(19), 9040–9049. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.07.052>

Nakasaka, K., Ohtaki, A., Takemoto, M., & Fujiwara, S. (2011). Production of well-matured compost from night-soil sludge by an extremely short period of thermophilic composting. *Waste management (New York, N.Y.)*, 31(3), 495–501. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.11.011>

Raut, M. P., Prince William, S. P., Bhattacharyya, J. K., Chakrabarti, T., & Devotta, S. (2008). Microbial dynamics and enzyme activities during rapid composting of municipal solid waste – a compost maturity analysis perspective. *Bioresource technology*, 99(14), 6512–6519. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.11.030>

Rorick, M. B., Spahr, S. L., & Bryant, M. P. (1980). Methane production from cattle waste in laboratory reactors at 40 degrees and 60 degrees C after solid-liquid separation. *Journal of dairy science*, 63(11), 1953–1956. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83164-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83164-X)

Tiquia, S.M. & Tam, N.F.Y. (2002). Characterization and composting of poultry litter in forced-aeration piles. *Process Biochemistry*, 37, 869-880.

Tiquia, S.M., Tam, N.F., & Hodgkiss, I.J. (1996). Microbial activities during composting of spent pig-manure sawdust litter at different moisture contents. *Bioresource Technology*, 55, 201-206.

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