

Науковий вісник Львівського національного університету  
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.  
Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University  
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.  
Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print  
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a9916  
<https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture>

UDC 619:579.6:636.087.63:636.5

## Temperature, microbiological and chemical composition of broiler chickens' excrement with litter after its composting with different doses of biodestructor

I. S. Osipenko<sup>✉</sup>, S. V. Merzlov

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

### Article info

Received 08.08.2023  
Received in revised form  
11.09.2023  
Accepted 12.09.2023

**Osipenko, I. S., & Merzlov, S. V. (2023). Temperature, microbiological and chemical composition of broiler chickens' excrement with litter after its composting with different doses of biodestructor. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 25(99), 94–101. doi: 10.32718/nvlvet-a9916**

Bila Tserkva National Agrarian  
University, Bila Tserkva,  
09100, Ukraine.  
Tel.: +38-096-084-93-85  
E-mail: [innaosipenko1987@gmail.com](mailto:innaosipenko1987@gmail.com)

The rapid growth of production volumes of broiler chicken products both in our country and in most countries of the world is combined with an increase in industry waste. A significant percentage of this waste is poultry droppings with litter. In the absence of implemented technologies for rational disposal of broiler chicken droppings, economic and ecological problems arise locally. Considering the above, the search for effective methods of disposal of broiler chicken droppings is of scientific and practical importance. Composting poultry droppings with litter (sawdust of non-coniferous trees) can be an alternative method of rational disposal of this waste. To accelerate the fermentation of broiler litter, there is a practice of using various microbiological preparations. The effectiveness of using a biodestructor containing bacteria: *Bacillus* spp., *Bacillus subtilis*, *Bacillus megatherium*, *Bacillus mesentericus*, *Bacillus mycoides* during composting of broiler chicken excrement and its effect on the microbiological, chemical and physical parameters of fermented biomass remains unexplored. To conduct an experiment, 30 kg samples were formed from the excrement with the litter taken from the poultry house after broiler chickens had been reared for 42 days. In the control group, excrement samples were treated with water without a biodestructor. In the 1st, 2nd, and 3rd research groups, broiler chicken droppings were moistened with biodestructor solutions providing its doses of 143, 1430, and 2860 mg/t, respectively. Temperature and microbiological indicators were determined in the litter of broiler chickens during composting. In non-fermented litter of broiler chickens and litter composted for 150 days using a biodestructor, the crude protein content, mass fraction of Calcium, total Nitrogen and Phosphorus were determined. It has been established that the introduction of a biodestructor at a dose of 2860 mg/t of manure with a moisture content of 60.0 % leads to an increase in the activity of biochemical processes, which is confirmed by an increase in the temperature of the compost during the first hundred days of fermentation. The higher the dose of biodestructor was added to the litter of broiler chickens, the higher the KMAFAnM indicator and the numbers of *Bacillus* spp. bacteria in compost were higher. A regularity has been established that with the increase in the amount of biodestructor in the litter of broiler chickens, the number of *Staphylococcus* and *Clostridium* bacteria in the litter decreases. The use of a biodestructor at a dose of 2860 mg/t of broiler chicken droppings contributes to the increase of Nitrogen, crude protein, and Phosphorus in the compost and accelerates its mineralization compared to the control.

**Key words:** bacteria, hydrolytic enzymes, compost moisture, temperature, Calcium, Phosphorus, Nitrogen, Calcium.

## Температура, мікробіологічний та хімічний склад посліду курчат-бройлерів із підстилкою за його компостування з різними дозами біодеструктора

I. С. Осіпенко<sup>✉</sup>, С. В. Мерзлов

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

Швидке зростання об'ємів виробництва продукції курчат-бройлерів як в нашій країні, так і в більшості держав світу поєднується зі збільшенням відходів галузі. Значний відсоток серед цих відходів припадає на послід птиці з підстилкою. За відсутності впроваджених технологій раціональної утилізації посліду курчат-бройлерів локально виникають господарсько-екологічні проблеми. Із огляду на вищесказане науково-практичне значення має пошук ефективних способів утилізації посліду курчат-бройлерів. Компостування посліду птиці з підстилкою (тирса нехвойних дерев) може виступати альтернативним способом раціональної утилізації цих відходів. Для прискорення ферментації посліду бройлерів є практика застосування різних мікробіологічних препаратів. Невивченим залишається питання ефективності використання біодеструктора із вмістом бактерій: *Bacillus spp.*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megatherium*, *Bacillus mesentericus*, *Bacillus thuringiensis* під час компостування посліду курчат-бройлерів та його впливу на мікробіологічні, хімічні та фізичні показники ферментованої біомаси. Для проведення експерименту з посліду з підстилкою відібраного з пташника після вирощування впродовж 42 днів курчат-бройлерів формували проби по 30 кг. У контрольній групі проби посліду обробляли водою без біодеструктора. У I, II та III дослідній групі послід курчат-бройлерів зволожували розчинами біодеструктора, забезпечуючи його дози, відповідно – 143, 1430 та 2860 мг/т. У посліді курчат-бройлерів під час компостування визначали температуру та мікробіологічні показники. У неферментованому посліді курчат-бройлерів та посліді, компостованому протягом 150 днів за використання біодеструктора визначали вміст сирого протеїну, масову частку Кальцію, загального Нітрогену та Фосфору. Встановлено, що внесення біодеструктора у дозі 2860 мг/т посліду із вологістю 60,0 % призводить до підвищення активності протікання біохімічних процесів, що підтверджується зростанням температури компосту протягом перших ста днів ферментування. Чим більша доза біодеструктора була внесена у послід курчат-бройлерів, тим показник КМАФАнМ та кількість бактерій *Bacillus spp.* у компості були вищими. Встановлено закономірність, що зі зростанням кількості біодеструктора у посліді курчат-бройлерів у останньому зменшується кількість бактерій *Staphylococcus* та *Clostridium*. Застосування біодеструктора у дозі 2860 мг/т посліду курчат-бройлерів сприяє підвищенню Нітрогену, сирого протеїну, Фосфору у компості та прискорює його мінералізацію у порівнянні із контролем.

**Ключові слова:** бактерії, гідролітичні ензими, волога компосту, температура, Кальцій, Фосфор, Нітроген, Кальцій.

## Вступ

Сучасні тенденції динаміки населення планети передбачають підвищення виробництва м'яса птиці, в тому числі курчат-бройлерів (Gerber et al., 2013). Розвиток галузі птахівництва призводить до накопичення великої маси посліду (Hepperly et al., 2009). Не винятком у цьому питанні є і Україна. Послід курчат-бройлерів із підстилкою є джерелом забруднення навколишнього середовища водночас містить значну кількість сухої речовини, в якій є поживні та мінеральні речовини. Серед поживних речовин значна кількість незасвоєних організмом птиці протеїнів, ліпідів та вуглеводів. Із макроелементів у посліді є Ферум, Кальцій, Фосфор, Нітроген, Сульфур, Калій, Магній. Послід містить мікроелементи Бор, Купрум, Молибден, Манган, Селен, Цинк (Amanullah et al., 2010; Leet & Volz, 2013; Shen et al., 2015).

Одним із ефективних способів переробки органічних відходів є компостування та вермикомпостування із залученням різних рас черв'яків. Застосування компостування сприяє підвищенню ефективності використання органічних відходів сільського господарства для ґрунтів та зниженню викидів шкідливих газів у повітря (Chattopadhyay, 2012; Nasiru et al., 2013; Zahag et al., 2016). Внесення у ґрунт органічного добрива, отриманого методом компостування, супроводжується збільшенням його родючості та вмісту гумусу (Cholilie et al., 2019; Suhartini et al., 2020).

Компостування органічних відходів є досить екологічним способом їх утилізації, яке базується на природних біотехнологічних методах. Для компостування застосовують відходи рослинництва, тваринництва (гній тварин та послід птиці), харчової промисловості, стічні води та промислові відходи (Ismayana et al., 2012; Karak et al., 2014).

Компостування органічних відходів передбачає протікання складних біологічних процесів в аеробних або анаеробних умовах (Khan et al., 2014) де задіяні різні види грибів, бактерій, актиноміцетів. Під час компостування за дії конгломерату мікроорганізмів

складні органічні сполуки піддаються гідролітичним процесам. За таких умов у компості утворюється тепло, виділяється вода, диоксид карбону та синтезуються нові органічні сполуки. Процеси деградації органічних сполук протікають за рахунок гідролітичних ензимів, які синтезують мікроорганізми (Raut et al., 2008). Важливу роль у гідратації полімерних структур компосту мають ензими бактерій та грибів: протеаза, целюлаза, ксиланаза, амілаза (Tiquia, 2002).

За проведення компостування проходить зміна температури у середині буртів. Із зміною рівня температури компосту змінюються популяції мікроорганізмів у ньому. Температура є одним із головних факторів, який впливає на активність бактерій в процесі компостування органічної біомаси. За таких умов утворюються різні температурні режими: психрофільний (до 20 °C), мезофільний (від 20 до 40 °C), термофільний (від 40 до 60 °C). Клітини мікроорганізмів, які існують за мезофільних умов, прискорюють процес біодеградації органічних відходів, під час якої окиснюються легкодоступні для бактерій субстрати моно і олігоцукри та білки. Із підвищенням температури в компості починають розмножуватись і розвиватись теплолюбні мікроорганізми. До них належать гриби (*Aspergillus fumigatus*), бактерій (*Bacillus subtilis*), актиноміцети (*Streptomyces spp.*) (Storm, 1985; Amir et al., 2008).

Термофільний режим є періодом найшвидшого розкладання, у цей період гідролізуються також і поліцукри, в тому числі й лігнін. За таких умов прискорюється гумусоутворення. Під час термофільної стадії розкладаються органічні забруднювачі у компості, руйнується насіння ряду бур'янів за рахунок підвищеної температури, гідролізу та окиснення. Підвищена температура та інтенсивна дія гідролітичних ензимів мікробного та рослинного походження також можуть інтенсифікувати денатурацію ДНК, тим самим знизити відсоток трансформації ряду генетично модифікованих матеріалів у систему землеробства (Deportes et al., 1995; Boulter et al., 2000).

На метаболічну активність мікроорганізмів впливає вміст вологи у біомасі компосту, кислотність середовища (рН), співвідношення Нітрогену до Карбону, ступінь збагачення Оксигеном, кратність перемішування біомаси (Liu et al., 2011; Nakasaki et al., 2011; Blazy et al., 2014).

Існує декілька способів компостування органічних відходів. Компостування проводять у відкритих буртах. Компост у буртах постійно перевертають і перемішують. Під час перебування буртів прискорюється виділення утвореного тепла, водяного пару і газів, біомаса збагачується Оксигеном.

Також існує компостування у статичних буртах, де органічні відходи складають на перфорованих трубах чи платформах. В даній системі перебування компосту не проводять відкачування газів і насичення Оксигеном проводять через труби. Бурти можуть бути відкритими і закритими полімерними матеріалами. Час компостування органічних відходів у буртах залежно від технології може становити від 9 до 104 тижнів.

Додавання препаратів мікроорганізмів (біодеструкторів) прискорює процес компостування органічних відходів, у тому числі й посліду птиці (Raut et al., 2008). Проте на даний час в Україні не широко вивчено ефективність використання бактеріальних біодеструкторів за компостування посліду курчат-бройлерів із підстилкою (тирса нехвойних дерев).

**Таблиця 1**

Схема експерименту

Група	Кількість проб у групі, шт	Маса посліду птиці з підстилкою у пробі, кг	Маса внесеного біодеструктора, мг/т	Об'єм води, дм <sup>3</sup>
Контрольна	3	30,0	-	1,5
I дослідна	3	30,0	143	1,5
II дослідна	3	30,0	1430	1,5
III дослідна	3	30,0	2860	1,5

Для змішування посліду птиці із розчином біодеструктора для кожної проби використовували нову поліетиленову плівку. До складу біодеструктора входили: *Bacillus spp.*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megatherium*, *Bacillus mesentericus*, *Bacillus mycoides*. Показник КМАФАНМ біодеструктора становив  $2,1 \times 10^9$  КУО/г.

Обліковий період становив 150 діб. Компостування проводили із використанням перемішування компосту один раз на тиждень. Керуючись даними (Ponsa et al., 2009), на початку експерименту вміст вологи компосту було доведено до рівня  $60,0 \pm 0,8$  %.

Мікробіологічні дослідження проводили за методикою, описаною у працях (Wollum, 1982). Проби для експериментів відбирали на 3, 30 та 150 добу компостування.

У неферментованому посліді курчат-бройлерів із підстилкою та посліді ферментованому протягом 150 діб за допомогою біодеструктора визначали вміст сирого протеїну, масову частку Кальцію, загального Нітрогену та Фосфору. Вміст загального Нітрогену визначали за методики, викладеної у (Bremner, 1996).

## Мета дослідження

Метою роботи є встановлення впливу різних доз біодеструктора зі складом бактерій: *Bacillus spp.*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megatherium*, *Bacillus mesentericus*, *Bacillus mycoides* на температурні показники під час компостування посліду курчат-бройлерів із підстилкою та його мікробіологічний і хімічний склад.

## Матеріал і методи досліджень

Для дослідження було відібрано 600 кг посліду птиці з підстилкою (тирса нехвойних дерев) з приміщення, де на глибокій підстилці 42 доби вирощували курчат-бройлерів. Послід тричі додатково рівномірно перемішували.

Для проведення досліджень за температури повітря 20–21 °С із загальної маси посліду відбирали проби по 30 кг. Далі проби розсипали тонким шаром на поліетиленову плівку і за постійного перемішування контрольні зразки зрошували водою без біодеструктора, дослідні зразки зрошували розчином біодеструктора. У I дослідній групі вміст біодеструктора у розчині становив із розрахунку 143 мг/т. У II і III дослідних групах послід птиці зрошували розчином біодеструктора, забезпечуючи дози внесення 1430 та 2860 мг/т (табл. 1).

Зволожені проби посліду водою (контроль) та розчином біодеструктора поміщали у поліетиленові мішки.

Сирий протеїн визначали за методикою К'ельдаля, описаною у (Liu et al., 2015), застосовуючи коефіцієнт перерахунку 6,25. Вміст Кальцію та Фосфору у ферментованому посліді курчат-бройлерів визначали згідно з інструкціями, наведеними у (Wolf et al., 2003). Температуру визначали за допомогою ртутного термометра, занурюючи його в товщу компосту на глибину 35–40 см і витримуючи 10 хвилин. Температуру компосту визначали через кожні 24 години.

Отримані дані досліджень обробляли, застосовуючи стандартні методи варіаційної статистики за використання програми Statistica. Вірогідність різниці між показниками були за умови:  $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$  та  $P < 0,001$ .

## Результати та їх обговорення

Починаючи із другої доби експерименту, було встановлено, що температура компосту залежала від дози внесеного біодеструктора. Зростання або зниження температури у товщі субстрату прямопропор-

ційно зв'язано з активністю конгломерату мікроорганізмів (Tiquia et al., 1996). Чим доза була більшою, тим температура розігріву вищою. У III дослідній

групі на другу добу різниця із контролем становила 9,0 °С, або 24,6 % (рис. 1).

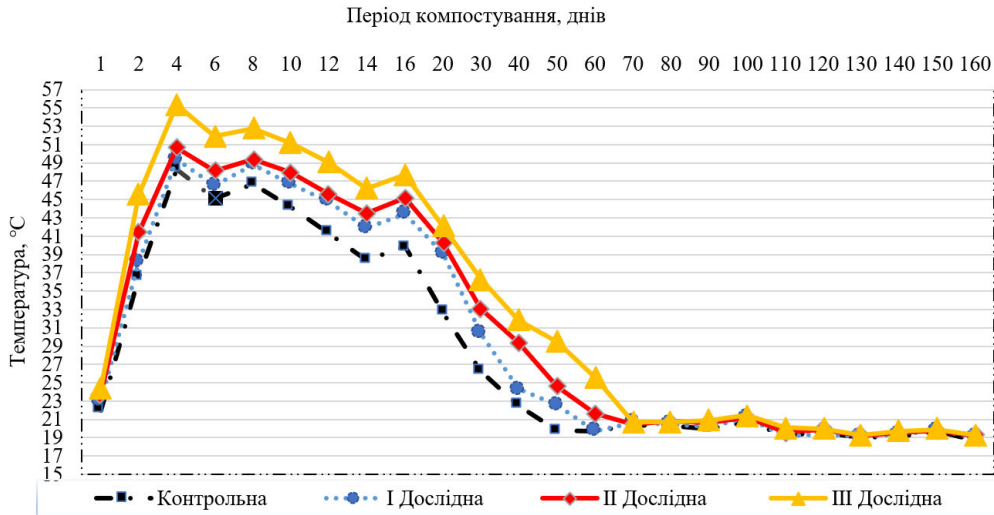


Рис. 1 Динаміка температури компосту

Найвища температура компосту протягом періоду ферментації була зафіксована у III дослідній групі на 4 добу після внесення біодеструктора. Порівнюючи із варіантом, де не застосовували біодеструктора (контроль), температура була вищою на 14,7 %. Із четвертої доби у дослідних групах температура поступово знижувалась в межах термофільного режиму до двадцятої доби. У контрольній групі температура компостованого посліду нижча ніж 40 °С була встановлена на чотирнадцяту добу. Процес компостування посліду птиці з підстилкою із двадцятої до п'ятдесятої доби у контрольній та I дослідній групі протікав у мезофільному режимі. У II та III дослідній групі підвищення температури компосту вище ніж 20 °С виявляли і на шістдесятю добу ферментування. Після шістдесятої

доби вірогідної різниці за температурою у посліді дослідних і контрольної групи не виявляли.

За вмісту найбільшої дози біодеструктора метаболічні процеси за дії ензимів мікроорганізмів протікали найінтенсивніше, що є поясненням підвищення температури порівняно з компостом, де використовували низьку дозу біодеструктора та контроль, де діяли мікроорганізми, які природним шляхом потрапили у послід птиці перед компостуванням.

Мікробіологічне дослідження проводили через три доби після обробки посліду птиці різними дозами біодеструктора. Встановлено, що у контролі КМАФАНМ становив  $2,4 \cdot 10^7$  КУО/г. За використання найменшої дози біодеструктора (I дослідна група) показник КМАФАНМ збільшився у 3,04 раза (табл. 2).

Таблиця 2

Деякий мікробіологічний склад посліду птиці із підстилкою (3 доба після початку експерименту), КУО/г

Показник	Контрольна група	I дослідна група	II дослідна група	III дослідна група
КМАФАНМ	$2,4 \cdot 10^7$	$7,3 \cdot 10^7$	$9,7 \cdot 10^8$	$5,0 \cdot 10^9$
<i>Bacillus</i> spp.	$1,1 \cdot 10^7$	$2,9 \cdot 10^7$	$6,9 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^9$
<i>Streptococcus</i>	$4,9 \cdot 10^6$	$7,9 \cdot 10^6$	$8,9 \cdot 10^7$	$3,1 \cdot 10^7$
<i>Staphylococcus</i>	$3,2 \cdot 10^5$	$3,1 \cdot 10^5$	$2,8 \cdot 10^5$	$2,6 \cdot 10^5$
<i>Clostridium</i>	$6,0 \cdot 10^9$	$1,0 \cdot 10^9$	$9,0 \cdot 10^8$	$7,2 \cdot 10^8$

У III дослідній групі було виявлене значне зростання КМАФАНМ. Порівнюючи із контролем, показник зріс у 208,3 раза за три доби експерименту.

Експериментально було доведено, що із підвищенням дози біодеструктора на одиницю маси посліду птиці із підстилкою кількість *Bacillus* spp. зростає. У I та II дослідній групі кількість даних бактерій була більшою ніж у контрольних пробах у 2,6 та 6,3 раза. За найбільшої дози біодеструктора (III дослідна група) кількість клітин *Bacillus* spp. збільшилась у 127,3 раза.

Встановлено позитивну динаміку зниження кількості бактерій *Clostridium* грампозитивні бактерії –

належать до патогенних бактерій) за внесення різних доз біодеструктора у послід птиці. За внесення біодеструктора у кількості 1430 мг/т кількість бактерій *Clostridium* була меншою ніж у контролі, у 6,7 раза. У III дослідній групі зниження кількості клітин бактерій цього виду було щодо контролю у 8,3 раза. Зі збільшенням вмісту біодеструктора у посліді птиці кількість патогенних бактерій *Clostridium* знижується, що додатково підтверджує біологічне явище природної конкуренції. Спостерігається, що зі збільшенням кількості біодеструктора в посліді птиці знижується кількість клітин *Staphylococcus*.

Повторне дослідження мікробіологічного складу посліду птиці за різних доз біодеструкторів у ньому проводили через місяць від початку експерименту (табл. 3).

Показник КМАФАнМ у контролі становив  $2,4 \cdot 10^8$  КУО/г. Порівнюючи з даними, отриманими у контролі, на 3 добу експерименту показник КМАФАнМ зріс у 10 разів, що свідчить про повільне проте постійне нарощування кількості бактерій у посліді птиці. Незначне зростання показника КМАФАнМ щодо даних на 3 добу спостерігається і в I дослідній групі

Виявлено, що показник КМАФАнМ за використання біодеструкторів був вищим, ніж у контролі. Стосовно даних, отриманих на 3 добу експерименту, показник КМАФАнМ у II та III дослідній групі знизився відповідно на 2,06 % та у 3,12 раза.

Найбільша кількість бактерій роду *Bacillus* spp. була виявлена у посліді птиці із III дослідної групи. Порівнюючи із контролем, цей показник був вищим у 4,6 раза. Проте щодо даних на 3 добу експерименту, вміст клітин *Bacillus* spp. зменшився у 1,4 раза.

Експериментально доведено, що у I та II дослідних групах кількість бактерій роду *Bacillus* spp. на 30 добу експерименту була більшою, ніж на 3 добу експерименту, відповідно у 6,2 та 8,8 раза.

Виявлено збереження закономірності зниження кількості бактерій роду *Clostridium* та *Staphylococcus* за використання біодеструкторів. У III дослідній групі кількість клітин даних мікроорганізмів порівняно з контролем була меншою у 18,4 та 6,3 раза.

На кінець дослідження показник КМАФАнМ та кількість бактерій у посліді дослідних та контрольної груп знизилась порівняно з дослідженням на 30 добу компостування (табл. 4).

Залишилась незмінною закономірність, що з підвищенням вмісту біодеструктора у посліді показник КМАФАнМ та кількість *Bacillus* spp. збільшується, а кількість бактерій *Staphylococcus* та *Clostridium* знижується.

Виявлено, що чим більше вносили біодеструктора у послід птиці, тим більше по завершенні компостування у біомасі було сирого протеїну. Найвища концентрація сирого протеїну була у III дослідній групі. Різниця із контролем становила 1,32 % ( $P < 0,05$ ). Дане явище можливо пояснити тим, що чим більше мікроорганізмів у компості, тим більша їхня біомаса, яка багата на протеїн. Експериментально встановлено, що вміст сирого протеїну у неферментованому посліді, який використовували для дослідження, становив 12,43 % (на натуральну вологу) (табл. 5).

**Таблиця 3**

Деякий мікробіологічний склад посліду птиці з підстилкою (30 доба після початку експерименту), КУО/г

Показник	Контрольна група	I дослідна група	II дослідна група	III дослідна група
КМАФАнМ	$2,4 \cdot 10^8$	$3,1 \cdot 10^8$	$9,5 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^9$
<i>Bacillus</i> spp.	$2,1 \cdot 10^8$	$2,8 \cdot 10^8$	$5,8 \cdot 10^8$	$9,7 \cdot 10^8$
<i>Streptococcus</i>	$3,9 \cdot 10^7$	$6,2 \cdot 10^5$	$1,9 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^7$
<i>Staphylococcus</i>	$1,7 \cdot 10^6$	$9,3 \cdot 10^5$	$4,9 \cdot 10^5$	$2,7 \cdot 10^5$
<i>Clostridium</i>	$8,5 \cdot 10^9$	$1,0 \cdot 10^9$	$5,2 \cdot 10^8$	$4,6 \cdot 10^8$

**Таблиця 4**

Деякий мікробіологічний склад посліду птиці з підстилкою (150 доба після початку експерименту), КУО/г

Показник	Контрольна група	I дослідна група	II дослідна група	III дослідна група
КМАФАнМ	$0,6 \cdot 10^8$	$0,8 \cdot 10^8$	$2,1 \cdot 10^8$	$3,8 \cdot 10^8$
<i>Bacillus</i> spp.	$5,1 \cdot 10^7$	$7,3 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^8$
<i>Streptococcus</i>	$1,5 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^5$	$7,6 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^7$
<i>Staphylococcus</i>	$4,2 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^5$	$0,5 \cdot 10^5$
<i>Clostridium</i>	$3,1 \cdot 10^9$	$3,7 \cdot 10^8$	$1,9 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^8$

**Таблиця 5**

Деякі хімічні та біохімічні показники посліду птиці з підстилкою, n = 5

Показник	Неферментований послід	Контрольна група	I дослідна група	II дослідна група	III дослідна група
Сирий протеїн, %	$12,43 \pm 1,345$	$5,12 \pm 0,232$ b**	$5,40 \pm 0,311$ b**	$5,75 \pm 0,265$ b**	$6,44 \pm 0,244$ a* b**
Кальцій, г/кг	$14,3 \pm 1,832$	$40,3 \pm 3,288$ b**	$44,7 \pm 2,743$ b**	$45,3 \pm 3,541$ b***	$47,4 \pm 2,987$ b***
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), %	$1,54 \pm 0,077$	$0,36 \pm 0,012$ b***	$0,46 \pm 0,027$ a* b***	$0,58 \pm 0,024$ a*** b***	$0,62 \pm 0,032$ a*** b***
Нітроген загальний, %	$1,99 \pm 0,052$	$0,82 \pm 0,042$	$0,86 \pm 0,033$	$0,92 \pm 0,025$	$1,03 \pm 0,043^{a*}$

Примітка: a\* – P < 0,05 ; a\*\* – P < 0,01 – щодо контролю; b\*\* – P < 0,01; b\*\*\* – P < 0,001 – щодо неферментованого посліду із підстилкою

У ферментованому посліді птиці із контрольної групи вміст сирого протеїну за час ферментування знижується у 2,242 раза. За використання біодеструк-

тора у дозі 2860 мг/т (III дослідна група) виявлено збереження вмісту сирого протеїну на 43,6 % щодо контролю.

Вміст Кальцію у ферментованому посліді птиці підвищується у 3,12–3,31 раза щодо неферментованого посліду птиці (I–III дослідні групи). Причому із збільшенням вмісту біодеструктора вміст Кальцію у посліді птиці зростає. Це явище пояснюється тим, що за підвищених доз біодеструктора прискорюється процес мінералізації посліду.

Доведено, що із підвищенням вмісту біодеструктора у посліді відсоток збереження Фосфору та Нітрогену після ферментації збільшується. За відсутності біодеструктора в посліді птиці (контрольна група) збереження Нітрогену після ферментації становило лише 0,82 %. За використання біодеструктора у дозі 2860 мг/т збереження Нітрогену у ферментованому посліді було на 0,21 % вище порівняно з контролем.

Враховуючи той фактор, що за використання біопрепаратів під час компостування органічних відходів знижується забруднення навколишнього середовища (Shen et al., 2015; Zahag et al., 2016), нами було вивчено температурну динаміку, деякі мікробіологічні та хімічні показники посліду курчат-бройлерів за ферментування його з використанням біодеструктора, який містив мікроорганізми *Bacillus* spp., *Bacillus subtilis*, *Bacillus megatherium*, *Bacillus mesentericus*, *Bacillus mycoides*.

Експериментальним способом нами було встановлено динаміку температури у компостованому посліді курчат-бройлерів за дії різних доз біодеструктора. Виявлено, що температура ферментації посліду бройлерів залежала від дози внесеного біодеструктора. Чим більша була доза біодеструктора, тим кількість бактерій на стартовому етапі компостування була вища, а відповідно час розігріву біомаси був меншим. Також доведено, що за використання найбільшої дози бактеріального препарату температура в середині ферментованого посліду курчат-бройлерів досягала найвищого піку. Отримані нами результати щодо залежності температури в середині компостованої органічної біомаси від кількості мезофільних та термофільних бактерій підтверджуються даними ряду авторів (Hwang et al., 2020). Дослідники стверджують, що чим інтенсивніше проходили біохімічні реакції у посліді птиці у поєднанні з органічними відходами, тим більше утворювалось енергії в середині компостованої біомаси. Також вони зазначають, що на біохімічні процеси в посліді птиці впливає кількість теплолюбних бактерій, які активно синтезують ензими для гідролізу органічних сполук у відходах.

Доведено, що за збільшення дози біодеструктора можливо пролонгувати мезофільні та термофільні етапи компостування посліду курчат-бройлерів, тим самим інтенсифікувати процеси деградації органічних сполук у відходах. До теплолюбних мікроорганізмів також належать і бактерії *Bacillus subtilis* (Amir et al., 2008). Наші дані підтверджуються дослідниками (Boulter et al., 2000), які зазначають, що за термофільних умов ферментації відходів проходить швидка деградація в них органічних сполук, у тому числі поліцукрів (лігнін).

Встановлено, що за використання різних доз біодеструктора витримуються класичні фази компостування: мезофільна (збільшення чисельності мезофіль-

них бактерій і підвищення температури до 40,0 °C); термофільна (домінують термофільні бактерії і температура збільшується до 55,0 °C за найбільшої дози біодеструктора у посліді курчат-бройлерів) триває 18–20 діб і фаза поступового зниження температури біомаси і її визрівання (тривалість 45–50 діб). Наші експериментальні дані знайшли підтвердження у працях (Liu et al., 2011; Khan et al., 2014), які наводять дані щодо протікання фаз компостування органічних відходів рослинного та тваринного походження. Тривалість термофільної фази компостування посліду курчат-бройлерів із підстилкою понад два тижні обґрунтовується оптимальним вмістом співвідношення Карбону до Нітрогену (Tiquia et al., 1996; Romero-Yam et al., 2015).

Виявлено, що показник КМАФАнМ та чисельність бактерій залежала від дози біодеструктора у посліді курчат-бройлерів та часу ферментації. Чим більше вносили біодеструктора, тим кількість бактерій *Bacillus* spp. збільшувалась. Наші дослідження збігаються з даними (Amir et al., 2008). Також доведено, що зі збільшенням кількості у ферментованому посліді бройлерів клітин *Bacillus* spp. кількість бактерій роду *Clostridium* та *Staphylococcus* зменшується. Обґрунтовується це явище біологічною конкуренцією і підтверджується дослідниками (Storm, 1985; Amir et al., 2008).

Доведено, що за компостування посліду курчат-бройлерів останній втрачає Нітроген, Фосфор та сирій протеїн. Даний процес обґрунтовується тим, що за дії ензимів гідролізуються органічні сполуки, в тому числі протеїн з утворенням аміаку, який переходить в атмосферне повітря. Дане пояснення підтверджується експериментальними даними (Yang et al., 2019). Також дослідники (Hwang et al., 2020) стверджують, що на перших етапах компостування утворюється до 75 % аміаку із протеїну.

Виявлено, що чим більшу дозу біодеструктора застосовували, тим вміст Фосфору та Нітрогену у посліді курчат-бройлерів після компостування був вищий. Дане явище має пояснення у працях (Sommer, 2001) і ґрунтується на тому, що чим більша кількість мікроорганізмів у посліді, тим вищий коефіцієнт переходу цих елементів із органічних відходів у біомасу бактерій.

Також виявлено, що чим вища доза біодеструктора, тим процес мінералізації посліду курчат-бройлерів інтенсивніший, що підтверджується збільшенням вмісту Кальцію.

Таким чином, отримані нами експериментальні дані не розбігаються із результатами досліджень інших авторів і є доповненням до них.

## Висновки

За внесення біодеструктора у послід курчат-бройлерів із підстилкою у кількості 2860 мг/т температура компосту протягом перших 60 діб підвищується на 5,9–9,4 °C. Процеси ферментації в компості у термофільному та мезофільному режимі пролонгуються відповідно на 6 та 20 діб.

Застосування найвищої дози біодеструктора призводить до найбільшого зростання кількості бактерій *Vacillus* spp. ( $5,0 \cdot 10^9$  КУО/г) на 3 добу компостування. На 150 добу компостування цей показник знизився у 5,6 раза порівняно з дослідженнями на 3 добу, проте щодо варіанту, де компостування проводили без біодеструктора, він був вищим у 4,9 раза. Внесення біодеструктора (2860 мг/т) супроводжувалося зниженням вмісту бактерій *Staphylococcus* та *Clostridium* у компості відповідно на 18,7 % – у 9 разів та у 8,3–23,8 раза.

Компостування посліду курчат-бройлерів із біодеструктором (2860 мг/т) призводить до підвищення у компості сирого протеїну, Нітрогену, Кальцію та Фосфору відповідно на 25,7 %, 25,6, 17,6 та 72,2 % щодо контролю.

### Відомості про конфлікт інтересів

Автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів у даній роботі.

### References

- Amanullah, M. M., Sekar, S., & Muthukrishnan, P. (2010). Prospects and potential of poultry manure. *Asian Journal of Plant Sciences*, 9(4), 172–182. DOI: 10.3923/AJPS.2010.172.182.
- 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. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.02.062.
- Blazy, V., de Guardia, A., Benoist, J. C., Daumoin, M., Lemasle, M., Wolbert, D., & Barrington, S. (2014). Process Conditions Influence on Pig Slaughter House Compost Quality Under Forced Aeration. *Waste and Biomass Valorization*, 5(3), 451–468. URL: <https://hal.science/hal-02598734>.
- Boulter, J. I., Boland, G. J., & Trevors, J. T. (2000). Compost: A study of the development process and end-product potential for suppression of turfgrass disease. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 16, 115–134. DOI: 10.1023/A:1008901420646.
- Bremner, J. M. (1996) Nitrogen Total. In: Sparks, D.L., Ed., *Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods*, SSSA Book Series 5, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 1085–1122.
- Chattopadhyay, G. (2012). Use of vermicomposting biotechnology for recycling organic wastes in agriculture. *International Journal Of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 1(1), 8. DOI: 10.1186/2251-7715-1-8.
- 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. DOI: 10.21776/ub.afssaae.2019.002.01.5.
- Déportes, I., Benoit-Guyod, J. L., & Zmirou, D. (1995). Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review. *The Science of the total environment*, 172(2-3), 197–222. DOI: 10.1016/0048-9697(95)04808-1.
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., & Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. URL: <http://www.fao.org/docrep/018/i3437e/i3437e.pdf>.
- Hepperly, P. R., Lotter, D., Ulsh, C. Z., Seidel, R., & Reider, C. (2009). Compost, manure and synthetic fertilizer influences crop yields, soil properties, nitrate leaching and crop nutrient content. *Compost Science & Utilization*, 17, 117–126. DOI: 10.1080/1065657X.2009.10702410.
- Hwang, H. Y., Kim, S. H., Kim, M. S., Park, S. J., & Lee, C. H. (2020). Co-composting of chicken manure with organic wastes: characterization of gases emissions and compost quality. *Appl. Biol. Chem*, 63, 3. DOI: 10.1186/s13765-019-0483-8.
- Ismayana, A., Indrasti, N. S., Suprihatin, Maddu, A., & Tip, A. F. (2012). Faktor rasio C/N awal dan laju aerasi pada proses co-composting bagasse dan blotong. *Journal of Agroindustrial Technology*, 22(3). URL: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/7096>.
- 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. DOI: 10.1016/j.biortech.2014.06.110.
- 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. DOI: 10.1016/j.biortech.2014.02.123.
- Leet, J. K., & Volz, D. C. (2013). Improving waste management strategies for small livestock farms. *Environmental science & technology*, 47(21), 11940–11941. DOI: 10.1021/es404078b.
- 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. DOI: 10.1016/j.biortech.2011.07.052.
- Liu, Z., Gonzalez, J.S., Wang, H., Gunasekaran, S., & Runge, T. (2015). Dairy manure protein analysis using UV-vis based on the Bradford method. *Analytical Methods*, 7, 2645–2652. DOI: 10.1039/C4AY03006K.
- 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. DOI: 10.1016/j.wasman.2010.11.011.
- Nasiru, A., Ismail, N. & Ibrahim, M. H. (2013). Vermicomposting: Tool for Sustainable Ruminant Manure Management. *Journal of Waste Management*, 2013, 732759. DOI: 10.1155/2013/732759.
- Ponsá, S., Pagans, E., & Sánchez, A. (2009). Composting of dewatered wastewater sludge with various ratios of pruning waste used as a bulking agent and monitored

- by respirometer. *Biosystems Engineering*, 102, 433–443. DOI: 10.1016/J.BIOSYSTEMSENG.2009.01.002.
- 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. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.11.030.
- Romero-Yam, L. A., Almaraz-Suárez, J. J., Velasco-Velasco, J., Galvis-Spinola, A., & Gavi-Reyes, F. (2015). Microbial dynamic during composting of filter cake reactivated with chicken manure. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 21(1) 21–31. DOI: 10.5154.r.rchsh.2013.09.032.
- Shen, X., Huang, G., & Yang, Z. (2015). Compositional characteristics and energy potential of Chinese animal manure by type and as a whole. *Applied Energy*, 160, 108–119. DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.09.034.
- Sommer, S. G. (2001). Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. *Eur. J. Agron.*, 14(2), 123–133. DOI: 10.1016/S1161-0301(00)00087-3.
- Strom, P. F. (1985). Effect of temperature on bacterial species diversity in thermophilic solid-waste composting. *Applied and environmental microbiology*, 50(4), 899–905. DOI: 10.1128/aem.50.4.899-905.1985.
- Suhartini, S., Wijana, S., Surjono, Wardhani, N. S., & Muttaqin, S. (2020). Composting of chicken manure for biofertiliser production: a case study in Kidal Village, Malang regency. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 524(1), 1–8. DOI: 10.1088/1755-1315/524/1/012016.
- Tiquia, S. M. (2002). Evolution of extracellular enzyme activities during manure composting. *Journal of applied microbiology*, 92(4), 764–775. DOI: 10.1046/j.1365-2672.2002.01582.x.
- 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. DOI: 10.1016/0960-8524(95)00195-6.
- Wolf, A., Watson, M., & Wolf, N. (2003) Digestion and Dissolution Methods for P, K, Ca, Mg and Trace Elements. In: Peters, J., Ed., *Recommended Methods of Manure Analysis*, University of Wisconsin-Extension, Madison, 30–38.
- Wollum, A. G. (1982). Cultural methods for soil microorganisms. In: *Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological properties*, 2nd edn. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Publisher Madison, Wisconsin, USA, 781–813. URL: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.frontmatter>.
- Yang, F., Li, Y., Han, Y., Qian, W., Li, G., & Luo, W. (2019). Performance of mature compost to control gaseous emissions in kitchen waste composting. *The Science of the total environment*, 657, 262–269. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.030.
- 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.