

Indicators of spoiled corn silage during its fermentation with different doses of biodestructorL. Mitiohlo¹ | S. Merzlov² | H. Merzlova²✉**Article info**

Correspondence Author

H. Merzlova

E-mail:

halyna.merzlova@btsau.edu.ua

¹ State enterprise
"Experimental Farm "Niva"
of the M. V. Zubets Institute
of Animal Breeding
and Genetics of the NAAS of
Ukraine",
1 Sadova Str.,
Hrystynivka village, 20009,
Ukraine

² Bila Tserkva National
Agrarian University,
Bila Tserkva, 09100,
Ukraine

Citation: Mitiohlo, L., Merzlov, S., & Merzlova, H. (2023). Indicators of spoiled corn silage during its fermentation with different doses of biodestructor. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 76–80. doi: 10.31210/spi2023.26.03.14

At farms that specialize in raising cattle and producing milk from cows, for a number of reasons, corn silage, which is used in the rations, is not all fed to the animals. A significant amount of corn silage deteriorates and becomes unsuitable for use in feed. From an economic and ecological point of view, the most rational way of disposing of spoiled corn silage is its (fermentation) composting. The issue of composting spoiled corn silage using domestic biodestructors of the BTU-Center remains insufficiently studied. Therefore, the goal of our research was to establish the effectiveness of the impact on the technological, chemical and microbiological indicators of compost from spoiled corn silage using different doses of biodestructor. To conduct research, 150 kg blocks were formed from spoiled corn silage both in the control group and the experimental groups. Biodestructor at the rate of 5.0, 10.0 and 20.0 cm³/t was applied to the research groups. In the control group, corn silos were irrigated with water without the addition of a biodestructor. The formed blocks were covered with polyethylene film. Aeration of spoiled silage in the blocks was carried out once every 8 days. The temperature of corn silage was monitored during fermentation. A number of chemical and microbiological parameters were determined in the obtained compost. During the study of the temperature dynamics, it has been established that with the use of biodestructor in the amount of 20.0 cm³/t the temperature of the composted biomass has already increased by 60.0 % on the second day compared to the corn silage in which the biodestructor was not applied. The use of the maximum dose of the biodestructor allows composting of spoiled corn silage in thermophilic mode for seven days longer. With the introduction of biodestructors, the compost is enriched with bacteria *Bacillus* spp. The higher the dose of the biodestructor in corn silage, the higher the KMAFAnM indicator is. The use of a biodestructor helps to accelerate the mineralization of corn silage, which is confirmed by an increase in the content of calcium in the compost by 36.5 % compared to the control. The introduction of a biodestructor contributes to the reduction of Nitrogen and Phosphorus losses, respectively, by 8.6 and 11.3 % compared to composting without a biodestructor.

Keywords: chemical composition, bacteria, compost, composting, Phosphorous, Calcium.

Показники зіпсованого силосу кукурудзи за його ферментування різними дозами біодеструктораЛ. В. Мітіюгло¹ | С. В. Мерзлов² | Г. В. Мерзлова²

¹ Державне підприємство
"Дослідне господарство
"Нива" Інституту
розведення і генетики тва-
рин імені М. В. Зубця
НААН України"
село Христинівка,
Україна

² Білоцерківський
національний аграрний
університет,
м. Біла Церква,
Україна

У господарствах, які спеціалізуються із вирощування великої рогатої худоби та виробництва молока корів за ряду причин силос кукурудзи, який використовується у складі раціонів не весь згодовується тваринам. Значна кількість силосу кукурудзи псується і стає непридатною для використання в годівлі. Найраціональ-нішим із економічної і екологічної точки зору способом утилізації зіпсованого силосу кукурудзи є його компостування (ферментування). Не досить вивченим залишається питання компостування зіпсованого силосу кукурудзи за використання вітчизняних біодеструкторів БТУ-Цент. Тому, метою наших досліджень було встановити ефективність впливу на технологічні, хімічні та мікробіологічні показники компосту із зіпсованого силосу кукурудзи за використання різних доз біодеструктора. Для проведення досліджень із зіпсованого силосу кукурудзи як у контрольній групі так і у дослідних групах формували бурти масою по 150 кг. У дослідні групи вносили біодеструктор із розрахунку 5,0; 10,0 та 20,0 см³/т. У контрольній групі силос кукурудзи зрошували водою без додавання біодеструктора. Сформовані бурти накривали полі-етиленовою плівкою. Аерування зіпсованого силосу у буртах проводили один раз на 8 діб. Під час фермен-тування контролювали температуру силосу кукурудзи. У одержаному компості визначали ряд хімічних та мікробіологічних показників. Під час дослідження динаміки температури було встановлено, що за використання біодеструктора у кількості 20,0 см³/т уже на другу добу температура компостованої біомаси підвищилась на 60,0 % відносно силосу кукурудзи у який не вносили біодеструктор. Застосування макси-мальної дози біодеструктора дозволяє проводити компостування зіпсованого силосу кукурудзи у термо-фільному режимі на сім діб довше. За внесення біодеструкторів компост збагачується бактеріями *Bacillus* spp. Чим більша доза біодеструктора у силосі кукурудзи тим показник КМАФАНМ зростає. Застосування біодеструктора сприяє прискоренню мінералізації силосу кукурудзи, що підтверджується зростання вмісту Кальцію у компосту на 36,5 % відносно контролю. Внесення біодеструктора сприяє зменшенню втрат Нітрогену та Фосфору, відповідно, на 8,6 та 11,3 % відносно компостування без біо-деструктора.

Ключові слова: хімічний склад, бактерії, компост, компостування, Фосфор, Кальцій.

Бібліографічний опис для цитування: Мітіюгло Л. В., Мерзлов С. В., Мерзлова Г. В. Показники зіпсованого силосу кукурудзи за його ферментування різними дозами біодеструктора. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (3). С. 76–80.

Вступ

У раціонах великої рогатої худоби силос кукурудзи має велике значення. Фермерські господарства, та великі підприємства щороку заготовляють тисячі тон силосу кукурудзи. Не весь силос згодовується тваринам [16]. Псування корму можна виявити на верхній частині і з боків силосної траншеї (зона контактування із повітрям). Аеробне псування може проходити за негативного ущільнення корму не залежно від погоди. Швидке псування силосу кукурудзи проходить у жарку пору року за використання не ефективного навантажувача під час роботи якого проходить небажане аерування спресованої маси корму і невчасне її використання. Також за використання кукурудзи із високою вологістю і без внесення мікробіологічних препаратів можливе псування силосу [9].

Згодовувати зіпсований силос навіть у незначній масі великій рогатій худобі забороняється. Так як, це може викликати проблеми із травленням, відтворенням, продуктивністю і здоров'ям стада. Кукурудзяний силос не повинен мати цвілевий, затхлий чи гнилий запах і неприродний колір у зв'язку із пліснявинням [2, 6].

Ефективним способом раціонального використання зіпсованого силосу є його ферментування або компостування. Під компостуванням розуміють природний гідроліз білків, жирів та вуглеводів у органічних відходах за рахунок ензимів. Домінуючим джерелом ензимів є мікроорганізми (переважно бактерії), гриби та дріжджі. За компостування передбачається знешкодження ряду патогенних мікроорганізмів за рахунок підвищення температури органічної біомаси в межах мезофільних і термофільних режимів. Для цього балансується співвідношення між вмістом Нітрогену, Карбону, вологи та Оксигену у органічних відходах. Оптимальним співвідношенням між Нітрогеном і Карбоном є 1 : 30. Оптимальною вологістю органічних відходів є 64–66 %. Недотримання даних вимог призводить до пролонгування часу ферментування та іноді значної втрати поживних речовин у вигляді газів. На прискорення ферментування впливає постійне надходження повітря для забезпечення

аеробних мікроорганізмів Оксигеном. За зниження вмісту Оксигену у органічних відходах ферментування проходить за низьких температур із використанням анаеробних мікроорганізмів і процес більш пролонгується [3, 4, 10–12, 14, 15].

Використання компостування органічних відходів сприяє зниженню утворенню та переходу у атмосферу шкідливих газів [8, 13, 19]. Використання ферментованих відходів рослинництва як органічного добрива сприяє підвищенню родючості ґрунтів [7].

Використання під час компостування відходів рослинництва біодеструкторів (препарати мікроорганізмів) скорочує час ферментативних процесів і одержання органічних добрив [14]. Проте на даний час зустрічається незначна кількість досліджень щодо утилізації зіпсованого силосу кукурудзи за використання вітчизняних біодеструкторів.

Мета дослідження

Метою досліджень є встановлення впливу біодеструктора вітчизняного виробництва на час компостування зіпсованого силосу та його мікробіологічні та хімічні показники.

Матеріали і методи

Для дослідження було зібрано 2000 кг зіпсованого силосу кукурудзи, який не придатний для згодовування тваринам. Силос за допомогою кормозмішувача ретельно перемішували. Для прискорення ферментації зіпсованого силосу застосовували біодеструктор (мікробіологічний препарат) виробництва БТУ-ЦЕНТР.

Із загальної маси силосу відбирали по 150 кг і їх за ретельного перемішування зволожували розчинами біодеструктора. У I дослідній групі проб кількість мікробного препарату вносили із розрахунку 5 см³/т. Проби II та III групи зволожували 8,0 літрами розчину біодеструктора доводячи, відповідно, його вміст 10,0 та 20,0 см³/т. У контрольній групі зразки зіпсованого силосу зрошували водою без додавання мікробіологічного препарату (табл. 1).

Таблиця 1

Схема досліді

Група проб	Кількість проб, шт	Маса зіпсованого силосу, кг	Об'єм біодеструктора, см ³ /т	Об'єм води для розчинення біодеструктора, дм ³
Контрольна	3	150,0	-	8,0
I дослідна	3	150,0	5	8,0
II дослідна	3	150,0	10	8,0
III дослідна	3	150,0	20	8,0

Із зволжених як контрольних так і дослідних проб формували бурти і накривали поліетиленовою плівкою. Бурти розташовували під навісом для уникнення прямих сонячних променів.

Вітчизняний біодеструктор містить мікроорганізми: *Bacillus subtilis*, *Bacillus spp.*, *Bacillus mesentericus*. Час ферментування становив 110 діб. Середній вміст вологи силосу кукурудзи на початку

експерименту становив 64±1,5 %. Перемішування силосу у буртах проводили один раз на 8 діб.

Мікробіологічні показники визначали користуючись даним описаними у статті [18]. Для досліджень відбирали проби силосу на 100 добу ферментування.

У не ферментованому кукурудзяному силосі визначали масову частку Кальцію, сирого протеїну,

загального Нітрогену і Фосфору. Загальний Нітроген визначали згідно методики описаної в [5]. Сирий протеїн у силосі досліджували застосовуючи методику К'ельдаля викладену у [20] користуючись коефіцієнтом перерахунку 6,25. Вміст Фосфору та Кальцію у зіпсованому кукурудзяному силосі визначали згідно методики наведеної у [17].

Температуру в середині бурта силосу визначали користуючись термометром згідно ДСТУ ОІМЛ R 133:2019 [1]. Показник визначали на глибині 28–36 см із експозицією 8 хвилин через кожні 24 годин протягом першого місяця експерименту і один раз на 4 доби із 61 до 110 доби експерименту.

Отримані результати обробляли використовуючи стандартні методи статистики за допомогою програми Statistica.

Результати та їх обговорення

Під час формування буртів як у контролі так і дослідних групах температура зіпсованого силосу становила 22,0 °С. На другу добу експерименту виявлено, що силос у контрольних буртах мав

температуру 28,0 °С. За внесення у силос біодеструктора у дозі 5,0 см³/т температура в середині буртів силосу була вищою на 32,1 %. Збільшення вмісту біодеструктора у 2 та 4 рази дозволило на другу добу компостування мати вищу температуру силосу відносно контролю, відповідно, на 50,0 та 60,7 %.

Починаючи із 2 доби компостування була виявлена закономірність, що із підвищенням дози біодеструктора у силосі кукурудзи температура компостування збільшується. На четверту добу температура у контрольних буртах була вищою на 7,1 % відносно показника на 2 добу. У цей самий період у III дослідній групі температура силосу збільшилась на 60,0 % відносно контролю.

Найвищу температуру силосу кукурудзи було зафіксовано на 6 добу компостування у буртах де застосовували 20,0 см³ біодеструктора на тонну. Порівнюючи до температури органічної маси на початок експерименту то показник у даному випадку зріс у 2,2 рази. Перевага відносно контролю становила 58,0 % (рис. 1).

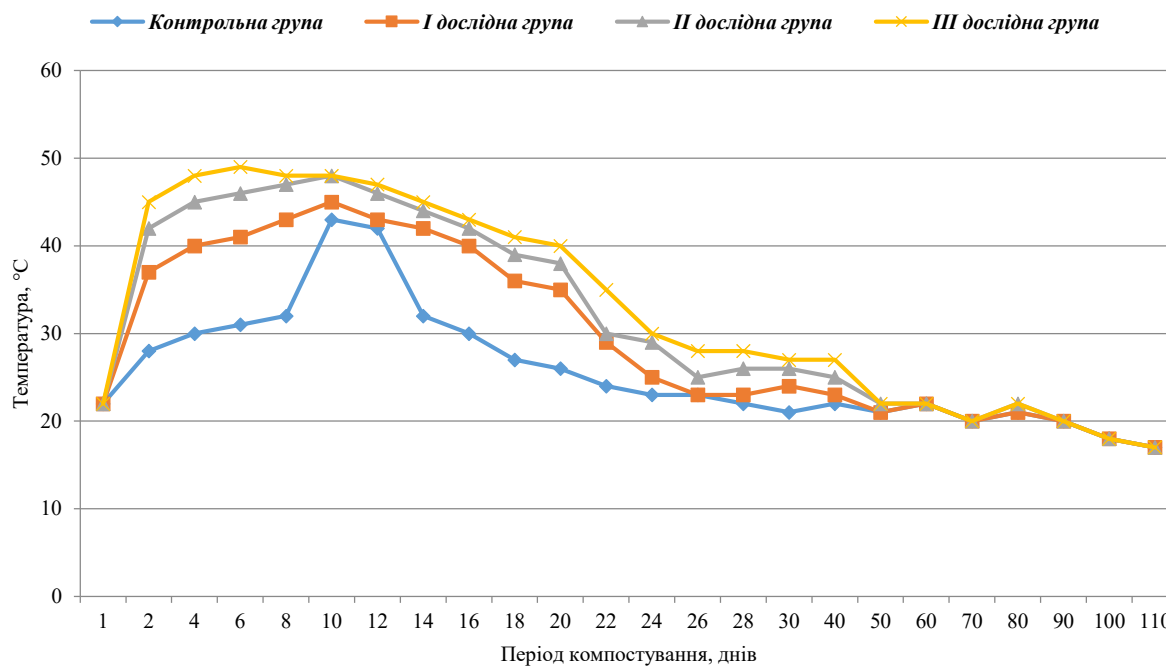


Рис. 1. Динаміка температури компосту

Підвищення температури у компості у контрольній, I та II дослідній групі спостерігали до 10 доби. У III дослідній групі температура силосу кукурудзи із 6 до 10 доби була майже сталою. Із дванадцятої доби у буртах температура компосту поступово почала знижуватися.

Відмічалось, що термофільний режим ферментування у контролі тривав три доби, у I та II контрольній групі – 13 днів, а у III дослідній групі 16 днів.

Мезофільний режим компостування у контрольній групі розпочався із 14 доби. Процес компостування силосу кукурудзи куди вносили 5,0 та 10,0 см³/т протікав у мезофільному із вісімнадцятої до дев'яностої доби. Після 50 доби компостування

вірогідної різниці за температурою у силосі дослідних і контрольної групи не було встановлено.

Внесення найбільшої дози біодеструктора (III дослідна група) призводить до швидкої активації метаболічних процесів, що протікають за впливу ензимів, які синтезуються конгломератом мікроорганізмів внаслідок чого швидше зростає і довше зберігається підвищена температура відносно дослідних компостів де використовували низькі дози мікробіологічних препаратів та контрольного компосту де розмножувались мікроорганізми, які природнім методом потрапили у зіпсований силос кукурудзи.

Мікробіологічне дослідження проводили через 100 днів від початку компостування зіпсованого силосу.

Після 110 діб ферментування показник КМАФАнМ у контрольному компості була на рівні $0,9 \cdot 10^7$. За внесення найменшої дози біодеструктора у силос кукурудзи показник КМАФАнМ був вищим, ніж у контролі у 7,8 рази. Найвищий показник КМАФАнМ було встановлено у компості із III дослідної групи (табл. 2).

Таблиця 2

Деякі мікробіологічні показники складу силосу кукурудзи (100 доба після початку експерименту), КУО/г

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

Встановлена закономірність чим більше вносили у силос кукурудзи біодеструктора тим кількість *Bacillus spp.* у компості була вищою.

Таблиця 3

Деякі хімічні показники зіпсованого силосу до і після компостування, n=5

Показник	Силос кукурудзи до компостування	Контрольна група	I дослідна група	II дослідна група	III дослідна група
Сирий протеїн, %	1,7±0,115	0,88±0,024 ^{2**}	0,89±0,018 ^{2**}	0,91±0,032 ^{2**}	0,95±0,017 ^{2**}
Кальцій, г/кг	15,3±0,85	26,3±1,55 ^{2**}	30,2±1,22 ^{2**}	33,4±1,17 ^{1* 2***}	35,9±1,24 ^{1* 2***}
Нітроген, г/кг	2,90±0,125	1,40±0,059 ^{2**}	1,42±0,068 ^{2**}	1,46±0,078 ^{2**}	1,52±0,085 ^{2**}
Фосфор (P ₂ O ₅), г/кг	6,10±0,250	2,65±0,121 ^{2***}	2,70±0,142 ^{2***}	2,84±0,098 ^{2***}	2,95±0,078 ^{2***}

Примітки: ^{1*} – p<0,05; ^{1**} – p<0,01 – відносно контролю; ^{2**} – p<0,01; ^{2***} – p<0,001 – відносно неферментованого силосу кукурудзи.

Вміст Кальцію у компостованому силосі кукурудзи підвищується у 1,97–2,34 (p<0,01–p<0,001) рази відносно неферментованого зіпсованого корму (I–III дослідні групи). Встановлено також збільшення Кальцію на 36,5 % відносно показника у контрольній групі. Із збільшенням вмісту біодеструктора у силосі кукурудзи вміст Кальцію у його ферментованій формі зростає. За вмістом Кальцію можливо судити про позитивний вплив біодеструктора на мінералізацію органічних відходів. Чим вміст мікроорганізмів вищий за процесу ферментування тим процес мінералізації силосу кукурудзи прискорюється.

Внаслідок компостування вміст Нітрогену у контрольному зразку компосту знизився до показника 1,4 г/кг, що у 2,07 рази менше, ніж у вихідному матеріалі. Досліджуючи вміст Нітрогену у дослідних групах виявлено, що за дії біодеструктора вміст елемента був вищий, відповідно, на 1,4–8,5 % відносно контролю.

Компостування силосу кукурудзи супроводжується втратою Фосфору. Показник у дослідних групах був меншим у 2,06–2,25 рази відносно силосу до компостування. Із підвищенням вмісту біодеструктора у силосі кукурудзи відсоток трансформації Фосфору в компості збільшується.

Досліджуючи хімічний склад зіпсованого силосу кукурудзи до і після ферментування за допомогою біодеструктора було встановлено, що під час протікання біохімічних процесів продовж 110 діб вміст сирого протеїну як у контролі так і в дослідних групах суттєво знижується. Вміст сирого протеїну у силосі кукурудзи, який використовували для експерименту, до ферментування був на рівні 1,7 %. У контрольній групі вміст сирого протеїну по завершенню компостування був меншим у 1,93 рази меншим у порівнянні із показником на початку експерименту.

Доведено, що чим вміст біодеструктора був вищим у кукурудзяному силосі тим більше у компості було сирого протеїну. Найбільший показник сирого протеїну у компостованому силосі кукурудзи був у III дослідній групі. Різниця відносно контролю становила 0,07 %. Дану закономірність можливо обґрунтувати тим, що чим більша кількість конгломерату мікроорганізмів у силосі кукурудзи тим більша кількість амінокислот трансформується у їх масу (табл. 3).

Висновок

Використання біодеструктора за компостування зіпсованого силосу кукурудзи сприяє швидкому зростанню температури у компості. За вмісту у силосі 20,0 см³/т біодеструктора температура в середині буртів підвищується на 58,0 %, час ферментації за термофільного режиму збільшується на 7 діб відносно варіанту де не вносили препарату.

Внесення найвищої дози біодеструктора у зіпсований силос кукурудзи дає можливість забезпечувати вміст *Bacillus spp.* у компості на 110 добу ферментування на рівні $2,3 \cdot 10^8$ КУО/г. Із збільшенням вмісту біодеструктора у силосі кукурудзи показник КМАФАнМ зростає.

За використання біодеструктора у кількості 20,0 см³/т можливо прискорити процес мінералізації силосу кукурудзи, зменшити втрати нітрогену та Фосфору, відповідно, на 8,6 та 11,3 % відносно варіанту де компостування проходило без додавання біодеструктора.

Перспективи подальших досліджень. Заслугове на увагу проведення дослідження визначення кількості утворення аміаку і вуглекислого газу під час компостування зіпсованого силосу кукурудзи із використанням біодеструктора.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. DSTU OIML R 133:2019 *Termometry ridynni skliani (OIML R 133:2002, IDT) vid 21 hrudnia 2019 r. № 466. Chymyvi vid 2021-01-01.* (2021). Kyiv [in Ukrainian]
2. Cherniuk, S. V., & Zahorodnii, A. P. (2015). Efektyvnist vykorystannia sylosu, konservovanoho mikrobnym inokuliantom u hodivli diinykh koriv. *Tekhnolohiia Vyrobnystva i Pererobky Produktsii Tvarnyntstva*, 2, 168–170. [in Ukrainian]
3. 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>
4. Blazy, V., De-Guardia, A., Benoist, J. C., Daumoin, M., Lemasle, M., Wolbert, D., & Barrington, S. (2013). Process conditions influence on pig slaughter house compost quality under forced aeration. *Waste and Biomass Valorization*, 5 (3), 451–468. <https://doi.org/10.1007/s12649-013-9251-x>
5. Bremner, J. M. (2018). Nitrogen-Total. *Methods of Soil Analysis*, 1085–1121. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c37>
6. 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.
7. 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.afssaae.2019.002.01.5>
8. 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. <https://doi.org/10.1186/2251-7715-1-8>
9. Arriola, K. G., Kim, S. C., & Adesogan, A. T. (2011). Effect of applying inoculants with heterolactic or homolactic and heterolactic bacteria on the fermentation and quality of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 94 (3), 1511–1516. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3807>
10. 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>
11. 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>
12. Nakasaki, 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*, 31 (3), 495–501. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.11.011>
13. Nasiru, A., Ismail, N., & Ibrahim, M. H. (2013). Vermicomposting: Tool for sustainable ruminant manure management. *Journal of Waste Management*, 2013, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2013/732759>
14. Raut, M., Princewilliam, S., Bhattacharyya, J., 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>
15. Tiquia, S. M., Tam, N. F. Y., & Hodgkiss, I. J. (1996). Microbial activities during composting of spent pig-manure sawdust litter at different moisture contents. *Bioresource Technology*, 55 (3), 201–206. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(95\)00195-6](https://doi.org/10.1016/0960-8524(95)00195-6)
16. Wilkinson, J. M., Bolsen, K. K., & Lin, C. J. (2015). History of Silage. *Silage Science and Technology*, 1–30. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c1>
17. 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*. Madison: University of Wisconsin-Extension.
18. Wollum, A. G. (2015). Cultural Methods for Soil Microorganisms. *Methods of Soil Analysis*, 781–802. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c37>
19. Zhang, H., Li, G., Gu, J., Wang, G., Li, Y., & Zhang, D. (2016). Influence of aeration on volatile sulfur compounds (VSCs) and NH₃ emissions during aerobic composting of kitchen waste. *Waste Management*, 58, 369–375. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.022>
20. 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 (6), 2645–2652. <https://doi.org/10.1039/c4ay03006k>

ORCID

- L. Mitiohlo  <https://orcid.org/0000-0001-6137-3060>
S. Merzlov  <https://orcid.org/0000-0002-9815-4280>
H. Merzlova  <https://orcid.org/0000-0002-2394-9118>



2023 Mitiohlo L. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.