

УДК 631.42-044.337:[631.333.92:631.879.4]
DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.6.1/28>

Малиновський В.В.

Український державний університет науки і технологій

Мітіна Н.Б.

Український державний університет науки і технологій

ОТРИМАННЯ ПОКРАЩУВАЧА ҐРУНТУ ШЛЯХОМ АЕРОБНОГО КОМПОСТУВАННЯ КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ В ПРОМИСЛОВИХ МАСШТАБАХ

У статті описано аеробне (аераторне) компостування підстилкового курячого посліду як перспективну технологію переробки відходів птахівництва на компост високої якості з метою покращення структури ґрунту та збагачення його гумусом. У дослідженні викладено порівняння субстратних систем, що застосовуються у промислових умовах: підстилкового курячого посліду та підстилкового гною великої рогатої худоби (ВРХ) із застосуванням технології аеробного компостування. Експеримент проводили на відкритому компостувальному майданчику в промислових обсягах продовж 89 днів. У рамках дослідження аналізували кількість технологічних операцій аеробного компостування підстилкового посліду птиці (сушіння, аерація, аерація з внесенням вологи), контролювали основні параметри процесу: склад, температура, вологість, рН. Здійснено порівняння біохімічних показників кінцевих продуктів, отриманих із субстратів на основі курячого посліду та гною ВРХ. Результати оцінювали за трансформацією органічної частини, вмістом макро та мікронутрієнтів, потенційною цінністю компостів, як покращувачів ґрунту. Зразки покращувачів ґрунту, виготовлені на основі субстрату з підстилкового курячого посліду, мають більш високу концентрацію основних макроелементів порівняно з аналогами, отриманими з підстилкового гною ВРХ: Nзаг. – у 4,35 рази, P2O5 – у 4,33 рази, K2O – у 1,63 рази. Органічна частина покращувача ґрунту із субстрату гною ВРХ у 1,6 рази більша, ніж у покращувача з курячого посліду, що відповідає очікуваному перетворенню відходів на стабільний матеріал з підвищеною гумусовою часткою. Субстрат із підстилкового курячого посліду забезпечує більш високу концентрацію базових поживних елементів у готовому продукті порівняно з субстратом із підстилкового гною ВРХ. В роботі зазначено, що обидва субстрати ефективні в залежності від цілей використання компосту: для швидкого збагачення макроелементами варто розглядати курячий послід, тоді як для більш стабільного та гумусоподібного матеріалу гній ВРХ. Результати надають практичні орієнтири для оптимізації промислових режимів аеробного компостування та вибору субстратів в залежності від потрібного фінального профілю покращувача ґрунту.

Ключові слова: родючість ґрунту, переробка органічних відходів, переробка відходів птахівництва, виробництво покращувача ґрунту, аеробне компостування, компост, промислове компостування, компост з пташиного посліду, ґрунт, компостування посліду, органічні відходи, переробка відходів птахівництва, органічні добрива, покращувач ґрунту, оновлення мікробіоти ґрунту, мікробіота ґрунту.

Постановка проблеми. Протягом останніх тридцяти років світова галузь птахівництва постійно еволюціонує та суттєво нарощує виробництво м'яса свійської птиці, яєць та супутніх продуктів. Показники України у галузі демонструють відносно стабільні обсяги виробництва протягом останніх десяти років (таблиця 1) [1], навіть під час військової агресії зі сторони росії у 2014 році та повномасштабного воєнного вторгнення в Україну в 2022 році.

Разом із масштабуванням галузі птахівництва зростають обсяги побічних продуктів та їх вплив на довкілля. До основних типів відходів птахівництва відносяться послід, підстилка, відходи забою та інші побічні продукти, що утворюються у процесі вирощування та переробки птиці. Найбільш небезпечним та значним за обсягом по обсягу серед побічних продуктів птахівництва є послід. Враховуючи те, що одна курка виробляє в середньому від 36 кг до 47 кг посліду на рік, то загаль-

Кількість свійської птиці в Україні станом на 1 січня

Роки	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ПТИЦЯ, млн. голів	213,3	204,0	201,7	204,8	211,7	220,5	200,7	202,2	180,5	184,7

ний обсяг посліду, що утворює галузь в Україні, складає приблизно 6649,2–8680,0 тис. т на рік. Пташиний послід, особливо у великих кількостях, може призводити до забруднення водою. Бактерії, розкладаючи послід, споживають кисень, що негативно впливає на водну флору і фауну. У пташиному посліді можуть міститися хвороботворні бактерії, які можуть передаватися людям та тваринам, викликаючи певні захворювання. Несвіжий пташиний послід може містити токсичні речовини, такі як скатол та індол, які негативно впливають на ріст рослин. Пташиний послід, як і інші види органічних відходів, може забруднювати ґрунт, особливо при неправильному зберіганні, переробці та утилізації. У 2024 р. в Україні зберігається тенденція до збільшення випадків загибелі птахів, зокрема диких, через хвороби, такі як пташиний грип. Небезпека від пташиного посліду є у місцях скупчення птахів, зокрема на водоймах, де вони перепочивають та харчуються. Отже, переробка та утилізація пташиного посліду є актуальною для зменшення екологічної шкоди.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Послід є джерелом цінних ресурсів для створення покращувачів ґрунту або органо-мінеральних добрив для оновлення мікробіоти ґрунту. Пташиний послід являє собою складну і неоднорідну структуру, до складу якої входять органічні та неорганічні сполуки. До органічних відносять в основному азотисті сполуки (білки, пептиди, амінокислоти) та сполуки вуглецю (ліпіди, гліцерин, жирні кислоти, вуглеводи, у тому числі клітковина, цукри, спирти, целюлозолігнин), до неорганічних – воду, аміак, деякі сполуки міді, фосфору, калію, цинку, марганцю тощо. Хімічний склад посліду різних видів птиці має свої відмінності – значний вплив здійснюють умови годівлі та утримання птиці. Цінність посліду як органічного добрива визначається насамперед вмістом хімічних елементів, таких як азот, фосфор та калій [2]. На сьогодні пропонується цілий ряд технічних та технологічних рішень щодо перероблення пташиного посліду. Аналіз ідей щодо використання посліду птахів дозволяє виділити такі запатентовані технології: внесення в ґрунт без обробки – в чистому вигляді, переробка шляхом тривалого витримання, переробка пасивним методом компостування у бурти, переробка активним методом компостування у бурти, меха-

нічне сушіння в центрифугі або прес-фільтрах, вакуумне сушіння, термічне сушіння (можливо в поєднанні з грануляцією) кавітаційний спосіб знезараження рідкого гною та посліду, біоферментація в установках барабанного і камерного типу, вермікомпостування, мікробіологічна конверсія гною та посліду, виробництво біогазу (метанове зброджування), піроліз (термічне розкладання посліду без доступу кисню), спалювання для отримання альтернативної електричної енергії, спалювання для отримання теплової енергії, виробництво біопалива, а також комбінації вищезгаданих методів [3]. Розглянуто можливість виробництва кормів для відгодівлі птиці з пташиного посліду [4].

Постановка завдання. Дослідити технологічний процес одержання компосту як покращувача ґрунту методом аеробного компостування підстилкового курячого посліду у промислових умовах на відкритому ґрунті.

Виклад основного матеріалу. Експеримент проводили на відкритому майданчику поблизу села Верхівськ, Рівненський район, Рівненська область, Україна. Технічну підтримку проведення дослідження забезпечила компанія ТОВ «О.П.Є.». В технології аеробного компостування використовувалась спеціальна техніка: самохідний аератор ВАСKHUS A30, який забезпечував такі функції як сушіння, змішування, подрібнення, рівномірний розподіл колоній бактерій та мікроміцетів, насичення киснем, зволоження субстрату; телескопічний навантажувач Manitu MT-X 735; трактор Case IH Magnum 310 із діжкою для води на 5 т. Аналіз змін у субстраті під час компостування визначалися в польових умовах візуально, заміри основних показників температури – з використанням біметалевого термометра для компосту TFA 192008; кислотність і вологість вимірювали аналізатором ґрунту ZD-05 (pH 3–8; RH: 10–80%), індикаторними смужками Indicator Strips JTP pH (4,0–7,5); атомно-емісійну спектроскопію – приладом Avio 220 Max; хімічний склад початкового субстрату та зрілого компосту визначалися за ДСТУ ISO10012:2005.

Результати роботи. Об'єктом дослідження є субстрат з підстилкового посліду, до складу якого входить 10% соломи та 90% посліду. Біохімічний склад субстрату у співвідношенні C:N = 10:1 наведено в таблиці 2.

Субстрат, загальною вагою 2520 тонн, було укладено у 61 бург довжиною від 20 до 54,5 погонних метрів кожен. За дослідний було прийнято бург № 29. Лінійні параметри дослідного бурта наведено в таблиці 3.

Субстрат закладено в бурти на відкритому ґрунті в лютому 2024 року за початкових середньодобових температур біля 4°C. Компостування тривало 93 доби на майданчику під природним впливом зовнішнього середовища. Першу половину дослідження (до 41 доби експерименту) середньодобова температура повітря коливалась у діапазоні 4–6°C, що суттєво вплинуло на термін проходження термофільної фази процесу аеробного компостування. Починаючи з 45 доби за середньодобових показників температури біля 10°C, розпочався перехід процесу компостування у мезофільну фазу. Динаміка змін температури повітря під час компостування підстилкового

посліду птиці у промислових обсягах на відкритому майданчику наведено на рисунку 1.

Схематичні зображення розташування буртів на промисловому майданчику зображено на рисунку 2а, блок-схема процесу аеробного компостування зображено на рисунку 2б.

Технологія процесу аеробного компостування на відкритому ґрунті [5] проведена на основі субстрату з підстилкового посліду птиці. Зміна показників температури, вологості та кислотності зображені на рисунку 3. Заміри проводилися у трьох контрольних точках бурта на відстані 11 м одна від одної на глибині 35–50 см від площини бокової поверхні бурта.

Початковий середній показник температури в бурті становив 67,3°C – обумовлено тим, що перша – мезофільна фаза процесу аеробного компостування пройшла на етапі підготовки субстрату або безпосередньо в курнику. Підставою



Рис. 1. Динаміка змін температури повітря в процесі аеробного компостування підстилкового посліду птиці на відкритому майданчику

Таблиця 2

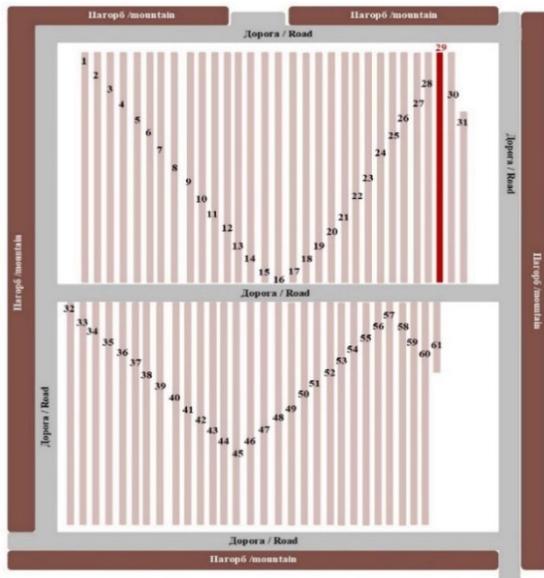
Показники хімічного складу субстрату на основі підстилкового курячого посліду

Показник	Фактичний вміст, %	Методика виконання досліджень
Масова частка сухої речовини	49,1	МВ 004-2019
Масова частка органічної речовини	65	ДСТУ 8454-2015
Показник	Фактичний вміст, %	Методика виконання досліджень
N заг. (загальний азот)	2,3	ДСТУ 7911:2015
P ₂ O ₅ (загальний фосфор)	0,9	МВ 005-2019
K ₂ O (масова частка калію)	1,2	ДСТУ 7949:2015
Кислотно-лужний баланс, рН	6,4	ДСТУ ISO 10390-2007

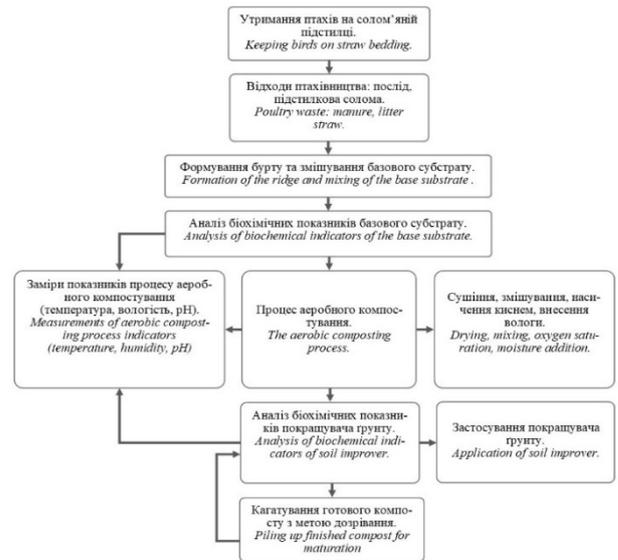
Таблиця 3

Лінійні параметри дослідного бурта

Означення лінійних параметрів	Маркування дослідного бурта	a, м	h, м	l, м	Початкова вага бурта, т
	Дослідний Бург №29	3,0	1,2	45	40,5



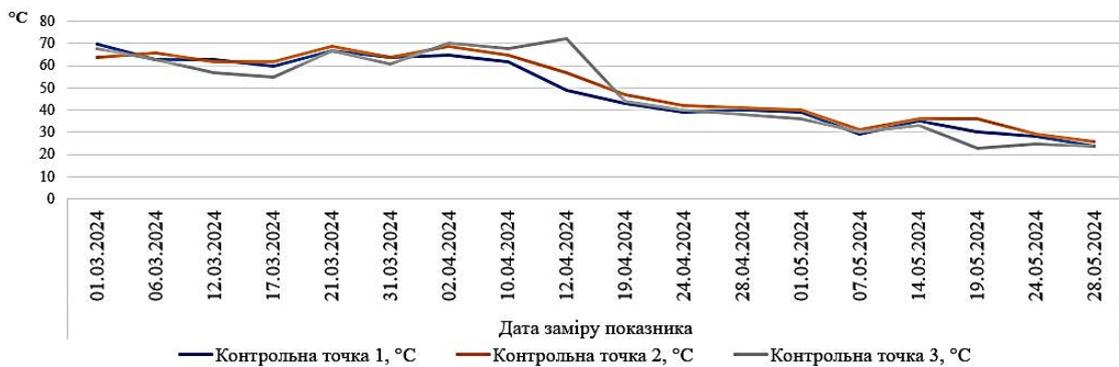
a



b

Рис. 2. Розташування субстрату та процес компостування
 а) розташування бургів з субстратом б) блок-схема процесу аеробного на промисловому майданчику компостування

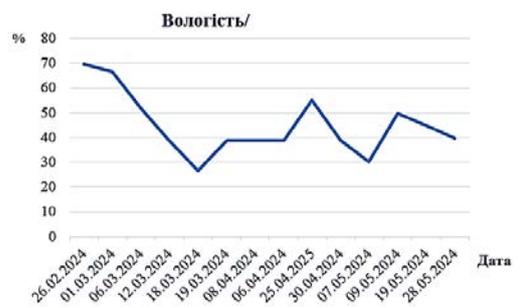
Зміна температури в субстраті під час процесу аеробного компостування



а) температура



б) кислотність



в) вологість

Рис. 3. Параметри показників субстрату в процесі аеробного компостування
 а) температура б) кислотність в) вологість

для висновку є використання у технологічному процесі знезараження та підготовки приміщень для птиці очищувального засобу на основі суміші неорганічних кислот, до складу якого входять: вода, ортофосфорна кислота від 15% до 30%, поверхнево-активні речовини $\geq 5\%$ (ТУ У 20.4.-42898294-001:2019). Фактично ортофосфорна кислота виконала функцію стимулятора розвитку колоній термофілів. Відомі дослідження, в яких наведено приклад, коли після внесення біопрепарату в процесі аеробного компостування, дія якого по заяві виробника орієнтована на знезараження та ефективне аеробне компостування, перша фаза – мезофільна – зникає, а температура, лише за добу після внесення біопрепарату, зростає майже на 30°C [6]. З метою дотримання технології аеробного компостування [5] температурний режим штучно підтримували у діапазоні $60\text{--}80^{\circ}\text{C}$. Вказаний діапазон температури забезпечує знезараження субстрату, деактивацію насіння бур'янів та недопускання згоряння органічної речовини. Підтримка основних параметрів процесу аеробного компостування здійснювалося за рахунок проведення десяти аерацій та одноразового внесення вологи. Періодичність аерацій, опадів та внесення води наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

Періодичність проведення аерацій, внесення води, та атмосферних опадів під час дослідження

Дата	Аерація/ № аерації	Внесення води	Опади
26.02.2024	так/№ 1	ні	ні
02.03.2024	так/№ 2	ні	ні
06.03.2024	так/№ 3	ні	ні
12.03.2024	так/№ 4	ні	ні
17.03.2024	ні	ні	Помірний дощ (4,8 мм)
18.03.2024	так/№ 5	ні	ні
19.03.2024	так/№ 6	ні	ні
31.03.2024	так/№ 7	ні	ні
03.04.2024	ні	ні	Помірний дощ (5 мм)
06.04.2024	так/№ 8	ні	Помірний дощ (6 мм)
12.04.2024	так/№ 9	ні	ні
19.04.2024	ні	ні	Дощ (10 мм)
24.04.2024	ні	ні	Сильний дощ (15 мм)
08.05.2024	так/№ 10	так	ні

Аерації 1, 2, 3 та 10 проводились з метою зменшення вологості субстрату (від 70% до

52%), а 4, 5, 6, 7, 8 та 9 – з метою насичення киснем, подрібнення субстрату та рівномірного розподілу колоній бактерій у бурті. Майже 50 діб аеробного компостування температура субстрату трималась в діапазоні термофільної фази від 59°C до 68°C . Починаючи із 54 доби показники температури знизились до 45°C , процес почав переходити у третю – мезофільну фазу. Суттєві опади (10 мм та 15 мм) на 54 і 59 доби експерименту підвищили вологу субстрату до 57% та знизили темпи процесу компостування. У зв'язку з неможливістю проведення аерацій на відкритому ґрунті після суттєвих опадів, процеси в бурті протікали природним шляхом. На 66 добу, в бурті зафіксовано зниження вологості до 30%. На 73 добу експерименту разом із проведенням аерації в бурт було додано воду, що підвищило вологість з 30% до 50%. На 89 добу експерименту температура бурта фактично зрівнялась із температурою навколишнього середовища, що демонструє перехід процесу компостування у четверту фазу – стабілізації. Проведені лабораторні дослідження хімічного складу готового компосту наведено в таблиці 5.

Таблиця 5

Біохімічні показники покращувача ґрунту отриманого шляхом аеробного компостування на основі субстрату з підстилкового посліду птиці

Показники	Фактичний вміст	Ідентифікація використаного методу
Масова частка сухої речовини, %	77,33	МВ 004-2019
Масова частка органічної речовини, %	27,92	ДСТУ 8454-2015
$N_{\text{заг}}$ (загальний азот) на суху речовину, %	3,67	ДСТУ 7911:2015
P_2O_5 (загальний фосфор) на суху речовину, %	2,25	МВ 005-2019
K_2O (масова частка калію) на суху речовину, %	2,34	ДСТУ 7949:2015
Кислотно-лужний баланс, pH	8,84	ДСТУ ISO 10390-2007

В таблиці 6 наведено порівняння основних біохімічних показників покращувачів ґрунту на основі субстратів з підстилкового курячого посліду та підстилкового гною великої рога-тої худоби отриманих за ідентичною технологією [5].

Таблиця 6
Порівняння біохімічних показників покращувача ґрунту отриманих шляхом аеробного компостування на основі субстратів двох типів

Показники	Покращувач ґрунту отриманий на основі підстилкового курячого посліду	Покращувач ґрунту отриманий на основі підстилкового гною ВРХ
Масова частка органічної речовини, %	27,92	45,00
Нзаг (загальний азот) на суху речовину, %	3,67	0,84
P ₂ O ₅ (загальний фосфор) на суху речовину, %	2,25	0,52
K ₂ O (масова частка калію) на суху речовину, %	2,34	1,44
pH	8,84	8,80

Кислотно-лужний баланс обох покращувачів – лужний. Основні біохімічні показники покращувача ґрунту отриманого на основі субстрату з підстилкового курячого посліду вищі за показники покращувача ґрунту отриманого на основі субстрату з підстилкового гною ВРХ: Нзаг – в 4,35 рази, P₂O₅ – в 4,33 рази та K₂O – в 1,63 рази. В той же час органічна складова покращувача ґрунту, отриманого на основі субстрату з підстилкового гною ВРХ в 1,6 разів вища за відповідний показник покращувача ґрунту, отриманого на основі субстрату з підстилкового курячого посліду.

Висновки. В статті розглянуто промислове аеробне компостування підстилкового курячого посліду з метою отримання компосту високої якості для покращення структури ґрунту, збагачення його гумусом. Експериментально (за 89 діб) визначено типи та кількість операцій, потрібних для якісного аеробного компостування (сушіння, аерація, аерація з внесенням вологи) обраної сировини з постійним контролем параметрів технологічного процесу (склад, температура, вологість, pH). За однакової технології промислові зразки покращувачів ґрунту, виготовлених на основі субстрату з підстилкового

курячого посліду, демонстрували більш високу концентрацію основних макроелементів порівняно з аналогами, отриманими з підстилкового гною ВРХ: Нзаг – в 4,35 рази, P₂O₅ – в 4,33 рази, K₂O – в 1,63 рази, але органічна частина покращувача ґрунту із субстрату гною ВРХ була у 1,6 рази більшою, ніж у покращувача на основі курячого посліду, що відповідає очікуваному перетворенню відходів на стабільний матеріал з підвищеною гумусовою часткою. Такі відмінності свідчать про різний вплив вихідних субстратів на кінцеві властивості компостів та їхню потенційну придатність як покращувачів ґрунтів. За однакових технологічних параметрів аеробного компостування субстрат із підстилкового курячого посліду забезпечує більш високу концентрацію базових поживних елементів у кінцевому продукті порівняно з субстратом із підстилкового гною ВРХ. Органічна частина покращувача з гною ВРХ є вищою внаслідок більшої стабілізації матеріалу та потенційного гумусового вмісту, що підвищує загальну цінність для покращення ґрунтів. Таким чином, обидва субстрати ефективні в залежності від цілей використання компосту: для швидкого збагачення макроелементами варто розглядати курячий послід, тоді як для більш стабільного та гумусоподібного матеріалу – гній ВРХ. Результати надають практичні орієнтири для оптимізації промислових режимів аеробного компостування та вибору субстратів в залежності від потрібного кінцевого профілю покращувача ґрунту.

Фінансування. Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування. Подяки. ТОВ «Науковий парк «Наука і Технології» за підтримку у адмініструванні та організації дослідів, ТОВ «О.П.Є.» за надане обладнання, та проведення необхідних операцій в технологічному процесі промислового аеробного компостування на відкритому майданчику, ТОВ «МАЯК-3» за активну участь, технічну підтримку у проведенні дослідницьких робіт, проактивну позицію в напрямку циркулярної економіки, охорони довкілля та сталого розвитку, Асоціації «Компосту» за консультації та підтримку щодо питань технологічного процесу.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури:

1. Державна служба статистики України. <https://www.ukrstat.gov.ua>
2. Мельник В.О., к.с.-г.н., Інститут птахівництва НААН, «Пташиний послід: вихід, хімічний склад та основні способи переробки», Державна дослідна станція птахівництва, Інститут тваринництва НААН. URL: <http://avianua.com/index.php/statti-z-ptakhivnitstva/tekhnologiya-ptakhivnitstva/12-ptashinij-poslid-himichnyj-sklad#content>

3. А. С. Комар, інж. Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Сучасні запатентовані способи переробки посліду птахів. *Науковий вісник ТДАТУ*. Вип. 11, том 2, С. 4–5.
4. Економічне обґрунтування переробки відходів птахівництва на кормові домішки, Хомяков В.І., д.т.н., професор, Вяткін П.С. Черкаський державний технологічний університет. URL: https://chdtu.edu.ua/files/feu/Pratsi/KEU/Viatkin/6-Econ_obgrunt.pdf
5. Малиновський В.В., Мітіна Н.Б., Технологія отримання покращувача ґрунту шляхом аеробного компостування. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. Т. 35 (74) № 6. 2024. С.186–192
6. Малиновський В.В., Мітіна Н.Б., Вплив біопрепаратів на якість компосту при технології аеробного компостування. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. Т. 36 (75). №3. Ч. №1. 2025. С. 231–238.

Malynovskyi V.V., Mitina N.B. OBTAINING SOIL IMPROVER BY AEROBIC COMPOSTING OF CHICKEN MANURE ON AN INDUSTRIAL SCALE

The article describes aerobic (aerator) composting of litter chicken manure as a promising technology for processing poultry waste into high-quality compost to improve soil structure and enrich it with humus. The study presents a comparison of substrate systems used in industrial conditions: chicken litter and cattle (BCM) litter using aerobic composting technology. The experiment was conducted on an open composting site in industrial volumes for 89 days. The study analyzed the number of operations of the technology of aerobic composting of poultry litter (drying, aeration, aeration with moisture), controlled the main process parameters: composition, temperature, humidity, pH. A comparison of biochemical indicators of final products obtained from substrates based on chicken litter and cattle manure was carried out. The results were evaluated by the transformation of the organic part, the content of macro and micronutrients, the potential value of composts as soil improvers. Samples of soil improvers made on the basis of a substrate from litter chicken manure have a higher concentration of basic macroelements compared to analogues obtained from litter cattle manure BCM: N_{total} – 4.35 times, P_2O_5 – 4.33 times, K_2O – 1.63 times. The organic part of the soil improver from the substrate from cattle manure is 1.6 times greater than that of the improver from chicken manure, which corresponds to the expected transformation of waste into a stable material with an increased humus content. The substrate from litter chicken manure provides a higher concentration of basic nutrients in the finished product compared to the substrate from litter cattle manure BCM. The work indicates that both substrates are effective depending on the goals of compost use: for rapid enrichment with macroelements, chicken manure should be considered, while for a more stable and humus-like material, cattle manure BCM. The results provide practical guidelines for optimizing industrial aerobic composting regimes and selecting substrates depending on the desired final soil improver profile.

Key words: soil fertility, organic waste processing, poultry waste processing, soil improver production, aerobic composting, compost, industrial composting, poultry manure compost, soil, manure composting, organic waste, poultry waste processing, organic fertilizers, soil improver, soil microbiota renewal, soil microbiota.

Дата надходження статті: 19.11.2025

Дата прийняття статті: 02.12.2025

Опубліковано: 30.12.2025