

УДК 579.64

СУКЦЕСІЇ МІКРООРГАНІЗМІВ У ПРОЦЕСІ КОМПОСТУВАННЯ КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ

М. В. М'ягка, С. М. Деркач, В. В. Волкогон, Н. В. Луценко

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14027, Україна; e-mail: mgatsenko@ukr.net

Встановлено залежність динаміки розвитку мікроорганізмів у компостованих субстратах від співвідношення вуглець/азот. Компостування посліду без оптимізації співвідношення C : N забезпечує розвиток представників більшості досліджених груп мікроорганізмів лише на початкових стадіях компостування. Додавання до посліду подрібненої соломи та торфу в розрахунковій кількості сприяє активізації процесів трансформації органічної речовини і отриманню компосту високої якості. Врахування особливостей сукцесії мікроорганізмів у ході компостування дозволяє обґрунтувати доцільні періоди для інтродукції в субстрат агрономічно цінних мікроорганізмів.

Ключові слова: курячий послід, солома, торф, компост, компостування, співвідношення C : N, сукцесії мікроорганізмів.

За останнє десятиліття птахівництво в Україні набуло бурхливого розвитку. За даними Державної служби статистики України, з 1998 по 2013 р. відбулося збільшення поголів'я птиці від 123,3 до 245,5 млн. голів. Активний розвиток галузі спричинив значне накопичення відходів виробництва, зокрема пташиного посліду — на рівні 1,5 млн. тон на рік [14].

Частина посліду використовується для виготовлення добрив, але більшість підприємств накопичують ці відходи у відстійниках або буртах, що супроводжується розвитком патогенної мікробіоти, і з санітарно-гігієнічної точки зору є недопустимим. Крім того, за такого зберігання посліду відбуваються значні втрати азоту, що спричиняє забруднення повітря та ґрунту, порушуючи рівновагу в екосистемах. Тому неконтрольоване накопичення відходів птахівництва є нагальною проблемою практично для всіх регіонів України [12], яка в найближчий час може призвести до екологічної катастрофи.

Існує низка технологій переробки пташиного посліду, що відрізняються за характером ферментації органічної речовини, використанням додаткових компонентів, тривалістю технологічних процесів, якістю вихідної продукції [6; 7; 10]. Проте ці технології є багатостадійними та енергоємними і не до-

зволяють отримувати біоорганічні добрива високої якості, оскільки не враховують особливостей мікробіологічних процесів, які відбуваються при компостуванні. Окремі наукові розробки передбачають використання бактеріальних культур при компостуванні, проте обмежуються механічним уведенням бактеріальної суспензії до субстрату без вивчення особливостей приживаності мікроорганізмів та їх розвитку [8; 9; 11]. Між тим, якість та безпечність кінцевого продукту в більшості випадків визначає домінуюча мікробіота. Тому, на наш погляд, вирішення проблеми утилізації посліду можливе шляхом контролювання стану мікробного ценозу цього субстрату під час компостування. Перспективним може бути покращення продукту за інтродукції до субстрату мікроорганізмів, що здатні не лише прискорити процес компостування, але й забезпечити накопичення біологічно активних речовин, що згодом може позитивно вплинути на ріст та розвиток рослин.

У зв'язку з вищезазначеним, метою нашої роботи було з'ясування особливостей сукцесій мікроорганізмів у процесі компостування курячого посліду.

Матеріали й методи. Компостування передбачало попереднє встановлення у субстраті оптимального співвідношення C : N на

рівні 20 : 1, оскільки курячий послід має вузьке його співвідношення і складає 9,6 : 1. Його оптимізація здійснена шляхом змішування посліду з соломною і/або торфом, як джерелом вуглецю, у розрахованих кількостях.

У досліді використовували пластикові контейнери, куди поміщали досліджувані субстрати на основі посліду. З метою оптимізації співвідношення С : N на рівні 20 : 1 у відповідності до варіантів досліді до посліду у розрахункових кількостях додавали подрібнену соломну і торф (суміш № 1) або лише торф (суміш № 2). Повторність досліді — чотириразова.

Відповідно, схема досліді включала такі варіанти:

1 — контроль (курячий послід) зі співвідношенням С : N = 9,6 : 1;

2 — компостна суміш № 1 (курячий послід з соломною і торфом) зі співвідношенням С : N = 20 : 1;

3 — компостна суміш № 2 (курячий послід з торфом) зі співвідношенням С : N = 20 : 1.

Вологість субстрату підтримували на рівні 70–75 %, перемішуючи його один раз на два тижні.

У ході компостування досліджували зміни в чисельності представників окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів: амоніфікувальних бактерій — на м'ясо-пептонному агарі (МПА), мікроорганізмів, що засвоюють мінеральні форми азоту — на крохмало-аміачному агарі (КАА), мікроміцетів — на сусло-агарі (СА) [13]. Облік чисельності азотфіксувальних мікроорганізмів проводили методом граничних розведень з використанням ацетиленового тесту на напіврідкому середовищі Ешбі [4]. Кількість мікроорганізмів, що розчиняють важкодоступні сполуки фосфору, визначали на середовищі Муромцева [5]. Чисельність целюлозуруйнівних бактерій досліджували на рідкому середовищі Імшенецького та Солнцевої [3].

Вміст вуглецю та азоту в компостах вивчали в динаміці методом Анстета в модифікації Пономарьової і Ніколаєвої [1].

Статистичну обробку одержаних результатів проведено за Доспеховим [2].

Результати та їх обговорення. Отримані результати вивчення сукцесії мікробіоти при компостуванні курячого посліду свідчать про неоднорідність розвитку мікроорганізмів

у залежності від співвідношення вуглець/азот у компості. Так, облік чисельності амоніфікувальних бактерій та кількості мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні форми азоту, демонструє, що при компостуванні посліду (без оптимізації співвідношення С : N) спостерігається незначне зростання чисельності представників обох груп мікроорганізмів на початкових стадіях (1-й місяць) з подальшим їх зниженням до кінцевого періоду компостування (рис. 1). Так, упродовж 1-го місяця (21–42 доби) компостування чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів у посліді складає 1,5 млрд. КУО / г сухого компосту. При подальшому компостуванні їх кількість знижується до 0,52 млрд. КУО / г сухого компосту і залишається в цих межах до кінця компостування. Такі дані свідчать не про оптимізацію процесів трансформації органічної речовини, а скоріше про її зберігання.

Щодо компостування курячого посліду з соломною та торфом, то впродовж 4-го (105 діб) та 6-го (168 діб) місяців компостування спостерігається збільшення чисельності амоніфікувальних бактерій та кількості мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні форми азоту (рис. 2). Так, чисельність амоніфікувальних бактерій у цьому варіанті зростає з 0,4 млрд. КУО / г суміші на 3-му місяці компостування (що є на рівні показників чисельності амоніфікувальних бактерій у чистому посліді) до 1,65 млрд. КУО / г суміші на 4-му. Через 6 місяців компостування відбувається чергове зростання кількості амоніфікаторів з 0,22 млрд. КУО / г суміші у 5-му місяці до 1,01 млрд. КУО / г суміші.

Щодо кількості мікроорганізмів, які засвоюють переважно мінеральні форми азоту, то при компостуванні посліду з соломною і торфом спостерігається стрімкий їх розвиток упродовж 4-го місяця компостування (див. рис. 2). Зростання їх чисельності відбувається з 0,13 млрд. КУО / г суміші (3-й місяць компостування) до 3,32 млрд. КУО / г суміші у 4-му. Дещо нижчі показники чисельності представників цієї групи мікроорганізмів у варіанті компостування посліду з торфом.

Результати досліджень свідчать, що початкові стадії компостування характеризуються динамічними процесами трансформації азотних сполук. Азот у субстратах знач-

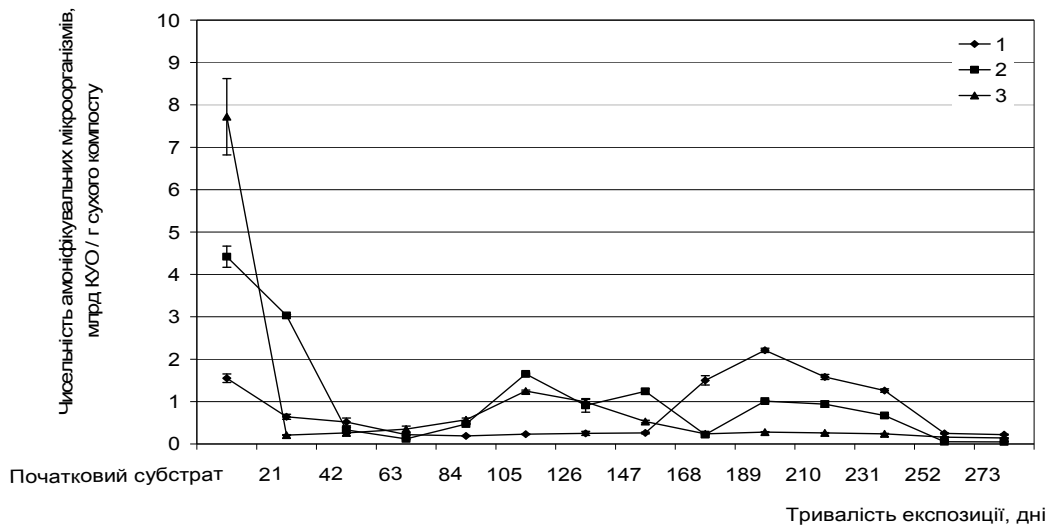


Рис. 1. Вплив різного співвідношення C : N у компостованих субстратах на чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів.

Примітка. Тут і далі: 1 — контроль (курячий послід); 2 — компостна суміш № 1 (курячий послід з соломкою і торфом); 3 — компостна суміш № 2 (курячий послід з торфом).

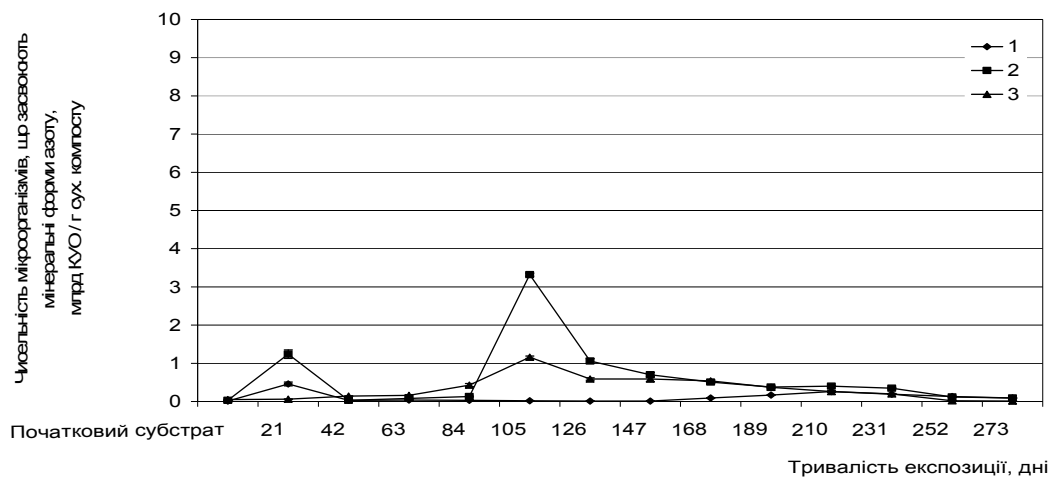


Рис. 2. Вплив різного співвідношення C : N у компостованих субстратах на чисельність мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні форми азоту.

ною мірою знаходиться в легкодоступних формах, що дозволяє мікроорганізмам використовувати його без залучення енергетично високотратних процесів. Це підтверджують результати обліку чисельності азотфіксуювальних бактерій (рис. 3).

Так, упродовж 5 місяців компостування у всіх дослідних варіантах кількість цих мікроорганізмів перебуває на рівні від 1 до 10 млн. КУО / г субстрату. Починаючи з 6-го місяця компостування (168 діб) спостерігається активний розвиток азотфіксуювальних бактерій, чисельність їх сягає 1–3,5 млрд. КУО / г субстрату. Це свідчить про зменшення доступного азоту у компостованих субстратах і необхідність забезпечення метаболізму за рахунок зв'язування азоту з повітря.

У ході компостування вивчали також особливості розвитку целюлозолітичних мікроорганізмів. Отримані результати показали, що їх чисельність у посліді (без оптимізації C : N) впродовж тривалого часу (190 діб) залишається стабільно низькою і лише впродовж 7-го місяця їх кількість зростає з 28,8 до 2968,7 тис. КУО / г сухого компосту (рис. 4). На нашу думку, це пояснюється інтенсивним розкладом тирси, яку використовували як підстилку. Щодо розвитку целюлозолітичних мікроорганізмів у сумішах з оптимізованим співвідношенням вуглецю до азоту, то впродовж 2 перших місяців компостування відмічається зростання їх чисельності з 2,5–2,6 тис. КУО / г на початку компостування до 148,9 тис. КУО / г у суміші

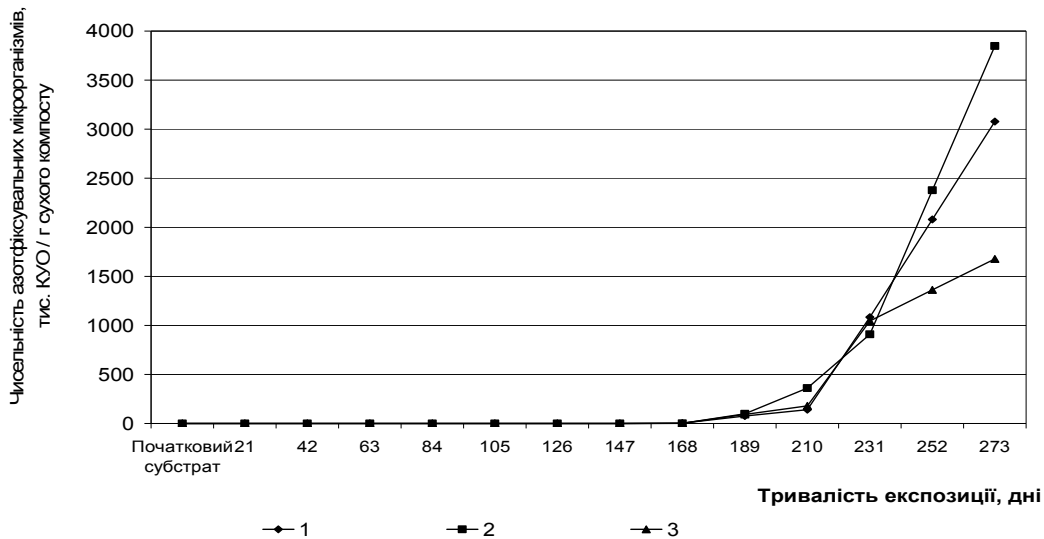


Рис. 3. Особливості розвитку азотфіксуючих бактерій у компостованих субстратах.

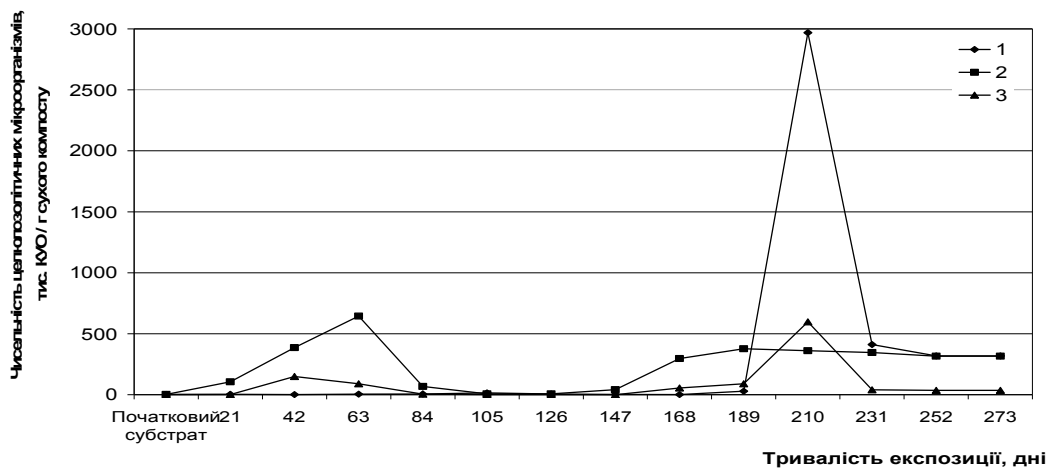


Рис. 4. Динаміка чисельності целюлолітичних мікроорганізмів у компостованих субстратах.

посліду з торфом та до 385,7 тис. КУО / г у суміші з солом'ю і торфом. Активний розвиток целюлолітичних мікроорганізмів у сумішах з солом'ю та/або торфом на початкових стадіях компостування можна пояснити наявністю великої кількості вуглецю в соломі та торфі. У наступному місяці спостерігається зниження їх чисельності до початкового вмісту.

Зростання у всіх варіантах упродовж 7-го місяця біокомпостування чисельності целюлолітичних мікроорганізмів, ймовірно, можна пояснити деструкцією складних органічних сполук.

Упродовж періоду компостування також проводили облік чисельності фосфатмобілізуючих мікроорганізмів, але отримані результати свідчать про низьку їх кількість у субстратах, що може свідчити про відсутність відповідних умов для їх розвитку.

Іншою досліджуваною групою мікроорганізмів є мікроміцети. Особливості їх розвитку полягають у поступовому зростанні чисельності впродовж 3 місяців компостування (рис. 5).

Максимальні показники чисельності грибів відмічено під час 4-го місяця компостування (105 діб). Так, найвища їх кількість спостерігається у суміші № 1 — 8649 тис. КУО / г. Деяко нижчі показники у варіанті 3 послідом — 6458 тис. КУО / г, а у суміші № 2 — 1610 тис. КУО / г. Високу чисельність грибів у суміші № 1 можна пояснити наявністю у субстраті соломи, що є джерелом вуглецю для мікроміцетів.

Подальший розвиток грибів у різних варіантах компостованих субстратів є неоднорідним. Так, упродовж 7-го місяця компостування (189–210 діб) у посліді і суміші № 1 спостерігається відносно зростання кількості

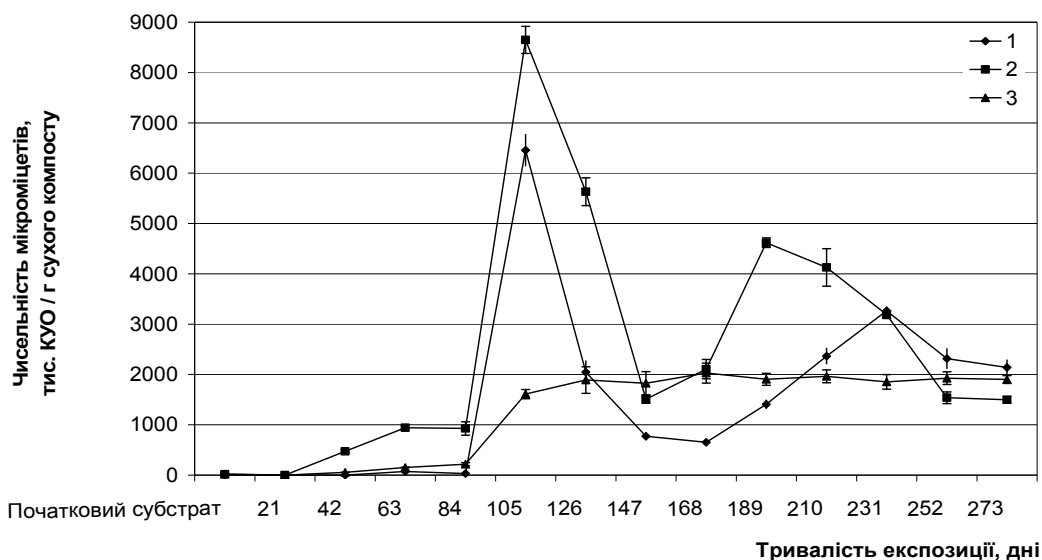


Рис. 5. Розвиток мікроміцетів у компостованих субстратах.

мікроміцетів, що можна пояснити розкладанням складних органічних сполук (що обговорювалося вище). У суміші № 2 чисельність грибів залишалася сталою з 4-го до 8-го місяця компостування (105–273 доби).

Описані вище особливості сукцесій мікроорганізмів у ході компостування курячого посліду та компостних сумішей свідчать про їх залежність як від співвідношення С : N, так і виду компонентів вуглецевмісних матеріалів (соломи і торфу). Це забезпечує неоднаковий перебіг процесів трансформації сполук окремих біогенних елементів, зокрема азоту та вуглецю. Впродовж періоду компостування відмічали зміни їх вмісту у порівнянні з початковою кількістю. Спільною особливістю трансформації цих елементів є поступове зменшення їх вмісту впродовж усього періоду ферментації.

Результати дослідження динаміки вмісту вуглецю (рис. 6) свідчать, що у всіх варіантах дослідження найбільші втрати спостерігаються впродовж першого місяця компостування, що пояснюється активним розвитком мікроорганізмів (амоніфікаторів), як уже було описано вище. Так, упродовж першого місяця компостування найбільші втрати вуглецю відмічаються у варіанті компостування суміші № 2 і складають 9,2 % від початкового його вмісту. Починаючи зі 168-ї доби компостування відмічається стабілізація вмісту вуглецю (його вміст у компостах, отриманих за поєднання посліду з соломою та/або торфом перебуває на рівні 36,4–37,2 %).

Щодо контрольного варіанту (без дода-

вання до посліду інших компонентів), то як і впродовж всього періоду компостування, так і на його кінцевих стадіях відмічаються активні втрати вуглецю, які складають 20,2 % від початкової кількості.

Отримані результати визначення вмісту азоту у компостах також свідчать про втрати цього елементу у ході компостування (рис. 7). Найбільші втрати азоту спостерігаються у варіанті компостування посліду без додавання вуглецевмісних компонентів. Так, у посліді відмічаються втрати азоту на 57,7 % у порівнянні з початковим вмістом. Щодо компостів з оптимізованим співвідношенням С : N, спостерігаються значно менші втрати азоту, що пов'язано зі зв'язуванням цього елементу мікроорганізмами. Так, у кінцевому компості з оптимізованим співвідношенням С : N вміст азоту зменшився на 39,5–40,0 %.

Попри втрати азоту і вуглецю в ході компостування, у кінцевому компості зберігається їх співвідношення. У посліді, що компостувався без додавання додаткових джерел вуглецю, вузьке співвідношення С : N (9 : 1) спостерігалось як на початку ферментації, так і на кінцевому етапі. Позитивний вплив на компостування посліду мало застосування соломи і/або торфу, що забезпечило не лише достатню кількість необхідного джерела вуглецю для розвитку мікробіоти даних субстратів, але й дозволило зберегти оптимальне співвідношення вуглецю до азоту впродовж усього періоду компостування (близько 20 : 1).

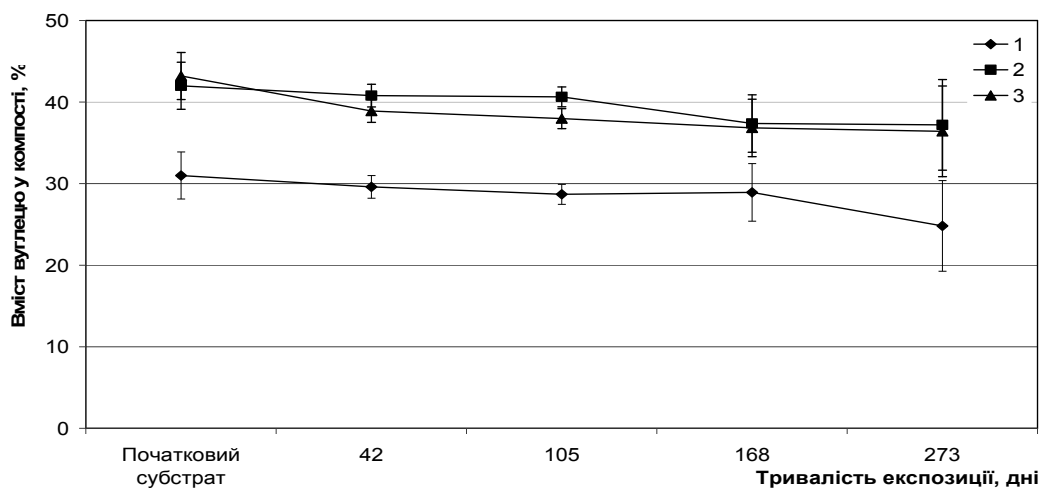


Рис. 6. Вплив особливостей компостування на вміст вуглецю у компості.

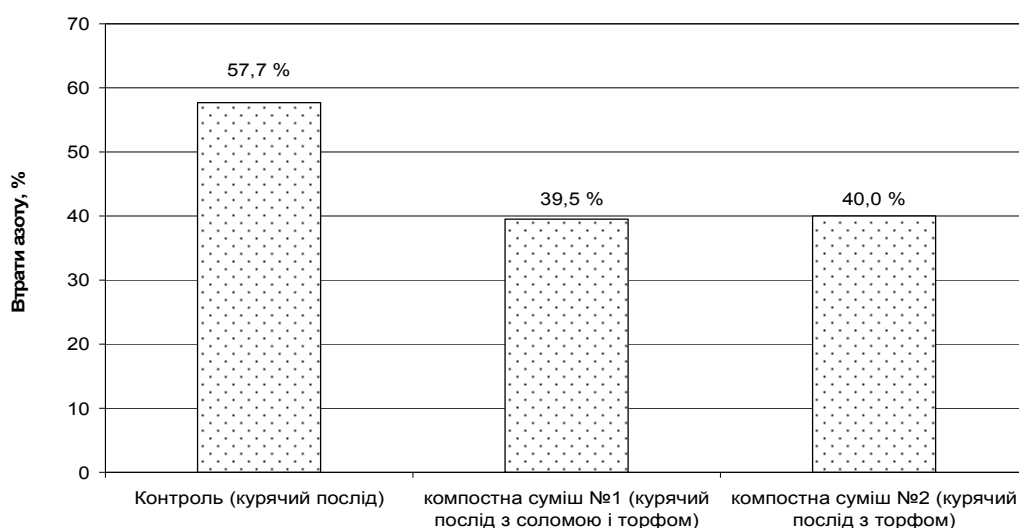


Рис. 7. Вплив особливостей компостування на втрати азоту в компості.

Виходячи з отриманих даних, можемо зробити певні висновки:

1. Оптимізація співвідношення С : N на рівні 20 : 1 шляхом внесення до курячого посліду соломи і/або торфу забезпечує оптимальні умови для розвитку мікробіоти компосту та проходження мінералізаційних процесів.

2. Компостування посліду без встановлення оптимізації співвідношення С : N забезпечує розвиток представників більшості досліджених груп мікроорганізмів лише на початкових стадіях компостування. Такі результати свідчать про низький рівень мінералізації органічної речовини. Це є підставою для висновку, що курячий послід недоцільно компостувати у чистому вигляді, оскільки за таких умов процес здійснюється впродовж надто тривалого часу.

3. У компостах з оптимізованим співвідношенням С : N результати досліджень сукцесії мікроорганізмів свідчать про поступове розкладання складних органічних сполук одними мікроорганізмами та створення джерел живлення для інших.

4. У компостованих сумішах з оптимізованим співвідношенням вуглецю до азоту спостерігається два періоди активного розвитку мікроорганізмів (4-й і 6–7-й місяці компостування) та їх спаду (5-й та 8-й місяці компостування).

Врахування особливостей динаміки розвитку мікроорганізмів дозволяє обґрунтувати сприятливі умови та відповідний оптимальний період для інтродукції агрономічно цінних мікроорганізмів до компостованих сумішей. Наприклад, інтродукція амоніфікаторів буде найефективнішою на початкових етапах

компостування, а діазотрофів — на прикінцевих. Це дозволить гарантовано збагатити компости корисною мікробіотою і отримати інноваційний продукт нової якості.

1. Агрохімічний аналіз / [М. М. Городній, А. П. Лісовал, А. В. Бикін та ін.] ; під ред. М. М. Городнього. — 2-ге вид. — К. : Арістей, 2005. — 476 с.

2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. — М. : Колос, 1979. — 376 с.

3. Звягинцев Д. Т. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Т. Звягинцев. — М. : Изд-во МГУ, 1980. — 224 с.

4. Калининская Т. А. Применение ацетиленового метода для количественного учета разных групп азотфиксаторов методом предельных разведений / Т. А. Калининская, Т. В. Редькина, Ю. М. Белов // Микробиология. — 1981. — Т. 50, № 5. — С. 924–927.

5. Методические указания по выделению микроорганизмов, растворяющих труднодоступные минеральные и органические соединения фосфора. — Л., 1981. — 17 с.

6. Пат. 2130005 РФ, МПК С 05 F 11/08, С 12 N 11/02. Способ получения биоудобрения / [Райманов И. Т., Алимова Ф. К., Ожиганова Г. У. и др.] ; заявитель и патентообладатель Агропредприятие «Иль». — № 96111333/13, заявл. 04.06.1996 ; опубл. 10.05.1999.

7. Пат. 22415 Україна, МПК С 05 F 15/00. Спосіб отримання органічного добрива «Біопродерм» / Веретельніков О. Л., Мельник І. П., Колісник Н. М. ; заявник і патентовласник Веретельніков О. Л., Мельник І. П., Колісник Н. М. — № u200611831, заявл. 10.11.2006 ; опубл. 25.04.2007, бюл. № 5.

8. Пат. 2322427 РФ, МПК С 12 N 1/20, С 05 F 11/08. Способ биологической переработки птичьего помета / Кулагина Е. М., Егоров С. Ю., Азизов С. А., Барабанов В. П. ; заявитель и патентообладатель ООО «Байлык». — № 2006126973/13, заявл. 14.07.2006 ; опубл. 20.04.2008, бюл. № 11.

9. Пат. 2437864 РФ, МПК С 05 F 3/00, А 01 С 3/00, С 05 F 11/08. Способ микробиологической переработки птичьего помета / Дмитриев В. И., Мартынова И. В., Кочкина Л. И. ; заявитель и патентообладатель ООО «Микробиотех». — № 2010133029/13, заявл. 05.08.2010 ; опубл. 27.12.2011, бюл. № 36.

10. Пат. 35474 Україна, МПК⁶ С 05 F 11/08. Спосіб переробки відходів птахівництва на органічне добриво / Петрунів В. М., Петрунів В. В., Павлів С. В. ; заявник і патентовласник Інститут землеробства і біології тварин УААН. — № 99105677, заявл. 18.10.1999 ; опубл. 15.03.2001, бюл. № 2.

11. Пат. 54210 Україна, МПК С 05 F 11/00, С 05 F 15/00. Спосіб отримання біодобрива / Апанасенко О. І., Тюрин С. Є. ; заявник і патентовласник Апанасенко О. І., Тюрин С. Є. — № u201007352, заявл. 14.06.2010 ; опубл. 25.10.2010, бюл. № 20.

12. Мерзлая Г. Е. Ресурсы птицефабрик для производства органических удобрений / Г. Е. Мерзлая, В. П. Лысенко // Агрехимический вестник. — 2005. — № 3. — С. 12–13.

13. Теппер Е. З. Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Перверзева. — М. : Агропромиздат, 1987. — 239 с.

14. Поголів'я худоби та птиці. Тваринництво (1990–2013 рр.) [електроний ресурс] : за даними Державної Служби Статистики України. — Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.

СУКЦЕСИИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРОЦЕСЕ КОМПСТИРОВАНИЯ КУРИНОГО ПОМЕТА

**М. В. Мягкая, С. М. Деркач,
В. В. Волкогон, Н. В. Луценко**

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН,
г. Чернигов

Показана зависимость динамики развития микроорганизмов в компостированных субстратах от соотношения углерод/азот. Компостирование помета без оптимизации соотношения C : N обеспечивает развитие представителей большинства исследуемых групп микроорганизмов лишь на начальных

SUCCESSION OF MICROORGANISMS DURING COMPOSTING OF POULTRY MANURE

**M. V. Myagka, S. M. Derkach,
V. V. Volkogon, N. V. Lutsenko**

Institute of Agricultural Microbiology and
Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv

The dependence of microorganisms' development dynamics in composted substrates on the ratio of carbon/nitrogen was showed. Manure composting without C : N ratio optimization ensures the development of most studied groups of microorganisms only in the initial stages of composting. Addition of the chopped

стадиях компостирования. Добавление к помету измельченной соломы и торфа в расчетных количествах способствует активизации процессов трансформации органического вещества и получению компоста высокого качества. Учет особенностей сукцессии микроорганизмов в ходе компостирования позволяет обосновать целесообразные периоды для интродукции в субстрат агрономически ценных микроорганизмов.

Ключевые слова: куриный помет, солома, торф, компост, компостирование, соотношение C : N, сукцессия микроорганизмов.

straw and peat to the litter in the planned quantities activates transformation of organic matter and increases compost quality. Taking into the account the succession features of microorganisms during composting allows to choose reasonable periods for the introduction of agronomically valuable microorganisms into the substrate.

Key words: *chicken manure, straw, peat, compost, composting, C : N ratio, succession of microorganisms.*