

CHẤT THẢI CHĂN NUÔI CÔNG NGHIỆP: MỘT GÓC NHÌN TỪ PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ

Nguyễn Văn Thao^{1*}, Nguyễn Xuân Hòa¹,
Nguyễn Thọ Hoàng¹, Hoàng Quốc Việt¹, Cao Việt Hà¹, Phạm Văn Cường²

¹Khoa Tài nguyên và Môi trường, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

²Khoa Nông học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Tác giả liên hệ: nvthao@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 28.11.2024

Ngày chấp nhận đăng: 14.08.2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm đánh giá ảnh hưởng của điều kiện xử lý (hảo khí, yếm khí) và mùa vụ (Xuân, Hè) đến quá trình ủ chất thải rắn chăn nuôi công nghiệp (bò, gà, lợn). Các mẫu chất thải được phối trộn với than sinh học theo tỷ lệ 9:1 (v/v) và ủ trong các điều kiện khác nhau để phân tích sự biến đổi trong quá trình ủ. Kết quả cho thấy, điều kiện xử lý hảo khí phù hợp cho các loại chất thải. Phương pháp ủ yếm khí tuy giúp chất thải có hàm lượng dinh dưỡng và hữu cơ cao hơn nhưng có hàm lượng các vi sinh vật gây hại (*E. coli*, *Salmonella*) vượt quy chuẩn. Sau 30 ngày, chất thải chăn nuôi bò có hàm lượng hữu cơ cao nhất (46,54-47,67%) và tổng hàm lượng NPK trong khoảng 4,04-4,43%, nhưng tỷ lệ C/N lớn hơn quy chuẩn (> 12). Ngược lại, chất thải chăn nuôi gà có hàm lượng hữu cơ thấp nhất (36,46-37,59%), nhưng có tổng hàm lượng NPK cao nhất (5,05-5,44%) và có tỷ lệ C/N < 12. Bên cạnh đó, chất thải chăn nuôi lợn có hàm lượng chất hữu cơ ở mức trung bình và thấp nhất về giá trị tổng hàm lượng NPK. Ở cả hai mùa Xuân và Hè, ủ theo phương pháp hảo khí, chất thải chăn nuôi gà và than sinh học có hàm lượng dinh dưỡng NPK, pH, tỷ lệ C/N và hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd, Hg) đạt tiêu chuẩn về phân hữu cơ theo QCVN 01-189-2019.

Từ khóa: Chất thải chăn nuôi công nghiệp, than sinh học, hảo khí, yếm khí.

Industrial Livestock Waste: A View Angle from Treatment Methods

ABSTRACT

The experiment aimed to determine the effects of treatment conditions (aerobic, anaerobic) and seasons (Spring, Summer) on the composting process of industrial livestock waste (cow, chicken, pig). The wastes were co-composted with biochar at a ratio of 9:1 (v/v) under different conditions to analyze the changes during composting. The results showed that aerobic treatment conditions were suitable for all types of waste. The anaerobic composting method, which produced compost product with higher nutritional and organic content but carried harmful microorganisms (*E. coli*, *Salmonella*) exceeding the standard. After 30 days of composting, cow manure possessed highest organic content (46.54-47.67%) and a total NPK content of 4.04-4.43%, but C/N ratio was higher than the regulation (> 12). In contrast, chicken waste compost possessed lowest organic matter content (36.46-37.59%), but highest total NPK content (5.05-5.44%) and met the standard for C/N ratio. In addition, pig waste compost possessed an average organic matter content and lowest total NPK content value. In both Spring and Summer, chicken waste and biochar, which were treated aerobically, had NPK nutrient content, pH, C/N ratio and heavy metal content (As, Pb, Cd, Hg) meeting the organic fertilizer standards according to QCVN 01-189-2019.

Keywords: Industrial livestock waste, biochar, aerobic, anaerobic.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bức tranh kinh tế suy giảm do đại dịch Covid-19, lĩnh vực chăn nuôi lại trở thành điểm sáng với tốc độ tăng trưởng cao, đóng góp

đến 25,26% GDP của ngành nông nghiệp (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2023). Đi kèm với sự phát triển nhanh chóng đó là những thách thức không nhỏ trong công tác quản lý - xử lý chất thải, bảo vệ môi trường. Chăn nuôi công nghiệp

sử dụng chủ yếu là thức ăn công nghiệp và hầu như không sử dụng chất độn chuồng đã tạo ra loại chất thải có hàm lượng các chất dinh dưỡng cao nhưng hàm lượng chất hữu cơ thấp, nặng mùi hơn rất nhiều so với chất thải chăn nuôi truyền thống. Hơn nữa, với số lượng vật nuôi lớn và tập trung nên lượng chất thải hàng ngày là rất lớn. Báo cáo công tác bảo vệ môi trường ngành nông nghiệp của Bộ NN&PTNT (2023) cho thấy, mỗi năm có trên 60 triệu tấn chất thải rắn và trên 50% lượng chất thải rắn chăn nuôi trâu, bò, gia cầm, trên 28% chất thải chăn nuôi lợn chưa được xử lý.

Chất thải chăn nuôi khi được xử lý thường bổ sung thêm các vật liệu hữu cơ như: thân ngô (Bello & cs., 2020); thân cây lúa mì nghiền nhỏ (Sun & cs., 2024); bã nấm (Jia & cs., 2024); bã mía (Lu & cs., 2024) với mục tiêu làm cân đối thành phần dinh dưỡng (tăng giá trị C/N) để thúc đẩy quá trình phân huỷ (Zhang & cs., 2014). Tuy nhiên, sử dụng phụ phẩm nông nghiệp không chỉ có tính thời vụ, cần có không gian lưu kho lớn, mà còn làm tăng khối lượng chất thải cần xử lý, làm tăng chi phí. Than sinh học - sản phẩm phụ của các nhà máy dệt nhuộm khi đốt yếm khí trấu, mùn cưa, gỗ tạp ở 300-350°C, tạo nhiệt sẽ là một phương án tốt để giải quyết hạn chế của phụ phẩm nông nghiệp. Bổ sung than sinh học trong quá trình xử lý chất thải chăn nuôi có tác dụng giúp rút ngắn thời gian xử lý, làm tăng độ xốp của hỗn hợp nguyên liệu, cung cấp môi trường lý tưởng cho vi sinh vật hoạt động (Vandecasteele & cs., 2016; Awasthi & cs., 2020); hấp phụ các chất dinh dưỡng, làm tăng nhiệt độ của quá trình ủ phân (Mahapatra & cs., 2022).

Một số nghiên cứu về điều kiện xử lý cho hỗn hợp chất thải chăn nuôi với phụ phẩm nông nghiệp cho thấy, ủ hiếu khí giúp rút ngắn thời gian xử lý (Hoitink, 2000), nhưng làm mất chất hữu cơ, đậm tổng số nhiều hơn so với ủ yếm khí (Nguyễn Văn Bộ & cs., 2018). Tuy nhiên, vẫn còn thiếu các nghiên cứu về việc ứng dụng than sinh học từ phụ phẩm công nghiệp trong xử lý chất thải chăn nuôi công nghiệp - đặc biệt là so sánh giữa hai điều kiện ủ (hảo khí - yếm khí), cũng như vai trò của yếu tố mùa vụ (Xuân - Hè)

tối hiệu quả phân giải và chất lượng sản phẩm phân bón hữu cơ. Do vậy, chúng tôi tiến hành nghiên cứu ở quy mô phòng thí nghiệm về ảnh hưởng của điều kiện ủ và yếu tố mùa vụ đến quá trình xử lý hỗn hợp chất thải chăn nuôi công nghiệp không chất độn với than sinh học nhằm cung cấp bằng chứng khoa học cho việc tái sử dụng chất thải chăn nuôi một cách hiệu quả, góp phần phát triển sản phẩm phân bón hữu cơ và hỗ trợ sản xuất nông nghiệp bền vững tại Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và thời gian

- Chất thải chăn nuôi: chất thải chăn nuôi bò sữa, lợn thịt và gà đẻ tại các trang trại tập trung thuộc tập đoàn Dabaco, Tiên Du, Bắc Ninh. Đặc điểm chăn nuôi: thức ăn công nghiệp, không sử dụng chất độn chuồng. Đặc điểm hoá học chính của chất thải thể hiện ở bảng 2 với điểm nổi bật là hàm lượng dưỡng chất cao và tỷ lệ C/N thấp.

- Than sinh học là phụ phẩm của quá trình đốt yếm khí hỗn hợp các vật liệu trấu, mùn cưa, gỗ tạp... ở nhiệt độ 300-350°C phục vụ cung cấp hơi phục vụ sản xuất của Công ty TNHH Dệt nhuộm Trung Thư, xã Tân Quang, huyện Văn Lâm, tỉnh Hưng Yên.

- Thời gian thực hiện: Vụ Xuân: 01-04/2024. Vụ Hè: 05-08/2024.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm ủ phân

Thí nghiệm được tiến hành ở quy mô phòng thí nghiệm, lặp lại trong 2 mùa (Xuân, Hè) năm 2024. Nhân tố thứ nhất là 2 điều kiện ủ (hảo khí, yếm khí), nhân tố thứ hai là 03 loại chất thải chăn nuôi (bò, lợn, gà) phối trộn với than sinh học theo tỷ lệ 9:1 (v/v) (kế thừa từ kết quả nghiên cứu của Jindo & cs. (2016)). Thí nghiệm được bố trí theo kiểu CRD, mỗi công thức có 3 lần lặp lại, mỗi lần lặp lại tương ứng với 1 thùng thể tích 150 lít có nắp đậy chứa 100kg hỗn hợp chất thải chăn nuôi, than sinh học và 0,2 lít chế phẩm EMINA.

Bảng 1. Công thức thí nghiệm

Chất thải chăn nuôi	Ủ hảo khí	Ủ yếm khí
Bò	CT1	CT4
Gà	CT2	CT5
Lợn	CT3	CT6



a. Đo nhiệt độ



b. Các thùng sử dụng trong thí nghiệm ủ phân

Hình 1. Bố trí thí nghiệm

Chế phẩm EMINA là sản phẩm trong danh mục sản phẩm lưu hành tại Việt Nam theo thông tư số: 37/2013/TT/BNNPTNT. Thành phần bao gồm: *Bacillus subtilis* spp.; *Lactobacillus* spp.; *Saccharomyces* spp.; Vi khuẩn quang hợp tía *Rhodobacter* sp.

Ủ hảo khí: Phân được cho vào thùng ủ, không nén chặt, bổ sung chế phẩm vi sinh vật và đậy nắp kín. Trong tháng đầu, vật liệu ủ được đảo trộn định kỳ 5 ngày/lần; từ tháng thứ hai, đảo trộn 15 ngày/lần với thao tác đảo đều từ dưới lên trên, từ trên xuống dưới. Thùng ủ có lỗ thoát ở đáy và được kê cao 10cm so với mặt đất nhằm đảm bảo thoát nước và lưu thông không khí.

Ủ yếm khí: Phân được cho vào thùng kín, nén chặt bằng cước, bổ sung chế phẩm vi sinh vật và đậy nắp. Vật liệu ủ không được đảo trộn trong suốt quá trình xử lý.

Mỗi thùng đặt 01 ống nhựa được đục lỗ xung quanh ở giữa thùng dùng để đưa nhiệt kế vào và theo dõi nhiệt độ trong quá trình xử lý.

2.2.2. Chỉ tiêu theo dõi và phương pháp phân tích

- **Nhiệt độ:** Sử dụng nhiệt kế thủy tinh, đo ở giữa thùng ủ (Hình 1a). Trong tháng đầu tiên, tần suất đo 2 ngày 1 lần. Từ tháng thứ 2-3, định

kỳ 7 ngày đo 1 lần. Theo dõi nhiệt độ môi trường không khí cùng thời điểm tiến hành đo nhiệt độ trong đồng ủ.

- Phương pháp phân tích một số chỉ tiêu trong than sinh học, phân bò, phân lợn, phân gà và hỗn hợp sau ủ như: Độ ẩm - TCVN 9297:2012; pH_{H2O}: TCVN 13263-9:2020; OM(%) - TCVN 9294:2012; N(%) - TCVN 10682:2015; P₂O₅ hh (%) - TCVN 8559:2010; K₂O_{hh} (%) - TCVN 8560:2018; vi sinh vật phân giải Xenlulo - TCVN 6168:2002. Thời điểm lấy mẫu là khi bắt đầu ủ - 1 tháng - 2 tháng - 3 tháng sau xử lý.

- Phương pháp phân tích một số yếu tố như: As - TCVN 11403:2016; Cd - TCVN 9291:2018; Pb - TCVN 9290:2018; Hg - TCVN 10676:2015; *E. coli* - TCVN 13875:2023; *Salmonella* - TCVN 10780-1:2017 (ISO 6579-1:2017). Lấy mẫu tổng hợp giữa các lần nhắc lại của từng công thức tại thời điểm 45 ngày sau ủ để phân tích.

- Xử lý số liệu theo giáo trình phân tích phân bón cây trồng (Nguyễn Thu Hà & cs., 2019) và các chương trình Excel. Phân tích phương sai hai nhân tố (ANOVA) được thực hiện bằng phần mềm CropStat 7.2, kết hợp với phép so sánh cặp đôi các giá trị trung bình bằng phương pháp LSD (Least Significant Difference) ở mức ý nghĩa 95%.

Bảng 2. Một số chỉ tiêu hóa học và thành phần của các nguyên liệu ủ phân

Nguyên liệu	Than sinh học	Phân bò	Phân gà	Phân lợn
pH _{H2O}	7,9 ± 0,2	6,5 ± 0,1	8,0 ± 0,3	6,9 ± 0,2
OC (%)	45,2 ± 0,22(*)	22,9 ± 0,15	19,1 ± 0,19	21,1 ± 0,25
N (%)	0,37 ± 0,02	2,02 ± 0,03	2,63 ± 0,04	2,20 ± 0,03
P ₂ O _{5h} (%)	0,29 ± 0,01	1,36 ± 0,04	1,61 ± 0,03	1,21 ± 0,02
K ₂ O _h (%)	0,78 ± 0,02	1,92 ± 0,03	2,22 ± 0,02	1,91 ± 0,03
As (ppm)	7,38	0,61	3,56	4,00
Pb (ppm)	31,12	2,93	8,37	5,85
Cd (ppm)	1,84	0,14	1,67	1,52
Hg (ppm)	0,09	0,67	0,54	0,39

Ghi chú: *: Tổng hàm lượng carbon có trong than sinh học.



Than sinh học



Phân lợn



Phân bò



Phân gà

Hình 2. Nguyên liệu dùng để ủ phân

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thành phần nguyên liệu ủ

Sau khi phân tích một số chỉ tiêu chất lượng của nguyên liệu đầu vào chúng tôi thu được kết quả ở bảng 2.

Các nguyên liệu có phản ứng từ trung tính tới kiềm nhẹ, hàm lượng các kim loại nặng thấp hơn quy định về phân hữu cơ (QCVN 01-189-2019). Than sinh học có ưu thế về tổng hàm lượng carbon nhưng hàm lượng đạm tổng số, lân hữu hiệu, kali hữu hiệu trong chất thải chăn nuôi cao hơn. Các loại chất thải chăn nuôi có hàm lượng carbon hữu cơ thấp (19,1-22,9%), đạm tổng số cao, lân và kali hữu hiệu cao. Do vậy, khi phối trộn với chất thải chăn nuôi, than sinh học làm tăng giá trị C/N (Bảng 4). Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Jindo & cs. (2016). Ngoài ra, bổ sung than sinh học làm hỗn hợp tơi xốp hơn (Zhang & cs., 2014) và tăng khả

năng giữ các chất dinh dưỡng trong quá trình ủ (Mahapatra & cs., 2022).

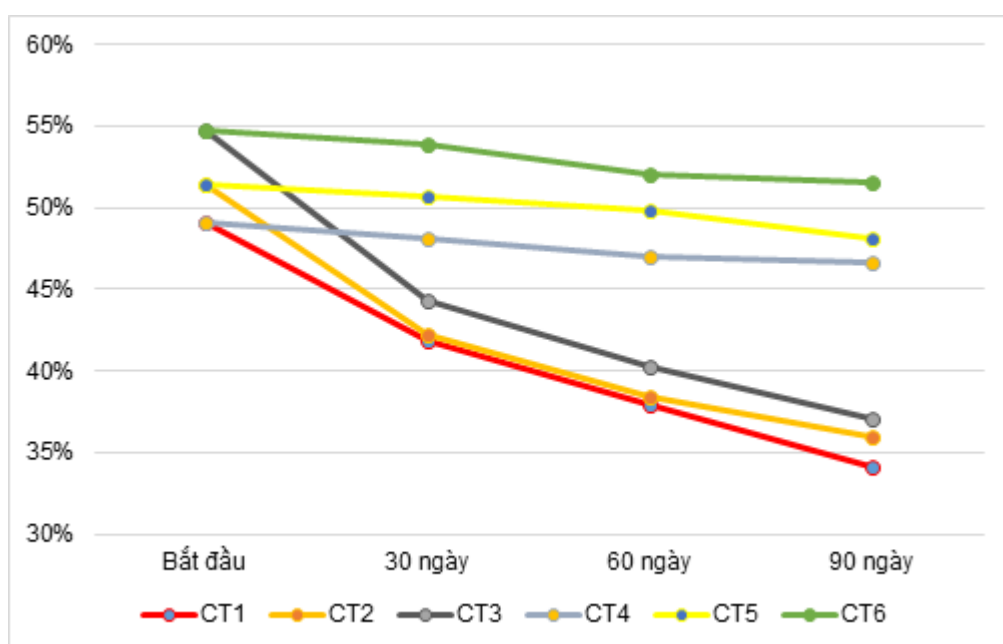
3.2. Diễn biến ẩm độ, nhiệt độ trong quá trình ủ phân

Khi theo dõi diễn biến về độ ẩm trong quá trình ủ phân ở 2 mùa (Xuân - Hè), chúng tôi thấy, ban đầu, nguyên liệu khô hơn vào mùa Xuân và ẩm ướt hơn vào mùa Hè. Nguyên nhân có thể là do vật nuôi tiêu thụ nhiều nước và vào mùa Hè độ ẩm không khí cao nên chất thải có độ ẩm cao hơn mùa Xuân. Do vậy, trong sản xuất phân hữu cơ, có thể điều chỉnh tỷ lệ phối trộn than sinh học làm giảm ẩm độ của hỗn hợp trong khoảng 50-60% trước khi ủ sẽ đem lại hiệu quả cao hơn. Trong suốt quá trình ủ, độ ẩm của hỗn hợp vào mùa Xuân luôn thấp hơn mùa Hè. Điều này có thể ảnh hưởng tới sự hoạt động của hệ vi sinh vật và một số chỉ tiêu chất lượng của phân hữu cơ hình thành sau ủ. Sau 1 tháng

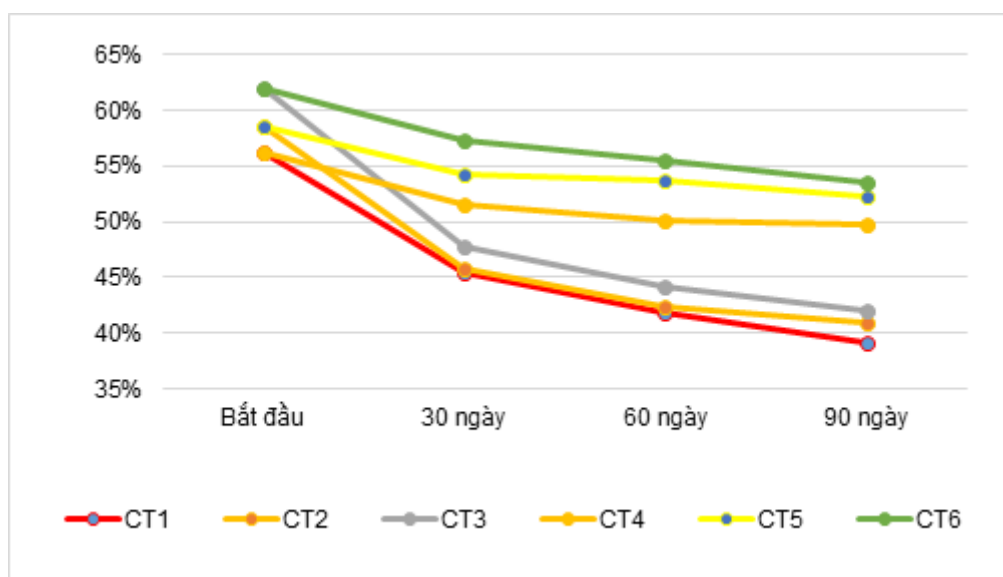
xử lý, độ ẩm của các công thức ủ hảo khí giảm mạnh hơn các công thức ủ yếm khí. Trong đó, độ ẩm của phân bò giảm mạnh hơn so với phân gà và phân lợn. Sau 90 ngày ủ, độ ẩm của phân ở các công thức thí nghiệm còn khá cao ($> 35\%$). Do vậy, sau khi kết thúc ủ, cần có thêm quá trình xử lý đưa độ ẩm về $\leq 30\%$ để tiện cho việc bảo quản và sử dụng (QCVN 01-189-2019).

Qua hình 5, hình 6, chúng tôi thấy, nhiệt độ của đồng ủ cao nhất ở mùa Xuân đạt 62°C vào

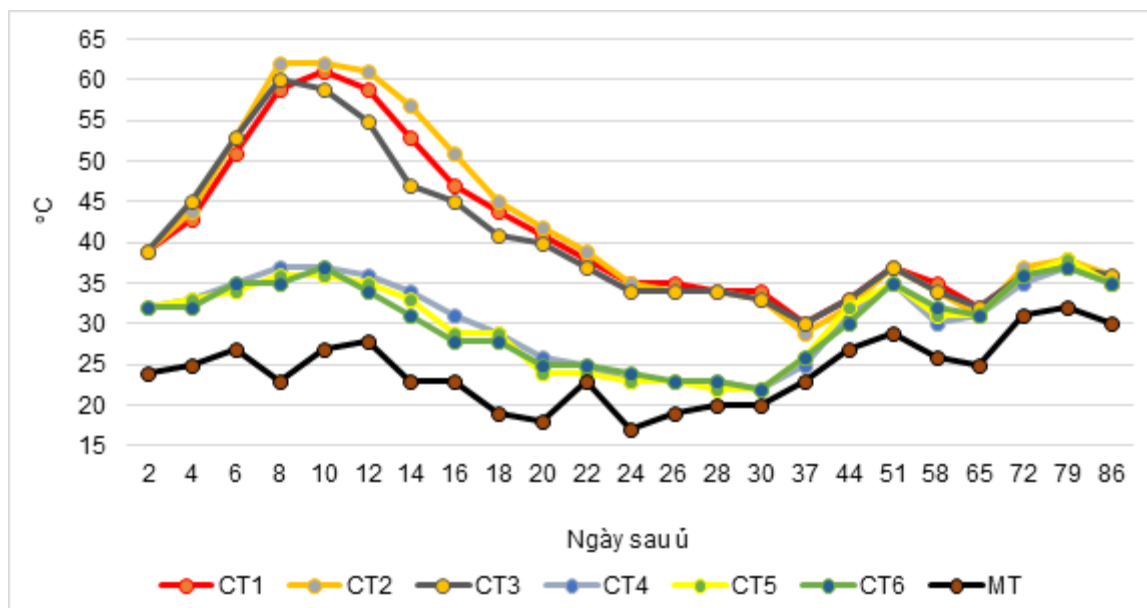
ngày thứ 8 sau ủ. Sau đó, nhiệt độ của các đồng ủ hảo khí tăng liên tục và có từ 6-10 ngày đạt trên 50°C . Tuy nhiên, vào mùa Hè, nhiệt độ đồng ủ thấp hơn; thời gian duy trì nhiệt độ cao hơn 50°C ngắn hơn so với mùa Xuân. Nguyên nhân có thể là do mùa Hè nguyên liệu ẩm độ cao hơn (Hình 3, hình 4); không khí trong khe hở của nguyên liệu giảm; ảnh hưởng tới khả năng sinh trưởng, phát triển của hệ vi sinh vật; dẫn tới làm giảm sự sinh nhiệt của đồng ủ.



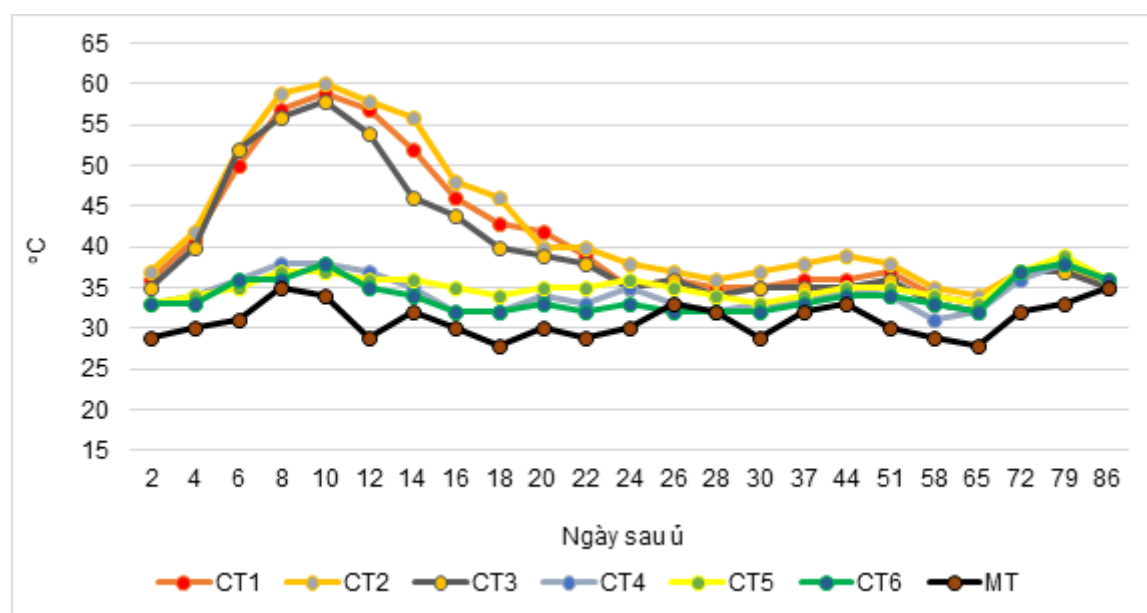
Hình 3. Độ ẩm của các công thức thí nghiệm (mùa Xuân)



Hình 4. Độ ẩm của các công thức thí nghiệm (mùa Hè)



Hình 5. Diễn biến nhiệt độ vật liệu ủ vào mùa Xuân



Hình 6. Diễn biến nhiệt độ vật liệu ủ vào mùa Hè

Khi so sánh giữa các công thức, sau ủ 4 ngày, điều kiện ủ hảo khí giúp nhiệt độ của đồng ủ cao hơn so với ủ yếm khí. Quá trình tăng nhiệt kéo dài tới ngày 26-28 sau ủ vào mùa Hè và ngày 37-44 sau ủ vào mùa Xuân cho tới khi nhiệt độ đồng ủ tiệm cận với nhiệt độ môi trường. Nhiệt độ của đồng ủ tăng cao nhanh chóng và duy trì liên tục là yếu tố rất quan trọng giúp cho đồng ủ nhanh hoại mục và tiêu diệt vi sinh vật gây hại có trong vật liệu ủ như

E. coli và *Salmonella* (Feachem & cs., 1983).

3.3. Diễn biến một số chỉ tiêu chất lượng theo thời gian ủ

Theo dõi diễn biến một số chỉ tiêu chất lượng của nguyên liệu ủ theo mùa (Xuân - Hè) chúng tôi thấy rằng, ở cả hai mùa, tại 3 thời điểm theo dõi, trong điều kiện ủ hảo khí, vi sinh vật phát triển mạnh đã phân hủy chất hữu cơ nhanh hơn nhiều so với điều kiện ủ yếm khí.

Các chất dinh dưỡng trong phân ủ hảo khí bị mất đi theo nước chảy ra ở đáy thùng nhiều hơn dẫn tới hàm lượng OM, N, P, K trong phân đều thấp hơn so với phân ủ yếm khí (Bảng 3).

So sánh chất lượng phân ủ trong hai mùa có thể thấy chất lượng phân ủ trong vụ hè tốt hơn (hàm lượng chất hữu cơ, đạm tổng số, lân hữu hiệu, kali hữu hiệu cao hơn). Tại thời điểm sau ủ 3 tháng, so với ban đầu, vào mùa Xuân, OM giảm 6,9-24,0%; Nts giảm 15,4-48,4%; $P_2O_{5\text{ hh}}$ giảm 16,1-30,4%; $K_2O_{\text{ hh}}$ giảm 13,0-29,6% so với trước khi ủ. Vào mùa Hè, sự suy giảm các chỉ tiêu dinh dưỡng này là thấp hơn. Nguyên nhân có thể là do vào mùa Hè, độ ẩm của nguyên liệu cao (56,3-62%) đã làm giảm lượng khí oxy trong đồng ủ, ảnh hưởng tới sự hoạt động của hệ vi sinh vật. Kết quả là nhiệt độ cao nhất của đồng ủ (60°C) thấp hơn, thời gian nhiệt độ trên 50°C (6-8 ngày) ngắn hơn dẫn đến tỷ lệ giảm các chất dinh dưỡng thấp hơn so với mùa Xuân. Nghiên cứu của Li & cs. (2014) ủ phân lợn với than sinh

học và Đinh Hồng Duyên & cs. (2021) ủ phân gà với than bùn, trấu hun và mùn cưa cũng cho kết luận tương tự.

Bên cạnh đó, mỗi loại chất thải chăn nuôi có một ưu thế và hạn chế về các chỉ tiêu dinh dưỡng. Cụ thể là, phân gà có giá trị cao nhất ở hàm lượng N(%); $P_2O_{5\text{ hh}}$ (%); $K_2O_{\text{ hh}}$ (%); nhưng có hàm lượng chất hữu cơ thấp. Phân bò có ưu thế về hàm lượng hữu cơ cao nhưng hàm lượng đạm tổng số thấp hơn. Phân lợn kém nhất ở giá trị dinh dưỡng lân và kali hữu hiệu. Ở cả hai mùa, tại từng thời điểm theo dõi, khi so sánh với cùng một loại nguyên liệu, điều kiện ủ hảo khí giúp phân bón sau xử lý có hàm lượng chất hữu cơ, đạm tổng số, lân và kali hữu hiệu thấp hơn so với ủ yếm khí. Sự khác biệt này có ý nghĩa thống kê ở mức 95%. Như vậy, xử lý hỗn hợp chất thải chăn nuôi phối trộn với than sinh học trong điều kiện hảo khí sẽ làm mất nhiều chất dinh dưỡng hơn so với xử lý yếm khí.

Bảng 3. Diễn biến của một số chỉ tiêu chất lượng

Mùa Xuân																
CTTN	OM (%)				N (%)				$P_2O_{5\text{ hh}}$ (%)				$K_2O_{\text{ hh}}$ (%)			
	Ngày sau ủ				Ngày sau ủ				Ngày sau ủ				Ngày sau ủ			
	0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90
CT1	50,50	46,54 ^b	44,38 ^b	42,36 ^b	2,05	1,37 ^d	1,25 ^f	1,17 ^f	1,40	1,13 ^d	1,10 ^d	1,07 ^d	1,89	1,54 ^d	1,44 ^e	1,35 ^d
CT2	42,90	36,46 ^f	33,32 ^f	32,97 ^f	2,73	1,76 ^c	1,56 ^d	1,41 ^d	1,70	1,42 ^b	1,38 ^b	1,33 ^b	2,19	1,87 ^b	1,77 ^b	1,69 ^b
CT3	46,70	40,80 ^d	37,81 ^d	36,91 ^d	2,25	1,41 ^d	1,38 ^e	1,30 ^e	1,26	1,00 ^e	0,93 ^e	0,88 ^e	1,80	1,50 ^d	1,36 ^f	1,27 ^e
CT4	50,50	49,02 ^a	48,77 ^a	47,93 ^a	2,05	1,77 ^c	1,70 ^c	1,66 ^c	1,40	1,23 ^c	1,21 ^c	1,18 ^c	1,89	1,83 ^{bc}	1,75 ^b	1,64 ^b
CT5	42,90	39,83 ^e	38,27 ^e	37,52 ^e	2,73	2,41 ^a	2,38 ^a	2,31 ^a	1,70	1,51 ^a	1,43 ^a	1,41 ^a	2,19	2,07 ^a	1,93 ^a	1,86 ^a
CT6	46,70	45,05 ^c	43,63 ^c	41,14 ^c	2,25	1,94 ^b	1,84 ^b	1,76 ^b	1,26	1,11 ^d	1,09 ^d	1,06 ^d	1,80	1,77 ^c	1,61 ^d	1,57 ^c
LSD _{0,05}	-	0,92	0,57	0,42	-	0,10	0,07	0,06	-	0,06	0,05	0,07	-	0,08	0,06	0,05
Mùa Hè																
CTTN	OM (%)				N (%)				$P_2O_{5\text{ hh}}$ (%)				$K_2O_{\text{ hh}}$ (%)			
	Ngày sau ủ				Ngày sau ủ				Ngày sau ủ				Ngày sau ủ			
	0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90
CT1	51,70	47,67 ^b	45,44 ^b	43,32 ^b	2,03	1,58 ^d	1,44 ^f	1,30 ^f	1,38	1,22 ^d	1,19 ^d	1,16 ^d	1,98	1,63 ^d	1,56 ^d	1,47 ^e
CT2	43,30	37,59 ^f	34,38 ^f	33,93 ^f	2,65	1,97 ^c	1,76 ^d	1,54 ^d	1,65	1,51 ^b	1,47 ^b	1,42 ^b	2,23	1,96 ^b	1,89 ^b	1,81 ^b
CT3	47,50	41,93 ^d	38,87 ^d	37,87 ^d	2,21	1,62 ^d	1,58 ^e	1,43 ^e	1,24	1,09 ^e	1,02 ^e	0,97 ^e	1,93	1,59 ^d	1,48 ^e	1,39 ^f
CT4	51,70	50,15 ^a	49,83 ^a	48,89 ^a	2,03	1,98 ^c	1,90 ^c	1,79 ^c	1,38	1,32 ^c	1,30 ^c	1,27 ^c	1,98	1,92 ^{bc}	1,87 ^b	1,76 ^c
CT5	43,30	40,96 ^e	39,33 ^e	38,48 ^e	2,65	2,62 ^a	2,58 ^a	2,44 ^a	1,65	1,60 ^a	1,52 ^a	1,50 ^a	2,23	2,16 ^a	2,05 ^a	1,98 ^a
CT6	47,50	46,18 ^c	44,69 ^c	42,10 ^c	2,21	2,15 ^b	2,04 ^b	1,89 ^b	1,24	1,20 ^d	1,18 ^d	1,15 ^d	1,93	1,86 ^c	1,73 ^c	1,69 ^d
LSD _{0,05}	-	0,89	0,53	0,36	-	0,09	0,05	0,04	-	0,05	0,04	0,06	-	0,07	0,05	0,04

Bảng 4. Diễn biến tỷ lệ C/N và mật độ vi sinh vật phân giải xenlulo

CTTN	Tỷ lệ C/N								Vi sinh vật phân giải Xenlulo (10^3 CFU/g)							
	Mùa Xuân				Mùa Hè				Mùa Xuân				Mùa Hè			
	Ngày sau ủ				Ngày sau ủ				Ngày sau ủ				Ngày sau ủ			
	0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90
CT1	12,6	17,0 ^a	17,8 ^a	18,1 ^a	12,7	15,1 ^a	15,8 ^a	16,7 ^a	19,2	98,6 ^b	54,2 ^b	17,6 ^c	17,3	82,2 ^b	42,4 ^a	14,7 ^a
CT2	7,9	10,4 ^e	10,7 ^e	11,7 ^c	8,2	9,6 ^c	9,8 ^d	11,1 ^c	25,9	110,7 ^a	67,3 ^a	32,1 ^a	21,7	97,7 ^a	36,1 ^b	12,4 ^c
CT3	10,5	14,5 ^b	13,7 ^c	14,2 ^b	10,7	13,0 ^b	12,3 ^b	13,3 ^b	23,1	79,6 ^c	48,3 ^c	26,3 ^b	18,3	63,7 ^c	31,7 ^c	13,6 ^b
CT4	12,6	13,9 ^c	14,3 ^b	14,4 ^b	12,7	12,7 ^b	13,1 ^b	13,7 ^b	19,2	27,5 ^f	22,1 ^f	10,6 ^f	17,3	25,7 ^e	20,2 ^e	7,9 ^e
CT5	7,9	8,3 ^f	8,0 ^f	8,1 ^d	8,2	7,8 ^d	7,6 ^e	7,9 ^d	25,9	49,5 ^d	38,2 ^d	15,5 ^d	21,7	30,3 ^d	23,8 ^d	13,3 ^b
CT6	10,5	11,6 ^d	11,9 ^d	11,7 ^c	10,7	10,7 ^c	11,0 ^c	11,3 ^c	23,1	39,6 ^e	30,9 ^e	12,7 ^e	18,3	26,7 ^d	20,7 ^e	11,4 ^d
LSD _{0,05}	-	0,2	0,2	0,3	-	1,2	1,1	1,8	-	5,3	3,3	1,5	-	3,8	1,9	0,8
QCVN	< 12				< 12				-	-	-	-	-	-	-	-

Bảng 5. Một số kim loại nặng và vi sinh vật gây hại sau ủ 90 ngày

CTTN	Mùa Xuân						Mùa Hè					
	As	Cd	Pb	Hg	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	As	Cd	Pb	Hg	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>
	(mg/kg)				(10 ³ CFU/g)		(mg/kg)				(10 ³ CFU/g)	
CT1	1,05	1,22	13,55	0,67	KPH	KPH	1,11	1,56	14,26	1,06	KPH	KPH
CT2	2,89	1,99	24,18	0,72	KPH	KPH	2,23	2,33	28,24	0,68	KPH	KPH
CT3	1,12	1,11	12,08	0,45	KPH	KPH	2,13	1,99	21,08	1,05	KPH	KPH
CT4	1,09	1,05	12,88	0,41	2,3	1,1	1,44	1,10	18,02	0,82	1,2	1,55
CT5	2,25	2,39	23,80	0,65	2,7	0,2	2,12	2,22	29,19	0,55	2,3	0,23
CT6	4,15	2,21	32,45	0,18	7,3	0,7	4,21	2,43	42,53	0,78	3,7	0,45
QCVN 01-189-2019	< 10,0	<5,0	< 200,0	<2,0	$\leq 1,1 \times 10^3$	KPH	< 10,0	<5,0	< 200,0	< 2,0	$\leq 1,1 \times 10^3$	KPH

Kết quả ở bảng 4 cho thấy, ở 3 thời điểm theo dõi, các công thức ủ hảo khí có sự tăng nhanh về mật độ vi sinh vật phân giải xenlulo ở tháng đầu tiên và giảm dần ở các tháng tiếp theo. Các công thức ủ yếm khí có tốc độ tăng trưởng của vi sinh vật này chậm hơn ủ hảo khí. Xử lý chất thải chăn nuôi trong điều kiện hảo khí giúp vi sinh vật này phân giải xenlulo nhanh hơn ở điều kiện yếm khí. Nguyên nhân là do trong điều kiện hảo khí, không khí được cung cấp thường xuyên, môi trường thuận lợi cho vi sinh vật hoạt động, sinh trưởng, phát triển mạnh (Awasthi & cs., 2020).

Theo thời gian ủ, tỷ lệ C/N của phân hữu cơ ở các công thức ủ hảo khí có xu hướng tăng. Nguyên nhân có thể là do vi sinh vật phân hủy

cơ chất trong chất thải chăn nuôi tạo thành các chất dinh dưỡng dễ tiêu, khi gặp điều kiện nhiệt độ cao sẽ bay hơi hoặc hòa tan với nước chảy ra trong quá trình ủ. Đây là nguyên nhân làm thất thoát các chất dinh dưỡng nhiều hơn so với ủ yếm khí (đặc biệt là yếu tố đạm). Bên cạnh đó, nghiên cứu của Dias & cs. (2010) cho thấy, bổ sung than sinh học làm tăng 70% quá trình phân hủy chất hữu cơ trong phân gia cầm + vỏ cà phê + mùn cưa so với đối chứng. Do đó, khi bổ sung than sinh học vào vật liệu ủ, theo thời gian ủ, hàm lượng carbon trong phân có giảm nhưng tốc độ giảm chậm hơn so với sự suy giảm hàm lượng N. Vì vậy, tỷ lệ C/N của phân ủ có xu hướng tăng lên. Kết quả này tương đồng với công bố của Brinton (2000), than sinh học trộn

với hỗn hợp phân gà + rơm rạ và của Jindo & cs. (2016), than sinh học với phân bò, phân gia cầm.

Trong nghiên cứu này (Bảng 4) cho thấy, sau 30 ngày ủ hảo khí, tỷ lệ C/N của hỗn hợp phân gà + than sinh học đạt QCVN 01-189-2019 nhưng tỷ lệ C/N của hỗn hợp phân bò + than sinh học đã tăng cao hơn quy định và có xu hướng tăng thêm theo thời gian. Vì vậy, trong điều kiện tương tự với thí nghiệm, các đơn vị sản xuất phân hữu cơ sử dụng than sinh học phối trộn với phân bò, phân lợn có thể: (1) Bổ sung đạm hữu cơ để điều chỉnh tỷ lệ C/N đáp ứng được quy định của Nhà nước; (2) Bổ sung thêm than sinh học để tăng khả năng giữ chất dinh dưỡng (đạm tổng số), hoặc kết thúc quá trình xử lý hảo khí trước 30 ngày để giữ tỷ lệ C/N phù hợp với QCVN.

Sản phẩm sau ủ 3 tháng, chúng tôi tiến hành lấy mẫu tổng hợp của từng công thức và phân tích một số yếu tố hạn chế, kết quả thu được thể hiện ở bảng 5.

Kết quả phân tích cho thấy, các chỉ tiêu về kim loại nặng của các công thức không vượt ngưỡng cho phép. Điều kiện ủ hảo khí có nhiệt độ cao ($> 50^{\circ}\text{C}$), kéo dài liên tục (8-10 ngày) đã góp phần hạn chế vi sinh vật gây hại (*E. coli*, *Salmonella*). Kết quả tương đồng với nghiên cứu của Feachem & cs. (1983) và Nguyễn Văn Thao & cs. (2015). Ngược lại, 3 loại chất thải chăn nuôi ủ trong điều kiện yếm khí, sản phẩm tạo ra không đạt tiêu chuẩn về vi sinh vật gây hại theo QCVN. Như vậy, phân ủ được tạo thành từ quá trình ủ hảo khí các loại chất thải chăn nuôi công nghiệp có phối trộn với 10% v/v than sinh học đạt tiêu chuẩn an toàn về vi sinh vật gây hại và hàm lượng kim loại nặng nằm trong ngưỡng cho phép trong QCVN 01-189-2019 về phân bón.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

- Thử nghiệm phối trộn than sinh học với chất chất thải chăn nuôi công nghiệp (bò, gà, lợn) theo tỷ lệ 1:9 (v/v) và ủ bằng hai phương pháp hảo khí và yếm khí cho thấy, phương pháp ủ hảo khí giúp chuyển hóa chất hữu cơ tốt hơn, phân hữu cơ đạt theo QCVN 01-189-2019, trong

khí phương pháp ủ yếm khí không đảm bảo tiêu diệt các vi sinh vật gây hại (*E. coli*, *Salmonella*).

- Vào mùa Xuân, hỗn hợp than và chất thải chăn nuôi khô hơn, nhiệt độ của các công thức ủ hảo khí đạt trên 50°C tại thời điểm sau ủ 6 ngày và kéo dài liên tục trong 6-10 ngày. Ngược lại, vào mùa Hè, hỗn hợp có độ ẩm cao hơn; sau ủ 8 ngày nhiệt độ đồng ủ đạt trên 50°C và kéo dài 6-8 ngày. Tỷ lệ suy giảm chất hữu cơ, đạm tổng số, lân và kali hữu hiệu khi ủ phân vào mùa Xuân là cao hơn mùa Hè.

- Ở cả hai mùa, sau ủ 30 ngày, mật độ vi sinh vật phân giải xenlulo ở mức cao, tỷ lệ C/N của chất thải chăn nuôi gà, lợn không có chất độn chuồng đạt theo QCVN 01-189-2019. Phân gà có OM thấp (36,46-37,59%) nhưng tổng NPK cao (5,05-5,44%). Phân lợn có hàm lượng chất hữu cơ cao hơn phân gà nhưng tổng NPK thấp (3,91-4,30%). Với phân bò có hàm lượng hữu cơ cao nhất (46,54-47,67%), tổng hàm lượng NPK khoảng 4,04-4,43% và tỷ lệ C/N cao (15,1-17,0). Sau ủ, phân hữu cơ đạt QCVN 01-189-2019 về hàm lượng các kim loại nặng As, Cd, Pb, Hg và các vi sinh vật gây hại (*E. coli*, *Salmonella*).

4.2. Kiến nghị

Tiếp tục nghiên cứu xử lý hảo khí các loại chất thải chăn nuôi công nghiệp không chất độn với các tỷ lệ phối trộn than sinh học khác nhau nhằm rút ngắn thời gian xử lý, tăng chất lượng phân thành phẩm.

Với phân bò, nên bổ sung thêm nguồn đạm hữu cơ (phụ phẩm chế biến thủy sản, dầu ăn...) làm giảm tỷ lệ C/N < 12 theo QCVN 01-189-2019 về phân hữu cơ.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin trân trọng cảm ơn Học viện Nông nghiệp Việt Nam đã hỗ trợ kinh phí cho đề tài cấp Học viện với mã số: T2024-03-08. Công bố này là một phần số liệu của đề tài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Awasthi M.K., Duan Y., Awasthi S.K., Liu T., Zhang Z., Kim S.H. & Pandey A. (2020). Effect of

- biochar on emission, maturity and bacterial dynamics during sheep manure composting. *Renewable Energy*. 152: 421-429. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.01.065>
- Bộ NN&PTNT (2023). Báo cáo công tác bảo vệ môi trường ngành nông nghiệp năm 2023.
- Bộ Tài nguyên và Môi trường (2023). Ngành chăn nuôi hướng tới kinh tế tuần hoàn, giảm phát thải. Truy cập từ <https://monre.gov.vn/Pages/nganh-chan-nuoi-huong-toi-kinh-te-tuan-hoan-giam-phat-thai.aspx> ngày 03.02.2025.
- Bello A., Han Y., Zhu H., Deng L., Yang W., Meng Q., Sun Y., Egbeagu U.U., Sheng S., Wu X., Jiang X. & Xu X. (2020). Microbial community composition, co-occurrence network pattern and nitrogen transformation genera response to biochar addition in cattle manure-maize straw composting. *Science of The Total Environment*. 721: 137759. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137759>.
- Brinton W.F. (2000). Compost quality standards and guidelines. Final Report by Woods End Research Laboratories for the New York State Association of Recyclers.
- Dias B.O., Silva C.A., Higashikawa F.S., Roig A. & Sanchez-Monedero M.A. (2010). Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: effect on organic matter degradation and humification. *Bioresour Technol*. 101(4): 1239-46. doi: 10.1016/j.biortech.2009.09.024.
- Đinh Hồng Duyên, Đỗ Tất Thủy, Nguyễn Tú Điệp, Nguyễn Xuân Hoà & Phan Quốc Hưng (2021). Nghiên cứu sản xuất phân hữu cơ vi sinh dạng viên nén từ phân gà. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*. 1: 50-56.
- Feachem R.G., Bradley D.J., Garelick H. & Mara D.D. (1983). Sanitation and Disease: Health Aspects of Excreta and Wastewater Management. Chichester: John Wiley & Sons. Retrieved from <https://documents1.worldbank.org/curated/ar/704041468740420118/pdf/multi0page.pdf> on Mar 04, 2025.
- Hoitink H.A.J. (2000). Trends in treatment and utilization of solid waste through composting in the United States. In *Proceedings of the International Composting Symposium (ISC 1999)*, Eds PR Warman, BR Taylor. CBA Press Inc, Nova Scotia. 1: 1-13
- Jia P., Huang Y., Zhang H., Huang Q., Chen J., Feng L., Tuo Y., Yuan L. & Xie J. (2024). Variation of microbial necromass carbon and its potential relationship with humification during composting of chicken manure with and without biochar addition. *Bioresource Technology*. 409: 131258. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.131258>.
- Jindo K., Sonoki T., Matsumoto K., Canellas L., Roig A. & Sanchez-Monedero M.A. (2016). Influence of biochar addition on the humic substances of composting manures. *Waste Management*. 49: 545-552.
- Li R., Wang Q., Zhang Z., Zhang G., Li Z., Wang L. & Zheng J. (2014). Nutrient transformation during aerobic composting of pig manure with biochar prepared at different temperatures. *Environmental Technology*. 36(7). <https://doi.org/10.1080/09593330.2014.963692>.
- Lu M., Lin B., Zhang Y., Hao Y., Li K. & Huang Z. & Li J. (2024). Insight into the molecular transformation pathways of humic acid in the co-composting of bagasse and cow manure after adding compound microorganisms. *Process Biochemistry*. 143: 23-33. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2024.04.029>.
- Mahapatra S., Ali Md. H. & Samal K. (2022). Assessment of compost maturity-stability indices and recent development of composting bin. *Energy Nexus*. 6: 100062. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100062>
- Nguyễn Văn Bộ & Trần Minh Tiến (2018). Công nghệ ủ (composting) trong xử lý chất thải chăn nuôi làm phân bón. Hội thảo Quốc gia “Phát triển phân bón hữu cơ”. Trung Tâm Hội nghị Quốc gia, Hà Nội
- Nguyễn Văn Thao, Nguyễn Thị Lan Anh, Nguyễn Thị Minh, Nguyễn Thu Hà & Đỗ Nguyên Hải (2015). Nghiên cứu chế phẩm vi sinh vật để sản xuất phân hữu cơ sinh học từ bã nấm và phân gà. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*. 13(8): 1415-1423.
- Sun X., Awasthi M.K., Syed A. & Bahkali A.H. (2024). Effect of cyanobacteria biochar addition on humification, fungal dynamics and its mechanism of action in pig manure composting. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 12(5): 113755. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.113755>.
- Vandecasteele B., Sinicco T., D'Hose T., Nest T.V. & Mondini C. (2016). Biochar amendment before or after composting affects compost quality and N losses, but not P plant uptake. *Journal of Environmental Management*. 168: 200-209. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.045>.
- Zhang J., Lu F., Shao L. & He P. (2014). The use of biochar-amended composting to improve the humification and degradation of sewage sludge. *Bioresource Technology*. 168: 252-258. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.02.080>.