



DOI: <https://doi.org/10.52714/dthu.ns.2474.1920>

ỨNG DỤNG KỸ THUẬT Ủ NÓNG TĨNH TRONG SẢN XUẤT PHÂN HỮU CƠ TỪ THÂN BẮP VÀ PHÂN BÒ TẠI ĐỒNG THÁP

Nguyễn Thị Phúc Nguyễn

Khoa Nông nghiệp – Thủy sản, Trường Cao đẳng Cộng đồng Đồng Tháp, Việt Nam

Email: ntpnguyen@dtcc.edu.vn

Lịch sử bài báo

Ngày nhận: 05/6/2025; Ngày nhận chỉnh sửa: 30/7/2025; Ngày duyệt đăng: 04/8/2025

Tóm tắt

Nghiên cứu đánh giá hiệu quả kỹ thuật ủ nóng tĩnh có thông khí bằng ống PVC kết hợp vi sinh vật, trong xử lý thân bắp tươi và phân bò khô tại Đồng Tháp. Sáu ống ủ được bố trí với các lớp thân bắp và phân bò khô xen kẽ, theo tỷ lệ chiều dày lớp là 25 cm : 5 cm, theo dõi liên tục cho đến khi nguyên liệu ủ đã hoai mục hoàn toàn. Kết quả đạt được: (1) Nhiệt độ tăng nhanh trong 3 ngày đầu sau khi ủ, đạt đỉnh 72,1°C ở độ sâu 90 cm, giảm dần trong giai đoạn 15 - 60 ngày, sau đó tiếp tục giảm và tiệm cận nhiệt độ môi trường vào ngày thứ 72 (28 - 29°C); (2) Ẩm độ được giữ trong ngưỡng thích hợp, ở ngày thứ 6 sau khi ủ, hỗn hợp ủ có độ kết dính tốt, nước rỉ nhẹ ở kẽ tay khi nắm chặt, cấu trúc còn giữ ẩm rõ (ước lượng cảm quan tương đương 60 - 65%). Ẩm độ được duy trì ổn định (50 - 60%); (3) Thời gian để đạt được trạng thái “chín”, hoai mục là 72 ngày, sản phẩm có màu nâu đen nhạt, mùi đất dễ chịu, kết cấu tơi xốp, đạt trạng thái hoai mục hoàn chỉnh theo cảm quan thực nghiệm. Mô hình đã cho kết quả phân hủy cao, không cần đảo trộn cơ giới, tiết kiệm công lao động, dễ áp dụng trong điều kiện hộ nông dân. Nghiên cứu đóng góp cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc nhân rộng mô hình tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long, hướng tới phát triển nông nghiệp tuần hoàn, bền vững và sử dụng hiệu quả phụ phẩm nông nghiệp tại chỗ.

Từ khóa: nhiệt độ và ẩm độ ống ủ, nông nghiệp tuần hoàn, phân hữu cơ từ thân bắp, thông khí bằng ống PVC, *Trichoderma* spp., ủ nóng tĩnh có thông khí.

Trích dẫn: Nguyễn, T. P. N. (2026). Ứng dụng kỹ thuật ủ nóng tĩnh trong sản xuất phân hữu cơ từ thân bắp và phân bò tại Đồng Tháp. *Tạp chí Khoa học Đại học Đồng Tháp*, 15(8), 83-95. <https://doi.org/10.52714/dthu.ns.2474.1920>

Copyright © 2026 The author(s). This work is licensed under a CC BY-NC 4.0 License.

APPLYING AERATED STATIC PILE COMPOSTING TECHNIQUE FOR ORGANIC FERTILIZER PRODUCTION FROM MAIZE STALKS AND CATTLE MANURE IN DONG THAP

Nguyen Thi Phuc Nguyen

Faculty of Agriculture and Aquatic Resources, Dong Thap Community College, Vietnam

Email: ntpnguyen@dtcc.edu.vn

Article history

Received: 05/6/2025; Received in revised form: 30/7/2025; Accepted: 04/8/2025

Abstract

This study assessed the effectiveness of aerated static pile composting using PVC pipe ventilation and a microbial inoculant to decompose fresh maize stalks and dried cattle manure in Dong Thap, Vietnam. Six compost piles were constructed using alternating 25-cm layers of fresh maize stalks and 5-cm layers of dried cattle manure and monitored until full maturity. The internal temperature peaked at 72.1°C on day 3 at a depth of 90 cm, generally declined during the 15-60-day period, and approached ambient temperature by day 72. Sensory assessment using the hand-squeeze test indicated an estimated moisture level of approximately 60-65% on day 6, followed by generally stable moisture conditions of approximately 50-60% during much of the composting period. After 72 days, the composted material exhibited a dark brown color, an earthy odor, and a friable texture, showing sensory characteristics consistent with a well-decomposed state. This passive aeration system required no mechanical turning and showed practical potential for smallholder conditions. The findings provide a basis for further evaluation and potential application of this composting approach under similar farming conditions in the Mekong Delta.

Keywords: *Aerated static pile composting, compost temperature and moisture, circular agriculture, maize stalk compost, PVC pipe aeration, Trichoderma spp.*

1. Giới thiệu

Việc khai thác và sử dụng phụ phẩm nông nghiệp để sản xuất phân hữu cơ đã trở thành giải pháp trọng yếu trong lộ trình xây dựng nền nông nghiệp tuần hoàn và phát triển bền vững trên thế giới. Tại khu vực Đông Nam Á, đặc biệt ở Đồng bằng sông Cửu Long, phụ phẩm như rơm rạ, thân cây bắp, vỏ trái cây... đang được coi là nguồn nguyên liệu tiềm năng để sản xuất phân hữu cơ, góp phần giảm chi phí sản xuất, giảm thất thoát dinh dưỡng trên đồng ruộng và hạn chế ô nhiễm môi trường (Cục Trồng trọt, 2023). Việc thúc đẩy sử dụng phân hữu cơ không chỉ là một giải pháp kinh tế mà còn là trách nhiệm của mỗi cá nhân và cộng đồng trong việc hướng tới một nền nông nghiệp xanh và bền vững.

Ủ phân hữu cơ là quá trình chuyển hóa chất hữu cơ phức tạp thành mùn ổn định, giàu dinh dưỡng thông qua hoạt động của vi sinh vật hiếu khí và kỵ khí. Quá trình ủ thường diễn biến qua các giai đoạn nhiệt đặc trưng, từ giai đoạn tăng nhiệt, pha nhiệt cao đến giai đoạn làm nguội và hoàn thiện. Trong pha khởi động, vi sinh vật phân giải các hợp chất dễ phân hủy, sinh nhiệt khiến nhiệt độ đồng ủ tăng lên nhanh chóng. Ví dụ điển hình như nghiên cứu của Shimizu & cs. (2018), nhóm nghiên cứu đã tiến hành nghiên cứu ủ phân bò trong mô hình reactor dạng cột, kết hợp thông khí cưỡng bức với ba mức tổng lưu lượng khí khác nhau và hai chế độ khí (liên tục và gián đoạn 20 phút/giờ), đã cho thấy nhiệt độ trong đồng ủ tăng nhanh chóng, đạt tối đa 74°C trong 3 - 4 ngày đầu ở nghiệm thức thông khí gián đoạn với lưu lượng 0,45 L/phút.kgDM, kết hợp xoay trộn định kỳ, ẩm độ ban đầu dao động từ 60,7% - 66,5%, sau ủ còn khoảng 58% - 61%. Trong khi nhiệt độ đạt khoảng 45 - 60°C, các vi sinh vật ưa nhiệt chiếm ưu thế, xúc tác phân hủy chất xơ, lignin và cellulose trong nguyên liệu (Keng & cs., 2023). Sau khi nguồn nguyên liệu dễ phân hủy cạn dần, nhiệt độ đồng ủ giảm dần, chuyển sang pha hoàn thiện; vi sinh vật ưa lạnh hoạt động để tổng hợp humic và fulvic, tạo ra sản phẩm mùn có cấu trúc ổn định (González-González & cs., 2025).

Nguồn gốc của việc ủ phân hữu cơ xuất phát từ các nền nông nghiệp truyền thống, khi người nông dân thả phân chuồng và phế liệu nông nghiệp lên luống rồi che phủ để tạo phân bón. Từ cuối thế kỷ 20, các mô hình ủ đảo trộn được phát triển nhằm gia tăng trao đổi khí nhưng tiêu tốn nhiều lao động. Đến đầu thế kỷ 21, kỹ thuật ủ tĩnh có thông khí bằng ống dẫn khí bắt đầu được triển khai quy mô công nghiệp và nghiên cứu kỹ lưỡng về cơ chế vi sinh và hiệu suất phân hủy (Keng & cs., 2023; González-González & cs., 2025).

Ở Việt Nam, các nghiên cứu ủ phân từ vỏ lụa hạt điều (Phan & Nguyễn, 2017) và rơm rạ (Cục Trồng trọt, 2023) đã chứng minh khả năng tận dụng phụ phẩm nông nghiệp thành phân mùn chất lượng cao. Gần đây, dự án của GIZ và Sở Nông nghiệp Đồng Tháp cũng đã chuyển giao công nghệ ủ nóng không đảo trộn cho nông dân miền Tây Nam Bộ, chú trọng ứng dụng phụ phẩm cây lúa và phân chuồng (Hội Nông dân Việt Nam, 2024) cũng đã được triển khai đến nông dân nhằm tận dụng phụ phẩm rơm rạ tại ruộng.

Hiện nay, nhiều mô hình sản xuất nông nghiệp theo hướng phát triển bền vững đã tích hợp nguyên lý kinh tế tuần hoàn và tăng trưởng xanh bằng cách tái sử dụng phụ phẩm nông nghiệp làm nguồn tài nguyên tái tạo phục vụ sản xuất. Trong bối cảnh phát triển nông nghiệp bền vững, nhiều mô hình tại Đồng bằng sông Cửu Long đã tận dụng phụ phẩm như rơm rạ, vỏ trái cây để ủ phân hữu cơ. Đặc biệt, cây bắp cũng là một cây trồng quan trọng tại Đồng Tháp, tạo ra lượng lớn phụ phẩm sau thu hoạch, có tiềm năng lớn trong việc sản xuất phân hữu cơ tại chỗ. Quá trình này không chỉ giúp giảm thiểu lượng rác thải nông nghiệp mà còn tạo ra một nguồn phân bón tự nhiên, bổ sung dinh dưỡng cho các vụ mùa sau.

Theo nghiên cứu của Đỗ (2014), thân cây bắp sau thu hoạch có thành phần hóa học chủ yếu là cellulose (35,72%) và hemicellulose chiếm (26,43%), trong khi hàm lượng lignin thấp (5,47%), yếu tố thuận lợi cho quá trình phân hủy sinh học. Ngoài ra, hàm lượng protein thô

(6,28%) và chất hòa tan (17,96%) giúp tạo điều kiện cho hoạt động của vi sinh vật phân giải. Đây là cơ sở cho thấy thân cây bắp có tiềm năng làm nguyên liệu nền trong ủ phân hữu cơ.

Bên cạnh đó, theo tài liệu đào tạo của GIC (Hội Nông dân Việt Nam, 2022), phân bò khô có hàm lượng chất hữu cơ (OM) dao động từ 14,2 - 15,3%, với hàm lượng nitơ tổng số (N) khoảng 0,41 - 0,47%, photpho (P_2O_5) là 0,2 - 0,3% và kali (K_2O) là 0,29 - 0,60%. Phân bò thuộc nhóm phân chuồng có tỷ lệ đạm thấp nhưng chứa nhiều xơ, phù hợp cung cấp nguồn nitơ bổ sung cho vi sinh vật trong phối trộn với nguyên liệu giàu carbon như thân cây bắp. Tỷ lệ C/N của phân bò được ước tính khoảng 19 - 21, dựa trên hệ số quy đổi carbon tổng từ chất hữu cơ ($C = OM \times 0,58$), cho thấy tính ổn định và khả năng hỗ trợ phân giải tốt khi phối trộn trong quá trình ủ nóng. Các số liệu này cho thấy thân cây bắp có tiềm năng ứng dụng làm nguyên liệu phối trộn trong ủ phân hữu cơ, đặc biệt khi kết hợp với các nguyên liệu giàu đạm như phân bò khô để cân đối tỷ lệ C/N. Nghiên cứu của Zhang & cs. (2021) đã tiến hành ủ kết hợp rác thải nhà bếp và rác thải sân vườn trong điều kiện có kiểm soát thông khí để đánh giá mức độ hoại mục và phát sinh mùi trong quá trình ủ. Kết quả cho thấy các công thức phối trộn hợp lý với tỷ lệ C/N từ 25 - 30, kết hợp thông khí đầy đủ, giúp sản phẩm đạt độ chín sinh học cao sau khoảng 25 ngày. Về mặt cảm quan, compost sau ủ có màu nâu đen đặc trưng, không mùi hôi, tơi xốp và khô ráo vừa phải. Các mẫu chứa tỷ lệ chất khô cao (rác thải sân vườn) cho kết quả tơi xốp và ít mùi hơn đáng kể.

Do đó, nghiên cứu “*Ứng dụng kỹ thuật ủ nóng tĩnh trong sản xuất phân hữu cơ từ thân bắp và phân bò tại Đồng Tháp*” được thực hiện nhằm theo dõi và phân tích diễn biến nhiệt độ và độ ẩm trong suốt quá trình ủ để đánh giá hiệu quả phân hủy của mô hình ủ tĩnh. Đồng thời, nghiên cứu cũng quan sát và ghi nhận các đặc điểm cảm quan của phân sau ủ (màu sắc, mùi và độ tơi xốp) như các chỉ báo ban đầu của quá trình hoại mục, từ đó làm cơ sở khoa học để đề xuất mô hình ủ phân hữu cơ phù hợp với điều kiện sản xuất quy mô nông hộ tại tỉnh Đồng Tháp.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Thời gian và địa điểm thực hiện

Nghiên cứu được thực hiện từ ngày 15 tháng 2 đến ngày 15 tháng 5 năm 2025, và được bố trí tại hộ có chăn nuôi bò thuộc xã Tân Nghĩa, huyện Cao Lãnh, tỉnh Đồng Tháp.

2.2. Vật liệu và dụng cụ

2.2.1. Vật liệu sử dụng

Thân bắp tươi: nghiên cứu đã sử dụng 100% nguyên liệu thực vật là thân bắp được thu hoạch từ những cánh đồng bắp tại xã Tân Nghĩa. Thân bắp được băm nhỏ 3 - 5 cm bằng máy băm đa năng (Hình 1), ngay trước khi tiến hành ủ.



Hình 1. Bắp được cắt nhỏ bằng máy băm đa năng

Phân bón: nghiên cứu đã sử dụng 100% nguyên liệu phân chuồng là phân bò khô sẵn có từ việc chăn nuôi của nông dân tại xã Tân Nghĩa, huyện Cao Lãnh.

Chế phẩm sinh học BIO - HK Trichoderma-SP (Tên thương mại là Men ủ sinh học Biological Composting Enzyme, sản phẩm của Công ty TNHH Nông Dược Hoàng Kim), dạng bột mịn màu xám nhạt, chuyên dùng trong ủ phân hữu cơ. Thành phần vi sinh chính của chế phẩm Trichoderma-SP gồm: *Trichoderma harzianum* $\geq 1,0 \times 10^8$ CFU/g; *Bacillus* spp. $\geq 1,0 \times 10^2$ CFU/g; *Lactobacillus acidophilus* $\geq 1,0 \times 10^2$ CFU/g; *Saccharomyces* spp. $\geq 1,0 \times 10^2$ CFU/g; *Pseudomonas fluorescens* $\geq 1,0 \times 10^2$ CFU/g; Axit humic 2%.

2.2.2. Dụng cụ

a) Ống thông khí

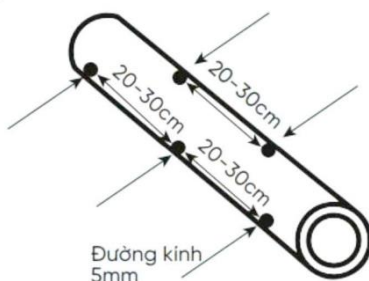
Ống thông khí được sử dụng trong nghiên cứu là ống nhựa PVC loại nhựa Bình Minh. Ống có đường kính là 5 cm (Hình 2).



Hình 2. Ống thông khí dùng trong nghiên cứu

Tổng số ống cần dùng là: 24 ống đứng (1,9 m) và 12 ống ngang (2,6 m). Chuẩn bị ống thông khí và cách chèn vào đồng ủ như sau:

- Đục lỗ đường kính 5 mm so le ở hai phía, cách nhau 20 - 30 cm (Hình 3).



Hình 3. Cách bố trí các lỗ đục trên ống nhựa PVC

- Chèn các ống đã đục lỗ cách nhau khoảng 1 m theo chiều ngang và chiều dọc để thông khí làm tăng tốc độ phân hủy.

- Các ống nằm ngang cần nhô ra ngoài 30 cm ở cả 2 phía, và các ống thẳng đứng nhô ra khỏi mặt trên 30 cm.

- Các ống nằm ngang đặt cách mép đồng ủ khoảng 1 m. Các ống thẳng đứng đặt cách mép đồng ủ 20-30 cm.

b) Các dụng cụ khác

Máy băm thân bắp, thước dây, nhiệt kế.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm gồm 6 lần lặp lại, mỗi lần là 1 đồng ủ riêng biệt.

Kích thước mỗi đồng ủ: 2 m (dài) $\times$ 2 m (rộng) $\times$ 1,6 m (cao) (tổng thể tích 6,4 m³).

Đồng ủ được thiết kế theo phương pháp ủ nóng không đảo trộn có thông khí bằng ống nhựa PVC như mô tả bởi Dự án GIC (Hội Nông dân Việt Nam, 2024).

Khoảng cách giữa các đồng ủ là 1,5 m để tránh tương tác nhiệt và thuận tiện quan sát.

2.3.2. Quy trình thực hiện

Đồng ủ được làm bằng cách xếp tuần tự các lớp nguyên liệu xen kẽ nhau, mỗi lớp gồm: Thân bắp dày 25 cm, phân bò khô dày 5 cm. Lặp lại cho đến khi chiều cao đạt 1,5 m (5 lớp), các bước cụ thể như sau:

Bước 1: Xếp nguyên liệu bắp và phân bò khô cho lớp đầu tiên.

Bước 2: Sau mỗi lớp, bổ sung nước và chế phẩm sinh học BIO - HK Trichoderma-SP. Bằng cách: Sau mỗi lớp, tiến hành tưới đều dung dịch men vi sinh đã pha theo tỷ lệ: 2,5 kg chế phẩm men ủ sinh học pha loãng với 150 lít nước, chia làm 6 lần tưới đều nhau cho 5 lớp và lớp bắp cuối cùng, đảm bảo phân bố đều.

Kiểm tra lượng nước cho vào vừa đủ thông qua việc kiểm tra bằng tay: dùng tay vát vừa mạnh một nắm hỗn hợp ủ để kiểm tra, nước rỉ nhẹ qua kẽ tay là đạt (âm độ khoảng 45 – 50%) (Rynk, 2000; Bùi & cs., 2017).

Bước 3: Bố trí ống thông khí PVC

Bố trí các ống thông hơi vào trong đồng ủ, mỗi đồng ủ gồm có 4 ống đứng, và 2 ống nằm chéo nhau (Hình 4), nhằm tạo dòng đối lưu khí trong ruột đồng ủ.



Hình 4. Đặt ống thông khí cho đồng ủ

Bước 4: Tiếp tục lặp lại các bước trên cho đủ 5 lớp bắp và 5 lớp phân bò.

Xếp xen kẽ các lớp nguyên liệu cho đến khi đồng ủ đạt độ cao 1,5 m. Sau mỗi lớp đều bổ sung chế phẩm sinh học BIO - HK Trichoderma-SP.

Bước 5: Phủ thêm 1 lớp bắp 10 cm trên cùng (Hình 5).



Hình 5. Tổng thể của một đồng ủ hoàn thiện

Bước 6: Che phủ đồng ủ.

- Che phủ đồng ủ bằng bạt, trùm qua ống thông khí để tránh nước mưa.
- Không cần che phủ quá kín để đảm bảo không khí có thể lưu thông.

Bước 7: Kiểm tra các chỉ tiêu và khắc phục sự cố (nếu có).

2.3.3. Chỉ tiêu theo dõi và phương pháp ghi nhận

Chỉ tiêu về nhiệt độ được lấy 3 ngày/lần, chỉ tiêu về ẩm độ, mùi, màu sắc và độ toi xốp được lấy 6 ngày/lần. Kiểm tra đồng ủ cho đến khi hỗn hợp ủ “chín”, phân ủ đã thành phẩm (nhiệt độ ổn định, gần như mùi đất, vật liệu toi, không còn hình dạng ban đầu).

- Nhiệt độ đồng ủ: Đo bằng nhiệt kế, tại 3 vị trí quanh đồng ủ, theo phương pháp ủ phân của tỉnh Miyazaki, Nhật Bản (Ủy ban Nhân dân tỉnh Đồng Tháp, 2024), mỗi điểm cần đo 2 lần: đo nông và đo sâu, cụ thể:

+ Đo nông: cắm nhiệt kế vào giữa đồng ủ ở độ sâu 40 cm, để khoảng 1 phút, sau đó ghi nhiệt độ đạt được vào sổ ghi chép;

+ Đo sâu: cắm nhiệt kế vào giữa đồng ủ ở độ sâu 90 cm, để khoảng 1 phút, sau đó ghi nhiệt độ đạt được vào sổ ghi chép.

- Ẩm độ: độ ẩm được theo dõi định kỳ bằng phương pháp cảm quan tại 3 vị trí quanh đồng ủ, cụ thể là bài kiểm tra "vắt tay" (hand squeeze test) như được khuyến cáo bởi Rynk (2000) và Bùi & cs. (2017). Theo phương pháp này, dùng tay lấy vừa đầy một nắm vật liệu, bóp vừa chặt không quá mạnh. Nếu không có nước nhỏ giọt nhưng hơi rỉ ở kẽ tay, vật liệu vẫn kết dính và có cảm giác ẩm, độ ẩm dao động từ 50–60%. Trường hợp nước nhỏ giọt chứng tỏ vật liệu quá ướt, độ ẩm vượt ngưỡng 65%. Ngược lại, nếu vật liệu rời rạc, khô và vụn là dấu hiệu độ ẩm dưới 45%.

- Các chỉ tiêu cảm quan bao gồm mùi, màu sắc và độ toi xốp được ghi nhận định kỳ trong quá trình ủ nhằm đánh giá mức độ phân hủy vật liệu (cách mỗi 6 ngày). Việc quan sát và đánh giá được thực hiện bởi nhóm 3 người, theo thang mô tả từ 1 (mô tả đánh giá + nhẹ), 2 (mô tả đánh giá + trung bình), 3 (mô tả đánh giá + nặng) đến 4 (mô tả đánh giá thành phẩm). Trong khuôn khổ nghiên cứu này, phương pháp cảm quan được sử dụng như chỉ tiêu hỗ trợ, không thay thế các chỉ tiêu hóa lý và dinh dưỡng. Phân tích thành phần dinh dưỡng phân sau ủ sẽ được đề xuất triển khai trong nghiên cứu tiếp theo.

2.4. Xử lý số liệu

- Số liệu định lượng (nhiệt độ) được thu thập định kỳ mỗi 3 ngày trong suốt quá trình ủ và được tổ chức thành bảng dữ liệu. Các giá trị được nhập vào phần mềm Microsoft Excel

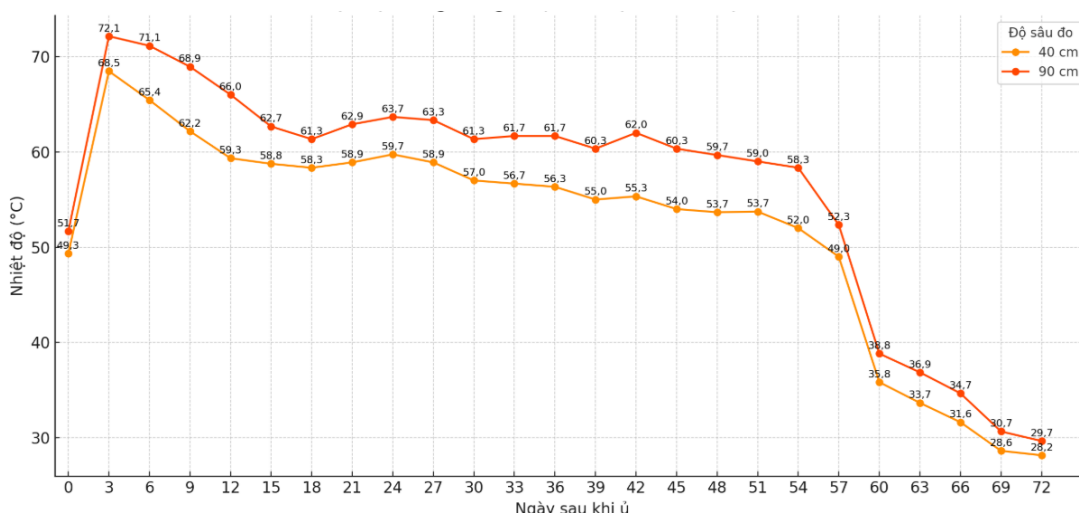
365, sau đó được xử lý thống kê mô tả để tính: Giá trị trung bình, sai số chuẩn (SE) và biến động nhiệt độ theo thời gian.

- Các chỉ tiêu cảm quan như mùi, màu sắc và độ tươi xốp: Ghi nhận định tính theo biểu mẫu quan sát tại mỗi lần lấy mẫu phân tích.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Nhiệt độ

Kết quả theo dõi nhiệt độ từ các đồng ủ trong nghiên cứu được trình bày ở Hình 6 cho thấy, nhiệt độ trong đồng ủ thay đổi theo thời gian, biến động nhẹ và giảm dần theo thời gian ủ. Nhiệt độ ở cả hai độ sâu đều trải qua giai đoạn tăng cao rồi giảm dần, trong đó nhiệt độ đo ở độ sâu 90 cm luôn cao hơn nhiệt độ đo nông 40 cm tại mọi thời điểm.



Hình 6. Nhiệt độ ở hai độ sâu khác nhau qua các giai đoạn ủ

Kết quả cho thấy rõ các giai đoạn đặc trưng của quá trình phân giải hữu cơ: giai đoạn tăng nhiệt nhanh (0 - 3 ngày), sau đó giảm (3 đến 15 ngày) và giảm dần (15 - 60 ngày) và giai đoạn giảm nhiệt làm nguội (60 - 72 ngày). Cụ thể như sau:

Nhiệt độ tăng nhanh và rất cao ngay trong 3 ngày đầu. Ngay sau khi ủ (ngày 0), nhiệt độ trung bình tại 40 cm đạt $49,3 \pm 0,33^{\circ}\text{C}$, trong khi ở 90 cm cao hơn rõ rệt với $51,7 \pm 0,67^{\circ}\text{C}$, cho thấy vật liệu đã bước vào giai đoạn sinh nhiệt sớm, khả năng bắt nhiệt tốt từ thành phần thân bắp và phân bò khô. Đến ngày thứ 3, nhiệt độ đạt đỉnh với $68,5 \pm 0,22^{\circ}\text{C}$ (40 cm) và $72,1 \pm 0,42^{\circ}\text{C}$ (90 cm) (Bảng 1), lúc này, các đồng ủ đều được dỡ bạt ra cho thông thoáng, tránh tăng nhiệt quá cao.

Trong khoảng thời gian ủ từ ngày thứ 3 đến ngày 15, nhiệt độ các đồng ủ giảm dần nhưng vẫn ở mức cao. Ngày thứ 6, nhiệt độ các đồng ủ đã giảm xuống, nên các đồng ủ đã được đập bạt trở lại. Ở ngày thứ 15, nhiệt độ tại hai độ sâu lần lượt giảm xuống $58,8 \pm 0,38^{\circ}\text{C}$ và $62,7 \pm 0,49^{\circ}\text{C}$ (Bảng 1).

Trong giai đoạn từ ngày thứ 15 đến ngày thứ 60 sau khi ủ, nhiệt độ của các đồng ủ ở cả hai độ sâu nhìn chung giảm dần. Từ ngày 15 đến ngày 57, nhiệt độ giảm tương đối chậm, tại ngày 57, nhiệt độ ở độ sâu 40 cm và 90 cm lần lượt là $49,0^{\circ}\text{C}$ và $52,3^{\circ}\text{C}$. Đến ngày thứ 60, nhiệt độ giảm rõ rệt, còn $35,8 \pm 0,48^{\circ}\text{C}$ ở độ sâu 40 cm và $38,8 \pm 0,40^{\circ}\text{C}$ ở độ sâu 90 cm. Có thể nhận thấy, giai đoạn này hoạt động của các vi sinh vật vẫn diễn ra bình thường, quá trình phân hủy nguyên liệu ủ ở tất cả các đồng ủ vẫn đang diễn ra.

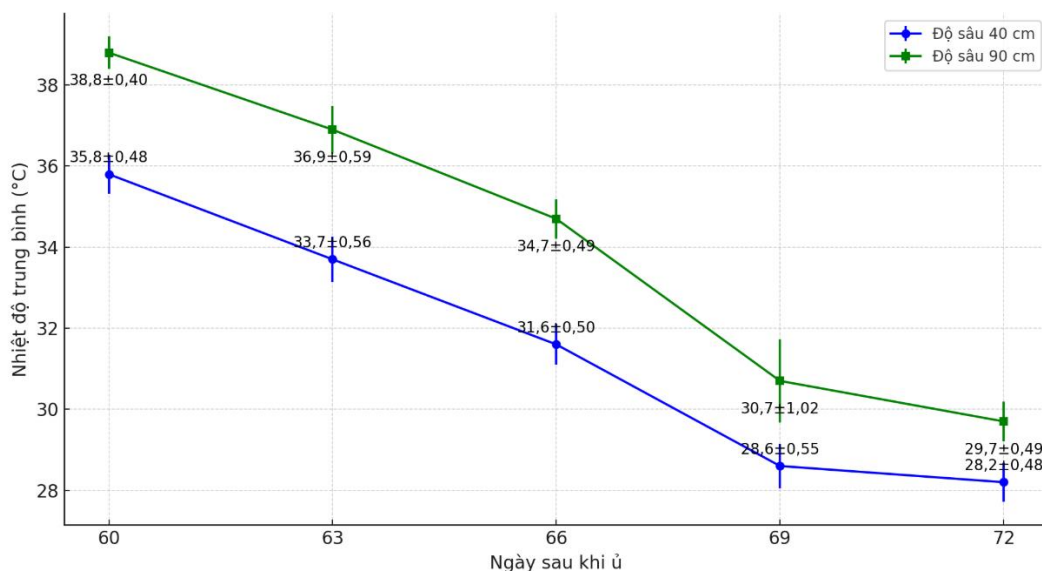
Từ ngày 60 đến ngày 72, có thể thấy đây là giai đoạn ủ chín và làm nguội. Ở giai đoạn này, có thể thấy rất rõ nhiệt độ đã giảm nhanh, đáng kể, lần lượt từ $35,8 \pm 0,48^{\circ}\text{C}$ giảm còn $28,2 \pm 0,48^{\circ}\text{C}$ (ở độ sâu 40 cm) và $38,8 \pm 0,40^{\circ}\text{C}$ giảm còn $29,7 \pm 0,49^{\circ}\text{C}$ (ở độ sâu 90 cm) (Bảng 1). Giai đoạn này phản ánh rõ pha hoại mục sâu, hoạt động phân giải chậm lại, nhiệt độ tiệm cận với môi trường, phù hợp để đánh giá độ ổn định của phân thành phẩm.

Sai số chuẩn tại các thời điểm theo dõi nhìn chung thấp (dưới 1°C), cho thấy biến động nhiệt độ giữa các đồng ủ tại từng thời điểm không lớn. Điều này cho thấy, việc không đảo trộn nhưng vẫn đạt được và duy trì mức nhiệt cao là khả thi, phù hợp ứng dụng thực tế tại các mô hình hộ nông dân quy mô vừa và nhỏ, nơi nhân công và điều kiện kỹ thuật còn hạn chế.

Bảng 1. Nhiệt độ trung bình ($\pm$ SE) ($^{\circ}\text{C}$) ở các mốc thời gian quan trọng trong quá trình ủ

Ngày sau ủ	Độ sâu 40 cm	Độ sâu 90 cm
0	$49,3 \pm 0,33$	$51,7 \pm 0,67$
3	$68,5 \pm 0,22$	$72,1 \pm 0,42$
15	$58,8 \pm 0,38$	$62,7 \pm 0,49$
60	$35,8 \pm 0,48$	$38,8 \pm 0,40$
72	$28,2 \pm 0,48$	$29,7 \pm 0,49$

Đặc biệt, từ ngày 60 trở đi, nhiệt độ ở cả hai độ sâu theo dõi cho thấy xu hướng giảm nhanh và rõ rệt. Bên cạnh đó, mức nhiệt cuối cùng ở 2 độ sâu khác nhau cũng đã dần tiệm cận nhau và tiệm cận nhiệt độ môi trường (lần lượt là $28,2^{\circ}\text{C}$ và $29,7^{\circ}\text{C}$) (Hình 7), phản ánh quá trình chuyển từ pha hoạt động sinh nhiệt sang giai đoạn hoại mục, làm nguội và ổn định nhiệt của đồng ủ.



Hình 7. Nhiệt độ trung bình của các đồng ủ ở giai đoạn ủ chín và làm nguội

Ngay sau khi bắt đầu ủ, nhiệt độ đồng ủ tăng nhanh, phản ánh hoạt động phân giải mạnh của quần thể vi sinh vật trong vật liệu. Chế phẩm sinh học sử dụng trong nghiên cứu có bổ sung các nhóm vi sinh vật gồm *Trichoderma* spp., *Bacillus* spp., *Lactobacillus acidophilus*. Các vi sinh vật tham gia phân giải các thành phần hữu cơ trong vật liệu; thân bắp có hàm lượng cellulose 35,72%, hemicellulose 26,43% và protein thô 6,28% (Đỗ, 2014), trong khi phân bỏ

bổ sung nguồn nước cho quá trình ủ (Hội Nông dân Việt Nam, 2022). Nhiệt độ trung bình tại độ sâu 90 cm đạt đỉnh $72,1 \pm 0,42^{\circ}\text{C}$ vào ngày thứ 3, nhiệt độ nhanh chóng vọt cao trong những ngày đầu sau ủ phân là điều mong đợi, giúp tiêu diệt mầm bệnh trong nguyên liệu (Keng & cs., 2023; González-González & cs., 2025). Tuy nhiên, mức nhiệt trên 70°C đã vượt ngưỡng tối ưu và tiệm cận mức có thể bắt đầu gây bất lợi cho vi sinh vật có lợi (Haug, 1993; Hiệp hội Nông nghiệp Hữu cơ Việt Nam, 2017). Giai đoạn này, các đồng ủ đã được mở phần bạt trùm bên ngoài và theo dõi thường xuyên nhằm can thiệp kịp thời khi rủi ro xảy ra. Kết quả cho thấy các đồng ủ không có hiện tượng cháy lớp mặt hay rỉ nước đáy và cũng hạ và ổn định nhiệt khi đến ngày thứ 6 sau khi ủ, cho thấy khả năng giữ nhiệt, giữ ẩm tốt của vật liệu ủ.

Giai đoạn từ 15 - 60 ngày sau khi ủ, nhiệt độ của các đồng ủ ở cả hai độ sâu nhìn chung giảm dần, mức giảm tương đối chậm trong phần lớn giai đoạn và giảm rõ rệt khi tiến đến ngày thứ 60.

Dưới góc độ kỹ thuật, như Haug (1993) đã phân tích, các mô hình ủ có đảo trộn thường tối ưu về tốc độ và phân bố nhiệt đều, nhưng lại đòi hỏi thiết bị, nhân lực và quản lý kỹ hơn. Trong nghiên cứu này, mô hình ủ tĩnh có bố trí thông khí bằng ống PVC vẫn hình thành và duy trì được các pha nhiệt đặc trưng của quá trình ủ mà không cần đảo trộn cơ giới. Điều này mở ra triển vọng áp dụng phương pháp ủ không đảo trộn trong điều kiện thực địa, đặc biệt tại các mô hình quy mô nông hộ hạn chế về thiết bị và lao động.

Nhìn chung, diễn biến nhiệt độ ghi nhận trong nghiên cứu cho thấy mô hình ủ tĩnh không đảo trộn, khi được bố trí thông khí phù hợp, vẫn hình thành các pha nhiệt đặc trưng của quá trình ủ.

3.2. Độ ẩm

Độ ẩm của vật liệu trong suốt chu kỳ ủ được theo dõi cảm quan định kỳ 6 ngày/lần, bằng tay nắm và kiểm tra kết cấu theo phương pháp “hand squeeze test” như khuyến cáo của Rynk (2000) và Bùi & cs. (2017). Kết quả kiểm tra cho thấy, ở ngày thứ 6 sau khi ủ, vật liệu có độ kết dính tốt, nước rỉ nhẹ ở kẽ tay khi nắm chặt, cấu trúc còn giữ ẩm rõ (ước lượng cảm quan tương đương 60 - 65%). Giai đoạn 12 - 54 ngày, nắm vật liệu không có nước nhỏ giọt, vật liệu vẫn kết dính và có cảm giác ẩm, độ ẩm được ước lượng cảm quan ở mức khoảng 50 - 60%. Từ ngày 60 đến 72, vật liệu ở các đồng ủ đều trong tình trạng “nứt - rời nhẹ, khô ráo và mát tay”, cho thấy ẩm độ đã giảm đến mức ổn định, là biểu hiện cảm quan đặc trưng của chất ủ đã đạt độ hoai và phù hợp với giai đoạn cuối của quá trình phân hủy.

Diễn biến ẩm độ quan sát được nhìn chung song hành với diễn biến nhiệt độ, độ ẩm được duy trì tốt đã giúp vi sinh vật hoạt động mạnh, đi kèm với giai đoạn nhiệt cao (0 - 15 ngày). Riêng tại ngày thứ 30, có hai đồng ủ có biểu hiện khô cục bộ ở một điểm (Hình 8), có thể là do lưu thông khí cục bộ quá mạnh hoặc tưới không đều, nhưng cũng được khắc phục ngay khi phát hiện, bằng cách tưới đều nước bằng thùng vòi sen quanh vị trí bị khô, tưới vừa lượng nước theo quan sát bằng mắt và ngừng lại để kiểm tra bằng “hand squeeze test”. Kết quả theo dõi cho thấy việc khô cục bộ đã không ảnh hưởng đến tiến trình phân hủy chung. Giai đoạn làm nguội (sau ngày 60), độ ẩm giảm dần song hành với hạ nhiệt, là biểu hiện sinh học đúng quy luật. Xu hướng này nhìn chung tương đồng với kết quả của Shimizu & cs. (2018), trong đó ẩm độ vật liệu giảm dần trong quá trình ủ và duy trì trong khoảng phù hợp ở giai đoạn cuối. Haug (1993) và Rynk (2000) cũng nhấn mạnh vai trò ẩm độ ổn định (50–60%) là yếu tố quan trọng để đảm bảo tiến trình phân giải hiệu quả.

Như vậy, ẩm độ của các đồng ủ được giữ trong ngưỡng thích hợp, hỗn hợp ủ có độ kết dính tốt, nước rỉ nhẹ ở kẽ tay khi nắm chặt, cấu trúc còn giữ ẩm rõ (ước lượng cảm quan tương đương 60 - 65%), sau đó ẩm độ được duy trì ổn định (50 - 60%).



Hình 8. Tình trạng mốc trắng cục bộ của một đồng ủ ở ngày ủ thứ 30

3.3. Màu sắc, mùi và độ toi xốp

Quá trình ủ diễn ra trong 72 ngày, nguyên liệu gồm thân cây bắp và phân bò khô, có bổ sung vi sinh vật (*Trichoderma* spp. và *Bacillus* spp.), được ủ theo phương pháp nóng, không đảo trộn, có gắn ống PVC để thông khí thụ động. Qua các mốc 6, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60 và 72 ngày, kết quả đánh giá cảm quan cho thấy sự thay đổi rõ rệt ở cả ba chỉ tiêu mùi, màu và độ toi xốp. Cụ thể:

- Mùi: Hỗn hợp ủ đã thay đổi mùi qua các giai đoạn ủ, từ chua nhẹ (ngày 6) và hăng nhẹ (ngày 12), chuyển dần sang khai nhẹ (ngày 24), rồi không mùi vào khoảng ngày thứ 60 trở đi, thể hiện sự kết thúc phân hủy kỵ khí và ổn định sinh học. Riêng ở ngày thứ 30 sau khi ủ, các đồng ủ đã giảm mùi rõ rệt, chỉ có 2 vị trí kiểm tra là có mùi mốc nhẹ; đồng thời có biểu hiện khô cục bộ (đã xử lý kịp thời).

- Màu: Biến đổi dần từ vàng xám (ngày 6), vàng nâu (ngày 12), nâu cà phê (từ ngày 18 - 42), nâu đen đồng nhất (ngày 48 - 52) và cuối cùng hỗn hợp ủ có màu nâu đen nhạt (ngày 60 - 72).

- Độ toi xốp: Từ trạng thái còn thân cứng, lá mềm rời rạc ở ngày thứ 6 sau khi ủ, đến giai đoạn 54 ngày sau khi ủ, tất cả 6 đồng ủ đều biểu hiện sụt, tạo độ rỗng trong đồng phân ủ (Hình 9a). Đến ngày thứ 60 sau khi ủ, phân lá của nguyên liệu ủ đã vụn hoàn toàn, thân mục và toi xốp, dễ trộn đều, đặc biệt rõ nét (Hình 9b).

Kết quả cho thấy phương pháp ủ nóng không đảo trộn, có thông khí thụ động bằng ống PVC của nghiên cứu đã đảm bảo quá trình phân hủy hữu cơ diễn ra ổn định trong 72 ngày. Thân cây bắp với đặc tính giàu cellulose (Đỗ, 2014) góp phần tạo độ xốp, thoáng cho nguyên liệu, trong khi phân bò khô bổ sung nguồn nitơ cho nguyên liệu thân bắp giàu carbon, góp phần tạo môi trường thuận lợi cho vi sinh vật hoạt động (Hội Nông dân Việt Nam, 2022). Dù không đạt tốc độ phân hủy nhanh như mô hình sử dụng vi khuẩn đặc hiệu (Xuân & cs., 2021) hay hệ thống kiểm soát thông khí chủ động, nghiên cứu này vẫn tạo ra sản phẩm đạt chất lượng cảm quan tốt, không mùi, màu nâu đen, toi xốp rõ rệt. Kết quả cho thấy mô hình có ưu điểm là cấu trúc kỹ thuật tương đối đơn giản và không yêu cầu đảo trộn cơ giới, chi phí thấp, dễ áp dụng tại hộ nông dân. Do phạm vi nghiên cứu chủ yếu tập trung vào các chỉ tiêu cảm quan, các phân tích thành phần hóa học và hiệu quả sử dụng phân sau ủ sẽ được tiếp tục trong các nghiên cứu tiếp theo.



a) Đống ủ đã sụt, rỗng ở giai đoạn 54 ngày sau khi ủ b) Đống ủ giai đoạn 60 ngày sau khi ủ

Hình 9. Độ tơi xốp của nguyên liệu ủ

Tóm lại, sau 72 ngày ủ, sản phẩm ủ đạt mức hoại mục hoàn chỉnh về đánh giá cảm quan với màu nâu đen nhạt, không mùi, độ tơi xốp cao, phù hợp sử dụng làm phân hữu cơ, thích hợp với điều kiện sản xuất quy mô nhỏ và hướng đến phát triển nông nghiệp tuần hoàn, bền vững.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy kỹ thuật ủ nóng tĩnh, không đảo trộn, kết hợp với hệ thống thông khí thụ động bằng ống PVC và bổ sung chế phẩm sinh học, là phương pháp hiệu quả trong xử lý phụ phẩm nông nghiệp từ thân bắp tươi và phân bò khô tại điều kiện thực tế ở Đồng Tháp. Kết quả theo dõi trong suốt 72 ngày ủ cho thấy:

- Nhiệt độ bên trong đống ủ được duy trì ổn định và đạt chuẩn phân hủy hữu cơ:

Nhiệt độ trung bình ở độ sâu 90 cm đạt đỉnh $72,1 \pm 0,42^{\circ}\text{C}$ vào ngày thứ 3; trong giai đoạn 15 - 60 ngày, nhiệt độ nhìn chung giảm dần và giảm rõ rệt khi tiến đến ngày thứ 60. Điều này chứng minh quá trình phân hủy diễn ra mạnh mẽ, không cần đảo trộn nhưng vẫn đảm bảo điều kiện nhiệt tối ưu. Khi thành phẩm, nhiệt độ bên trong đống ủ đạt gần nhiệt độ môi trường (tiệm cận nhiệt độ môi trường lần lượt là $29,7^{\circ}\text{C}$ và $28,2^{\circ}\text{C}$).

- Độ ẩm được duy trì hiệu quả:

Ẩm độ trong suốt chu kỳ ủ có trạng thái ổn định về cảm quan, nắm vật liệu không có nước nhỏ giọt, vật liệu vẫn kết dính và có cảm giác ẩm, phù hợp với ngưỡng hoạt động của vi sinh vật hiếu khí (50 - 60%). Các biểu hiện khô cục bộ tại 2 đống ủ vào ngày 30 đã được điều chỉnh kịp thời, không ảnh hưởng đến chất lượng phân hoại mục.

- Phân sau ủ đạt chất lượng cảm quan về màu sắc, mùi và độ tơi xốp tốt:

Sản phẩm sau 72 ngày có màu nâu đen nhạt, mùi đất đặc trưng, rất tơi xốp và mát tay, hoàn toàn không còn hình dạng ban đầu của nguyên liệu. Đây là chỉ dấu cho thấy phân đã đạt trạng thái hoại mục hoàn chỉnh về mặt cảm quan theo thang mô tả cảm quan chuyên ngành.

- Mô hình phù hợp quy mô nông hộ:

Với nguyên lý tĩnh, có thông khí bằng ống PVC, mô hình không đòi hỏi thiết bị đảo trộn, ít tốn công lao động, dễ quan sát, chi phí thấp, phù hợp điều kiện sản xuất ở hộ nông dân.

Nghiên cứu khẳng định tính ổn định nhiệt, hiệu quả phân hủy, chất lượng cảm quan đạt yêu cầu của mô hình ủ nóng tĩnh từ thân bắp và phân bò tại Đồng Tháp. Mô hình có thể nhân rộng trong sản xuất nông nghiệp bền vững, góp phần tận dụng phụ phẩm nông nghiệp, giảm phát thải, bảo vệ môi trường và cải tạo đất trồng trong bối cảnh phát triển nông nghiệp tuần hoàn tại Đồng bằng sông Cửu Long.

Lời cảm ơn: Xin chân thành cảm ơn sâu sắc đến anh Đinh Văn Trung (ấp 2, xã Tân Nghĩa, huyện Cao Lãnh, tỉnh Đồng Tháp) đã tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tôi thực hiện thí nghiệm này.

Tài liệu tham khảo

- Bùi, T. C., Trần, B. Đ., Trần, T. T. B., & Lê, T. H. (2017). *Tài liệu sản xuất phân bón hữu cơ*. Dự án Tăng cường cơ cấu sản xuất và marketing sản phẩm nông nghiệp hữu cơ tại miền Bắc Việt Nam. ADDA và Hiệp hội Nông nghiệp hữu cơ.
- Cục Trồng trọt. (2023). *Sổ tay hướng dẫn quản lý rơm rạ theo hướng nông nghiệp tuần hoàn và phát thải thấp ở Đồng bằng sông Cửu Long*. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn.
- Đỗ, T. N. (2014). *Nghiên cứu một số tính chất của thân cây ngô sau khi xử lý và định hướng khả năng sử dụng* (Luận văn thạc sĩ kỹ thuật). Trường Đại học Lâm nghiệp.
- González-González, X., Ferral-Piña, J., Silverio-Gómez, M. C., Salgado-Velázquez, S., Palma-Cancino, D. J., Rodríguez-Cuevas, M., & Sumano-López, D. (2025). Compost production through the aerated static pile method. *Agro Productividad*, 18(2), 93–105. <https://doi.org/10.32854/agrop.v18i2.3247>
- Haug, R. T. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers.
- Hiệp hội Nông nghiệp Hữu cơ Việt Nam. (2017). *Tài liệu đào tạo sản xuất phân bón hữu cơ* (Mã tài liệu: TL 04).
- Hội Nông dân Việt Nam. (2022). *Phân bón hữu cơ – Tài liệu đào tạo giảng viên nguồn (Tập huấn TOT GIC)*. Đồng Tháp: Dự án GIC.
- Hội Nông dân Việt Nam. (2024). *Tập huấn quản lý rơm rạ cho nông dân của Hợp tác xã tham gia Dự án GIC*. Dự án GIC.
- Keng, Z. X., Tan, J. J. M., Phoon, B. L., Khoo, C. C., Khoiroh, I., Chong, S., Supramaniam, C., Singh, A., & Pan, G.-T. (2023). Aerated static pile composting for industrial biowastes: From engineering to microbiology. *Bioengineering*, 10(8), 938. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10080938>
- Phan, T. T. T., & Nguyễn, V. V. (2017). Nghiên cứu quy trình ủ phân Compost từ vỏ lụa hạt điều. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, (6), 132–139.
- Rynk, R. (2000). Monitoring moisture in composting systems. *BioCycle*, 41, 53–57.
- Shimizu, N., Karyadi, J. N. W., Harano, M., Iwabuchi, K., & Kimura, T. (2018). Cattle manure composting in a packed-bed reactor with forced aeration strategy. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 11(2), 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2018.01.002>
- Ủy ban Nhân dân tỉnh Đồng Tháp. (2024, July 13). *Nông dân Đồng Tháp học làm phân hữu cơ theo kinh nghiệm Nhật Bản*. Trang thông tin điện tử Đồng Tháp. https://dongthap.gov.vn/chi-tiet-chuyen-trang-dh-dang/-/asset_publisher/hPvLbtAWEWeb/content/id/19901780
- Xuân, Đ. T., Mỹ, N. T., Tiên, C. T. M., Hôn, N. T. C., Hậu, N. H., Thi, N. P. A., Diêu, B. T. M., & Anh, V. D. L. (2021). Đánh giá hiệu quả xử lý rác thải hữu cơ của vi khuẩn tồn trữ trong các chất mang. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 57 (Chuyên đề Môi trường Biến đổi khí hậu), 42–50. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2021.028>
- Zhang, B., Fan, F., Guo, C., Yu, M., Zhao, M., Song, Y., & Li, Y. (2021). Evaluation of maturity and odor emissions in the process of combined composting of kitchen waste and garden waste. *Applied Sciences*, 11(12), 5500. <https://doi.org/10.3390/app11125500>