

ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ PHẨM SINH HỌC ĐẾN CHẤT LƯỢNG PHÂN BÓN HỮU CƠ TỪ PHỤ PHẨM TINH DẦU TRÀM

Lã Thị Thu Hằng*, Nguyễn Hà Giang, Hồ Minh Vũ, Nguyễn Thị Kim Oanh,
Đào Thanh Lan, Trần Thị Triều Hà, Nguyễn Tiến Long

Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế

*Tác giả liên hệ: lathithuhang@huaf.edu.vn

Nhận bài: 15/08/2025 Hoàn thành phản biện: 05/01/2026 Chấp nhận bài: 09/02/2026

TÓM TẮT

Tràm gió (*Melaleuca cajuputi* Powell) là loài cây bản địa phân bố từ miền Trung đến đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam. Tại thành phố Huế, tràm gió được trồng chủ yếu để sản xuất tinh dầu có giá trị kinh tế, ứng dụng trong dược phẩm và mỹ phẩm. Quá trình chiết xuất tinh dầu tạo ra nhiều phụ phẩm (thân, cành, lá) thường chưa được tận dụng, tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm môi trường. Nghiên cứu đánh giá hiệu quả của ba chế phẩm sinh học HUAF-EM, EMINA và EMUNIV trong phân hủy phụ phẩm tràm gió làm phân hữu cơ. Thí nghiệm gồm bốn công thức, lặp lại ba lần, bố trí theo khối hoàn toàn ngẫu nhiên (RCBD). Các chỉ tiêu nhiệt độ, pH, độ ẩm và thành phần dinh dưỡng được theo dõi ở ngày 7, 15, 30, 45 và 60 sau ủ. Kết quả cho thấy, các chế phẩm sinh học đều cải thiện đáng kể hiệu quả xử lý phụ phẩm so với đối chứng. HUAF-EM cho kết quả tốt nhất, sản phẩm phân hữu cơ sau 60 ngày ủ có độ ẩm 41,00%, pH 7,47, chất hữu cơ 39,01%, N 1,37%, P₂O₅ 0,46% và K₂O 0,51%. Phân hữu cơ có ảnh hưởng đến năng suất rau mồng tơi (*Basella alba* L.) đạt 36,40 tấn/ha tại liều lượng bón 10 tấn phân hữu cơ từ phụ phẩm sau chế biến tinh dầu tràm và phân N-P₂O₅-K₂O. Nghiên cứu khẳng định tiềm năng của chế phẩm HUAF-EM trong xử lý phụ phẩm tinh dầu tràm thành phân hữu cơ giàu dinh dưỡng, góp phần bổ sung nguồn phân hữu cơ cho sản xuất rau, giảm ô nhiễm môi trường và thúc đẩy sản xuất nông nghiệp tuần hoàn.

Từ khóa: Chế phẩm sinh học, HUAF-EM, Phân hữu cơ, Phụ phẩm tinh dầu tràm

EFFECTS OF EFFECTIVE MICROORGANISMS ON ORGANIC FERTILIZER QUALITY FROM MELALEUCA CAJUPUTI POWELL OIL BY-PRODUCTS

La Thi Thu Hang*, Nguyen Ha Giang, Ho Minh Vu, Nguyen Thi Kim Oanh,
Dao Thanh Lan, Tran Thi Trieu Ha, Nguyen Tien Long

University of Agriculture and Forestry, Hue University

*Corresponding author: lathithuhang@huaf.edu.vn

Received: 15/08/2025

Revised: 05/01/2026

Accepted: 09/02/2026

ABSTRACT

Melaleuca cajuputi Powell is a native tree widely distributed from Central Vietnam to the Mekong Delta. In Hue city, it is mainly cultivated for essential oil, valued in the pharmaceutical and cosmetic industries. However, oil extraction produces large amounts of stems, branches, and leaves that are often underutilized, potentially causing environmental pollution. This study evaluated the effectiveness of three effective microorganisms (EMs), including HUAF-EM, EMINA, and EMUNIV in accelerating the decomposition of cajuput by-products into organic fertilizer. The experiment applied four treatments (including a control), each replicated three times in a randomized complete block design (RCBD). Composting parameters such as temperature, pH, moisture, and nutrient composition were measured on days 7, 15, 30, 45 and 60. All EM treatments significantly improved composting compared to the control. HUAF-EM showed the highest efficiency in promoting organic matter and nutrient enrichment. After 60 days, compost treated with HUAF-EM had a moisture content of 41.00%, pH 7.47, organic matter 39.01%, total nitrogen 1.37%, total phosphorus 0.46%, and total potassium 0.51%.

Application of the organic fertilizer product from *Melaleuca cajuputi* Powell by-products significantly increased the yield of Malabar spinach (*Basella alba* L.), reaching 36.40 tons/ha at an application rate of 10 tons/ha combined with N-P₂O₅-K₂O fertilizers. This study confirmed the potential of HUAJ-EM in converting cajuput essential oil by-products into nutrient-rich organic fertilizer, contributing to waste reduction, environmental protection, and the promotion of circular agriculture.

Keywords: Cajuput essential oil by-products, Effective microorganisms (EM), HUAJ-EM, Organic fertilizer

1. MỞ ĐẦU

Tối ưu hóa nguồn tài nguyên và bảo vệ môi trường là yêu cầu cấp thiết trong phát triển nông nghiệp bền vững. Tại thành phố Huế, sản xuất tinh dầu trầm là nghề truyền thống có giá trị kinh tế cao, nhưng quá trình chưng cất tạo ra lượng lớn phụ phẩm từ thân, cành, lá cây trầm. Nếu không được sử dụng hợp lý, phụ phẩm này vừa gây lãng phí tài nguyên vừa tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm môi trường.

Tại Việt Nam, năm 2022 lượng phụ phẩm nông nghiệp khoảng 159 triệu tấn, nhưng chỉ 10 - 12% được chế biến thành phân bón hữu cơ (Nguyễn Thanh Lâm và Cao Trường Sơn, 2024). Riêng ngành sản xuất tinh dầu trầm tại thành phố Huế tạo ra hàng nghìn tấn phụ phẩm/năm, phần lớn bị bỏ đi hoặc đốt bỏ.

Trong xu hướng phát triển nông nghiệp hữu cơ, nông nghiệp công nghệ cao, tận dụng phụ phẩm nông nghiệp để sản xuất phân bón hữu cơ là giải pháp tiềm năng, vừa nâng cao độ phì đất, cải thiện sức khỏe cây trồng, vừa hạn chế tình trạng chai cứng đất do lạm dụng phân bón hóa học. Tuy nhiên, nguồn cung phân bón hữu cơ chất lượng cao còn hạn chế, việc ứng dụng công nghệ vi sinh vào sản xuất vẫn chưa phổ biến.

Chế phẩm vi sinh có vai trò thúc đẩy phân hủy phụ phẩm, chuyển hóa thành dinh

dưỡng dễ hấp thu cho cây trồng, đồng thời nâng cao chất lượng phân bón. Các nghiên cứu cho thấy, sử dụng *Bacillus subtilis*, *Trichoderma spp.*, *Lactobacillus spp.* có thể rút ngắn thời gian ủ từ 90-120 ngày xuống còn 45-60 ngày, đồng thời tăng hàm lượng dinh dưỡng và khả năng ức chế mầm bệnh (Zhang và cs., 2020).

Từ những lý do trên, nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của chế phẩm sinh học đến chất lượng phân bón hữu cơ từ phụ phẩm sản xuất tinh dầu trầm. Kết quả sẽ cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho xử lý, tái sử dụng phụ phẩm nông nghiệp, góp phần phát triển nông nghiệp sạch, bền vững và thân thiện môi trường tại thành phố Huế.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

- Phụ phẩm trong sản xuất dầu trầm gồm cành, lá, hoa của cây trầm gió đã được tách chiết tinh dầu bằng hơi nước, xay nhỏ < 3 cm. Thành phần và tính chất của nguyên liệu như sau: độ ẩm 38,57%; pH 5,70; OM 78,24%, N 0,82%; P₂O₅ 0,08%; K₂O 0,19%.

- Chế phẩm sinh học: nghiên cứu sử dụng 3 chế phẩm sinh học HUAJ-EM, EMINA và EMUNIV, cụ thể ở Bảng 1.

Bảng 1. Chế phẩm sinh học sử dụng trong thí nghiệm

Ký hiệu	Chế phẩm	Thành phần
E1	HUAF-EM	<i>Lactobacillus</i> spp. 10^8 CFU/g; <i>Trichoderma</i> spp. 10^8 CFU/g; <i>Bacillus subtilis</i> 10^8 CFU/g; <i>Saccharomyces</i> spp. 10^7 CFU/g; <i>Azotobacter</i> spp. 10^7 CFU/g. Sản xuất tại trường Đại học Nông Lâm Huế.
E2	EMINA	<i>Bacillus subtilis</i> $5,2 \times 10^8$ CFU/ml; <i>Lactobacillus</i> spp. $4,5 \times 10^8$ CFU/ml; <i>Saccharomyces</i> spp. $2,7 \times 10^6$ CFU/ml; Vi khuẩn quang hợp tía <i>Rhodobacter</i> sp. $2,4 \times 10^6$ CFU/ml. Sản xuất tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam
E3	EMUNIV	<i>Bacillus subtilis</i> 10^8 CFU/g; <i>Bacillus licheniformis</i> 10^7 CFU/g; <i>Bacillus megaterium</i> 10^7 CFU/g; <i>Lactobacillus acidophilus</i> 10^8 CFU/g; <i>Lactobacillus plantarum</i> 10^8 CFU/g; <i>Streptomyces</i> sp. 10^7 CFU/g; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> 10^7 CFU/g. Sản xuất tại Công ty cổ phần vi sinh ứng dụng, phường Đồng Đa, Hà Nội, Việt Nam

- Phân chuồng (phân lợn): độ ẩm 95,00%; pH 8,60; OM 63,01%, N 2,47%; P_2O_5 1,78%; K_2O 0,63%.

- Rỉ mật đường: là loại chất lỏng có độ đặc sánh cao, có màu đen, là sản phẩm phụ sau cùng của quá trình sản xuất đường. Thành phần chính có trong rỉ mật đường là Saccharose, bao gồm Glucose và Fructose.

- Hạt giống rau mồng toi được cung cấp bởi công ty Trang Nông.

2.2. Phạm vi nghiên cứu

- Thời gian thực hiện: từ tháng 01 đến tháng 12 năm 2024.

- Địa điểm nghiên cứu: Khoa Nông học, trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế.

2.3. Nội dung nghiên cứu

Thí nghiệm 1: Đánh giá ảnh hưởng của một số chế phẩm sinh học đến chất lượng phân bón hữu cơ từ phụ phẩm sau sản xuất tinh dầu trầm.

Công thức I: Phụ phẩm sau sản xuất tinh dầu trầm + phân lợn, tỷ lệ phối trộn theo thể tích 7:3 (không bổ sung chế phẩm sinh học) (E0) (Đối chứng)

Công thức II: Phụ phẩm sau sản xuất tinh dầu trầm + phân lợn, tỷ lệ phối trộn theo thể tích 7:3 + Chế phẩm sinh học HUAF-EM (E1)

Công thức III: Phụ phẩm sau sản xuất tinh dầu trầm + phân lợn, tỷ lệ phối trộn theo thể tích 7:3 + Chế phẩm sinh học EMINA (E2)

Công thức IV: Phụ phẩm sau sản xuất tinh dầu trầm + phân lợn, tỷ lệ phối trộn theo thể tích 7:3 + Chế phẩm sinh học EMUNIV (E3)

Thí nghiệm 2: Đánh giá ảnh hưởng của liều lượng phân bón hữu cơ từ thí nghiệm 1 đến sinh trưởng và năng suất rau mồng toi.

Thí nghiệm gồm 5 công thức tương ứng với 4 liều lượng phân hữu cơ khác nhau (lựa chọn từ công thức II của thí nghiệm 1) và áp dụng quy trình kỹ thuật trồng cây rau mồng toi phổ biến hiện nay tại địa phương theo Ngô Thị Hạnh và cs. (2021); Phạm Văn Cường và cs. (2021).

Công thức I (Đối chứng 1) - Nền: 90 kg N + 48 kg P_2O_5 + 30 kg K_2O + 0,5 tấn vôi bột/ha

Công thức II (Đối chứng 2): Nền + 8 tấn phân chuồng hoai mục/ha

Công thức III: Nền + 6 tấn phân hữu cơ từ phụ phẩm sau sản xuất tinh dầu trầm/ha

Công thức IV: Nền + 8 tấn phân hữu cơ từ phụ phẩm sau sản xuất tinh dầu trà/ha

Công thức V: Nền + 10 tấn phân hữu cơ từ phụ phẩm sau sản xuất tinh dầu trà/ha

Bón lót toàn bộ vôi, lân và phân hữu cơ trước khi trồng 1 tháng. Bón thúc cho cả 5 công thức trên bằng phân hữu cơ lỏng từ cá nước ngọt được cung cấp từ Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế (3.81% N; 0,96% P_2O_5 ; 0,74% K_2O ; 5,87 pH; 1,87 dS/m EC; 34,62% OM; 1,75% Ca; 0,18% Mg). Bón 10 ngày một lần, lượng phân bón tưới gốc là 1,5%.

2.4. Phương pháp nghiên cứu

2.4.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm ủ phân hữu cơ

Thí nghiệm được bố trí theo kiểu khối hoàn toàn ngẫu nhiên (RCBD), thể tích mỗi đồng ủ là $1m^3$ (cao 1m; rộng 1m và dài 1m cho mỗi công thức). Trong đó mỗi lần lặp lại được ngăn cách bằng tấm bạt. Với phương pháp ủ trên có thể giúp tạo đồng ủ lớn tránh mất nhiệt trong quá trình ủ.

Cách ủ phân hữu cơ: Khu bố trí thí nghiệm rộng $24m^2$, nền bằng phẳng trải bạt phía dưới, cách xa khu dân cư. Phụ phẩm sau sản xuất tinh dầu trà được trộn đều tạo thành đồng và tưới đều chế phẩm sinh học và ri mật đường với liều lượng 1 lít chế phẩm sinh học và 1 lít ri mật đường cho $1m^3$ nguyên liệu. Sau khi tạo đồng ủ xong, phủ bạt phía trên để tránh mưa, giữ ẩm và nhiệt độ. Định kỳ 10 ngày đảo trộn nhằm đồng nhất nguyên liệu, cung cấp oxy cho các vi sinh vật hoạt động, giảm nhiệt độ của đồng ủ, tăng hiệu quả phân hủy chất hữu cơ.

2.4.2. Phương pháp bố trí thí nghiệm liều lượng phân hữu cơ trên cây rau mồng tơi

Phân hữu cơ từ phụ phẩm tinh dầu trà sau quá trình ủ được sử dụng để trồng cây rau mồng tơi, đánh giá khả năng sinh

trưởng và năng suất rau.

Thí nghiệm được bố trí theo kiểu khối hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 lần lặp lại, mỗi lần 15 cây, mỗi công thức trồng 45 cây, theo dõi 30 cây/1 công thức. Diện tích mỗi công thức thí nghiệm $3m^2$, diện tích toàn ô thí nghiệm $50m^2$. Thí nghiệm được thực hiện từ tháng 8 đến tháng 9 năm 2024, tại vườn thực nghiệm của Khoa Nông học, trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế.

Trồng và chăm sóc rau mồng tơi: Cây được trồng khoảng cách (20 cm x 20 cm), tưới nước 1 lần/ngày cho đến ngày thu hoạch (trừ ngày mưa); không sử dụng thuốc trừ sâu (bắt sâu khi phát hiện).

Thời gian sau trồng 30 ngày: chiều cao cây, số lá/cây, năng suất (tấn/ha), được theo dõi và lấy số liệu khi thu hoạch.

2.4.3. Phương pháp thu mẫu và phân tích một số chỉ tiêu phân bón

* Phương pháp thu mẫu:

Mẫu phân được lấy theo phương pháp lấy mẫu và chuẩn bị mẫu đối với phân bón (10TCN 301-2005 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn). Tiến hành lấy 10 mẫu nhỏ (khoảng 200 g/mẫu) tại các vị trí khác nhau của đồng ủ cho đến khi được khoảng 2kg, trộn lại thành 1 mẫu hỗn hợp. Mẫu phân tích được lấy từ mẫu hỗn hợp theo phương pháp đường chéo cho đến khi đủ khối lượng 1kg. Mẫu nguyên liệu đầu vào và mẫu trong quá trình ủ được lấy theo từng công thức thí nghiệm, chứa trong túi đựng mẫu riêng biệt, ghi mã số và chuyển về phòng thí nghiệm. Mẫu được lấy định kỳ 7, 15, 30, 45, 60 ngày sau ủ.

* Chỉ tiêu theo dõi và phân tích

Nhiệt độ của đồng phân ủ: Sử dụng nhiệt kế có mức đo nhiệt độ từ $0^{\circ}C$ đến $100^{\circ}C$, cắm sâu 30 cm đến 50 cm vào trong đồng phân ủ, sau 15 phút, đọc nhiệt độ đồng ủ. Tại 1 vị trí đo nhắc lại 3 lần, xác định 5 vị trí theo phương pháp đường chéo, theo

đổi sự thay đổi về nhiệt độ đồng ủ từ 9 - 11h.

Các chỉ tiêu lý, hóa tính được phân

tích tại phòng thí nghiệm Nông hóa, khoa Nông học, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế.

Bảng 2. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu lý, hóa học của phân hữu cơ

Chỉ tiêu	Đơn vị	Phương pháp xác định	Tiêu chuẩn
Độ ẩm	%	Sấy ở 105°C đến khối lượng không đổi	TCVN 9297:2012
Nhiệt độ	°C	Nhiệt kế 100°C	TCVN 7185-2002
pH		Máy đo pH, tỉ lệ pha loãng 1:2,5	TCVN 4401 - 87
Chất hữu cơ	%OM	Phương pháp Walkley Black	TCVN 9486:2013
N tổng số	%N	Phương pháp Kjeldahl	TCVN 8557:2010
P ₂ O ₅ tổng số	% P ₂ O ₅	Phương pháp so màu	TCVN 8940 - 2011
K ₂ O tổng số	% K ₂ O	Phương pháp quang kế ngọn lửa	TCVN 8660:2011

2.4.4. Các chỉ tiêu sinh trưởng và năng suất của cây rau mồng tơi

- Số lá (lá): Đếm số lá trên cây tại thời điểm thu hoạch.

- Chiều cao cây (cm): Dùng thước đo từ mặt đất lên tới ngọn cây cao nhất.

- Năng suất (tấn/ha): Thu các cây tại các ô thí nghiệm, quy ra năng suất tấn/ha.

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu được tính trung bình bằng phần mềm Excel 2019, phân tích ANOVA 1 nhân tố và LSD_{0,05} bằng phần mềm Statistix 10.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của chế phẩm sinh học đến nhiệt độ của đồng phân ủ

Nhiệt độ là một trong những yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến hoạt động sống cũng

như khả năng tăng sinh khối của vi sinh vật phân giải các chất hữu cơ có trong đồng ủ và trong chế phẩm sinh học bổ sung. Nếu nhiệt độ thích hợp sẽ thúc đẩy quá trình hoạt động của các nhóm vi sinh vật có ích trong chế phẩm sinh học (Nguyễn Thành Phương và cs., 2011). Khi vi sinh vật phân hủy các chất hữu cơ hoạt động tốt, chúng tạo ra các enzyme phân hủy các chất hữu cơ, các phản ứng sinh hóa xảy ra, giải phóng năng lượng tỏa nhiệt, làm cho nhiệt độ đồng ủ tăng cao, đồng ủ phân hủy nhanh hơn, rút ngắn thời gian ủ (Trần Thị Lệ và Võ Văn Quang, 2006).

Theo dõi nhiệt độ ở các mốc thời gian khác nhau của các công thức thí nghiệm, thu được kết quả trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của các chế phẩm sinh học đến nhiệt độ °C đồng phân ủ

Công thức	Ngày sau ủ				
	7	15	30	45	60
I/E0 (Đối chứng)	37,43 ^c	41,33 ^c	40,00 ^a	39,00 ^a	37,00 ^a
II/E1	61,00 ^a	57,67 ^{ab}	39,17 ^a	38,00 ^a	36,87 ^a
III/E2	55,10 ^b	59,00 ^a	41,33 ^a	39,20 ^a	37,00 ^a
IV/E3	52,33 ^b	54,00 ^b	39,00 ^a	38,67 ^a	37,50 ^a
LSD _{0,05}	3,01	4,60	3,02	2,83	0,95

Chữ cái nhỏ ^{a, b, c} chỉ ra các công thức có cùng ký tự trong một cột không có sai khác ý nghĩa tại mức $\alpha = 0,05$

Bảng 3 cho thấy, nhiệt độ trong đồng ủ ở hầu hết các công thức có xu hướng tăng nhanh từ 7 ngày đến 15 ngày sau ủ, sau đó

nhiệt độ giảm dần và ổn định sau 60 ngày ủ. Sự thay đổi nhiệt độ là do hoạt động trao đổi chất của các nhóm vi sinh vật. Quá trình xử

lý các loại phụ phẩm trong sản xuất nông nghiệp làm phân bón hữu cơ thường được chia làm 4 thời kỳ phụ thuộc vào nhiệt độ: ấm, nóng, nguội và thời kỳ ổn định. Ứng với mỗi thời kỳ có các nhóm vi sinh vật khác nhau hoạt động. Trong những ngày đầu, vi sinh vật hoạt động mạnh mẽ, chúng luân phiên nhau sử dụng chất hữu cơ để đồng hóa, phát triển rất nhanh và tạo ra nhiệt. Kết hợp với kỹ thuật ủ, nhiệt độ đồng phân tăng, giúp cho quá trình phân giải các hợp chất hữu cơ diễn ra mạnh mẽ và nhanh hơn (Dương Đức Hiếu và cs., 2012). Ở các công thức có bổ sung chế phẩm sinh học nhiệt độ đồng phân ủ tăng lên rõ rệt. Cụ thể, các công thức II/E1, III/E2, và IV/E3 đều có sự tăng nhiệt độ nhanh hơn so với công thức đối chứng trong giai đoạn đầu 7 ngày sau ủ ($37,43^{\circ}\text{C} - 61,00^{\circ}\text{C}$). Đối với công thức I/E0 (Đ/C), không dùng chế phẩm sinh học để ủ thì nhiệt độ đồng ủ tăng chậm và thấp, sau 7 ngày ủ đạt $37,43^{\circ}\text{C}$ và đạt đỉnh tại $41,33^{\circ}\text{C}$ sau 15 ngày ủ trước khi giảm xuống $37,0^{\circ}\text{C}$ vào 60 ngày sau ủ. Ở công thức II/E1 nhiệt độ đồng ủ tăng rất nhanh và đạt đỉnh $61,0^{\circ}\text{C}$ sau 7 ngày ủ. Kết quả này cho thấy, các chủng vi sinh vật trong chế phẩm sinh học HUAJ-EM (*Lactobacillus* spp; *Trichoderma* spp; *Bacillus subtilis*; *Saccharomyces* spp; *Azotobacter* spp) có

ảnh hưởng tích cực đến khả năng tăng nhiệt độ trong đồng phân ủ. Đây là một trong các yếu tố giúp thúc đẩy quá trình phân hủy nhanh chất hữu cơ và rút ngắn thời gian ủ phân. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Nguyễn Xuân Hoàng và cs. (2023), đã sử dụng chế phẩm *Trichoderma* để sản xuất phân hữu cơ từ rác thải sinh hoạt. Nhiệt độ từ $50 - 62^{\circ}\text{C}$ được duy trì trong hơn 3 tuần đầu ở công thức có sử dụng chế phẩm *Trichoderma*.

3.2. Ảnh hưởng của chế phẩm sinh học đến độ ẩm của đồng phân ủ

Độ ẩm là một trong các yếu tố ảnh hưởng lớn đến hoạt động của hệ vi sinh vật trong đồng phân ủ và liên quan mật thiết với mức độ phân giải chất hữu cơ. Nếu độ ẩm quá cao, nguyên liệu trong đồng ủ bị dìm, giảm mật độ không khí trong đồng ủ (Zittel và cs., 2018). Ngược lại, nếu độ ẩm quá thấp, ngăn cản sự phân chia tế bào vi sinh vật, giảm mật độ vi sinh vật và khả năng phân hủy các chất hữu cơ trong đồng ủ (Azim và cs., 2018). Độ ẩm tối ưu cho hoạt động của vi sinh vật là $50 - 60\%$ (Kliopova và Stanevičiūtė, 2013). Theo dõi sự thay đổi độ ẩm của đồng ủ thu được kết quả trình bày ở Bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của các chế phẩm sinh học đến độ ẩm % đồng phân ủ

Công thức	Ngày sau ủ				
	7	15	30	45	60
I/E0 (Đối chứng)	62,00 ^a	60,93 ^a	59,20 ^a	55,00 ^a	51,10 ^a
II/E1	58,00 ^b	55,17 ^c	52,10 ^b	48,43 ^b	41,00 ^b
III/E2	60,20 ^{ab}	58,00 ^b	53,93 ^b	50,07 ^{ab}	42,07 ^b
IV/E3	61,00 ^a	57,13 ^{bc}	55,00 ^{ab}	51,00 ^{ab}	40,23 ^b
LSD _{0,05}	2,95	2,77	4,64	5,08	3,68

Chữ cái nhỏ ^{a, b, c} chỉ ra các công thức có cùng ký tự trong một cột không có sai khác ý nghĩa tại mức $\alpha = 0,05$

Bảng 4 cho thấy: Trước thí nghiệm độ ẩm của nguyên liệu được xác định trong khoảng từ 60 - 62%, đây là ngưỡng độ ẩm phù hợp cho hầu hết các chủng vi sinh phát triển. Trong 1 tuần đầu sau ủ, độ ẩm của đồng ủ ở cả bốn công thức hầu như không có sự thay đổi (58 - 62%). Đến ngày thứ 15 sau ủ, độ ẩm ở các công thức có bổ sung chế phẩm sinh học thì đều giảm rõ rệt, trong đó có công thức II/E1 giảm nhiều nhất 55,17%, công thức III/E2 và IV/E3 giảm xuống lần lượt là 58,00% và 57,13%. Ở giai đoạn này, hoạt động của hệ vi sinh vật diễn ra mạnh mẽ, nhiệt độ của đồng ủ tăng lên khá cao 52,33°C - 61,00°C (Bảng 3), một phần do nước bay hơi trong quá trình ủ và nước rỉ không phát sinh. Đó là những nguyên nhân làm giảm độ ẩm của đồng ủ theo thời gian và đến ngày 60 sau ủ độ ẩm của các công thức chỉ còn từ 40,23% đến 51,10%. Như

vậy, các chế phẩm sinh học khác nhau có ảnh hưởng rõ rệt đến độ ẩm của đồng phân ủ. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Hoàng Thị Thái Hòa và cs. (2020), sản xuất phân hữu cơ từ vỏ lạc, rơm rạ, than bùn, chất cặn và dung dịch từ phân lợn sau ủ biogas, sử dụng chế phẩm sinh học *Trichoderma* và sau ủ 70 ngày độ ẩm giảm từ 76,72% - 36,98%. Đồng thời giá trị này thuận tiện khi sử dụng phân compost thành phẩm và đáp ứng tiêu chuẩn về độ ẩm của phân bón hữu cơ theo Quy chuẩn Kỹ thuật quốc gia về chất lượng phân bón.

3.3. Ảnh hưởng của chế phẩm sinh học đến thể tích của đồng phân ủ

Sự sụt giảm thể tích của đồng ủ là một chỉ tiêu đánh giá khả năng phân hủy của nguyên liệu ủ. Các giá trị thể tích của đồng ủ được theo dõi và thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 5. Ảnh hưởng của các chế phẩm sinh học đến thể tích m³ đồng phân ủ

Công thức	Ngày sau ủ					
	0	7	15	30	45	60
I/E0 (Đối chứng)	1,00	1,00 ^a	0,95 ^a	0,90 ^a	0,88 ^a	0,78 ^a
II /E1	1,00	0,90 ^c	0,85 ^b	0,72 ^b	0,64 ^b	0,58 ^c
III/E2	1,00	0,93 ^{bc}	0,89 ^b	0,74 ^b	0,70 ^b	0,61 ^{bc}
IV/E3	1,00	0,95 ^b	0,86 ^b	0,67 ^c	0,65 ^b	0,63 ^b
LSD _{0,05}	-	0,05	0,05	0,05	0,07	0,04

Chữ cái nhỏ ^{a, b, c} chỉ ra các công thức có cùng ký tự trong một cột không có sai khác ý nghĩa tại mức $\alpha = 0,05$

Bảng 5 cho thấy: Trong quá trình ủ, thể tích đồng phân ủ của các công thức thí nghiệm có sự sai khác rõ rệt. Ở công thức I/E0 (ĐC) không bổ sung chế phẩm sinh học, thể tích đồng ủ không có sự thay đổi nhiều trong cả quá trình ủ: Khi bắt đầu ủ thể tích đồng ủ 1m³ và giảm xuống 0,78 m³ sau 60 ngày ủ. Các công thức có bổ sung chế phẩm sinh học ban đầu là 1 m³ giảm lần lượt ở ngày 30 là 0,67 m³ - 0,72 m³ và đến ngày 60 giảm còn 0,58 m³ - 0,63 m³. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Bùi Thị Nga và cs. (2014), ủ phân compost từ rơm rạ, bùn và phân gà tỷ lệ sụt giảm thể tích 59 - 66%. Quan sát đặc điểm hình thái đồng ủ của các

công thức có bổ sung chế phẩm sinh học (CT II/E1, III/E2 và IV/E3) từ ngày 30 sau ủ, nguyên liệu ủ đã chuyển sang màu nâu đen của mùn, không còn mùi hôi của phân heo. Nổi bật hơn cả là ở công thức II/E1, quá trình phân hủy chất hữu cơ diễn ra rất mạnh mẽ (nguyên liệu ủ rất mềm, hoai mục, có xuất hiện trùn nhỏ). Kết quả này cho thấy các chủng vi sinh vật trong chế phẩm sinh học HUAF-EM: *Lactobacillus* spp; *Trichoderma* spp; *Bacillus subtilis*; *Saccharomyces* spp; *Azotobacter* spp, vừa có hoạt tính sinh học cao, chuyển hóa tốt chất hữu cơ, vừa không đối kháng nhau và an toàn với cây trồng, thúc đẩy khả năng

phân hủy các chất hữu cơ, rút ngắn thời gian ủ phân và tạo sản phẩm phân compost có chất lượng tốt.

3.4. Ảnh hưởng của chế phẩm sinh học đến tính chất hóa học của đồng phân ủ

Phân hữu cơ sau ủ 60 ngày, được phân tích thành phần dinh dưỡng trình bày tại Bảng 6.

Bảng 6. Ảnh hưởng của các chế phẩm sinh học đến tính chất hóa học của đồng phân ủ sau 60 ngày

Công thức	pH	OM (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
I/E0 (Đôi chứng)	6,28	25,26	1,10	0,21	0,24
II /E1	7,47	39,01	1,37	0,46	0,51
III/E2	6,92	26,82	1,21	0,25	0,37
IV/E3	7,24	32,49	1,28	0,27	0,29
QCVN 01-189:2019	≥ 5	≥ 20,0	-	-	-

QCVN 01-189:2019/BNNT. Quy chuẩn Kỹ thuật quốc gia về chất lượng phân bón

Bảng 6 cho thấy, phân hữu cơ được ủ từ hỗn hợp phụ phẩm sau sản xuất tinh dầu trầm với phân lợn tươi (tỷ lệ 7:3) có bổ sung chế phẩm sinh học cho chất lượng phân thành phẩm cao hơn so với đôi chứng (không bổ sung chế phẩm sinh học). Cụ thể, pH (6,92 - 7,47); OM (26,82 - 39,01%), N-P₂O₅-K₂O tổng số lần lượt là: (1,21 - 1,37%); (0,25 - 0,46%); (0,29 - 0,51%). Theo Nguyễn Lâm Dũng (2008), các vi sinh vật cần nguồn carbon, các chất dinh dưỡng đa lượng như N, P, K và một số nguyên tố vi lượng cho sự phát triển của chúng. Carbon và N là hai dưỡng chất thiết yếu cho vi sinh vật, vì chúng là yếu tố tạo nên cấu trúc tế bào và là nguồn năng lượng. Các vi sinh vật dị dưỡng sử dụng cacbon như một nguồn năng lượng để tổng hợp các thành phần tế bào; N là thành phần của protein, axit nucleic, amino axit, enzyme and các coenzyme cần thiết cho sự tăng trưởng và chức năng của tế bào. Nếu nitơ là một yếu tố hạn chế trong quá trình ủ phân thì quá trình phân hủy sẽ diễn ra chậm. Ngược lại, nếu có quá nhiều nitơ, nó thường bị mất khỏi hệ thống dưới dạng khí amoniac hoặc các hợp chất N khác (Epstein, 2011).

Hàm lượng chất hữu cơ (OM) của phụ phẩm sản xuất tinh dầu trầm ban đầu đạt giá trị 78,24%, phản ánh bản chất của nguyên liệu thực vật giàu cellulose; hemicellulose; lignin chưa qua phân hủy

sinh học. Trong quá trình ủ hiếu khí (sau ủ 60 ngày), các hợp chất hữu cơ bị vi sinh vật sử dụng làm nguồn carbon và năng lượng, dẫn đến quá trình khoáng hóa mạnh và giải phóng carbon dưới dạng CO₂ và nhiệt. Đồng thời, một phần chất hữu cơ được chuyển hóa thành các hợp chất mùn bền vững hơn như axit humic, fulvic và chất khoáng dễ tiêu (N từ 0,82% (nguyên liệu bắt đầu sử dụng) tăng lên 1,10 - 1,37% (sau ủ 60 ngày, tùy theo từng công thức). Vì vậy, hàm lượng OM giảm đáng kể sau quá trình ủ 60 ngày, dao động từ 25,26 đến 39,01%, tùy theo từng công thức. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Dương Đức Hiếu và cs. (2012), sản xuất phân hữu cơ sinh học từ phế phẩm mặt cưa sau thu hoạch nấm và chất thải chăn nuôi, tỷ lệ phối trộn mặt cưa : phân heo (1 : 1), bổ sung chế phẩm *Trichoderma* và *Azotobacter*, sau ủ 30 ngày hàm lượng OM 85% giảm xuống 58,48%; Nguyễn Hoàng Linh và cs. (2024), khi đánh giá hiệu quả phân hủy vỏ cây keo của một số chế phẩm sinh học trong điều kiện tự nhiên, hàm lượng OM sau ủ 30 ngày thấp hơn so với trước ủ là 5,74 - 13,10%. Sự suy giảm này không phản ánh sự giảm chất lượng của phân hữu cơ, mà ngược lại cho thấy quá trình gia nhiệt trong chưng cất tinh dầu trầm (6-8 giờ) đã làm phá vỡ các cấu trúc mô tế bào thực vật (cành, lá, hoa bị mềm, mục), nên khi ủ phân hiếu khí có bổ

sung phân heo tươi và chế phẩm vi sinh thì mức độ phân hủy sinh học và mùn hóa cao, góp phần nâng cao tính ổn định của phân ủ, cải thiện khả năng trao đổi cation và hạn chế các hiện tượng bất lợi như yếm khí hoặc thất thoát dinh dưỡng, đặc biệt là đạm. Các giá trị OM% thu được sau 60 ngày ủ đều đáp ứng yêu cầu của Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng phân bón hữu cơ (QCVN 01-189:2019/BNNT), sản phẩm phân hữu cơ đã đạt trạng thái ổn định (hoai mục) và phù hợp để sử dụng trong sản xuất nông nghiệp. Tuy nhiên, chất lượng của phân compost phụ thuộc rất nhiều vào nguyên liệu đầu vào và chế phẩm vi sinh vật sử dụng để phân hủy các chất hữu cơ thô thành các hợp chất dễ tiêu (các axit amin, các nguyên tố vi lượng,...) mà cây trồng có thể sử dụng được. Theo dõi quá trình phân hủy các hợp chất hữu cơ của các công thức thí nghiệm và chất lượng phân sau 60 ngày ủ (Bảng 6), cho thấy ở công thức II/E1 có chất

lượng phân tốt nhất. Các chủng vi sinh vật trong chế phẩm sinh học HUAF-EM: *Lactobacillus* spp; *Trichoderma* spp; *Bacillus subtilis*; *Saccharomyces* spp; *Azotobacter* spp được bổ sung vào quá trình ủ đã phát huy tác dụng thúc đẩy quá trình phân hủy các hợp chất hữu cơ và rút ngắn thời gian ủ, để tạo ra một loại phân bón hữu cơ có chất lượng tốt, có thể cung cấp dinh dưỡng đảm bảo sinh trưởng cho cây trồng. Phân hữu cơ ở công thức II/E1 được sử dụng để đánh giá hiệu quả của phân trên đối tượng cây rau mồng tơi.

3.5. Ảnh hưởng của liều lượng phân bón hữu cơ đến sinh trưởng, phát triển của cây rau mồng tơi

Phân hữu cơ thu được ở công thức II/E1 sau ủ 60 ngày được sử dụng để bón cho cây rau mồng tơi với các lượng bón khác nhau. Sau 30 ngày trồng thu được kết quả thể hiện trong Bảng 7.

Bảng 7. Ảnh hưởng của liều lượng phân bón hữu cơ đến sinh trưởng và năng suất của cây rau mồng tơi

Công thức	Số lá (lá)	Chiều cao cây (cm)	Năng suất (tấn/ha)
I (Đối chứng 1)	9,00 ^c	22,17 ^c	29,25 ^c
II (Đối chứng 2)	12,00 ^b	25,13 ^{bc}	34,17 ^{ab}
III	11,33 ^{bc}	25,27 ^{bc}	31,63 ^{bc}
IV	13,67 ^b	27,00 ^b	35,20 ^a
V	16,83 ^a	53,10 ^a	36,40 ^a
LSD _{0,05}	2,69	3,21	2,59

Chữ cái nhỏ ^{a, b, c} chỉ ra các công thức có cùng ký tự trong một cột không có sai khác ý nghĩa tại mức $\alpha = 0,05$

Bảng 7 cho thấy, liều lượng phân hữu cơ từ phụ phẩm tinh dầu trầm làm tăng năng suất, rau mồng tơi so với công thức bón phân phổ biến hiện nay của người nông dân. Cụ thể, số lá trên cây 16,83 lá, chiều cao cây trung bình 53,10 cm và năng suất rau mồng tơi sau thu hoạch đạt 36,40 tấn/ha. So với công thức bón phân phổ biến của người nông dân hiện nay thì năng suất rau thu được cao hơn 2,23 (tấn/ha). Kết quả này cao hơn so với nghiên cứu của Cao Ngọc Diệp và cs. (2011), đã đánh giá hiệu quả của một số loại phân hữu cơ vi sinh trên năng suất

và chất lượng rau xanh trồng trên đất phù sa tại tỉnh Long An, năng suất rau mồng tơi thu được 33,85 (tấn/ha); tương đồng với kết quả nghiên cứu của Trần Thị Minh Hằng và cs. (2020), khi xác định liều lượng bón phân hữu cơ vi sinh thay thế phân vô cơ thích hợp cho sản xuất rau ăn lá an toàn trong vụ hè thu ở miền Bắc Việt Nam, thu được năng suất rau mồng tơi là 39,30 tấn/ha. Từ kết quả này có thể khẳng định việc sản xuất phân hữu cơ từ các phế phụ phẩm trong sản xuất tinh dầu trầm là hướng phát triển xanh, bền vững thúc đẩy sản xuất nông nghiệp

tuần hoàn khép kín, giảm phát thải và hạn chế ô nhiễm môi trường tại các làng nghề truyền thống sản xuất tinh dầu trầm của Thành phố Huế.

4. KẾT LUẬN

Phụ phẩm từ sản xuất tinh dầu trầm phối trộn với phân lợn (tỷ lệ 7:3) và bổ sung chế phẩm HUAF-EM cho chất lượng phân ủ tốt, phân không có mùi hôi, hoàn toàn hoai mục (phân màu đen mềm mục) có thể sử dụng cho mục đích trồng cây và cải tạo đất. Hàm lượng các chất dinh dưỡng trong phân: pH (7,47); OM (39,01%), NPK tổng số lần lượt là: (1,37%); (0,46%) và (0,51%), đều đạt yêu cầu theo quy chuẩn quốc gia về chất lượng phân bón của ngành (QCVN 01-189:2019/BNNPTNT).

Sử dụng phân hữu cơ thành phẩm liều lượng 10 tấn/ha để trồng rau mồng tơi, cây sinh trưởng mạnh, năng suất đạt 36,40 tấn/ha. Như vậy, phân hữu cơ sau xử lý phụ phẩm sản xuất tinh dầu trầm có chất lượng tốt, có thể cung cấp dinh dưỡng đảm bảo sinh trưởng cho cây trồng.

Sử dụng các chế phẩm sinh học để sản xuất phân bón hữu cơ từ phụ phẩm tinh dầu trầm không chỉ là giải pháp bảo vệ môi trường mà còn là một hướng đi chiến lược giúp phát triển kinh tế tại các làng nghề sản xuất tinh dầu trầm truyền thống của thành phố Huế theo hướng nông nghiệp tuần hoàn, đảm bảo sinh kế và phát triển bền vững trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu tiếng Việt

- Bộ Khoa học và Công nghệ. (1987). TCVN 4401 - 87. Tiêu chuẩn Việt Nam. Đất trồng trọt. Phương pháp xác định pH của dịch rút tinh từ đất bằng dung dịch Kaliclorua cho các loại đất trồng trọt.
- Bộ Khoa học và Công nghệ. (2002). TCVN 7185-2002. Tiêu chuẩn Việt Nam. Phân hữu cơ vi sinh vật.

- Bộ Khoa học và Công nghệ. (2010). TCVN 8557:2010. Tiêu chuẩn Việt Nam. Phân bón - Phương pháp xác định nitơ tổng số.
- Bộ Khoa học và Công nghệ. (2011). TCVN 8940 - 2011. Tiêu chuẩn Việt Nam về Chất lượng đất - Xác định phospho tổng số - Phương pháp so màu.
- Bộ Khoa học và Công nghệ. (2011). TCVN 8660:2011. Tiêu chuẩn Việt Nam về Chất lượng đất - Phương pháp xác định kali tổng số.
- Bộ Khoa học và Công nghệ. (2012). TCVN 9297 : 2012. Tiêu chuẩn Việt Nam. Phân bón - Phương pháp xác định độ ẩm.
- Bộ Khoa học và Công nghệ. (2013). TCVN 9486:2013. Tiêu chuẩn Việt Nam. Phân bón - Phương pháp lấy mẫu.
- Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. (2005). Tiêu chuẩn ngành 10TCN 301-2005. Phương pháp xác định Biuret.
- Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. (2019). Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia 01-189:2019 về chất lượng phân bón.
- Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. (2022). Tiêu chuẩn ngành 10TCN 526:2002 về phân hữu cơ vi sinh vật từ rác thải sinh hoạt - yêu cầu kỹ thuật - phương pháp kiểm tra.
- Bùi Thị Nga, Lê Nguyễn Trung Khanh và Nguyễn Xuân Hoàng. (2014). Sản xuất phân hữu cơ từ bùn cống thải thu gom. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 12, 38-48.
- Cao Ngọc Diệp, Nguyễn Thanh Tùng, Nguyễn Văn Anh và Trần Thị Giang. (2011). Hiệu quả của phân hữu cơ vi sinh trên năng suất và chất lượng rau xanh trồng trên đất phù sa tại tỉnh Long An. *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ*, 18b, 18-28.
- Dương Đức Hiếu, Lê Công Nhất Phương, Võ Thị Kiều Thanh, Lê Thị Ánh Hồng, Trần Quang Vinh và Phùng Huy Huân. (2012). Sản xuất phân hữu cơ sinh học từ phế phẩm mặt cưa sau thu hoạch nầm và chất thải chăn nuôi. *Tạp chí sinh học*, 34(3SE), 154-160.
- Hoàng Thị Thái Hòa, Trần Thanh Đức, Hồ Công Hưng, Nguyễn Quang Cơ, Nguyễn Thị Thu Thủy, Đinh Thị Song Thủy và Đỗ Đình Thực. (2020). Ảnh hưởng của vật liệu ủ đến chất lượng phân hữu cơ từ chất thải biogas tại Thừa Thiên Huế. *Tạp chí điện tử Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế*, 4(3), 2111-

2119. DOI: <https://doi.org/10.46826/huaf-jasat.v4n3y2020.385>
- Ngô Thị Hạnh, Dương Kim Thoa, Nguyễn Văn Dũng, Đặng Thị Hà Giang, Đào Quang Nghi và Đoàn Thị Phi Yên. (2021). *Sổ tay hướng dẫn kỹ thuật canh tác một số loại rau ăn lá thích ứng với biến đổi khí hậu*. Nhà xuất bản Nông nghiệp.
- Nguyễn Hoàng Linh và Trần Thị Xuân Phương. (2024). Đánh giá hiệu quả phân hủy vỏ cây keo (acacia) của một số chế phẩm sinh học trong điều kiện tự nhiên. *Tạp chí điện tử Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế* 8(2), 4225-4231. DOI: <https://doi.org/10.46826/huaf-jasat.v8n2y2024.1175>
- Nguyễn Lân Dũng. (2008). *Vi sinh vật học*. Nhà xuất bản Giáo dục.
- Nguyễn Thanh Lâm và Cao Trường Sơn. (2024). *Thực trạng phát sinh phế phụ phẩm nông nghiệp và giải pháp quản lý tại Việt Nam*. Kỷ yếu Hội thảo khoa học quốc gia “Môi trường nông nghiệp, nông thôn và Phát triển bền vững”, 159-168.
- Nguyễn Thành Phương, Nguyễn Văn Phước, Nguyễn Phước Dân và Vũ Nha Trang. (2011). Nghiên cứu quá trình ủ vi sinh rác thải hữu cơ bằng phương pháp ủ thiếu khí (cấp khí tự nhiên). *Tạp chí phát triển Khoa học và Công nghệ*, 14 (M2–2011), 76-82.
- Nguyễn Xuân Hoàng, Lê Minh Thuận, Trần Thảo Nguyên, Phan Thị Thanh Ngân, Trương Danh Nghiệp, Nguyễn Hoàng Nhân và Trịnh Thị Long. (2023). Sản xuất phân hữu cơ từ rác thải sinh hoạt. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 59(4A), 1-12.
- Phạm Văn Cường, Trần Thị Minh Hằng, Trần Thị Thiêm, Bùi Ngọc Tấn, Đinh Mai Thùy Linh, Nguyễn Thu Hà và Trần Thị Lan Hương. (2021). *Tiến bộ kỹ thuật về lĩnh vực phân bón: Quy trình sử dụng nguyên liệu hữu cơ, phân bón hữu cơ phối hợp phân vô cơ cho sản xuất rau an toàn ở các tỉnh phía Bắc*. Cục bảo vệ thực vật, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. Ban hành theo Quyết định số 1032/QĐ/BVTV-KH ngày 25 tháng 5 năm 2021.
- Trần Thị Minh Hằng, Phạm Văn Cường, Trần Thị Thiêm, Bùi Ngọc Tấn và Hà Thị Quỳnh. (2020). Xác định liều lượng bón phân hữu cơ vi sinh thay thế phân vô cơ thích hợp cho sản xuất rau ăn lá an toàn trong vụ hè thu ở miền Bắc Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 18(11), 917-928.
- Trần Thị Lê và Võ Văn Quang. (2006). *Giáo trình hóa sinh thực vật*. Nhà xuất bản Nông Nghiệp.
- ## 2. Tài liệu tiếng nước ngoài
- Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S., Perissol, C., Roussos, S., & Thami Alami, I. (2018). Composting parameters and compost quality: a literature review. *Organic Agriculture*, 8(2), 141-158. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>
- Epstein, E. (2011). *Industrial Composting: Environmental Engineering and Facilities Management* (1st ed.). CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/b10726>.
- Kliopova, I., & Stanevičiūtė, K. (2013). Evaluation of green waste composting possibilities. *Environmental research, Engineering and Management*, 65(3), 6-19. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.erem.65.3.4680>
- Zhang, L., Sun, X., Tian, Y., Gong, X. (2020). Bioaugmentation with *Trichoderma* and *Bacillus* for improved composting of agricultural waste. *Bioresource Technology*, 298, 122377.
- Zittel, R., Silva, C.P.D., Domingues, C.E., Stremel, T.R.D.O., Almeida, T.E.D., Damiani, G.V. & Campos, S.X.E. (2018). Treatment of smuggled cigarette tobacco by composting process in facultative reactors. *Waste Management*, 71, 115-121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.023>