



DOI:10.22144/ctujos.2026.047

SO SÁNH HIỆU QUẢ XỬ LÝ CHẤT THẢI CHĂN NUÔI DÊ BẰNG CÁC PHƯƠNG PHÁP KHÁC NHAU

Nguyễn Thị Bạch Kim¹, Phạm Văn Trọng Tính¹, Lâm Phước Thành² và Trần Thị Thúy Hằng^{2*}

¹Cơ sở Hậu Giang, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

²Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): tranthithuyhang@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 06/06/2025

Sửa bài (Revised): 05/09/2025

Duyệt đăng (Accepted): 05/01/2026

Title: Comparative study on the treatment efficiency of Goat farming waste

Author(s): Nguyen Thi Bach Kim¹, Pham Van Trong Tinh¹, Lam Phuoc Thanh² and Tran Thi Thuy Hang^{2*}

Affiliation(s): ¹Hau Giang campus, Can Tho University, Viet Nam; ²College of Agriculture, Can Tho University, Viet Nam

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm so sánh hiệu quả ba phương pháp xử lý chất thải chăn nuôi dê, thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên, gồm 7 nghiệm thức (NT) và 3 lần lặp lại. Các NT gồm ủ truyền thống (TT), nuôi trùn quế (VM) và 5 NT ủ compost (CP1-CP5) từ 100%, 75%, 50%, 25% và 0% chất thải bài tiết của dê (GE) lần lượt kết hợp với chất thải thực vật (FW). NT VM và CP1 cho hiệu quả tốt nhất, tạo ra phân bón hữu cơ đạt tiêu chuẩn QCVN 01-189:2019/BNNPTNT. Thành phẩm của VM và CP1 có tổng nitơ tương ứng là 2,9% và 3,4%, photpho hữu hiệu: 5,1% và 6,6%, kali hữu hiệu: 1,5% và 2,1%, với *E. coli* đều dưới ngưỡng $1,1 \times 10^3$ MPN/g. Hầu hết các thông số môi trường mê u của CP1, CP2, và CP3 không có khác biệt ($p > 0,01$). Tuy nhiên, *E. coli* cuối TN ở CP2, CP3 chưa đạt ngưỡng an toàn, cần được xử lý thêm. Khuyến nghị trại chăn nuôi dê có thể áp dụng VM, CP1, CP2 hoặc CP3 để quản lý chất thải và sản xuất phân bón hữu cơ.

Từ khóa: Phân dê, trùn quế, ủ compost, ủ truyền thống

ABSTRACT

A comparative study was conducted to evaluate the effectiveness of three waste treatment methods for goat farming. The experiment employed a completely randomized design with seven treatments and three replications. The treatments included traditional composting (TT), vermicomposting (VM), and five compost treatments (CP1-CP5) combining varying ratios of goat excreta (GE) and plant-based waste (FW): 100%, 75%, 50%, 25%, and 0% GE, respectively. When treating 100% GE, VM, and CP1, the results were most effective, producing organic fertilizers that met Viet Nam's quality standards. The final products from VM and CP1 exhibited high nutrient content, with total nitrogen at 2.9% and 3.4%, available phosphorus at 5.1% and 6.6%, and available potassium at 1.5% and 2.1%, respectively. *E. coli* counts in both treatments were below the safety threshold of 1.1×10^3 MPN/g. Most environmental parameters of CP1, CP2, and CP3 compost batches showed statistically similar ($p > 0.01$). However, the final *E. coli* levels in CP2 and CP3 did not meet safety standards, indicating the need for further treatment. It is recommended that goat farms adopt either VM or composting methods (CP1, CP2, or CP3) for effective waste management and sustainable organic fertilizer production.

Keywords: Composting, goat manure, traditional composting, vermicomposting

1. GIỚI THIỆU

Ngành chăn nuôi dê tại Việt Nam tăng trưởng bình quân 2,82%/năm giai đoạn 2020-2023, đạt 2.835.846 con vào năm 2023 (Cục Thống kê, 2024). Sự phát triển này tạo ra lượng lớn chất thải, chủ yếu là phân dê, gây áp lực lên môi trường nếu không được xử lý hiệu quả. Phân dê có đặc điểm dạng viên nhỏ, độ ẩm thấp, thuận tiện cho việc thu gom, ít phát sinh mùi và chứa hàm lượng nitơ cao hơn so với nhiều loại phân gia súc khác (Hiền và ctv., 2017). Hiện nay, các phương pháp xử lý chất thải chăn nuôi dê phổ biến ở quy mô hộ gia đình và trang trại bao gồm phương pháp truyền thống, ủ compost và sử dụng trùn quế.

Mỗi phương pháp xử lý chất thải dê đều có những ưu điểm và hạn chế riêng. Phương pháp truyền thống đơn giản nhưng tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm. Việc ủ compost và sử dụng trùn quế là các giải pháp sinh học giúp chuyển hóa chất thải thành phân bón hữu cơ chất lượng cao (Thùy & Nam, 2020). Mặc dù các nghiên cứu đã chỉ ra hiệu quả của từng phương pháp riêng lẻ, việc so sánh một cách hệ thống về hiệu quả của chúng vẫn còn hạn chế. Đặc biệt, việc đánh giá chất lượng sản phẩm đầu ra (phân bón hữu cơ) từ mỗi phương pháp là yếu tố quan trọng chưa được làm rõ trong các nghiên cứu trước đây.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm so sánh hiệu quả xử lý chất thải chăn nuôi dê bằng ba phương pháp: truyền thống, ủ compost và nuôi trùn quế. Trọng tâm của so sánh này là chất lượng phân bón hữu cơ được tạo ra từ chất thải chăn nuôi, một sản phẩm quan trọng, đóng góp vào kinh tế tuần hoàn bằng cách cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng (đặc biệt là cây thức ăn cho dê). Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn phương pháp xử lý chất thải chăn nuôi dê phù hợp, góp phần vào sự phát triển bền vững của ngành chăn nuôi dê tại Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương tiện nghiên cứu

Địa điểm và thời gian: Thí nghiệm được thực hiện tại khu ủ phân thuộc khu Hòa An, Đại học Cần Thơ (xã Hòa An, huyện Phụng Hiệp, Hậu Giang) từ 4/2024 đến 6/2024.

Khu ủ phân: Kích thước 17,2 × 7,2 × 3,2 m (dài × rộng × cao) được làm bằng cột xi măng và kèo tràm và mái che được phủ bằng phủ bạt nylon. Khu ủ phân được xây dựng trên nền đất cao, đảm bảo không bị ngập nước (Hình 1).

Vật liệu thí nghiệm:

Chất thải chăn nuôi dê bao gồm: (1) Chất thải bài tiết của dê (GE) gồm chủ yếu là phân dê và nước tiểu của dê được thu gom chung từ bạt lót sàn chuồng dê và (2) chất thải thực vật (FW) là chất thải từ quá trình cho dê ăn (chủ yếu là cỏ thừa rơi vãi) cùng chất thải từ kho thức ăn (cỏ sau khi cắt bị rơi vãi). Các vật liệu này được thu gom trực tiếp từ trại chăn nuôi dê, Khu Hòa An, Đại học Cần Thơ.

Trùn quế: Trùn sinh khối được mua từ một trại nuôi trùn quế của nông dân.

Hộc ủ thí nghiệm: Các thí nghiệm ủ phân hữu cơ và nuôi trùn quế được thực hiện trong các hộc làm từ gỗ pallet. Mỗi hộc có kích thước 1,0 × 1,0 × 0,5 m (dài × rộng × cao) và được lót bên trong bằng bạt nylon nhằm tránh thất thoát vật liệu ủ.

Dụng cụ thí nghiệm: Nhiệt kế thủy ngân, máy đo độ ẩm và máy đo pH dùng để đo các thông số lý hóa của vật liệu ủ; nhiệt ẩm kế cơ học dùng để đo nhiệt độ và độ ẩm không khí bên trong và bên ngoài khu ủ phân; bình tưới, cân đồng hồ 100 kg, cân điện tử được sử dụng trong quá trình chuẩn bị và theo dõi khối lượng vật liệu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên, gồm 7 nghiệm thức và 3 lần lặp lại. Các nghiệm thức thí nghiệm được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Các nghiệm thức thí nghiệm

Nghiệm thức	Phương pháp xử lý	Thành phần, tỷ lệ và vật liệu ủ/hộc ủ
TT	Truyền thống	100% GE (135 kg)
VM	Trùn quế	100% GE (lượng cho ăn hàng ngày bằng trọng lượng cơ thể trùn quế)
CP1	Ủ compost	100% GE (135 kg)
CP2	Ủ compost	75% GE (101 kg) + 25% FW (16,25 kg)
CP3	Ủ compost	50% GE (67,50 kg) + 50% FW (32,50 kg)
CP4	Ủ compost	25% GE (33,75 kg) + 75% FW (48,75 kg)
CP5	Ủ compost	100% FW (65 kg)

Chú thích: GE: chất thải bài tiết của dê, FW: chất thải thực vật



Hình 1. Khu ủ phân thí nghiệm

2.2.2. Chuẩn bị và chăm sóc

Chuẩn bị

Nghiệm thức TT và CP, khối lượng GE và FW đối với từng nghiệm thức được cân đúng như Bảng 1, sau đó hỗn hợp được trộn đều và cho vào từng hộc ủ tương ứng (Hình 1). Vật liệu ủ các nghiệm thức CP được tưới nước sao cho độ ẩm khoảng 50% - 60%.

Nghiệm thức VM: 10 kg GE/ô nuôi được rải đều để tạo lớp chất nền cao 2 cm. Việc tưới nước được thực hiện sao cho độ ẩm khoảng 50% - 70%. Sau 3 ngày, 10 kg sinh khối trùn (gồm 0,1 kg trùn thịt và 9,9 kg chất nền) được thả theo các đường thẳng giữa luống. Khoảng 5 - 7 phút sau, trùn chui hết xuống lớp chất nền. Việc quan sát mặt luống được tiến hành nhằm loại bỏ những con trùn không có khả năng di chuyển xuống lớp chất nền. Sau khi thả trùn quế, bình vòi sen được dùng để tưới ẩm nhẹ lên luống. Tiếp theo, nước được tưới sao cho chất nền có độ ẩm khoảng 70% - 80% rồi phủ lưới đen cho tối ô trùn.

Chăm sóc

Nghiệm thức TT: Không có tưới nước và xới đảo.

Nghiệm thức CP: Độ ẩm vật liệu ủ, được kiểm tra hàng ngày nếu thấp hơn khoảng cho phép (50 - 60%) thì tưới thêm nước (nước ri từ nguyên liệu hoặc nước máy) vào đồng ủ. Đồng thời, đồng ủ được xới xáo từ 2 đến 3 lần/tuần.

Nghiệm thức VM: Trùn được cho ăn 5 ngày/lần, mỗi lần 0,5 kg GE/ô nuôi, trải GE theo luống xen kẽ để thoáng khí, tránh ngộ độc và tạo điều kiện cho trùn sinh trưởng, phát triển và sinh sản. Việc kiểm tra ô nuôi hàng ngày được thực hiện nhằm đảm bảo tình trạng hoạt động của trùn, độ ẩm chất nền, tình

trạng thức ăn và dịch hại trùn. Việc tưới nước được tiến hành để duy trì độ ẩm chất nền từ 70 đến 80%

(nắm lấy một ít phân vắt mạnh tay, thấy có nước nhiều ra là được).

2.2.3. Phương pháp thu mẫu và thu thập dữ liệu

Chất thải bài tiết của dê (GE) và chất thải thực vật (FW) trước thí nghiệm được thu trong ngày, sau đó chất thải được chuyển về phòng thí nghiệm xử lý và phân tích theo phương pháp liệt kê trong Bảng 2.

Mẫu chất thải từ chăn nuôi dê sau khi ủ ở mỗi nghiệm thức được lấy tại 5 điểm theo đường chéo hộc ủ, sau đó trộn đều lại với nhau và chuyển về phòng thí nghiệm trong ngày để xử lý và phân tích theo phương pháp liệt kê trong Bảng 2.

Dữ liệu thí nghiệm được thu thập định kỳ theo thời gian và tần suất quy định, sử dụng các phương pháp đo lường/phân tích chi tiết được trình bày trong Bảng 2.

2.2.4. Phương pháp xử lý và phân tích số liệu

Các số liệu thu thập được nhập, tính toán và vẽ đồ thị bằng phần mềm Microsoft Excel.

Phần mềm IBM SPSS 30.0 được sử dụng để phân tích thống kê số liệu thí nghiệm, phương sai một chiều (One-way ANOVA) được phân tích để tìm sự khác biệt giữa các giá trị trung bình của các nghiệm thức, so sánh sự khác biệt giữa các giá trị trung bình bằng phương pháp kiểm định Duncan với độ tin cậy 99% (hay mức ý nghĩa 1%).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm hóa lý và sinh học ban đầu của vật liệu thí nghiệm

Đặc trưng hóa lý và sinh học ban đầu của các nghiệm thức xử lý chất thải chăn nuôi dê cho thấy sự tương đồng ở các nghiệm thức TT, VM, CP1 với pH trung tính, độ dẫn điện và hàm lượng chất hữu cơ cao (CHC), tỷ lệ C/N tương đối thấp, cùng với dinh dưỡng đa lượng và hữu hiệu ở mức trung bình. Ngược lại, các nghiệm thức CP2, CP3 và CP4 có xu hướng giảm CHC và dinh dưỡng đa lượng nhưng tăng tỷ lệ C/N. Riêng CP5 có pH thấp, CHC và dinh dưỡng thấp nhất, nhưng lại có tỷ lệ C/N cao nhất. Đáng chú ý, hàm lượng kim loại nặng Pb và As đều dưới ngưỡng phát hiện ở tất cả nghiệm thức. Hàm lượng Cu cao nhất ở các nghiệm thức TT, VM, CP1 và giảm dần qua các nghiệm thức tiếp theo CP2, CP3, CP4, CP5 (Bảng 3).

Bảng 2. Phương pháp đo/phân tích các chỉ tiêu thí nghiệm

Stt	Chỉ tiêu	Đơn vị	Tần suất	Phương pháp đo/phân tích
A				
Môi trường				
1	Nhiệt độ không khí bên trong và ngoài khu ủ phân	°C	2 lần/ngày (8:00 và 14:00), 2 ngày/lần	Nhiệt ẩm kế cơ học Thermometer TH101B
2	Nhiệt độ chất nền	°C	2 lần/ngày (8:00 và 14:00), 2 ngày/lần	Đo nhiệt độ chất nền bằng nhiệt kế thủy ngân tại 3 độ sâu (10, 20, 30 cm), mỗi độ sâu đo 5 điểm theo đường chéo học ủ
3	Độ ẩm chất nền	%	2 lần/ngày (8:00 và 14:00), 2 ngày/lần	Đo độ ẩm và pH chất nền bằng máy đo Yylingx tại 3 độ sâu (10, 20, 30 cm), mỗi độ sâu đo 5 điểm theo đường chéo học ủ
4	pH chất nền	-	2 lần/ngày (8:00 và 14:00), 2 ngày/lần	
B Thành phần lý, hóa, sinh học của chất thải chăn nuôi dê (GE trước và sau khi ủ)				
1	pH _{H2O (1:10)}	-	Đầu và cuối thí nghiệm	TCVN 132639:2020
2	Độ ẩm	%	Đầu và cuối thí nghiệm	TCVN 9297:2012
3	Độ dẫn điện (EC _(1:10))	mS/m	Đầu và cuối thí nghiệm	TCVN 6650:2000
4	Dung trọng	kg/m ³	Đầu và cuối thí nghiệm	TCVN 11399:2016
5	Tổng các bon hữu cơ (TC _{hc})	%	Đầu và cuối thí nghiệm	TCVN 8941:2011
6	Tổng Nitơ (TN)	%	Đầu và cuối thí nghiệm	TCVN 8557:2010
7	Tổng Phốt pho (TP)	%	Đầu và cuối thí nghiệm	TCVN 8563:2010
8	Tổng Kali (TK)	%	Đầu và cuối thí nghiệm	TCVN 8562:2010
9	Phốt pho hữu hiệu (P _{hh})	%	Đầu và cuối thí nghiệm	TCVN 8559:2010
10	Kali hữu hiệu (K _{hh})	%	Đầu và cuối thí nghiệm	TCVN 8560:2018
11	Tỷ lệ C/N	-	Đầu và cuối thí nghiệm	Tổng C / Tổng N
12	Đồng (Cu)	mg/kg	Đầu thí nghiệm	TCVN 9286:2018
13	Chì (Pb)	mg/kg	Đầu thí nghiệm	TCVN 9290:2018
14	Arsen (As)	mg/kg	Đầu thí nghiệm	TCVN 11403:2016
15	E. coli	MPN/g	Đầu và cuối thí nghiệm	TCVN 11039-3:2015
16	Coliform	MPN/g	Đầu và cuối thí nghiệm	TCVN 11039-3:2015
C Thành phần lý, hóa, sinh học của chất thải thực vật (FW)				
1	pH _{H2O (1:10)}	-	Đầu thí nghiệm	TCVN 132639:2020
2	Tổng các bon hữu cơ (TC _{hc})	%	Đầu thí nghiệm	Walkley and Black (1934): Việc oxy hóa mẫu được thực hiện bằng K ₂ Cr ₂ O ₇ 1N + H ₂ SO ₄ đậm đặc, chuẩn độ K ₂ Cr ₂ O ₇ thừa bằng FeSO ₄ 0,5N
3	Tổng Nitơ (TN)	%	Đầu thí nghiệm	10 TCN 451:2001
4	Tổng Phốt pho (TP)	%	Đầu thí nghiệm	10 TCN 453:2001
5	Tổng Kali (TK)	%	Đầu thí nghiệm	10 TCN 450:2001
6	Chì (Pb)	mg/kg	Đầu thí nghiệm	10 TCN 450:2001

Bảng 3. Đặc điểm hóa lý và sinh học ban đầu của vật liệu ủ

Nghiệm thức	pH _{H2O (1:10)}	EC (mS/cm)	TC _{hc} (%)	TN (%)	TP (%)	Tỷ lệ C/N	TK (%)	P _{hh} (%)	K _{hh} (%)	Cu (mg/kg)	Pb,As (mg/kg)	Ecoli (MPN/g)	Coliform (MPN/g)
TT	6,8	6,6	59,3	2,6	7,1	23,2	0,6	2,3	2,0	36,4	*	4,6×10 ⁴	7,0×10 ⁴
VM	6,8	6,6	59,3	2,6	7,1	23,2	0,6	2,3	2,0	36,4	*	4,6×10 ⁴	7,0×10 ⁴
CP1	6,8	6,6	59,3	2,6	7,1	23,2	0,6	2,3	2,0	36,4	*	4,6×10 ⁴	7,0×10 ⁴
CP2	-	-	58,7	2,3	6,8	25,6	0,7	1,9	1,7	32,4	*	-	-
CP3	-	-	57,9	1,9	6,4	29,8	0,7	1,6	1,3	27,1	*	-	-
CP4	-	-	56,8	1,4	5,9	39,5	0,9	0,9	0,8	19,5	*	-	-
CP5	6,1	-	55,0	0,7	5,1	83,7	1,0	-	-	7,9	*	-	-

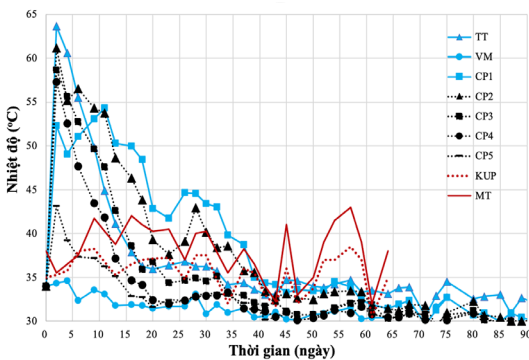
Chú thích: * không phát hiện và - không phân tích.

Về tỷ lệ C/N, các nghiệm thức TT, CP1, CP2, CP3, CP4 đều nằm trong khoảng lý tưởng cho quá trình ủ phân hữu cơ (20/1 - 60/1, tối ưu 25/1 - 40/1 theo Oshins et al. (2022)). Tuy nhiên, CP5 có tỷ lệ C/N rất cao (83,7/1) do hàm lượng N tổng số thấp (chỉ 0,7%), có thể gây thiếu nitơ cho hoạt động vi sinh vật trong quá trình ủ. Nghiệm thức VM có tỷ lệ C/N là 23,2, gần với giá trị tối ưu 25/1 (Ndegwa & Thompson, 2001).

3.2. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý đến chất thải chăn nuôi dê

3.2.1. Sự thay đổi nhiệt độ chất thải chăn nuôi dê theo thời gian

Trong quá trình ủ phân, nhiệt lượng sinh ra từ quá trình phân hủy chất hữu cơ là yếu tố chính làm tăng nhiệt độ (Ravindran et al., 2022). Nhiệt độ của tất cả các thí nghiệm (ngoại trừ VM) đều cho thấy các giai đoạn tương tự như mô tả của Azim et al. (2018).



Hình 2. Sự thay đổi nhiệt độ theo thời gian của 7 nghiệm thức thí nghiệm

Khi so sánh hiệu quả xử lý 100% GE, cả TT và CP1 đều cho thấy khả năng sinh nhiệt mạnh mẽ, với nhiệt độ đạt đỉnh trên 50°C trong 10 - 15 ngày đầu tiên và duy trì trên 55°C (Hình 2), vượt ngưỡng pha ưa nhiệt cao lý tưởng (Oshins et al., 2022) để tiêu diệt mầm bệnh. Ngược lại, VM không sinh nhiệt đáng kể, chỉ duy trì ở mức tối đa 34°C, một mức nhiệt phù hợp cho sự sinh trưởng của trùn (Edwards, 1988) nhưng không đủ để tiêu diệt mầm bệnh. Điều này nhất quán với cơ chế hoạt động sinh học không sinh nhiệt của phương pháp nuôi trùn quế.

Trong nhóm ủ compost, CP1 thể hiện hiệu suất vượt trội, duy trì pha ưa nhiệt cao dài hơn so với các nghiệm thức khác (Hình 2). Các nghiệm thức có bổ sung chất thải thực vật (CP2 đến CP5) lại có hiệu suất sinh nhiệt thấp hơn, với nhiệt độ đỉnh dưới 50°C và thời gian duy trì nhiệt cao ngắn hơn. Điều này

cho thấy quá trình phân hủy kém hiệu quả hơn khi tỷ lệ chất thải khó phân hủy tăng lên.

Kết quả cho thấy nhiệt độ đỉnh ở các nghiệm thức trên thấp hơn đáng kể so với các nghiệm cứu trước đây. Kulcu and Yaldiz (2007) đã đạt tới 64°C khi ủ hỗn hợp 45% phân dê, 45% rơm lúa mì và quả thông. Tương tự, Mupondi et al. (2006) ghi nhận nhiệt độ cao nhất là 60°C đối với hỗn hợp phân dê và vỏ thông. Thậm chí, Paredes et al. (2015) còn đạt tới 65°C khi ủ hỗn hợp phân dê và phân thỏ. Điều này do tỷ lệ và loại vật liệu phối trộn ủ compost khác nhau dẫn đến hiệu suất sinh nhiệt khác nhau.

Kết quả phân tích sự biến động nhiệt độ theo độ sâu cho thấy hiệu quả phân hủy bên trong các khối ủ. Các nghiệm thức CP1, CP2 và CP3 thể hiện sự gia tăng nhiệt độ rõ rệt theo độ sâu, đạt mức cao nhất ở 30 cm (khoảng 42 - 43°C) (Bảng 4), cho thấy quá trình phân hủy diễn ra mạnh mẽ và đồng đều khắp khối ủ. Ngược lại, CP5, TT và VM duy trì nhiệt độ thấp và ít thay đổi theo độ sâu, phản ánh một quá trình phân hủy chậm và kém hiệu quả.

Tóm lại, nhóm xử lý 100% GE, đặc biệt TT và CP1, thể hiện khả năng sinh nhiệt tốt hơn và kéo dài giai đoạn nhiệt cao, phù hợp với điều kiện ủ sinh học để tiêu diệt vi sinh vật gây hại. Trong nhóm ủ compost, CP1 cho thấy hiệu quả tạo nhiệt và phân hủy chất hữu cơ tốt nhất, tiếp đến là CP2 và CP3.

Bảng 4. Nhiệt độ trung bình vật liệu ủ theo phương pháp xử lý và độ sâu (TB ± SE)

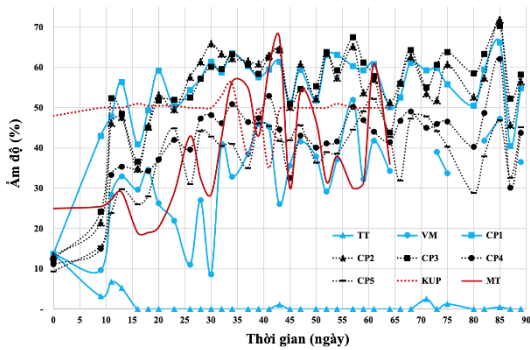
NT	Nhiệt độ vật liệu ủ (°C) ở độ sâu		
	10 cm	20 cm	30 cm
TT	34,7 ^a ± 0,3	35,4 ^c ± 0,4	35,4 ^b ± 0,3
VM	30,5 ^d ± 0,1	-	-
CP1	35,1 ^a ± 0,4	38,4 ^{abc} ± 0,6	42,6 ^a ± 0,5
CP2	34,7 ^a ± 0,5	38,0 ^{abc} ± 0,7	42,3 ^a ± 0,8
CP3	32,9 ^b ± 0,3	40,8 ^a ± 1,0	43,1 ^a ± 1,4
CP4	32,0 ^{bc} ± 0,3	39,1 ^{ab} ± 1,0	40,2 ^a ± 1,0
CP5	31,2 ^{cd} ± 0,2	36,2 ^{bc} ± 0,6	35,4 ^b ± 0,5
P	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Chú thích: Trong cùng một cột, các giá trị được theo sau bởi các chữ cái khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

3.2.2. Sự thay đổi độ ẩm chất thải chăn nuôi dê theo thời gian

Độ ẩm đóng vai trò then chốt trong quá trình phân hủy sinh học chất thải hữu cơ, với mức tối ưu cho ủ compost là 50 - 60% (Oshins et al., 2022) và cho nuôi trùn quế là 50 - 80% (EPA, 1980). Kết quả cho thấy các nghiệm thức xử lý 100% GE, TT và VM có độ ẩm thấp, dẫn đến hiệu quả xử lý thấp. Cụ

thê, độ ẩm của TT cực thấp (0,5% ở 10 cm và 1,2% ở 20 cm) đã làm ngừng hoàn toàn hoạt động của vi sinh vật, bởi hoạt động sinh học cơ bản sẽ ngừng lại ở độ ẩm dưới 15% (Rynk et al., 2021). Tương tự, độ ẩm của VM thường xuyên dưới 50% (Hình 3), thấp hơn đáng kể so với mức tối ưu cho trùn quế từ 50 - 80% (EPA, 1980). Nguyên nhân do việc bổ sung nước không đều đặn trong quá trình nghiên cứu. Mặc dù trùn quế có thể sống sót tạm thời trong điều kiện này (32,1% ở 10 cm), chúng có xu hướng di chuyển xuống các tầng sâu hơn để tìm môi trường ẩm ướt hơn. Độ ẩm dưới 20% gây cản trở hoạt động của vi sinh vật, làm chậm quá trình phân hủy (Polprasert, 2007).



Hình 3. Sự thay đổi độ ẩm theo thời gian của 7 nghiệm thức thí nghiệm

Bảng 5. Độ ẩm trung bình vật liệu ủ theo phương pháp xử lý và độ sâu (TB ± SE)

Nghiệm thức	Độ ẩm trung bình vật liệu ủ (%) ở độ sâu	
	10 cm	20 cm
TT	0,5 ^f ± 0,1	1,2 ^d ± 0,2
VM	32,1 ^c ± 0,7	-
CP1	53,6 ^b ± 0,8	55,1 ^a ± 1,0
CP2	54,5 ^b ± 0,7	54,9 ^a ± 0,8
CP3	56,9 ^a ± 0,6	51,4 ^a ± 1,2
CP4	44,5 ^c ± 0,7	39,7 ^b ± 1,2
CP5	40,0 ^d ± 0,8	31,4 ^c ± 1,4
P	<0,001	<0,001

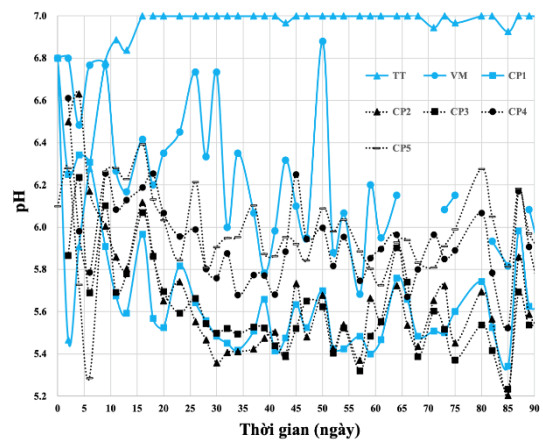
Chú thích: Trong cùng một cột, các giá trị được theo sau bởi các chữ cái khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

Ngược lại, các nghiệm thức ủ compost, CP1, CP2 và CP3 duy trì độ ẩm cao và ổn định, thường xuyên trên 50% (Hình 3) và dao động từ 51,4% đến 56,9% ở cả hai độ sâu (Bảng 5), tạo môi trường lý tưởng cho vi sinh vật hoạt động (Polprasert, 2007; Rynk et al., 2021). Sự cân bằng độ ẩm này (40% - 65%) giúp tối ưu hóa cả nhu cầu nước của vi sinh vật lẫn khả năng cung cấp oxy (Rynk et al., 2021).

Đặc biệt, CP3 cho thấy khả năng giữ ẩm tốt nhất, với độ ẩm cao nhất là 56,9% ở 10 cm. Trong khi đó, CP4 có độ ẩm khá tốt nhưng thấp hơn và CP5 thể hiện hiệu quả giữ ẩm kém nhất trong nhóm, với độ ẩm thường xuyên dưới 50%, cho thấy việc bổ sung quá nhiều chất thải thực vật có thể làm giảm khả năng giữ ẩm của khối ủ. Các nghiệm thức CP4 và CP5 có độ ẩm thấp hơn, đặc biệt ở độ sâu 20 cm, có thể ảnh hưởng đến hiệu suất ủ so với các nghiệm thức còn lại trong nhóm.

3.2.3. Sự thay đổi pH chất thải chăn nuôi đê theo thời gian

Giá trị pH là một trong những yếu tố then chốt kiểm soát tốc độ và hiệu quả của quá trình phân hủy sinh học (Oshins et al., 2022), ảnh hưởng trực tiếp đến hoạt động của vi khuẩn (phạm vi tối ưu 6,0 - 7,5) và nấm (phạm vi tối ưu 5,5 - 8,0) (Tchobanoglous & Kreith, 2002). Phạm vi tối ưu cho ủ compost là 5,5 - 9,0 (Rynk et al., 2021), trong khi đối với trùn đất là 4,5 - 9,0 (Ali et al., 2015).



Hình 4. Sự biến đổi pH theo thời gian của 7 nghiệm thức thí nghiệm

Đối với nhóm xử lý 100% GE, TT có pH gần như trung tính và ổn định bất thường (Hình 4), không có những giai đoạn biến động đặc trưng của quá trình phân hủy, cho thấy quá trình ủ không diễn ra mạnh mẽ do vật liệu quá khô. Ngược lại, VM cho thấy pH biến động lớn, từ 6,8 giảm xuống 6,0 rồi tăng lên 6,9 rồi giảm dao động quanh 5,8 - 6,2 (Hình 4), phản ánh quá trình phân hủy không được kiểm soát tốt về độ ẩm và nhiệt độ.

Trong nhóm ủ compost (CP1 đến CP5), tất cả các nghiệm thức đều duy trì pH trong khoảng 5,6 đến 6,0 (Hình 4), cho thấy quá trình phân hủy đang diễn ra mạnh mẽ. Ở các độ sâu 10 cm và 20 cm, các nghiệm thức CP1, CP2 và CP3 có pH nghiêng về phía axit nhẹ (5,6 - 5,8) (Bảng 6), phản ánh quá trình

phân hủy chất hữu cơ đang diễn ra mạnh mẽ. CP4 và CP5 có pH cao hơn một chút (5,9 - 6,0), gần với mức trung tính. Tất cả các giá trị này đều nằm trong phạm vi 5,5 - 8,5, cho thấy các phương pháp ủ compost này đều tạo ra môi trường thuận lợi cho vi sinh vật. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Mupondi et al. (2006) khi ủ hỗn hợp phân dê và vỏ thông. Tuy nhiên, pH cuối thí nghiệm của các NT CP1-CP5 thấp hơn báo cáo của Paredes et al. (2015), có thể do giá trị pH ban đầu của hỗn hợp ủ compost trong thí nghiệm này thấp hơn.

Bảng 6. Giá trị pH trung bình vật liệu ủ theo phương pháp xử lý và độ sâu (TB ± SE)

Nghiệm thức	Giá trị pH trung bình vật liệu ủ ở độ sâu	
	10 cm	20 cm
	TT	6,9 ^a ± 0,01
VM	6,3 ^b ± 0,05	-
CP1	5,7 ^d ± 0,02	5,7 ^c ± 0,03
CP2	5,7 ^d ± 0,02	5,7 ^c ± 0,03
CP3	5,6 ^d ± 0,02	5,8 ^c ± 0,04
CP4	5,9 ^c ± 0,02	6,0 ^b ± 0,04
CP5	6,0 ^c ± 0,02	6,0 ^b ± 0,06
P	<0,001	<0,001

Chú thích: Trong cùng một cột, các giá trị được theo sau bởi các chữ cái khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

3.3. Chất lượng phân bón hữu cơ thành phẩm từ chất thải chăn nuôi dê

Dựa trên số liệu phân tích đặc tính hóa lý và sinh học của vật liệu ủ trước và sau 90 ngày xử lý, có thể thấy rõ sự khác biệt giữa các nghiệm thức. Ở nhóm xử lý 100% GE, giá trị pH và hàm lượng dinh dưỡng TN, TP, TK, Phh, Khh cũng như Pb của TT, VM và CP1 sau ủ đều đạt chuẩn phân bón hữu cơ QCVN

01-189:2019/BNNPTNT (QCVN). Hiện tại, QCVN chưa quy định EC đối với phân bón hữu cơ, tuy nhiên sự thay đổi EC của vật liệu ủ trước và sau xử lý khá quan trọng khi bón cho cây trồng. Sau khi ủ, EC của TT đạt 9,0 mS/cm, vượt quá ngưỡng 8 mS/cm của EPA (2023) khuyến nghị, tiềm ẩn nguy cơ gây độc cho phần lớn các loại cây trồng; EC của VM và CP1 lần lượt đạt 7,4 và 4,3 mS/cm, đều nằm trong ngưỡng cho phép của EPA (2023). Điều này chứng tỏ VM và CP1 có thể tạo ra sản phẩm compost an toàn hơn đối với cây trồng so với TT. Đáng chú ý, tất cả độ ẩm và tỷ lệ C/N của TT, VM và CP1 có giá trị vượt so với ngưỡng QCVN. Theo tính toán, độ ẩm của thành phẩm chỉ cần được điều chỉnh về mức 30% thì tỉ lệ C/N của VM và CP1 đạt yêu cầu của QCVN (< 12). Đối với vi sinh vật gây hại, *E. coli* trong nhóm này giảm rõ rệt sau ủ, đặc biệt VM và CP1 lần lượt đạt mức 2,8×10² và 1,5×10² MPN/g, dưới ngưỡng 1,1×10³. Nhìn chung, VM và CP1 đạt chuẩn phân bón hữu cơ theo QCVN, chỉ cần tiếp tục giảm độ ẩm.

Nhóm có trộn chất thải thực vật (CP2 đến CP5), giá trị pH và hàm lượng dinh dưỡng TN, TK, Phh, Khh cũng như Pb sau ủ đều đạt QCVN. Trong nhóm CP2 đến CP5, EC đều đạt chuẩn EPA (2023), chỉ riêng EC của CP4 vượt chuẩn 8 mS/cm của EPA (2023) khuyến nghị, tiềm ẩn nguy cơ gây độc cho phần lớn các loại cây trồng. NT CP5 có hàm lượng TP quá thấp (0,7%). Độ ẩm, tỷ lệ C/N và *E. coli* của CP2 đến CP5 đều vượt QCVN. Do đó, CP2 và CP3 cần giảm ẩm và cần xử lý thêm để giảm *E. coli* đạt yêu cầu. Tuy nhiên, đối với phân bón hữu cơ cải tạo đất lại chưa có quy định cụ thể về mật số vi khuẩn *E. coli* như đối với phân bón hữu cơ bón rễ. Do đó, thành phẩm của CP2 hoặc CP3 có thể dùng cho mục đích cải tạo đất trước mùa vụ.

Bảng 7. Đặc tính hóa lý và sinh học của phân hữu cơ thành phẩm theo phương pháp xử lý

Nghiệm thức	pH H ₂ O (1:10)	EC (mS/cm)	Độ ẩm (%)	TC (%)	TN (%)	TP (%)	Tỷ lệ C/N	TK (%)	Phh (%)	Khh (%)	Pb (mg/kg)	<i>E. coli</i> (MPN/g)	Coliform (MPN/g)
TT	6,4	9,0	45,1	88,9	3,4	2,6	26,6	1,9	5,2	1,5	*	9,3×10 ³	9,3×10 ⁵
VM	7,2	7,4	80,1	73,1	2,9	2,5	24,6	1,6	5,1	1,5	*	2,8×10 ²	1,5×10 ³
CP1	7,4	4,3	71,6	79,3	3,4	3,1	23,1	2,2	6,6	2,1	*	1,5×10 ²	4,3×10 ²
CP2	7,4	7,4	73,3	67,0	3,2	2,8	20,9	2,5	5,9	2,6	*	1,5×10 ³	9,3×10 ³
CP3	7,3	3,6	68,9	82,3	3,3	2,7	24,9	2,7	5,6	2,7	*	4,3×10 ³	4,3×10 ⁴
CP4	7,7	9,3	32,7	83,2	2,9	1,9	28,3	3,2	4,0	3,5	*	1,5×10 ³	2,4×10 ⁴
CP5	8,4	2,6	65,9	87,1	2,0	0,7	43,5	2,7	1,3	2,9	*	2,1×10 ³	2,4×10 ⁵
QCVN	≥ 5	-	≤ 30	-	≥ 1 và < 8	≤ 12	-	≥ 1 và < 8	≤ 200	< 1,1×10 ³	-	-	-

Chú thích: QCVN: các thông số về chỉ tiêu chất lượng quy định cho phân bón hữu cơ theo QCVN 01-189:2019/BNNPTNT, * không phát hiện và - không quy định.

Bảng 8. Tỷ lệ thu hồi vật chất khô sau quá trình xử lý của các nghiệm thức (TB ± SE)

NT	Khối lượng đầu vào (kg vật chất khô)	Khối lượng thành phẩm (kg vật chất khô)	Tỷ lệ thu hồi (% khối lượng vật chất khô)
TT	116,5	50,1 ^a ± 4,1	43,0 ^a ± 3,5
VM	37,9	6,8 ^{cd} ± 1,1	17,8 ^b ± 2,9
CP1	116,5	26,6 ^b ± 6,5	22,8 ^b ± 5,6
CP2	101,9	23,4 ^b ± 1,8	23,0 ^b ± 1,8
CP3	87,7	17,3 ^{bc} ± 2,4	19,7 ^b ± 2,7
CP4	73,4	18,0 ^{bc} ± 1,2	24,6 ^b ± 1,7
CP5	58,9	2,6 ^d ± 0,5	4,6 ^c ± 0,9
P		<0,001	<0,001

Chú thích: Trong cùng một cột, các giá trị được theo sau bởi các chữ cái khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

3.4. Tỷ lệ thu hồi chất hữu cơ sau quá trình xử lý

Tỷ lệ thu hồi cho biết lượng chất hữu cơ còn lại sau quá trình phân hủy, được tính bằng cách so sánh khối lượng vật liệu sau xử lý với khối lượng ban đầu. Tỷ lệ thu hồi càng thấp chứng tỏ quá trình phân hủy càng triệt để. Điều này không chỉ dẫn đến giảm đáng kể khối lượng và thể tích của vật liệu mà còn là dấu hiệu của compost chất lượng cao. Tuy nhiên, để đánh giá toàn diện chất lượng phân bón hữu cơ sau ủ, nhiều yếu tố khác cần được xem xét thêm như độ ổn định, tỷ lệ C/N, pH, hàm lượng dinh dưỡng và sự vắng mặt của mầm bệnh hoặc hạt cỏ dại.

Đối với nhóm ủ 100% GE (TT, VM, CP1), TT có tỷ lệ thu hồi rất cao, đạt 42,9% khối lượng vật chất khô. Mức này cao hơn đáng kể so với tất cả các nghiệm thức khác (độ tin cậy 99%). Điều này cho thấy quá trình phân hủy trong TT diễn ra không triệt để, hoặc có thể do vật liệu bị khô và không phân hủy mạnh như các nghiệm thức được bổ sung nước giữ ẩm. Hai nghiệm thức VM và CP1 có tỷ lệ thu hồi tương đương nhau, lần lượt là 17,8% và 22,8% khối lượng vật chất khô thấp hơn đáng kể so với TT, cho thấy quá trình phân hủy trong VM và CP1 có thể diễn ra hiệu quả hơn TT trong việc giảm khối lượng đầu vào.

Đối với nhóm ủ compost (CP1 đến CP5), CP1, CP2, CP3 và CP4 có tỷ lệ thu hồi tương đương nhau (độ tin cậy 99%), lần lượt có giá trị là 22,8%, 22,9%,

19,7% và 24,6%, nhưng cao hơn CP5. Tỷ lệ thu hồi vật liệu ủ của CP5 rất thấp, chỉ đạt 4,6% khối lượng vật chất khô. Nhìn chung, CP1 đến CP4 cho kết quả khá hợp lý giữa phân hủy và thu hồi, phù hợp để chọn làm mô hình xử lý chất thải chăn nuôi dê bằng compost.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Khi xử lý 100% GE, VM và CP1 đạt hiệu quả xử lý tốt nhất, tạo ra phân bón hữu cơ đạt QCVN 01-189:2019/BNNPTNT. Đối với ủ compost, CP2 và CP3 đạt hiệu quả cao, đều tạo ra phân bón hữu cơ tốt nếu tiếp tục giảm ẩm và xử lý *E. coli*. Ngược lại, CP4 cho thấy nguy cơ gây độc cho cây trồng do độ dẫn điện cao, và CP5 có tỷ lệ thu hồi vật liệu thấp, chứng tỏ hiệu quả kém.

Trang trại hoặc hộ chăn nuôi dê nên chọn phương pháp xử lý chất thải tùy theo nguồn thải chính. Nếu chủ yếu là GE thì CP1 hoặc VM là hai lựa chọn đơn giản và hiệu quả. Nếu có nhiều loại chất thải hỗn hợp (chất thải bài tiết của dê, chất thải thực vật), thì CP2 hoặc CP3 cần được áp dụng để xử lý.

LỜI CẢM ƠN

Đề tài này được tài trợ bởi Trường Đại học Cần Thơ, Mã số: TĐH2023-03. Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ của quý đồng nghiệp và các em sinh viên khi thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Ali, U., Sajid, N., Khalid, A., Riaz, L., Rabbani, M. M., Syed, J. H., & Malik, R. N. (2015). A review on vermicomposting of organic wastes. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 34(4), 1050-1062. <https://doi.org/10.1002/ep.12100>

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, 141-158. <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>

- Hiền, D. M., Chúc, N. T., Linh, N. T. T., Ngôn, H. H. (2017). *Nuôi trùn quế từ phân gia súc, gia cầm và chất thải nông nghiệp*. Dự án Hỗ trợ Nông nghiệp các bon thấp (LCASP).
- Cục Thống kê. (2024). *Niên giám thống kê 2024*. Nhà xuất bản Thống kê.
- EPA. (1980). *Compendium on solid waste management by vermicomposting*. Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency.
- Edwards, C. A. (1988). Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. In C. A. Edwards & E. F. Neuhauser (Eds.), *Earthworms in waste and environmental management* (pp. 21–31). The Hague: SPB Academic Publishing BV.
- Kulcu, R., & Yaldiz, O. (2007). Composting of goat manure and wheat straw using pine cones as a bulking agent. *Bioresource Technology*, 98(14), 2700-2704.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.09.025>
- Mupondi, L. T., Mnkeni, P. N. S., & Brutsch, M. O. (2006). The effects of goat manure, sewage sludge and effective microorganisms on the composting of pine bark. *Compost science & utilization*, 14(3), 201-210.
<https://doi.org/10.1080/1065657X.2006.10702284>
- Ndegwa, P. M., & Thompson, S. A. (2001). Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource technology*, 76(2), 107-112.
[https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00104-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00104-8)
- New South Wales Environment Protection Authority (EPA). (2023). Compost specifications for horticulture.
<https://circularag.com.au/compost/wp-content/uploads/2023/07/23p4450-tech-specs-horticulture-v3.pdf>.
- Oshins, C., Michel, F., Louis, P., Richard, T. L., & Rynk, R. (2022). The composting process. In *The Composting Handbook* (pp. 51-101). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85602-7.00008-X>
- Paredes, C., Pérez-Murcia, M. D., Bustamante, M. A., Pérez-Espinoso, A., Agulló, E., & Moreno-Caselles, J. (2015). Valorization of Mediterranean livestock manures: composting of rabbit and goat manure and quality assessment of the compost obtained. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(sup1), 248-255.
<https://doi.org/10.1080/00103624.2014.989027>
- Polprasert, C. (2007). *Organic waste recycling: technology and management*. IWA Publishing.
- Ravindran, B., Dinesh, S. L., Kennedy, L. J., & Sekaran, G. (2008). Vermicomposting of solid waste generated from leather industries using epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *Applied biochemistry and biotechnology*, 151, 480-488.
<https://doi.org/10.1007/s12010-008-8222-3>
- Rynk, R., Black, G., Gilbert, J., Biala, J., Bonhotal, J., Schwarz, M., & Cooperband, L. (Eds.). (2021). *The composting handbook: a how - to and why manual for farm, municipal, institutional and commercial composters*. Academic Press.
- Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). *Handbook of solid waste management*. New York: McGraw Hill.
- Thùy, L. T. X., & Nam, L. H. (2020). Đánh giá khả năng nuôi trùn quế để xử lý chất thải nông nghiệp và đề xuất hệ thống nuôi trùn quế tự động. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng*, 18(1), 1-6.
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). *An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method*.