

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG Bùn THẢI CÔNG NGHIỆP PHỐI TRỘN VỚI PHÂN BÒ LÀM THỨC ĂN NUÔI TRùn QUẾ

(*Perionyx excavatus*)

Trương Thanh Thiên, Lê Chí Cường, Phạm Thị Phương Thúy*

Viện Khoa học Công nghệ Môi trường, Trường Đại học Trà Vinh

*Tác giả liên hệ: thuypt12000@tvu.edu.vn

Nhận bài: 22/04/2025 Hoàn thành phản biện: 25/07/2025 Chấp nhận bài: 06/09/2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá hiệu quả sử dụng bùn thải công nghiệp phối trộn với phân bò làm thức ăn nuôi trùn quế (*Perionyx excavatus*). Thí nghiệm được bố trí theo kiểu khối hoàn toàn ngẫu nhiên, một nhân tố (tỷ lệ phối trộn bùn thải/phân bò), gồm 5 nghiệm thức (từ 0,25/1 đến 1,25/1) và 3 lần lặp lại, nuôi trong 30 ngày. Các chỉ tiêu theo dõi gồm: khối lượng trùn, các yếu tố môi trường (pH, nhiệt độ, độ ẩm, EC) và chất lượng phân trùn (N, P, K, C hữu cơ, kim loại nặng As, Pb, Cd, Hg). Dữ liệu được xử lý bằng Phân tích phương sai (ANOVA) và kiểm định Duncan ($p < 0,05$) đối với bố trí một nhân tố khối hoàn toàn ngẫu nhiên, 3 lần lặp lại. Kết quả cho thấy, nghiệm thức NT1 (3,0 kg bùn + 12 kg phân bò) cho khối lượng trùn cao nhất (tăng 3,7 lần so với ban đầu), các chỉ tiêu N, P, K, EC đạt giá trị cao nhất và các kim loại nặng đều nằm trong giới hạn an toàn theo quy định hiện hành. Nghiên cứu khẳng định hiệu quả của việc tận dụng bùn thải công nghiệp đã xử lý phối trộn với phân bò trong nuôi trùn quế, góp phần xử lý chất thải và tạo phân hữu cơ chất lượng cao. Khuyến nghị áp dụng tỷ lệ NT1 trong mô hình xử lý bùn thải kết hợp sản xuất phân hữu cơ quy mô thực tế.

Từ khóa: Bùn thải công nghiệp, *Perionyx excavatus*, Phân hữu cơ, Trùn quế, Xử lý chất thải

RESEARCH ON USING INDUSTRIAL WASTE SLUDGE MIXED WITH COW MANURE AS FEED FOR FARMING EARTHWORMS

(*Perionyx excavatus*)

Trương Thanh Thiên, Lê Chí Cường, Phạm Thị Phương Thúy*

Institute of Environmental Science and Technology, Tra Vinh University

*Corresponding author: thuypt12000@tvu.edu.vn

Received: 22/04/2025 Revised: 25/07/2025 Accepted: 06/09/2025

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effectiveness of using industrial sludge mixed with cow manure as feed for rearing earthworms (*Perionyx excavatus*). The experiment was designed as a completely randomized block with one factor - mixing ratios of sludge to cow manure - comprising five treatments (ranging from 0.25:1 to 1.25:1) and three replications, conducted over 30 days/time and to continue three times. The observed parameters included earthworm biomass, environmental conditions (pH, temperature, moisture, and EC), and the quality of vermicompost (levels of N, P, K, organic carbon, and heavy metals such as As, Pb, Cd, Hg). Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) and Duncan's test ($p < 0.05$) for a single factorial randomized complete block design, 3 replicates. Results indicated that treatment NT1 (3.0 kg sludge + 12 kg cow manure) produced the highest earthworm biomass (3.7 times increase compared to the initial mass) and significantly improved nutrient contents (N, P, K, EC), while heavy metal concentrations remained within the permissible limits set by Vietnamese standards. The findings demonstrated that treated industrial sludge mixed with cow manure can be an effective and environmentally friendly feed source for earthworm farming, simultaneously addressing waste management and organic fertilizer production. It is recommended to apply treatment NT1 in practical-scale sludge treatment and vermicomposting systems.

Keywords: Earthworms, Industrial sludge, Organic fertilizer, *Perionyx excavatus*, Waste treatment

1. MỞ ĐẦU

Chất thải phát sinh từ quá trình xử lý nước thải chứa các hợp chất hữu cơ, vô cơ, hóa chất và các thành phần gây nguy hại cho môi trường, nếu không được xử lý bùn thải trước khi thải ra môi trường bên ngoài sẽ gây hại cho môi trường (Nguyễn Thanh Quang, 2021). Các phương pháp xử lý bùn thải phát sinh từ các hoạt động nông nghiệp chủ yếu là chôn lấp, chế biến phân vi sinh (compost)... (Nguyễn Thị Ngọc Lan, 2016). Các biện pháp xử lý bùn thải hiện nay ở nước ta không chỉ gây các vấn đề ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng mà còn gây lãng phí nguồn tài nguyên có thể tái sử dụng. Việc sử dụng phương pháp chôn lấp để xử lý bùn thải gây ảnh hưởng rất lớn đến môi trường đất vì trong bùn thải chứa các kim loại nặng như As, Pb, Cd, Hg, cùng với các chất thải nguy hại khác (Nguyễn Thị Phương, 2016). Theo nghiên cứu Nguyễn Thị Ngọc Nhi và cs. (2017) việc sử dụng trùn quế để xử lý các loại chất thải rất hiệu quả nhanh chóng và tiết kiệm chi phí xử lý thay vì áp dụng các phương pháp xử lý khác và đem lại hiệu quả cao về bảo vệ môi trường. Trùn quế là một loại động vật được sử dụng phổ biến hiện nay trong việc xử lý chất thải chăn nuôi, phân động vật, rác hữu cơ, phụ phẩm nông nghiệp, chất thải,... Trùn quế được xem là sinh vật quan trọng để chuyển đổi nguồn chất thải hữu cơ và tạo sinh khối bởi khả năng phân hủy mạnh mẽ các nguồn thức ăn, thực phẩm mà không cần xử lý. Thức ăn nuôi giun trùn quế thường là phân chuồng (phân của gia súc, gia cầm) và được bổ sung bùn thải công nghiệp (Trịnh Kim Yến, 2024). Phân trùn quế có tác dụng điều hòa môi trường đất rất tốt, giúp cây phát triển ngay cả khi nồng độ pH trong đất quá cao hoặc thấp (Lê Thái Dương, 2017). Phân trùn quế còn dùng làm phân bón lót cho cây rau quả, tạo ra sản phẩm có chất lượng và năng

suất cao (Nguyễn Thị Bạch Kim và cs., 2024). Bùn thải phát sinh từ các hệ thống xử lý nước thải từ các hoạt động nông nghiệp như chăn nuôi, nuôi trồng thủy sản, chế biến thực phẩm, giết mổ gia súc thường chứa một lượng lớn chất hữu cơ, N, P thích hợp cho việc sử dụng làm phân bón (Nguyễn Thị Hòa, 2015). Tuy nhiên, nguồn bùn thải này chưa được tận dụng cũng như tái sử dụng một cách hiệu quả. Chính vì vậy nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá sự gia tăng khối lượng của trùn quế và ảnh hưởng của trùn quế lên chất lượng phân hữu cơ từ bùn thải công nghiệp thông thường góp phần giải quyết ô nhiễm môi trường và hướng đến phát triển bền vững.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

Nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn bùn thải đã qua xử lý với phân bò đến sự gia tăng khối lượng của trùn quế.

Đánh giá chất lượng phân trùn quế được nuôi từ bùn thải công nghiệp thuộc nhóm bùn thải thông thường phân loại theo khoản 2 Điều 25 Nghị định 80/2014/NĐ-CP phối trộn với phân bò.

2.2. Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Thời gian nghiên cứu từ 07/2024 đến 10/2024, gồm 3 đợt thí nghiệm nuôi trùn quế, mỗi đợt thí nghiệm nuôi là 30 ngày và mô hình nuôi trùn quế được thực hiện tại Viện Khoa học Công nghệ Môi trường, trường Đại học Trà Vinh.

2.3. Đối tượng nghiên cứu

Giống trùn quế được mua tại trang trại Trùn Quế Minh Phụng (Địa chỉ: 187 Thanh Nguyên B, Mỹ Chánh, Châu Thành, Trà Vinh).

Phân bò tươi được thu gom từ các hộ chăn nuôi tại xã Nguyệt Hóa, huyện Châu Thành, tỉnh Trà Vinh.

2.4. Vật liệu nghiên cứu

Bùn thải được lấy từ nhà máy xử lý nước thải khu công nghiệp Long Đức (Địa chỉ: tọa lạc tại Lô KT, đường số 5, khu công nghiệp Long Đức ấp Vĩnh Hưng, xã Long Đức, thành phố Trà Vinh, tỉnh Trà Vinh). Bùn thải thuộc nhóm thông thường không độc hại được lấy từ nhà máy xử lý nước thải là loại bùn dạng sệt, sau đó tiến hành tách nước bùn và được phơi đạt ẩm độ 30%.

2.5. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí với mỗi ô có kích thước 60cm x 50cm x 50cm bằng vật liệu mút, bên dưới được lót bạt (tấm bạt được đục lỗ để thoát nước ra bên ngoài) và cố định, phía trên mái được phủ bạt kín, trọng lượng sinh khối trùn quế của mỗi ô thí nghiệm bằng nhau là 15 kg. Lượng sinh khối mỗi ô là 700 gam gồm 50 gam trùn và 650 gam phân trùn gốc từ trại nuôi trùn quế theo nghiên cứu của Nguyễn Thị Ngọc Nhi và cs. (2017). Thức ăn cho mỗi nghiệm thức là phân bò tươi (ẩm độ 30%) và bùn thải. Bùn thải và phân bò tươi sẽ được cân với tỷ lệ phối trộn thức ăn cho trùn quế ở Bảng 1 theo từng nghiệm thức và được trộn đều. Cách hai ngày cho trùn quế ăn một lần với

lượng thức ăn là 1kg cho mỗi ô tương ứng với một nghiệm thức, mỗi lần cho trùn quế ăn sẽ được tưới đều phủ hết bề mặt theo từng ô đến 30 ngày sau nuôi đạt khối lượng thí nghiệm sinh khối là 15 kg.

Nghiên cứu này là bố trí 1 nhân tố với 5 nghiệm thức (Bảng 1), mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần (3 rep) nhằm đánh giá hiệu quả sử dụng bùn thải công nghiệp phối trộn với phân bò làm thức ăn nuôi trùn quế (*Perionyx excavatus*).

Nghiên cứu được thực hiện làm 3 đợt (mỗi đợt là 30 ngày), trên cùng một địa điểm thí nghiệm, và cách bố trí ngẫu nhiên trong các lô thí nghiệm (nghiệm thức) giống nhau cho mỗi đợt (như sơ đồ bố trí 3 đợt) nhằm đánh giá phân tích ảnh hưởng của mùa vụ qua các thời gian khác nhau. Cách bố trí và phân tích trong nghiên cứu này được tham khảo từ *giáo trình thống kê bố trí thí nghiệm trong nông nghiệp* của cô Phan Thị Thanh Thủy, giáo trình được giảng dạy cho khối ngành nông nghiệp tại trường Đại học Cần Thơ. Giáo trình này trên cơ sở tổng hợp dịch thuật từ sách “Statistical Procedures For agricultural Research” Second edition by Dr. Kwanchai A. Gomez (Trưởng bộ môn Thống kê, Viện Nghiên cứu Lúa quốc tế IRRI).

ĐỢT 1		
Rep1 (lặp lại 1)	Rep2 (lặp lại 2)	Rep3 (lặp lại 3)
NT1	NT2	NT4
NT3	NT3	NT5
NT2	NT4	NT3
NT4	NT5	NT1
NT5	NT1	NT2

ĐỢT 2		
Rep1 (lặp lại 1)	Rep2 (lặp lại 2)	Rep3 (lặp lại 3)
NT1	NT2	NT4
NT3	NT3	NT5
NT2	NT4	NT3
NT4	NT5	NT1
NT5	NT1	NT2

ĐỢT 3		
Rep1 (lặp lại 1)	Rep2 (lặp lại 2)	Rep3 (lặp lại 3)
NT1	NT2	NT4
NT3	NT3	NT5
NT2	NT4	NT3
NT4	NT5	NT1
NT5	NT1	NT2

- NT: Nghiệm thức

Bảng 1. Tỷ lệ phối trộn thức ăn cho trùn quế

Nghiem thức	1	2	3	4	5
Tỷ lệ bùn thải bổ sung/phân bò	0,25/1 (3,0 kg bùn thải bổ sung + 12 kg phân bò)	0,5/1 (5,0 kg bùn thải bổ sung + 10 kg phân bò)	0,75/1 (6,2 kg bùn thải bổ sung + 8,8 kg phân bò)	1/1 (7,5 kg bùn thải bổ sung + 7,5 kg phân bò)	1,25/1 (8,33 kg bùn thải bổ sung + 6,67 kg phân bò)

2.6. Chỉ tiêu đánh giá

Chỉ tiêu theo dõi cho mỗi đợt thí nghiệm bao gồm: sinh trưởng và điều kiện môi trường: Khối lượng trùn quế, nhiệt độ, pH, độ ẩm môi trường đất khi thu hoạch.

Mẫu phân trùn quế được phân tích các chỉ tiêu: tổng đạm (N), lân (P), kali (K), carbon hữu cơ (C), tỷ số C/N và lưu huỳnh (S) theo tiêu chuẩn TCVN 9294:2012 và TCVN 9296:2012; hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd, Hg) được xác định bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử sử dụng lò Graphite 240Z AA.

2.7. Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu được xử lý bằng chương trình Microsoft Excel, phân tích phương sai (ANOVA) và kiểm định Duncan ở mức ý nghĩa 1% và 5% bằng phần mềm SPSS 22.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn bùn thải công nghiệp đã qua xử lý với phân bò đến sự gia tăng khối lượng của trùn quế

3.1.1. Xác định tỷ lệ phối trộn bùn thải đã qua xử lý đến sự gia tăng khối lượng của trùn quế

Kết quả Bảng 2 sau 30 ngày nuôi trùn quế cho thấy, khối lượng trùn quế NT1 (chứa 3kg bùn thải) thu hoạch có giá trị ở 3 đợt thí nghiệm và giá trị trung bình cao nhất và khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5% so với các nghiệm thức còn lại, dao động từ 176-197 gam (g). Khi hàm lượng bùn thải cao hơn thì khối lượng trùn quế thấp hơn cụ thể ở NT4 (chứa 7,5 kg bùn thải) và NT5 (chứa 8,33kg bùn thải) có giá trị thấp nhất và khác biệt thống kê ở cả 3 đợt nuôi và giá trị trung bình, dao động từ 120-136 gam. Trung bình khối lượng trùn quế giữa 3 đợt nuôi không khác biệt có ý nghĩa thống kê, giữa yếu tố nghiệm thức và mùa vụ cũng không có tương tác với nhau cho thấy yếu tố mùa vụ không ảnh hưởng đến khối lượng trùn quế.

Tóm lại, nghiệm thức 1 có khối lượng trùn quế cao nhất so với các nghiệm thức ở 3 đợt nuôi. Nguyên nhân có thể do hàm lượng phân bò có giá trị cao hơn bùn thải dẫn đến đủ dinh dưỡng cho trùn quế sinh trưởng, phát triển và không ảnh hưởng đến yếu tố mùa vụ, kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Nguyễn Thị Ngọc Nhi và cs.,(2017) cho rằng chất hữu cơ từ phân bò là nguồn thức ăn tốt nhất cho trùn quế.

Bảng 2. Khối lượng trùn quế sau khi 30 ngày/đợt và nuôi trong 3 đợt

Thí nghiệm	Khối lượng trùn quế (gam)			Trung bình thí nghiệm
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 3	
NT1	176 ^a	197 ^a	190 ^a	187 ^A
NT2	152 ^{ab}	161 ^b	159 ^b	157 ^B
NT3	135 ^{bc}	124 ^c	118 ^c	126 ^C
NT4	125 ^{bc (y)}	134 ^{bc (x)}	130 ^{c (xy)}	129 ^C
NT5	120 ^c	125 ^c	136 ^c	127 ^C
Trung bình 3 đợt	141	148	146	
F _(Đợt-T.bình) = 0,208 Sig _(Đợt-T.bình) = 0,813	F _(Đợt 1) =7,714 Sig _(Đợt 1) =0,008	F _(Đợt 2) =10,195 Sig _(Đợt 2) = 0,003	F _(Đợt 3) =20,943 Sig _(Đợt 3) =0,000	F _(NT-T.bình) =30,466 Sig _(NT-T.bình) = 0,000
F _(NT1) =1,864 Sig _(NT1) = 0,269	F _(NT2) =0,113 Sig _(NT2) =0,896	F _(NT3) =1,293 Sig _(NT3) =0,369	F _(NT4) =5,841 Sig _(NT4) =0,064	F _(NT5) =0,773 Sig _(NT5) =0,520

- Trong cùng một cột, các thí nghiệm có giá trị mang cùng chữ không khác biệt thống kê qua kiểm định

- Duncan ở mức độ 5%.

- Trong cùng một hàng, các đợt có giá trị mang cùng chữ trong ngoặc (..) không khác biệt thống kê qua kiểm định Duncan ở mức độ 5%.

- NT: thí nghiệm

3.1.2. Đánh giá các chỉ tiêu EC, nhiệt độ, pH, ẩm độ của phân trùn quế sau 30 ngày nuôi

Kết quả đánh giá độ dẫn điện (EC) của phân trùn quế sau 30 ngày nuôi cho thấy có sự khác biệt rõ rệt giữa các thí nghiệm. Thí nghiệm NT1 có giá trị EC cao nhất ở cả 3 đợt thí nghiệm và giá trị trung bình, dao động 3.016 - 3.759 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cao hơn có ý nghĩa thống kê so với các thí nghiệm còn lại ở mức ý nghĩa 1%. Các thí nghiệm NT2, NT3 và NT4 có giá trị EC lần lượt là 3.308; 3.154; và 3.068 $\mu\text{S}/\text{cm}$, không có sự khác biệt đáng kể giữa chúng. Trong khi đó, NT5 có EC thấp nhất, trung bình chỉ 2.221 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nhìn chung, yếu tố mùa vụ không

ảnh hưởng đến các thí nghiệm trừ NT2. Giữa yếu tố thí nghiệm và mùa vụ có tương tác với nhau khác biệt thống kê mức ý nghĩa 5%.

Nhìn chung, EC của phân trùn có xu hướng tăng theo tỷ lệ phối trộn bùn thải công nghiệp cao hơn, đặc biệt rõ ở thí nghiệm NT1. Kết quả này cho thấy rằng sự kết hợp hợp lý giữa bùn thải công nghiệp và phân bò có thể cải thiện hàm lượng chất hòa tan trong phân trùn, phù hợp với nhận định của Trịnh Kim Yến và cs. (2024) về xu hướng gia tăng EC trong quá trình phân hủy hữu cơ khi có nguyên liệu đầu vào có giá trị dinh dưỡng cao hơn.

Bảng 3. Độ dẫn điện EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) trong phân trùn quế sau khi nuôi 30 ngày/đợt và nuôi trong 3 đợt

Nghiệm thức	Độ dẫn điện EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			Trung bình nghiệm thức
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 3	
Bùn thải đầu vào	823	810	855	829
NT1	3.644 ^a	3.016	3.759 ^a	3.473 ^A
NT2	3.363 ^{ab(xy)}	2.711 ^(y)	3.483 ^{ab(x)}	3.186 ^{AB}
NT3	2.720 ^{bc}	2.709	3.068 ^{ab}	2.832 ^{BC}
NT4	3.037 ^{abc}	2.677	3.151 ^{ab}	2.955 ^B
NT5	2.416 ^c	2.429	2.731 ^c	2.525 ^C
Trung bình 3 đợt	3.036 ^{XY}	2.708 ^Y	3.239 ^X	
$F_{(\text{Đợt-T.bình})}$ =4,224 $\text{Sig}_{(\text{Đợt-T.bình})}$ =0,022	$F_{(\text{Đợt1})}=5,276$ $\text{Sig}_{(\text{Đợt1})}=0,022$	$F_{(\text{Đợt2})}=0,571$ $\text{Sig}_{(\text{Đợt2})}=0,691$	$F_{(\text{Đợt3})}=2,418$ $\text{Sig}_{(\text{Đợt3})}=0,134$	$F_{(\text{NT-T.bình})}$ =5,710 $\text{Sig}_{(\text{NT-T.bình})}$ =0,001
$F_{(\text{NT1})}=2,906$ $\text{Sig}_{(\text{NT1})}=0,166$	$F_{(\text{NT2})}=5,423$ $\text{Sig}_{(\text{NT2})}=0,073$	$F_{(\text{NT3})}=0,676$ $\text{Sig}_{(\text{NT3})}=0,559$	$F_{(\text{NT4})}=0,755$ $\text{Sig}_{(\text{NT4})}=0,527$	$F_{(\text{NT5})}=0,645$ $\text{Sig}_{(\text{NT5})}=0,572$

- Trong cùng một cột, các nghiệm thức có giá trị mang cùng chữ không khác biệt thống kê qua kiểm định

- Duncan ở mức độ 5%.

- Trong cùng một hàng, các đợt có giá trị mang cùng chữ trong ngoặc (..) không khác biệt thống kê qua kiểm định Duncan ở mức độ 5%.

- NT: nghiệm thức.

Kết quả theo dõi nhiệt độ cho thấy, nhìn chung nhiệt độ trung bình các nghiệm thức của 3 đợt là không khác biệt có ý nghĩa thống kê, tuy nhiên giữa các nghiệm thức ở đợt 1 và đợt 2 có khác biệt thống kê nhưng sự khác biệt này không lớn dao động từ 0,2–0,5°C. So sánh giữa 3 đợt cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%,

nhiệt độ trung bình ở đợt 1 cao nhất đạt 35,5°C, kế đến là đợt 2 đạt 29,7°C và thấp nhất là đợt 3 đạt 29,3°C. Kết quả nghiên cứu này phù hợp với diễn biến thời tiết giữa các tháng trong năm, đợt 1 bố trí từ tháng 7-8 có nhiệt độ cao hơn so với đợt 2 (tháng 8-9) và đợt 3 (tháng 9-10).

Bảng 4. Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) trong phân trùn quế sau khi nuôi 30 ngày/đợt và nuôi trong 3 đợt

Nghiệm thức	Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)			Trung bình nghiệm thức
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 3	
Bùn thải đầu vào	32,0	30,5	30,5	31
NT1	35,5 ^(x)	29,7 ^{ab(y)}	30,0 ^{a(y)}	31,7
NT2	35,5 ^(x)	29,5 ^{b(y)}	29,3 ^{ab(y)}	31,4
NT3	35,5 ^(x)	29,7 ^{ab(y)}	29,4 ^{ab(y)}	31,5
NT4	35,5 ^(x)	29,9 ^{b(y)}	28,9 ^{b(y)}	31,4
NT5	35,5 ^(x)	29,9 ^{b(y)}	28,9 ^{b(y)}	31,4
Trung bình 3 đợt	35,5 ^X	29,7 ^Y	29,3 ^Z	
$F_{(\text{Đợt-T.bình})}$ =162,111 $\text{Sig}_{(\text{Đợt-T.bình})}$ =0,000	$F_{(\text{Đợt1})}=\text{Not value}$ $\text{Sig}_{(\text{Đợt1})}$ =Not value	$F_{(\text{Đợt2})}=2,625$ $\text{Sig}_{(\text{Đợt2})}=0,114$	$F_{(\text{Đợt3})}=3,348$ $\text{Sig}_{(\text{Đợt3})}=0,066$	$F_{(\text{NT-T.bình})}=0,015$ $\text{Sig}_{(\text{NT-T.bình})}$ =0,990
$F_{(\text{NT1})}=195,595$ $\text{Sig}_{(\text{NT1})}=0,000$	$F_{(\text{NT2})}=931,000$ $\text{Sig}_{(\text{NT2})}=0,000$	$F_{(\text{NT3})}=198,250$ $\text{Sig}_{(\text{NT3})}=0,000$	$F_{(\text{NT4})}=264,125$ $\text{Sig}_{(\text{NT4})}=0,000$	$F_{(\text{NT5})}=264,125$ $\text{Sig}_{(\text{NT5})}=0,000$

- Trong cùng một cột, các nghiệm thức có giá trị mang cùng chữ không khác biệt thống kê qua kiểm định
- Duncan ở mức độ 5%.
- Trong cùng một hàng, các đợt có giá trị mang cùng chữ trong ngoặc (..) không khác biệt thống kê qua kiểm định Duncan ở mức độ 5%.
- Not value: giá trị các nghiệm thức giống nhau nên không thực hiện được phép tính thống kê.
- NT: nghiệm thức.

Kết quả theo dõi pH trong phân trùn quế sau 30 ngày cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức. Nghiệm thức NT1 của 3 đợt thí nghiệm và trung bình có giá trị pH cao nhất (trung bình 7,53), khác biệt có ý nghĩa ở mức 1% so với NT3 và NT5. Các nghiệm thức còn lại (NT2, NT4) cũng có giá trị pH trung bình ở mức 7,5–7,52 và không có sự khác biệt đáng kể giữa chúng. Trong khi đó, NT5 có pH thấp nhất (7,4), tuy vẫn nằm trong

khoảng pH trung tính. Mặc dù bùn thải ban đầu có môi trường hơi acid (pH 6,5–6,7), sau khi nuôi trùn quế, pH của các nghiệm thức đều tăng lên mức ổn định trung tính, phù hợp cho quá trình sinh trưởng của trùn cũng như tạo điều kiện hình thành phân hữu cơ có chất lượng tốt. pH trung bình ở 3 đợt thí nghiệm không khác biệt lớn nhưng khác biệt so với pH bùn thải đầu vào. Nguyên nhân có thể chất hữu cơ đã được phân hủy hoàn toàn góp phần làm giảm các acid hữu cơ trong phân trùn quế.

Bảng 5. pH trong phân trùn quế sau khi nuôi 30 ngày ngày/đợt và nuôi trong 3 đợt

Nghiệm thức	pH			Trung bình nghiệm thức
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 3	
Bùn thải đầu vào	6,5	6,7	6,5	6,6
NT1	7,5	7,6 ^a	7,5 ^a	7,5 ^A
NT2	7,5	7,5 ^b	7,5 ^b	7,4 ^B
NT3	7,5	7,4 ^{ab}	7,4 ^b	7,5 ^{AB}
NT4	7,5 ^(x)	7,5 ^{ab(x)}	7,3 ^{b(y)}	7,5 ^{AB}
NT5	7,4	7,5 ^{ab}	7,4 ^b	7,4 ^B
Trung bình 3 đợt	7,5	7,5	7,4	
F _(Đợt-T.bình) =2,023 Sig _(Đợt-T.bình) =0,146	F _(Đợt1) =1,167 Sig _(Đợt 1) =0,394	F _(Đợt 2) =2,006 Sig _(Đợt 2) =0,187	F _(Đợt 3) =8,190 Sig _(Đợt 3) =0,006	F _(NT-T.bình) =3,081 Sig _(NT-T.bình) =0,027
F _(NT1) = 0,353 Sig _(NT1) =0,722	F _(NT2) = 2,107 Sig _(NT2) = 0,237	F _(NT3) = 0,798 Sig _(NT3) = 0,511	F _(NT4) = 10,947 Sig _(NT4) = 0,024	F _(NT5) = 3,465 Sig _(NT5) = 0,134

- Trong cùng một cột, các nghiệm thức có giá trị mang cùng chữ không khác biệt thống kê qua kiểm định
- Duncan ở mức độ 5%.
- Trong cùng một hàng, các đợt có giá trị mang cùng chữ trong ngoặc (..) không khác biệt thống kê qua kiểm định Duncan ở mức độ 5%.
- NT: nghiệm thức

Kết quả Bảng 6 cho thấy, có sự khác biệt có nghĩa thống kê 3 đợt thí nghiệm và giá trị trung bình về ẩm độ ở 5 nghiệm thức, tuy nhiên sự khác biệt này không lớn, ẩm độ dao động từ 28,8 - 30,4% và chưa tìm thấy

mối tương quan giữa khối lượng trùn quế và ẩm độ, điều đó cho thấy ở ẩm độ từ 28,8 - 30,4% thích hợp cho trùn quế sinh trưởng và phát triển và ẩm độ trung bình ở 3 đợt nuôi thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê.

Bảng 6. Âm độ (%) trong phân trùn quế sau khi nuôi 30 ngày/đợt và nuôi trong 3 đợt

Nghiem thức	Âm độ (%)			Trung bình nghiem thức
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 3	
Bùn thải đầu vào	30,0	30,0	30,0	30,0
NT1	29,9 ^a	30,1	30,1 ^a	29,8 ^{AB}
NT2	29,7 ^a	29,6	29,3 ^b	29,5 ^{AB}
NT3	29,5 ^{ab}	29,8	29,8 ^{ab}	29,7 ^{AB}
NT4	29,7 ^a	30,1	30,2 ^a	30,0 ^A
NT5	28,8 ^b	30,0	29,4 ^{ab}	29,3 ^B
Trung bình 3 đợt	29,5	29,8	29,8	
$F_{(\text{Đợt-T.bình})}$ =1,099 $\text{Sig}_{(\text{Đợt-T.bình})}$ =0,343	$F_{(\text{Đợt 1})}=3,103$ $\text{Sig}_{(\text{Đợt 1})}=0,081$	$F_{(\text{Đợt 2})}=0,345$ $\text{Sig}_{(\text{Đợt 2})}=0,840$	$F_{(\text{Đợt 3})}=2,992$ $\text{Sig}_{(\text{Đợt 3})}=0,088$	$F_{(\text{NT-T.bình})}$ =2,632 $\text{Sig}_{(\text{NT-T.bình})}$ =0,089
$F_{(\text{NT1})}=1,154$ $\text{Sig}_{(\text{NT1})}=0,402$	$F_{(\text{NT2})}=0,378$ $\text{Sig}_{(\text{NT2})}=0,707$	$F_{(\text{NT3})}=0,871$ $\text{Sig}_{(\text{NT3})}=0,485$	$F_{(\text{NT4})}=1,500$ $\text{Sig}_{(\text{NT4})}=0,372$	$F_{(\text{NT5})}=2,321$ $\text{Sig}_{(\text{NT5})}=0,214$

- Trong cùng một cột, các nghiệm thức có giá trị mang cùng chữ không khác biệt thống kê qua kiểm định; - Duncan ở mức độ 5%; - Trong cùng một hàng, các đợt có giá trị mang cùng chữ trong ngoặc (..) không khác biệt thống kê qua kiểm định Duncan ở mức độ 5%; - NT: nghiệm thức.

3.2. Chất lượng phân hữu cơ từ bùn thải công nghiệp đã qua xử lý phối trộn với phân bò làm thức ăn nuôi trùn quế

3.2.1 Ảnh hưởng của trùn quế lên chất lượng phân hữu cơ từ bùn thải công nghiệp sau 30 ngày nuôi

Kết quả Bảng 7 cho thấy, hàm lượng đạm dễ tiêu ở 3 đợt thí nghiệm có sự khác biệt thống kê, Nghiệm thức 1 của 3 đợt thí

nghiệm và trung bình có giá trị cao nhất (trung bình 373 mg/kg) khác biệt ý nghĩa thống kê 1% so với nghiệm thức còn lại. Nguyên nhân là do hàm lượng đạm ban đầu ở NT 1 (chứa 12 kg phân bò) cao nhất nên tạo ra phân trùn có giá trị cao hơn. Giá trị trung bình hàm lượng đạm trong phân trùn giữa 3 đợt nuôi không biến động lớn dao động từ 246 – 303 mg/kg được đánh giá ở thang đất rất giàu đạm.

Bảng 7. Hàm lượng Đạm (N/mg/kg) dễ tiêu trong phân trùn quế sau khi nuôi 30 ngày/đợt và nuôi trong 3 đợt

Nghiem thức	Hàm lượng Đạm (N/mg/kg)			Trung bình nghiem thức
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 3	
Bùn thải đầu vào	65	62	68	65
NT1	382 ^a	387 ^a	376 ^a	381 ^A
NT2	349 ^a	325 ^a	296 ^b	314 ^B
NT3	170 ^{b (y)}	204 ^{b (xy)}	248 ^{b (x)}	207 ^C
NT4	169 ^b	231 ^b	323 ^{ab}	241 ^C
NT5	161 ^b	215 ^b	272 ^b	216 ^C
Trung bình 3 đợt	246	272	297	
$F_{(\text{Đợt-T.bình})}$ =1,287 $\text{Sig}_{(\text{Đợt-T.bình})}$ =0,287	$F_{(\text{Đợt 1})}=19,500$ $\text{Sig}_{(\text{Đợt 1})}=0,000$	$F_{(\text{Đợt 2})}=13,239$ $\text{Sig}_{(\text{Đợt 2})}=0,001$	$F_{(\text{Đợt 3})}=2,984$ $\text{Sig}_{(\text{Đợt 3})}=0,088$	$F_{(\text{NT-T.bình})}$ =14,673 $\text{Sig}_{(\text{NT-T.bình})}$ =0,000
$F_{(\text{NT1})}=1,091$ $\text{Sig}_{(\text{NT1})}=0,419$	$F_{(\text{NT2})}=1,565$ $\text{Sig}_{(\text{NT2})}=0,315$	$F_{(\text{NT3})}=6,785$ $\text{Sig}_{(\text{NT3})}=0,052$	$F_{(\text{NT4})}=3,828$ $\text{Sig}_{(\text{NT4})}=0,118$	$F_{(\text{NT5})}=4,378$ $\text{Sig}_{(\text{NT5})}=0,098$

- Trong cùng một cột, các nghiệm thức có giá trị mang cùng chữ không khác biệt thống kê qua kiểm định
- Duncan ở mức độ 5%.
- Trong cùng một hàng, các đợt có giá trị mang cùng chữ trong ngoặc (..) không khác biệt thống kê qua kiểm định Duncan ở mức độ 5%.
- NT: nghiệm thức.

Tương tự như hàm lượng đạm trong phân trùn, kết quả cho thấy nghiệm thức NT1 có hàm lượng lân dễ tiêu ở 3 đợt thí nghiệm và trung bình cao nhất, trung bình đạt 385 mg/kg, khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 1% so với các nghiệm thức còn lại. Nguyên nhân là do nguyên liệu đầu vào có hàm lượng lân cao nên tạo phân trùn có

giá trị cao hơn. Các nghiệm thức NT2, NT3, NT4 và NT5 có hàm lượng lân trung bình thấp hơn, dao động từ 213–349 mg/kg. Giá trị lân dễ tiêu ở 3 đợt nghiên cứu đều được đánh giá ở ngưỡng rất giàu lân, trong đó hàm lượng lân dễ tiêu có giá trị cao nhất và khác biệt so với 2 đợt thí nghiệm còn lại. Nguyên nhân có thể do nguyên liệu đầu vào của bùn thải có giá trị lân dễ tiêu cao hơn.

Bảng 8. Hàm lượng Lân (P/mg/kg) dễ tiêu trong phân trùn quế sau khi nuôi 30 ngày/đợt và nuôi trong 3 đợt

Nghiệm thức	Hàm lượng Lân (P/mg/kg)			Trung bình nghiệm thức
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 3	
Bùn thải đầu vào	40	40	42	41
NT1	364 ^a (y)	377 ^a (y)	413 (x)	385 ^A
NT2	348 ^a	327 ^a	378	351 ^A
NT3	240 ^b (xy)	167 ^b (y)	307 (x)	238 ^B
NT4	202 ^b (y)	163 ^b (y)	334 (x)	233 ^B
NT5	178 ^b	158 ^b	292	209 ^B
Trung bình 3 đợt	267 ^Y	239 ^Y	345 ^X	
F _(Đợt-T.bình) =5,885 Sig _(Đợt-T.bình) =0,006	F _(Đợt 1) =13,921 Sig _(Đợt 1) =0,001	F _(Đợt 2) =30,008 Sig _(Đợt 2) =0,000	F _(Đợt 3) =1,629 Sig _(Đợt 3) =0,258	F _(NT-T.bình) =12,136 Sig _(NT-T.bình) =0,000
F _(NT1) =22,343 Sig _(NT1) =0,007	F _(NT2) =1,384 Sig _(NT2) =0,349	F _(NT3) =4,211 Sig _(NT3) =0,104	F _(NT4) =44,657 Sig _(NT4) =0,002	F _(NT5) =3,038 Sig _(NT5) =0,158

- Trong cùng một cột, các nghiệm thức có giá trị mang cùng chữ không khác biệt thống kê qua kiểm định
- Duncan ở mức độ 5%.
- Trong cùng một hàng, các đợt có giá trị mang cùng chữ trong ngoặc (..) không khác biệt thống kê qua kiểm định Duncan ở mức độ 5%.
- NT: nghiệm thức.

Kết quả Bảng 9 cho thấy, nghiệm thức 1 có hàm lượng kali dễ tiêu ở 3 đợt thí nghiệm cao nhất, giá trị trung bình đạt 835 mg/kg, khác biệt ở mức ý nghĩa thống kê 5% so với các nghiệm thức còn lại. Hàm lượng kali dễ tiêu trong phân trùn quế ở cả

3 đợt thí nghiệm đều có giá trị cao và được đánh giá ở mức rất giàu kali, giá trị giữa 3 đợt thí nghiệm có sự khác biệt dao động từ 660 -745 mg/kg, cao nhất ở đợt 2 (745 mg/kg). Nguyên nhân có thể do nguyên liệu bùn thải ban đầu có giá trị cao hơn.

Bảng 9. Hàm lượng Kali (K/mg/kg) dễ tiêu trong phân trùn quế sau khi nuôi 30 ngày ngày/đợt và nuôi trong 3 đợt

Nghiệm thức	Hàm lượng Kali (K/mg/kg)			Trung bình nghiệm thức
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 3	
Bùn thải đầu vào	97	102	90	96
NT1	856 ^a	855	795	835 ^A
NT2	814 ^{a (x)}	781 ^(xy)	664 ^(y)	753 ^A
NT3	624 ^b	692	612	643 ^B
NT4	595 ^b	699	586	627 ^B
NT5	572 ^b	696	579	615 ^B
Trung bình 3 đợt	692	745	647	
$F_{(Đợt-T.bình)}=2,071$ $Sig_{(Đợt-T.bình)}=0,139$	$F_{(Đợt 1)}=10,317$ $Sig_{(Đợt 1)}=0,003$	$F_{(Đợt 2)}=1,503$ $Sig_{(Đợt 2)}=0,289$	$F_{(Đợt 3)}=1,089$ $Sig_{(Đợt 3)}=0,423$	$F_{(NT-T.bình)}=7,266$ $Sig_{(NT-T.bình)}=0,000$
$F_{(NT1)}=3,118$ $Sig_{(NT1)}=0,153$	$F_{(NT2)}=4,785$ $Sig_{(NT2)}=0,087$	$F_{(NT3)}=0,796$ $Sig_{(NT3)}=0,512$	$F_{(NT4)}=1,310$ $Sig_{(NT4)}=0,365$	$F_{(NT5)}=0,648$ $Sig_{(NT5)}=0,670$

- Trong cùng một cột, các nghiệm thức có giá trị mang cùng chữ không khác biệt thống kê qua kiểm định

- Duncan ở mức độ 5%.

- Trong cùng một hàng, các đợt có giá trị mang cùng chữ trong ngoặc (..) không khác biệt thống kê qua kiểm định Duncan ở mức độ 5%.

- NT: nghiệm thức.

Tóm lại, hàm lượng N, P, K trong tất cả các nghiệm thức đều tăng lên rõ rệt sau 30 ngày nuôi và đạt giá trị cao nhất ở nghiệm thức NT 1. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Nguyễn Thị Bạch Kim và cs. (2024) và Tất Anh Thư và cs. (2023), cho thấy quá trình nuôi trùn quế giúp nâng cao hàm lượng dễ tiêu các nguyên tố dinh dưỡng trong phân. Điều này chứng minh rằng bùn thải công nghiệp sau khi phối trộn với phân bò và qua quá trình xử lý bằng trùn quế không chỉ làm giảm độc tính mà còn làm tăng đáng kể hàm lượng N, P, K trong phân. Như vậy, phân trùn quế thu được sau xử lý có hàm lượng N, P, K cao, giàu dinh

dưỡng, phù hợp để sử dụng làm phân bón hữu cơ trong nông nghiệp.

3.2.2. Kết quả các chỉ tiêu phân tích của phân trùn quế được nuôi từ bùn thải

Kết quả phân tích hàm lượng dinh dưỡng ở mẫu phân trùn quế từ Bảng 10 cho thấy, hàm lượng cacbon hữu cơ dao động từ 19,6 – 20,6 %. Trong đó, hàm lượng cacbon hữu cơ đạt giá trị cao nhất là 20,6% ở NT 1 và giá trị thấp nhất là ở NT 2 với 19,6 %. Tương tự, hàm lượng nitơ dao động từ 2,5 – 3,7 %. Trong đó hàm lượng nitơ đạt giá trị cao nhất là 3,7 % ở NT 1 và thấp nhất ở NT 4 với 2,5 %. Kết quả phân tích này phù hợp với nghiên cứu của Nguyễn Thị Ngọc Nhi và cs. (2017).

Bảng 10. Các chỉ tiêu phân tích hàm lượng dinh dưỡng trong mẫu phân trùn quế

Chỉ tiêu thử nghiệm	Bùn đầu vào	Các nghiệm thức				
		NT 1	NT 2	NT 3	NT 4	NT 5
Cacbon hữu cơ (%)	16,4	20,6	19,6	20,6	20,4	20,3
Nitơ (%)	1,7	3,7	3,3	3,1	2,5	2,8
Tỷ số C/N	9,6	5,6	5,9	6,6	8,2	8,1

- NT: nghiệm thức.

Tóm lại, hàm lượng Cacbon và Nito mẫu phân trùn quế đạt mức quy định tại QCVN 01-189:2019/BNNPTNT (Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng phân bón, 2019).

Kết quả phân tích ở mẫu phân trùn quế từ Bảng 11 cho thấy, hàm lượng lưu huỳnh dao động từ 0,244 – 0,342 %. Hàm lượng lưu huỳnh ở bùn đầu vào có hàm lượng cao nhất đạt 0,342 % và hàm lượng thấp nhất đạt 0,244 % ở NT2. Hàm lượng asen từ mẫu phân trùn quế dao động từ 26,21 – 54,6 (µg/kg). Hàm lượng asen ở bùn

đầu vào có hàm lượng cao nhất đạt 54,6 (µg/kg) và hàm lượng thấp nhất đạt 26,21 (µg/kg) ở NT 1. Hàm lượng chì từ mẫu phân trùn quế dao động từ 0,66 – 3,68 (µg/kg). Hàm lượng chì ở bùn đầu vào có hàm lượng cao nhất đạt 3,68 (µg/kg) và hàm lượng thấp nhất đạt 0,66 (µg/kg) ở NT 1. Theo nghiên cứu của Aleagha and Ebadi, (2011) thì hàm lượng lưu huỳnh, asen và thủy ngân ở mẫu phân trùn quế này phù hợp quy định về chất lượng phân bón. Tiếp đó, hàm lượng cadimi và thủy ngân không phát hiện có trong mẫu phân trùn quế.

Bảng 11. Các chỉ tiêu phân tích môi trường trong mẫu phân trùn quế

Chỉ tiêu thử nghiệm	Bùn đầu vào	Các nghiệm thức				
		NT 1	NT 2	NT 3	NT 4	NT 5
Lưu huỳnh (%)	0,342	0,268	0,244	0,283	0,297	0,306
Asen (µg/kg)	54,6	26,21	31,22	40,64	41,71	32,31
Chì (µg/kg)	3,68	0,66	0,86	1,21	1,03	0,79
Cadimi (µg/kg)	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH
Thủy ngân (µg/kg)	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH

KPH: Không phát hiện; - NT: nghiệm thức.

Tóm lại, theo Thông tư 09/2019/TT – BNNPTNT (Thông Tư 09/2019/TT-Bộ Nông Nghiệp Phát Triển Nông Thôn, 2019) quy định như sau: hàm lượng Asen ≤ 10 mg/kg hoặc mg/l hoặc ppm khối lượng, hàm lượng Chì ≤ 200 mg/kg hoặc mg/l hoặc ppm khối lượng, hàm lượng Cadimi ≤ 5 mg/kg hoặc mg/l hoặc ppm khối lượng, hàm lượng Thủy ngân ≤ 2 mg/kg hoặc mg/l hoặc ppm khối lượng. Như vậy so với kết quả nghiên cứu thì lưu huỳnh, asen, chì, cadimi và thủy ngân đều không vượt mức theo quy định.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy việc sử dụng bùn thải công nghiệp phối trộn với phân bò làm thức ăn nuôi trùn quế (*Perionyx excavatus*) là giải pháp hiệu quả trong xử lý chất thải và tạo ra phân bón hữu cơ chất lượng. Trong đó, nghiệm thức NT1 (3,0 kg bùn thải + 12 kg phân bò) cho kết quả tốt nhất với khối lượng trùn tăng 3,7 lần so với

khối lượng trùn ban đầu là 50 gam sau 30 ngày nuôi và các chỉ tiêu dinh dưỡng (N, P, K, EC) trong phân trùn quế đều cao hơn so với ban đầu N (65 mg/kg), P (40 mg/kg), K (97 mg/kg), EC (823 µs/cm). Đồng thời, hàm lượng kim loại nặng như As, Pb, Cd, Hg trong phân đều nằm trong giới hạn cho phép theo quy định hiện hành. Phương pháp này không chỉ góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường mà còn tạo ra sản phẩm phân hữu cơ thân thiện với môi trường, phù hợp ứng dụng trong nông nghiệp bền vững.

LỜI CẢM ƠN

Kết quả nghiên cứu được tài trợ bởi Trường Đại học Trà Vinh (TVU) thông qua Hợp đồng số 31/2024/HĐ.HĐKH&ĐT-DHTV.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu tiếng Việt

Lê Đức Trung, Nguyễn Ngọc Linh và Nguyễn Thị Thanh Thúy. (2007). Sử dụng vật liệu hấp phụ tự nhiên để xử lý kim loại nặng trong bùn thải công nghiệp. *Tạp chí Phát*

- triển Khoa học và Công nghệ, 10(01).1-8.
- Lê Thái Dương, Nguyễn Thị Chúc và Huỳnh Hạnh Ngôn. (2017). *Nuôi trùn quế từ phân gia súc, gia cầm và chất thải nông nghiệp*. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.
- Nguyễn Thanh Quang. (2021). Đánh giá công tác quản lý bùn thải tại nhà máy xử lý nước thải Thủ Dầu Một. *Tạp chí Khoa học Đại học Thủ Dầu Một*, 5(54) - 2021, 62–73.
- Nguyễn Thị Bạch Kim, Phạm Văn Trọng Tính, Phạm Văn Trình, Nguyễn Văn Ý, Trần Thanh Sang và Lê Trần Thanh. (2024). Sản xuất phân trùn quế từ chất thải hữu cơ và đánh giá hiệu quả ứng dụng trong canh tác một số loại rau ăn lá trên nền đất phèn. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 60, Số Chuyên đề SDMD (2024), 25-36.
- Nguyễn Thị Hòa. (2015). *Nghiên cứu sử dụng bùn thải sinh học từ trạm xử lý nước thải chế biến nhà bếp làm nguyên liệu nuôi cấy Bacillus thuringiensis sinh độc tố, diệt trừ sâu*. Viện Công nghệ Môi trường: Luận án tiến sĩ Môi trường.
- Nguyễn Thị Ngọc Lan. (2016). Xử lý bùn thải sinh học bằng giun quế tạo ra sản phẩm phân bón hữu cơ. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, kỳ 2, tháng 4/2016.
- Nguyễn Thị Ngọc Nhi, Nguyễn Hoàng Hạnh, Lê Thanh Thanh, Trần Nhân Dũng. (2017). *Nghiên cứu sử dụng bùn thải trong quy trình nuôi giun quế Perionyx Excavatus (Perrier, 1872)*. Hội nghị Khoa học toàn quốc lần thứ 7 về Sinh thái và Tài nguyên sinh vật, 1352–1356.
- Nguyễn Thị Phương, Nguyễn Mỹ Hoa, Đỗ Thị Xuân, Võ Thị Thu Trân và Lâm Ngọc Tuyết. (2016). Đặc tính bùn thải từ hệ thống xử lý nước thải của nhà máy sản xuất bia và chế biến thủy sản. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 54, Số chuyên đề: Nông nghiệp (2018), 81-89.
- Tất Anh Thư, Nguyễn Nhựt Hào, Đặng Quốc Đạt và Võ Thị Bích Thủy. (2023). Ảnh hưởng của liều lượng phân trùn quế và phân hóa học đến việc. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 59(3B), 110-118.
- Trịnh Kim Yến, Trần Văn Tuấn. (2024). Nghiên cứu xử lý bùn thải sinh học từ hệ thống xử lý nước thải cơ sở giết mổ gia súc thành sinh khối nuôi trùn quế. *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường*, (53 - 2024), 13-21.
- Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng phân bón. (2019). QCVN 01-189:2019/BNNPTN.
- Thông Tư 09/2019/TT-Bộ Nông Nghiệp Phát Triển Nông Thôn.
- 2. Tài liệu tiếng nước ngoài**
- Aleagha, M. M, & Ebadi, A. G. (2011). Study of heavy metals bioaccumulation in the process of vermicomposting. *African Journal of Biotechnology*, 10(36), 6997-7001.