

ẢNH HƯỞNG CỦA TỶ LỆ C:N VÀ TẦN SUẤT ĐẢO TRỘN ĐẾN HÀM LƯỢNG DINH DƯỠNG TRONG QUÁ TRÌNH Ủ PHÂN GÀ

Nguyễn Tất Cảnh*, Trần Thị Thiêm, Lê Văn Phụng

Khoa Nông học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Tác giả liên hệ: ntcanh@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 23.09.2019

Ngày chấp nhận đăng: 28.02.2020

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu là đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ C:N (T) và tần suất đảo trộn (D) đến mất đạm tổng số trong quá trình ủ phân gà (hỗn hợp phân gà, thức ăn thừa, lông gà và mùn cưa) làm cơ sở để sản xuất phân ủ có chất lượng tốt. Tỷ lệ C:N trong nghiên cứu này bao gồm ba mức 20:1, 25:1 và 30:1 và tần suất đảo trộn là 1, 3 và 5 ngày/lần. Đặc tính lý hóa ban đầu của phân gà đã được xác định. Trong quá trình ủ, độ ẩm 55% trong đống được duy trì và tiến hành theo dõi nhiệt độ, pH và đạm tổng số (TN). Chất khô tổng số (DM), carbon tổng số (TC), lân tổng số và kali tổng số được xác định vào thời gian cuối của quá trình ủ. Kết quả nghiên cứu cho thấy tỷ lệ C:N và tần suất đảo trộn ảnh hưởng có ý nghĩa ($p \leq 0,05$) đến nhiệt độ đồng ủ, sự thay đổi pH, lượng mất tích lũy TN, TC, P và K trong khi trọng lượng chất khô chỉ bị ảnh hưởng ($p \leq 0,05$) bởi tỷ lệ C:N. Tất cả các công thức thí nghiệm đều được ủ hoại mục sau 75 ngày khi nhiệt độ đồng ủ giảm gần với nhiệt độ môi trường. Lượng đạm tổng số tích lũy mất chủ yếu là do bay hơi khí amoniac (NH_3) trong 20 ngày đầu sau khi ủ, khi nhiệt độ đồng ủ và pH đạt trên 30°C và 7,5. Công thức thí nghiệm đảo trộn 3 ngày/lần, tỷ lệ C:N 25:1 (D3T25) có lượng đạm tổng số tích lũy mất ít nhất.

Từ khóa: Ủ phân, tỷ lệ C:N, đảo trộn, lượng đạm tổng số tích lũy bị mất.

Effect of C: N Ratio and Frequency of Turning on Nutrient Content During Chicken Manure Composting

ABSTRACT

The study was conducted to assess the effect of C: N ratio (T) and frequency of turning (D) on total nitrogen loss during chicken manure composting (chicken faeces, leftovers, feathers and sawdust) to achieve good quality compost. The ratio C: N included three levels of 20: 1, 25: 1 and 30: 1 and the frequency of turning was 1, 3 and 5 days/time. The initial physical and chemical properties of chicken manure were determined. During composting process, 55% moisture in the pile was maintained, monitoring temperature, pH and total nitrogen (TN). Total dry matter, total carbon (TC), total phosphorus and total potassium were recorded at the end of the composting process. The study results have shown that the ratio of C: N and the frequency of turning to affect significantly ($p \leq 0.05$) to the pile temperature, the change in pH, the lost amount of TN, TC, P and K while the weight of the dry matter was only affected ($p \leq 0.05$) by the C: N ratio. All experimental treatments were reached maturation after 75 days when the pile temperature decreased close to the ambient temperature. The total amount of nitrogen loss was mainly due to evaporation of ammonia gas (NH_3) in the first 20 days after composting when the pile temperature and pH reached 30°C and 7.5. The experimental treatment of turning every 3 days, the C: N 25:1 ratio (D3T25) has the lowest total nitrogen loss.

Keywords: Composting; C:N ratio; Turning frequency; Total nitrogen loss.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chăn nuôi gà công nghiệp ngày càng được mở rộng với tốc độ tăng lên hàng năm ở Việt Nam cũng như trên thế giới. Điều này dẫn đến

tích lũy một lượng lớn chất thải bao gồm phân gà và chất thải trong chăn nuôi gà, gây ra những vấn đề về nơi chứa và ô nhiễm môi trường. Theo Nguyễn Văn Bộ & Trần Tiến Minh (2018), hàng năm chúng ta có khoảng 60-65

triệu tấn chất thải rắn và khoảng trên 60 triệu tấn chất thải lỏng từ chăn nuôi. Hầu hết chất thải chăn nuôi gà hiện nay đều được dùng để bón cho đất nông nghiệp như là nguồn cung cấp dinh dưỡng và cải tạo đất. Phân gà được ủ để cung cấp nguồn đạm, lân (Sharpley & cs., 2009).

Ủ phân là một trong những phương pháp xử lý phân gà tươi làm tăng cường chất lượng phân và giảm tác động đến môi trường khi bón phân vào đất. Ủ phân là một quá trình sinh học, trong đó chất thải hữu cơ được phân huỷ và chuyển hoá trong điều kiện có kiểm soát, thành sản phẩm được sử dụng như một loại phân bón hữu cơ (Brake, 1992; Haga, 1999). Ủ phân giúp cho việc bảo quản và giữ được các đặc điểm của phân bằng cách giảm khối lượng và trọng lượng của nó, tiêu diệt mầm bệnh và hạt cỏ dại, giảm thiểu việc sản sinh các chất độc sinh học, giảm mùi khó chịu (Tiquia & cs., 1998), ổn định các chất dinh dưỡng và chất hữu cơ (OM) (Michel & cs., 1996). Tuy nhiên, một trong những tác động tiêu cực nhất của việc ủ phân là mất N thông qua bay hơi amoniac (NH_3) làm giảm giá trị phân bón. Lượng N mất tới 33% so với ban đầu trong quá trình ủ phân gia cầm (Hansen & cs., 1989), trong khi lượng đạm mất trong quá trình ủ phân động vật dao động từ 21% đến 77% (Martins & Dewes, 1992). Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng, bay hơi NH_3 tăng cùng với tăng độ pH, độ ẩm (MC), độ thoáng khí, nồng độ NH_3 hoặc nhiệt độ (Bishop & Godfrey, 1983). Thông số được sử dụng rộng rãi nhất cho quá trình ủ là tỷ lệ C:N của vật liệu ủ ban đầu; Tỷ lệ C:N ban đầu cao sẽ làm chậm quá trình ủ và thời gian ủ cần thiết dài hơn bình thường (Tuomela & cs., 2000). Eghball (1997) cũng cho rằng thời gian ủ phân có thể kéo dài hơn nếu không duy trì được độ ẩm ở một mức độ thích hợp. Đảo trộn trong nhiều nghiên cứu cho biết là biện pháp kỹ thuật chủ yếu để làm tăng độ thoáng khí và kiểm soát nhiệt độ trong quá trình ủ phân theo phương pháp ủ đống (Michel & cs., 1996; Tiquia, 1996), trong khi tần suất đảo trộn thường được cho là yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ ủ phân cũng như chất lượng phân bón (Tiquia, 1996). pH gần trung tính là thích hợp nhất cho hoạt động của vi sinh vật trong quá trình ủ phân. Moore & cs. (1997) cũng cho rằng, bay hơi NH_3 từ phân gia

cầm tăng lên khi pH tăng trên 7,0. Nhiệt độ là chỉ tiêu đơn giản và rất phù hợp để đánh giá sự tiến triển của quá trình ủ phân, lượng O_2 đã và đang được tiêu thụ (Walker, 2004). Haga (1999), Misra & cs. (2003) cho biết nhiệt độ cao trong quá trình ủ phân góp phần tiêu diệt hạt cỏ dại và sinh vật gây bệnh.

Mặc dù lượng N mất ảnh hưởng bởi tỷ lệ C:N (Eghball & cs., 1997) cũng như tần suất đảo trộn (Tiquia & cs., 1997), tuy nhiên ảnh hưởng kết hợp của hai yếu tố này đến chất lượng phân gia cầm chưa được biết rõ. Trong phân bón, đạm là yếu tố được chú ý nhất vì nó là yếu tố cần thiết nhất cho dinh dưỡng thực vật. Theo Stephenson & cs. (1990), phân gia cầm tươi chứa nồng độ N, Ca và P cao hơn phân từ vật nuôi khác. Do đó, nghiên cứu này nhằm mục đích: (1) đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ C:N và tần suất đảo trộn đến tỷ lệ đạm tổng số (TN) trong quá trình ủ phân gà trong đống ủ và (2) xác định sự kết hợp tối ưu giữa tần suất đảo trộn và tỷ lệ C/N để giảm thiểu lượng đạm mất trong quá trình ủ.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Ủ phân trong đống ủ có đảo trộn

Thí nghiệm được tiến hành ở khu Thực nghiệm của Trung tâm Nông nghiệp Á Nhiệt đới, Học viện Nông nghiệp Việt Nam từ 12/2018 – 3/2019. Thí nghiệm 2 nhân tố với 3 lần nhắc lại: nhân tố tỷ lệ C:N (T) gồm ba mức: 20:1 (T20); 25:1 (T25) và 30:1 (T30), nhân tố tần suất đảo trộn (D) trong thời gian 75 ngày ủ cũng gồm ba mức: 1 ngày/lần (D1), 3 ngày/lần (D3) và 5 ngày/lần (D5). Số tổ hợp các nhân tố nghiên cứu là 9 (D1T20, D1T25, D1T30, D3T20, D3T25, D3T30, D5T20, D5T25, D5T30). Mỗi đống phân ủ trong hầm có kích thước 1,2m × 1,2m × 0,70m, hình kim tự tháp và được đảo trộn thủ công bằng xẻng cầm tay trong suốt thời gian ủ.

Phân gà tươi được thu thập từ Trang trại gia cầm của công ty DABACO ở Bắc Ninh 4 ngày trước khi ủ. Mùn cưa được lấy từ Nhà máy cưa ở Cầu Đống, Gia Lâm. Một số chỉ tiêu lý hoá của phân gà và mùn cưa trước thí nghiệm được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Một số chỉ tiêu lý hoá của phân gà và mùn cưa trước thí nghiệm

Thông số	Phân gà	Mùn cưa
N tổng số (%)	2,16 ± 0,11	nd
Tro (%)	52,34 ± 1,20	3 ± 0,17
C tổng số (%)	26,5 ± 1,13	53,89 ± 1,71
C:N	12:2	nd
K tổng số (%)	1,62 ± 0,05	nd
P tổng số (%)	1,10 ± 0,03	nd
pH	7,83 ± 0,04	7,60 ± 0,10
MC (%)	56,0 ± 2,48 ^a	30,0 ± 1,10 ^a

Ghi chú: a: giá trị tính theo trọng lượng ướt, các thông số còn lại tính theo trọng lượng khô; nd: không xác định, MC(%): độ ẩm (%).

Hàm lượng N, P, K tổng số và C/N trong mùn cưa không xác định được (Bảng 1). Điều này phù hợp với kết quả công bố của Galler & Davey (1971) và Eghball (1997) về hàm lượng N, P và K tổng số được xem như không đáng kể trong mùn cưa. Trong khi đó, ở phân gà tươi, hàm lượng N, P và K tổng số đều ở mức rất cao, còn tỷ lệ C:N là 12:2 nằm ở mức thấp nên trong thí nghiệm để tỷ lệ C:N đạt 20:1, 25:1 và 30:1 phải được điều chỉnh thông qua việc bổ sung mùn cưa (Brake, 1992). Độ ẩm của phân gà và mùn cưa là 56% và 30% tương ứng. Vì vậy, đồng ủ cũng được điều chỉnh và duy trì độ ẩm 55% theo phương pháp của Brake (1992) trong suốt quá trình ủ phân.

Lượng mùn cưa bổ sung (204,6kg mùn cưa/hầm ủ, 122,2kg mùn cưa/hầm ủ và 64,1kg mùn cưa/hầm ủ) vào phân gà (200 kg/hầm ủ) để đạt tỷ lệ C:N 20:1, 25:1 và 30:1 tương ứng trong công thức thí nghiệm được sử dụng công thức của Richard và Trautmannsau (1996) như sau:

$$Q_2 = \frac{Q_1 \times N_1 \times \left(R - \frac{C_1}{N_1} \right) \times (100 - M_1)}{N_2 \times \left(\frac{C_2}{N_2} - R \right) \times (100 - M_2)}$$

Trong đó, Q_1 và Q_2 : khối lượng của phân gà và mùn cưa (kg), R: Tỷ lệ C/N của hỗn hợp ủ, C_1 & C_2 : tỷ lệ carbon trong phân gà và mùn cưa (%), N_1 và N_2 : tỷ lệ đạm trong phân gà và mùn cưa (%), M_1 và M_2 : độ ẩm của phân gà và mùn cưa tương ứng (%).

2.2. Quy trình lấy mẫu và phân tích

Nhiệt độ môi trường và nhiệt độ trong đồng ủ được đo hàng ngày và trước khi đảo trộn sử dụng nhiệt kế thủy ngân tại hai vị trí cách 0,25m từ đỉnh và 0,25m từ dưới lên. Nhiệt độ được đo trong khoảng thời gian từ 06 giờ đến 08 giờ sáng khi nhiệt độ môi trường khá ổn định. Hai tuần một lần, thu thập ba mẫu tại ba vị trí trong mỗi đồng ủ (0,25m từ đỉnh, ở giữa và 0,25m từ dưới lên) sau đó trộn lại. Các mẫu được phân tích theo các thông số sau: độ ẩm (sấy ở nhiệt độ 105°C trong 24 giờ); hàm lượng tro (tính theo phần trăm dư lượng sau đốt ở nhiệt độ 600°C trong 5 giờ); đạm tổng số (TN) được xác định theo phương pháp kjeldahl (Bremner, 1996); K tổng số (sau khi xử lý bằng axit để phá mẫu) sử dụng quang phổ hấp thụ nguyên tử (model Alpha 4); P tổng số (sau khi xử lý bằng axit) sử dụng máy đo quang phổ cực tím (model UNICAM UV1) có bước sóng 660 nm; pH (1:10 w/v trọng lượng mẫu: thể tích nước cất) sử dụng máy đo pH với một điện cực thủy tinh. Carbon tổng số (TC) được ước tính từ hàm lượng tro theo công thức (Mercer & Rose, 1968):

$$TC(\%) = \frac{100 - Tro(\%)}{1,8} \quad (1)$$

Lượng chất khô (DM), TC, TN, P và K bị mất từ đồng ủ trong quá trình ủ phân được tính theo phương trình (Sanchez-Monedero & cs., 1996):

$$Y \text{ lượng mất } (\%) = 100 - 100 \left| \frac{X_1 Y_2}{X_2 Y_1} \right| \quad (2)$$

Trong đó X_1 và X_2 là lượng tro trước khi ủ và sau khi ủ, Y là DM, TC, TN, P và K và Y_1 và Y_2 là hàm lượng trước và sau khi ủ phân của Y. Các mẫu được phân tích TC, P và K trước và sau khi ủ trong khi TN và pH được phân tích 2 tuần một lần. Tất cả các phép đo khối lượng (trừ MC) được biểu thị theo trọng lượng được sấy khô ở nhiệt độ 105°C.

2.3. Phân tích thống kê

Số liệu được phân tích thống kê bằng phần mềm phân tích thống kê SAS (2002). Phân tích phương sai hai nhân tố (ANOVA) để so sánh sự thay đổi về đặc tính phân ủ. Sai khác có ý nghĩa, sai khác có ý nghĩa nhỏ nhất (LSD) được sử dụng để xác định sự sai khác giữa các công thức.

Bảng 2. Phần trăm các chất bị giảm sau khi ủ phân với tần suất đảo trộn và tỷ lệ C:N khác nhau (%)

Công thức	Lượng chất khô	C tổng số	N tổng số	P tổng số	K tổng số
D1T20	16,95 ± 0,56	84,88 ± 0,82	78,50 ± 0,31	69,67 ± 1,15	90,68 ± 0,27
D3T20	17,15 ± 0,95	76,88 ± 0,82	70,60 ± 0,18	52,68 ± 1,31	82,67 ± 0,27
D5T20	16,25 ± 0,55	67,53 ± 1,11	76,80 ± 0,35	5,60 ± 8,34 ^a	80,54 ± 0,32
D1T25	16,86 ± 0,11	85,02 ± 0,22	67,10 ± 0,32	63,44 ± 1,67	76,23 ± 0,45
D3T25	12,67 ± 0,86	75,55 ± 1,22	55,30 ± 0,57	29,13 ± 1,28	63,58 ± 0,55
D5T25	8,30 ± 1,14	70,32 ± 1,05	72,20 ± 1,04	3,78 ± 1,18 ^a	53,34 ± 0,84
D1T30	19,59 ± 0,26	85,63 ± 0,33	77,00 ± 1,17	55,15 ± 2,33	87,15 ± 0,85
D3T30	17,75 ± 1,46	82,55 ± 0,54	64,90 ± 1,61	54,66 ± 2,85	83,76 ± 0,18
D5T30	20,62 ± 1,45	81,67 ± 1,67	77,30 ± 1,86	61,78 ± 1,29	79,48 ± 0,37

Ghi chú: Trung bình và sai số chuẩn ($n = 3$), ^a phần trăm tăng lên.

Bảng 3. Kết quả ANOVA, ảnh hưởng của tỷ lệ C:N và đảo trộn (D) đến các thông số (% bị giảm) trong quá trình ủ phân

Ảnh hưởng	SS	Df	MS	F	P-value	F crit
Car bon tổng số						
D	657,82	2	328,91	399,86	1,21E-15	3,55
C:N	250,52	2	125,26	152,28	5,25E-12	3,55
C:N*D	157,42	4	39,35	47,84	2,37E-09	2,93
Sai số	14,81	18	0,82			
Lân tổng số						
D	6.880,96	2	3.440,48	393,97	1,38E-15	3,55
C:N	2.910,67	2	1.455,34	166,65	2,43E-12	3,55
C:N*D	5.150,62	4	1.287,65	147,45	1,70E-13	2,93
Sai số	157,19	18	8,73			
Kali tổng số						
D	840,57	2	420,29	1.292,48	3,62E-20	3,55
C:N	2.304,75	2	1.152,37	3.543,83	4,30E-24	3,55
C:N*D	208,07	4	52,02	159,97	8,38E-14	2,93
Sai số	5,85	18	0,33			

Ghi chú: SS: Tổng bình phương, Df: Bậc tự do, MS: Bình phương trung bình, F: giá trị F, Fcrit: F bảng,

**Bảng 4. Sai khác có ý nghĩa (LSD)
và ảnh hưởng tương tác đến các thông số của quá trình ủ phân**

Yếu tố thí nghiệm		Nhiệt độ (°C)	pH	Khối lượng chất khô (% giảm)	Đạm tổng số (% giảm)
C:N	20:1	40,0 ^c	7,83 ^b	17,15 ^a	75,30 ^a
	25:1	48,4 ^a	8,58 ^a	14,11 ^b	64,87 ^b
	30:1	43,6 ^b	6,52 ^c	17,82 ^a	73,04 ^a
	LSD5%	0,93	0,86	3,56	2,64
D	1 ngày	44,4 ^b	8,18 ^a	17,80 ^{ns}	74,18 ^a
	3 ngày	48,8 ^a	7,19 ^b	15,86 ^{ns}	63,58 ^b
	5 ngày	38,8 ^c	7,56 ^b	15,43 ^{ns}	75,45 ^a
	LSD5%	0,93	0,86	3,56	2,64
C:N*D1	20:1	37,30 ^c	8,04 ^{ns}	16,95 ^{ns}	78,46 ^a
	25:1	49,53 ^a	8,32 ^{ns}	16,86 ^{ns}	67,10 ^b
	30:1	46,40 ^b	8,19 ^{ns}	19,59 ^{ns}	76,97 ^a
	LSD5%	1,62			4,57
C:N*D3	20:1	43,27 ^c	7,34 ^b	17,15 ^a	70,60 ^a
	25:1	54,03 ^a	9,02 ^a	10,57 ^b	55,26 ^c
	30:1	48,97 ^b	5,21 ^c	17,75 ^a	64,86 ^b
	LSD5%	1,62	1,49	6,16	4,57
C:N*D5	20:1	39,43 ^c	8,11 ^a	17,37 ^b	76,83 ^a
	25:1	41,60 ^a	8,42 ^a	12,80 ^c	72,23 ^c
	30:1	35,40 ^b	6,15 ^b	26,12 ^a	77,30 ^a
	LSD5%	1,62	1,49	2,16	2,57

Ghi chú: Chữ viết phía trên số liệu cùng chữ là không có sai khác ở $p \leq 0,05$, phù hợp với sai khác nhỏ nhất có ý nghĩa (LSD); ns- giá trị trung bình không có ý nghĩa $p \leq 0,05$ phù hợp với LSD.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Diễn biến nhiệt độ trong đống ủ ở tần suất đảo trộn và tỷ lệ C:N khác nhau

Sau ủ 1 ngày cho thấy tỷ lệ C:N đã làm tăng nhiệt độ đống phân (43,6-56,2°C) so với nhiệt độ môi trường (30°C) và đạt cao nhất (68,1°C) sau 5 ngày ủ, sau đó nhiệt độ đống phân giảm dần và ổn định (tương đương nhiệt độ không khí) từ 12-17 ngày đến 75 ngày sau ủ (Hình 1a, b và c). Diaz & cs. (2002) cũng cho rằng nhiệt độ đống ủ tăng dần và kéo dài 5 đến 7 ngày sau khi ủ. Kết quả xử lý thống kê cũng cho thấy, tỷ lệ C:N ở mức 25:1 đã làm tăng nhiệt độ đống ủ cao nhất (48,4°C) và có sự sai khác ý nghĩa ($p \leq 0,05$) so với tỷ lệ C:N khác (Bảng 2). Khi tăng tần suất đảo trộn từ 1 ngày/lần lên 3 ngày/lần đã làm tăng nhiệt độ

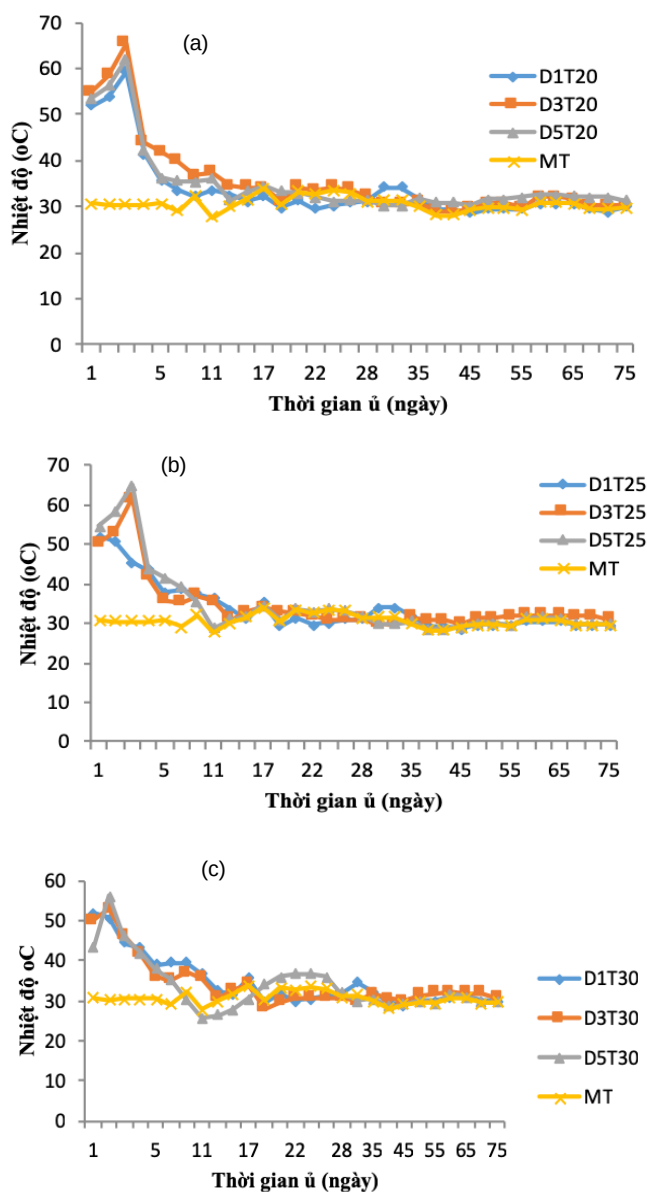
đống ủ, nhưng khi tiếp tục tăng tần suất đảo trộn lên 5 ngày/lần lại làm giảm nhiệt độ đống ủ ở mức thấp nhất (Bảng 2). Điều này cho thấy đảo trộn ảnh hưởng đến tăng giảm nhiệt độ cũng như tái kích hoạt quá trình ủ sau khi trộn nguyên liệu vào trong đống ủ để vi sinh vật phân hủy (Gracia-Gómez & cs., 2003). Do tỷ lệ C:N và tần suất đảo trộn đều ảnh hưởng có ý nghĩa ($p \leq 0,05$) đến nhiệt độ đống ủ, dẫn đến có sự ảnh hưởng tương tác giữa tỷ lệ C:N và tần suất đảo trộn đến nhiệt độ đống ủ ở mức có ý nghĩa ($p \leq 0,05$) (Bảng 2).

3.2. Khối lượng chất khô ở tỷ lệ C:N và tần suất đảo trộn khác nhau

Tỷ lệ C:N ảnh hưởng có ý nghĩa ($p \leq 0,05$) đến % giảm khối lượng chất khô (DM) (Bảng 3), trong khi tần suất đảo trộn và tương tác giữa

tần suất đảo trộn cao (D1) với các tỷ lệ C:N khác nhau lại không có ảnh hưởng tin cậy ($p \leq 0,05$) đến khối lượng chất khô bị giảm, nhưng ở tỷ lệ C:N cao và tần suất đảo trộn thấp làm giảm khối lượng chất khô so với trước khi ủ ở mức có ý nghĩa. Kết quả nghiên cứu của Cook và cs. (2015) cho biết với tốc độ thổi khí khác nhau không nhiều ($0,003 \text{ m}^3/\text{h.kg}$ và $0,006 \text{ m}^3/\text{h.kg}$) thì sự thay đổi khối lượng chất khô so với khi bắt đầu ủ giữa các công thức không có sai khác có ý nghĩa, có thể được sử dụng để giải thích cho kết quả thu được của thí nghiệm. Đảo trộn trong

nghiên cứu này tác động đến việc trộn nguyên liệu nhiều hơn là cung cấp khí. Ở tần suất đảo trộn thấp hơn (D3 và D5), tương tác giữa hai yếu tố này thể hiện rõ, cùng tần suất đảo trộn, khối lượng chất khô giảm nhiều nhất ở tỷ lệ C:N 20:1 và 30:1, trong khi ở tỷ lệ C:N 25:1 thấp hơn đáng kể. Ogunwande và cs. (2008) tiến hành nghiên cứu ủ phân gia cầm với mùn cưa cũng cho kết quả tương tự. Khối lượng chất khô bị giảm dao động từ 8,65 đến 20,82% (Bảng 2) so với kết quả nghiên cứu của Kithome & cs. (1999) thấp hơn từ 35-45%.



Hình 1. Ảnh hưởng của tần suất đảo trộn đến diễn biến nhiệt độ trong đống ủ ở tỷ lệ C/N là 20 (a), 25 (b) và 30 (c)

3.3. pH

Trong nghiên cứu này, cả tỷ lệ C:N và D đều ảnh hưởng ($p \leq 0,05$) đến thay đổi pH (Bảng 4).

Giá trị pH giảm trong quá trình ủ liên quan đến giảm tần suất đảo trộn (D) có thể do sản sinh axit hữu cơ mạch ngắn khi cung cấp không khí cho đồng phân ủ bị giảm. Giá trị pH (1:10 w/v trọng lượng mẫu: thể tích nước cất) ban đầu dao động trong khoảng 8,25 đến 8,65. Giá trị cao (8,55-9,35) xuất hiện trong tuần thứ hai ở tất cả các công thức (Hình 2a-c), sau khi tăng pH thì bắt đầu giảm và ổn định vào tuần thứ 8 cho đến tuần thứ 10 sau khi ủ. Việc tăng và giảm pH có liên quan trực tiếp đến hàm lượng amon trong phân ủ, và có lẽ do sự phân hủy protein thành amon (Qasim & cs., 2018) và ngoài ra còn do sự phân hủy các hợp chất hữu cơ (Baeta-Hall & cs. 2005). Thực tế là các giá trị pH tăng lên từ 8,0 đến 9,0 cho biết quá trình ủ tiến triển tốt (Sundberg & cs., 2004). Giá trị pH cuối cùng biến động trong khoảng 7,72 và 8,15. Đây là một chỉ tiêu cho biết hàm lượng hữu cơ (OM) đã ổn định (Sesay & cs., 1997).

3.4. Nito tổng số (TN)

Kết quả phân tích ANOVA cho thấy tỷ lệ C:N, tần suất đảo trộn (D) và sự tương tác của hai chỉ tiêu này có ảnh hưởng đáng kể ($p \leq 0,05$) đến tỷ lệ giảm đạm tổng số tích lũy (TN) (Bảng 4). Cụ thể, TN giảm nhiều nhất ở tỷ lệ T20 và T30, giảm thấp nhất ở tỷ lệ T25. Ở tần suất đảo trộn cao (D1) và thấp (D5) TN giảm nhiều nhất, ở mức đảo trộn trung bình (D3) TN có tỷ lệ giảm thấp nhất. Khi nghiên cứu ảnh hưởng tương tác giữa D và T, kết quả thu được cho thấy khi tần suất đảo trộn cao, D1T25 có tỷ lệ giảm TN thấp hơn đáng kể so với D1T20 và D1T30. Ở mức đảo trộn trung bình D1T20 có tỷ lệ TN giảm nhiều nhất, tiếp đến D5T25 và thấp nhất là D3T25. Ở tần suất đảo trộn thấp, kết quả tương tự như ở tần suất đảo trộn cao. Mức độ tương tác tính theo giá trị trung bình của D và T đến tỷ lệ giảm TN được trình bày ở đồ thị 4 cho thấy D3 có lượng đạm mất tích lũy là thấp nhất, tiếp đến là D1 và D5. Theo Bryndum & cs. (2017) lượng đạm bị mất nhiều trong quá trình ủ phân gà là do tần

suất đảo trộn cao trùng với thời kỳ hàm lượng đạm cao trong thời gian khoảng 2 tuần sau ủ. Với tần suất đảo trộn 5 ngày một lần (D5), thời gian để đạt lượng đạm mất tích lũy cao hơn so với D1 và D3, do vậy mặc dù tần suất đảo trộn thấp hơn nhưng lượng đạm mất tích lũy lại cao hơn D3.

Nguyên nhân làm giảm hàm lượng đạm tổng số trong quá trình ủ, Cáceres & cs. (2018) cho biết việc giảm hàm lượng đạm tổng số đi cùng với bay hơi khí amoniac, sản phẩm của quá trình phân huỷ đạm tổng số. Nhiệt độ cao hơn 45°C và pH cao (7,7) là điều kiện tốt để bay hơi khí amoniac. Đạm tổng số bị giảm có thể còn do rửa trôi, hiện tượng thường thấy vào ngày thứ hai đầu tiên sau khi ủ. Trong ba tỷ lệ C:N, tỷ lệ T25 có lượng đạm tổng số mất ít nhất. Theo Cáceres & cs. (2018), giảm lượng đạm trong quá trình ủ có thể do giảm lượng amoniac bay hơi. Việc giảm này có thể liên quan đến sự cố định một phần amoniac trong quá trình đồng hoá của vi sinh vật hình thành sinh khối mới. Việc bay hơi amoniac là kết quả của quá trình phân huỷ các hợp chất hữu cơ chứa đạm dưới tác động của việc cung cấp khí cho đồng ủ. Khi cung cấp không khí nhiều cho đồng ủ, lượng đạm tổng số bị giảm nhiều hơn khi cung cấp không khí ít hơn (Guo & cs., 2012). Tốc độ cung cấp khí cao đã thúc đẩy phát thải amoniac và chuyển amoniac ở dạng lỏng sang dạng khí.

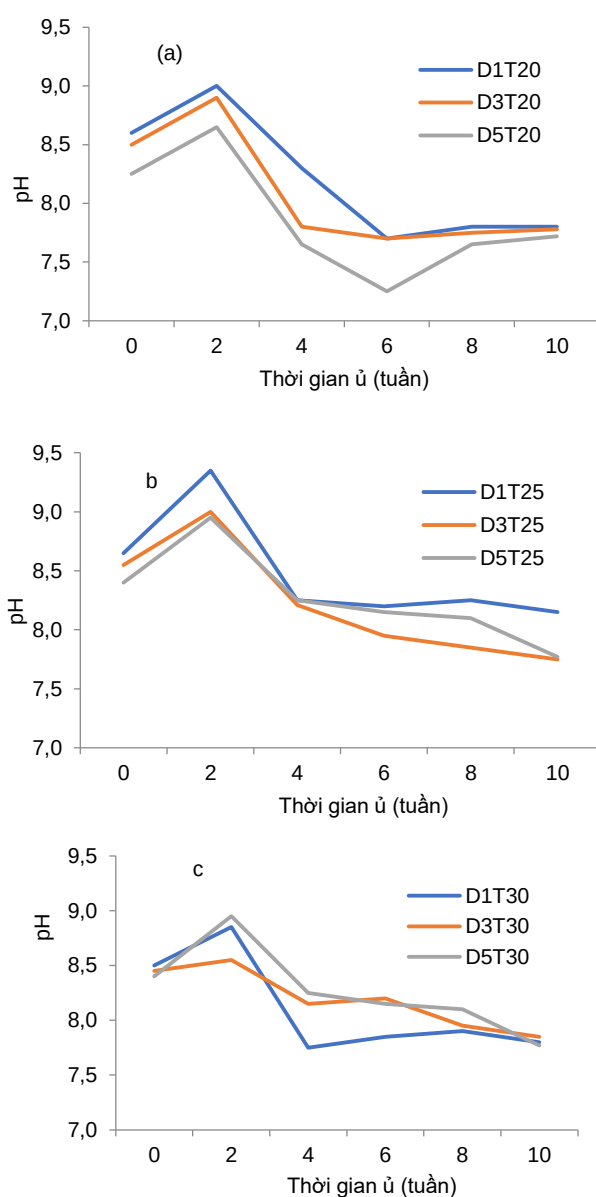
Trong các yếu tố ảnh hưởng đến việc mất đạm sau khi ủ phân, pH có ảnh hưởng lớn. Kết quả phân tích hồi quy giữa pH với lượng đạm tổng số bị giảm sau khi ủ dưới điều kiện tỷ lệ C:N và tần suất đảo trộn khác nhau cho thấy: ở cả ba mức tỷ lệ C:N, pH có tương quan chặt với lượng đạm bị mất ở tần suất đảo trộn 1 ngày/lần (D1) và 3 ngày/lần (D2), nhưng pH không có tương quan chặt với lượng đạm bị mất khi tần suất đảo 5 ngày/lần (Bảng 5).

Một phát hiện lý thú ở đây là tại sao ở tần suất đảo trộn thấp (cung cấp không khí ít cho đồng ủ) tỷ lệ mất TN lại cao hơn hoặc bằng tần suất đảo trộn cao hơn (D1 và D3), Baoyi & cs. (2018) cho rằng, tỷ lệ T thấp (C:N = 12) có hàm lượng amon cao nhất trong giai đoạn đầu của quá trình ủ, sau đó được nitrat hóa khi có mặt của oxy. Nếu trong điều kiện thiếu oxy, quá trình phản ứng nitrat hóa xảy ra dẫn tới hình

thành N_2O . Điều này lý giải tại sao tần suất đảo trộn thấp (D5) làm cho TN bị giảm nhiều hơn, ngoài lý do thời gian phát thải amoniac kéo dài hơn như đã trình bày ở trên.

Tỷ lệ TN giảm dao động từ 9,8% đến 60,0% trong 14 ngày đầu tiên sau ủ (Hình 3a, b và c) khi nhiệt độ đồng ủ cao hơn $33^{\circ}C$ và pH lớn hơn 7,7. Ở tỷ lệ C:N = 20:1 (T20) sau 14 ngày tần suất đảo trộn cao (D1) gây mất đạm tổng số cao nhất so với tần suất đảo trộn thấp hơn (D3 và D5). Tỷ lệ đạm tổng số bị giảm đạt cao nhất cho cả ba mức tần suất ở 6 tuần sau khi ủ. Riêng ở công

thức D3T25 trong 4 tuần sau khi ủ, tỷ lệ đạm tổng số bị giảm thấp hơn so với D1T25 và D5T25. Jiang & cs. (2011) cho rằng tốc độ thổi khí vào đồng ủ cao (tần suất đảo trộn cao cũng có tác dụng tương tự) làm cho hàm lượng amoniac cao, nhiệt độ cao, phát thải NH_3 mạnh hơn so với tốc độ thổi khí thấp. Sau mỗi lần đảo trộn nhiệt độ, phát thải NH_3 tăng, điều này là do sự phân huỷ các nguyên liệu ủ. Ở tần suất đảo trộn thấp (D5) tỷ lệ TN bị giảm tăng chậm hơn so với D1 và D3 và đến tuần thứ 10 sau ủ mới đạt cao nhất trong khi D1 và D3 đạt tối đa và tuần thứ 4 và thứ 6.

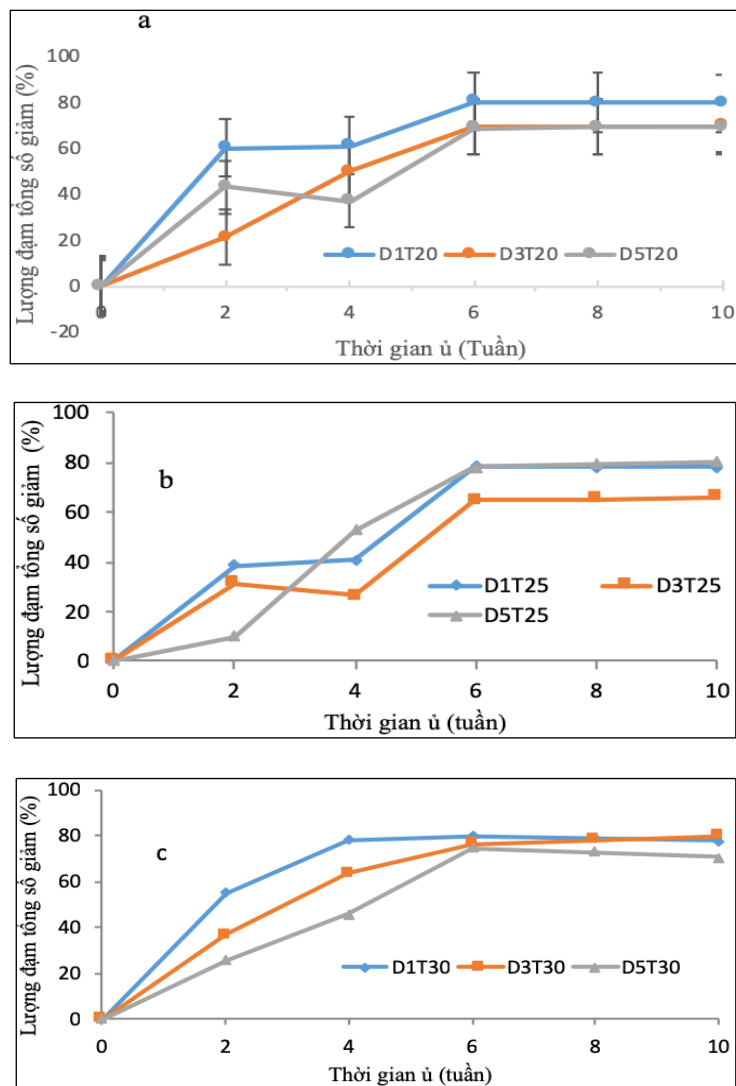


Hình 2. Sự thay đổi pH trong đồng ủ với tỷ lệ (a) C:N 20:1; (b) C:N 25:1 và (c) C:N 30:1 với tần suất đảo trộn D là 1; 3 và 5 ngày

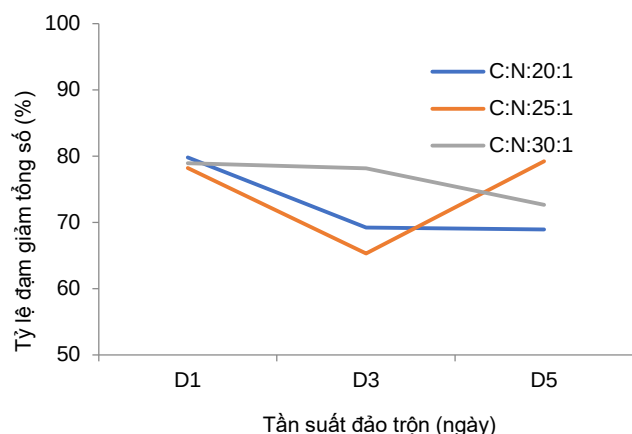
Bảng 5. Phân tích hồi quy giữa pH (x) và hàm lượng đạm tổng số (y) bị mất (%) ở các công thức đảo trộn và tỷ lệ C:N khác nhau

Công thức	R^2	F_{tt}	F_{lt}	Phương trình tương quan
D1T20	0,89	15,13	0,017	$y = 1,15x + 69,80$
D3T20	0,62	0,65	0,567	$y = -0,20x + 70,91$
D5T20	0,30	0,39	0,564	
D1T25	0,69	3,57	0,131	$y = 1,40x + 67,06$
D3T25	0,85	10,07	0,033	$y = 2,80x + 53,88$
D5T25	0,23	0,23	0,653	
D1T30	0,79	6,83	0,059	$y = 2,66x + 56,12$
D3T30	0,74	1,24	0,466	$y = -6,11x + 129,40$
D5T30	0,20	0,04	0,870	

Ghi chú: R: Hệ số tương quan; F_{tt} : F bảng; F_{tt} : F thực nghiệm.



Hình 3. Lượng đạm tổng số bị mất khỏi đồng ủ (a) tỷ lệ C:N 20:1; (b) C:N 25:1 và (c) C:N 30:1 dưới ảnh hưởng của tần suất đảo trộn



Hình 4. Mối quan hệ giữa tỷ lệ C:N và tần suất đảo trộn đến lượng đạm mất tích lũy (%)

So với kết quả nghiên cứu của Ogunwande & cs. (2008) tỷ lệ TN giảm thấp hơn 15,43%. Việc giảm này do nguyên liệu phân gà để ủ có hàm lượng lân cao hơn so với nguyên liệu phân gà trong thí nghiệm của Ogunwande & cs. (2008). Do phân gà có đặc tính kiềm (Chatli & cs., 2008) nên trong quá trình ủ tạo ra môi trường kiềm làm cho việc bay hơi amoniac xảy ra thuận lợi. Nếu hàm lượng lân cao sẽ có cơ hội kết hợp với amoniac tạo thành mono ammonium phosphate (Vassilev & cs., 2014) làm giảm việc bay hơi amoniac, kết quả là giảm mất đạm tổng số. Trong thí nghiệm này, khi tần suất đảo trộn cao (D1) và tần suất đảo trộn thấp (D5) cùng với tỷ lệ C:N thấp (20) và C:N cao (30) có tỷ lệ mất đạm cao hơn so với tần suất đảo trộn và tỷ lệ C:N trung bình (D3T25). Jonathan Soto-Paz & cs. (2019) khi nghiên cứu tỷ lệ phối trộn giữa các nguyên liệu khi ủ và tần suất đảo trộn cho thấy nếu tỷ lệ mùn mía cao (90%) phối trộn với bùn thải và tần suất đảo trộn thấp (1 tuần/lần) lượng đạm tổng số bị mất sau khi ủ lên tới 79,9% so với ban đầu, nếu tỷ lệ mùn mía giảm xuống thấp hơn (80%) và tần suất đảo trộn cao hơn (2 lần/tuần), lượng đạm tổng số bị mất thấp hơn nhiều (56,3%).

Mất đạm là không thể tránh khỏi trong quá trình ủ phân, nhưng việc mất đạm lại ảnh hưởng lớn đến chất lượng phân ủ, nhất là từ phân gà (Hansen & cs., 1989). Hơn nữa việc mất đạm còn đi cùng với phát thải khí nhà kính (N_2O) và phát thải mùi (đặc biệt là NH_3). Khi ủ bùn thải với thân ngô, lượng đạm tổng số bị mất

là 38,08%, trong khi bổ sung thêm lân supe thì lượng đạm tổng số bị mất giảm đáng kể, chỉ còn 26,16% (Jing & cs. 2018).

Hình 4 cho thấy D3 có lượng đạm mất tích lũy là thấp nhất, tiếp đến là D1 và D5. Theo Bryndum & cs. (2017) lượng đạm bị mất nhiều trong quá trình ủ phân gà là do tần suất đảo trộn cao trùng với thời kỳ hàm lượng đạm cao trong thời gian khoảng 2 tuần sau ủ. Cũng theo Bryndum & cs. (2017) tần suất đảo trộn không ảnh hưởng có ý nghĩa đến lượng đạm tổng số bị mất khi tỷ lệ C/N cao (30), tuy nhiên nếu thời gian mất đạm kéo dài thì tổng lượng đạm mất tích lũy sẽ tăng lên, vì vậy ở công thức có tần suất đảo trộn 5 ngày một lần (D5), lượng đạm mất tích lũy cao hơn so với D1 và D3.

3.5. Lân và kali

So với N, lượng lân và kali tổng số mất thấp hơn (Bảng 2), thấp nhất ở công thức D3T25 (29,13%) đối với lân và ở công thức D5T25 (53,34%) đối với kali. Hai chỉ tiêu này bị mất cao nhất ở công thức D1T20. Theo Bishop và Godfrey (1983) khi ủ phân lợn với thân ngô cho biết lân và kali tổng số mất vào khoảng 23-39% và 20-52% so với P, K ban đầu. Việc thay đổi hàm lượng lân trước và sau khi ủ phụ thuộc khá nhiều vào nguồn nguyên liệu đem ủ và tỷ lệ phối trộn giữa các loại nguyên liệu này. Nghiên cứu của Bin và cs. (2019) cho biết, khi ủ phối hợp bùn thải khí sinh học với bã nấm thì lân tổng số tăng lên 19%.

4. THẢO LUẬN

Việc đảo trộn trong thí nghiệm nhằm mục đích cung cấp oxy và cải thiện độ xốp của đồng ủ, phân bố lại độ ẩm và nhiệt độ trong đồng ủ. Đồng ủ có dạng hình thang, nhưng so với yêu cầu cần có độ rộng 3m, chiều cao 2m và chiều dài 25m (Cabanas-Vargas &cs., 2005) thì kích cỡ của đồng ủ trong thí nghiệm quá nhỏ và đây có thể là một trong những nguyên nhân làm cho các chất dinh dưỡng bị mất trong quá trình ủ nhiều hơn so với thực tế. Một vấn đề cũng cần nhấn mạnh thêm là vì ủ ngoài trời nên các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình ủ không kiểm soát được. Hơn nữa, các đồng ủ không được che đậy cũng là nguyên nhân làm tăng việc mất đạm. Chất độn để điều chỉnh tỷ lệ C:N trong nghiên cứu là mùn cưa, khả năng hấp thụ rất thấp dẫn tới sự phát thải khí amoniac trong quá trình ủ phân hữu cơ không được giữ lại.

Các nguyên liệu giàu đạm như phân gà được ủ để làm phân hữu cơ, trong quá trình ủ rất dễ mất đạm và các chất dinh dưỡng. Do vậy đã và đang có nhiều nghiên cứu được tiến hành nhằm hạn chế mất chất dinh dưỡng và cải thiện chất lượng phân ủ. Một số yếu tố ảnh hưởng đến việc mất đạm đã được chỉ ra trong thí nghiệm là tỷ lệ C:N (tốt nhất là 25), tần suất đảo trộn (2 lần/tuần), mức độ cung cấp khí và pH (pH không cao quá 7,5). Để làm giảm lượng đạm bị mất, đã có nhiều nghiên cứu để tìm ra giải pháp cho vấn đề này như bổ sung thêm muối khoáng (Jeong & Hwang, 2005; Lee & cs., 2009), bổ sung thêm lân (Wang & cs., 2016). Để hạn chế việc mất lân và làm tăng hàm lượng lân dễ tiêu trong phân ủ, các giải pháp được đưa ra là bổ sung apatit hoặc phosphorit vào trong đồng ủ (Pandey & cs., 2009), ủ phân gà hỗn hợp với các loại phân hữu cơ khác như phân trâu bò, phân lợn (Imbeah, 1998; Odongo & cs., 2007), bổ sung các vi sinh vật hòa tan lân (Gaiind, 2014; Pandey & cs., 2009). Để giảm thiểu việc mất kali có thể bổ sung các nguyên liệu có chứa nhiều kali (Ashley & cs., 2006), khoáng mica cũng là nguyên liệu được chú ý để bổ sung vào quá trình ủ (Bhattacharyya & cs., 2007).

5. KẾT LUẬN

Kết quả cho thấy cả tỷ lệ C:N và tần suất đảo trộn đều ảnh hưởng có ý nghĩa đến nhiệt độ đồng ủ, thay đổi pH, lượng đạm mất tích lũy, lượng mất carbon tổng số, lân và kali trong khi trọng lượng chất khô chỉ bị ảnh hưởng bởi tỷ lệ C:N. Tỷ lệ đạm tổng số bị giảm nhiều nhất khi nhiệt độ đồng ủ cao hơn 33°C và pH 7,7. Tỷ lệ đạm tổng số bị mất ít nhất ở công thức đảo trộn 3 ngày một lần và tỷ lệ C:N là 25:1.

Để giảm thiểu việc mất các chất dinh dưỡng trong quá trình ủ và nâng cao chất lượng phân ủ cần nghiên cứu các giải pháp phù hợp bao gồm các giải pháp lý, hóa học và sinh học.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ashley M., Gran M. & Grabov A. (2006). Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. *J. Exp. Bot.* 57: 425-436.
- Baeta-Hall L., Saagua M.C., Bartolomeu M.L., Anselmo A.M & Rosa M.F. (2005). Bio-degradation of olive oil husks in composting aeratedpiles. *Bioresource Technology.* 96: 69-78.
- Baoyi Lv, Di Zhang, Yuxue Cui & Fang Yin (2018). Effects of C/N ratio and earthworms on greenhouse gas emissions during vermicomposting of sewage sludge. *Bioresource Technology.* 268: 408-414.
- Bhattacharyya P., Chakrabarti K., Chakraborty A., Nayak D.C., Tripathy S. & Powell M.A., (2007). Municipal waste compost as an alternative to cattle manure for supplying potassium to lowland rice. *Chemosphere.* 66: 1789-1793.
- Bin X.M., Zhang L.H., Wu J., Yuan X. & Cui Z. (2019). Co-composting of the biogas residues and spent mushroom substrate: Physicochemical properties and maturity assessment. *Elsivier.*
- Bishop P.L & Godfrey C. (1983). Nitrogen variations during sludge composting. *BioCycle.* 24: 34-39.
- Brake J.D. (1992). A Practical Guide for Composting Poultry Litter. MAFES Bulletin 981 Mississippi State University. Retrieved from http://www.poultry.msstate.edu/extension/pdf/guide_poultry_litter.pdf on November 5, 2011.
- Bremner J.M. (1996). Nitrogen-total. In: Sparks, D.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 3 - Chemical Methods.* SSSA Inc., ASA Inc., Madison, WI, USA. pp. 1085-1122
- Bryndum S., Muschler R., Nigussie A., Magid J. & de Neergaard A. (2017). Reduced turning frequency and delayed poultry manure addition reduces N loss from sugarcane compost. *Waste Management.* 65: 169-177.

- Cabañas-Vargas D.D., Sánchez-Monedero M.A., Urpilainen S.T., Kamilaki A. & Stentiford E.I. (2005). Assessing the stability and maturity of compost at largescale plants. *Ingeniería*. 9: 25-30.
- Cáceres R., Malińska K., Marfà O. (2018). Nitrification within composting: A review. *Waste Manage.* 72: 119-137.
- Chatli A.S., Beri V. & Sidhu B.S. (2008). Isolation and characterisation of phosphate solubilising microorganisms from the cold desert habitat of *Salix alba* Linn. In trans Himalayan region of Himachal Pradesh. *Indian J Microbiol.* 48: 267-73. <https://doi.org/10.1007/s12088-008-0037-y>
- Cook K.L., Ritchey E.L., Loughrin J.H., Haley M., Sistani K.R. & Bolster C.H. (2015). Effect of turning frequency and season on composting materials from swine high-rise facilities. *Waste Management* 39: 86-95, published by Elsevier.
- Diaz M.J., Madejon E., Ariza J., Lopez R. & Cabrera F. (2002). Cocomposting of beet vinasse and grape marc in windrows and static pilesystem. *Compost Science and Utilization* 10(3): 258-269.
- Eghball B. (1997). Composting manure and other organic residues. Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska-Lincoln.
- Gaind S. (2014). Effect of fungal consortium and animal manure amendments on phosphorus fractions of paddy-straw compost. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 94: 90-97.
- Galler W.S. & Davey C.B. (1971). High rate poultry manure composting with sawdust. In: *Livestock Waste Management and Pollution Abatement, The Proceedings of the International Symposium on Livestock Wastes by the ASAE*, St. Joseph, Michigan, USA. pp. 159-162.
- García-Gómez A., Roig A. & Bernal M.P. (2003). Composting of the solid fraction of olive mill wastewater with olive leaves: organic matter degradation and biological activity. *Bioresour. Technol.* 86: 59-64
- Guo R., Li G., Jiang T., Schuchardt F., Chen T., Zhao Y. & Shen Y. (2012). Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. *Bioresour. Technol.* 112: 171-178
- Haga K. (1999). Development of composting technology in animal waste treatment - review. *Asian - Australian Journal of Animal Science.* 12(4): 604-606.
- Hansen R.C., Keener H.M. & Hoitink H.A.J. (1989). Poultry manure composting - An exploratory study. *Transactions of the ASAE.* 36: 2151-2157.
- Imbeah M. (1998). Composting piggery waste: a review. *Bioresour. Technol.* 63: 197-203.
- Jeong Y.K. & Hwang S.J. (2005). Optimum doses of Mg and P salts for precipitating ammonia into struvite crystals in aerobic composting. *Bioresour. Technol.* 96: 1-6.
- Jiang T., Schuchardt F., Li G., Guo R. & Zhao Y. (2011). Effect of C/N ratio, aeration rate and moisture content on ammonia and greenhouse gas emission during the composting. *Journal of Environmental Sciences.* 23(10): 1754-1760.
- Jing Y., Yun L., Shili C., Danyang L., Huan T., David C., Shuyan L., Wangwang L. & Guoxue L. (2018). Effects of phosphogypsum, superphosphate, and dicyandiamide on gaseous emission and compost quality during sewage sludge composting. *Elsivier*.
- Jonathan S., Edgar Ricardo O.O., Pablo C.M.V, Patricia T.L., Teresa G. (2019). Evaluation of mixing ratio and frequency of turning in the co-composting of biowaste with sugarcane filter cake and star grass. *Elsivier*.
- Kithome M., Paul J.W. & Bomke A.A (1999). Reducing nitrogen losses during simulated composting of poultry manure using adsorbents or chemical amendments. *Journal of Environment and Quality.* 28: 194-201.
- Leal N. & Madrid C. (1998). Compostaje de residuos orgánicos mezclados con roca fosfórica (Composting of organic waste mixed with phosphoric rock, in Spanish). *Agron. Trop.* 48: 335-357.
- Lee J., Rahman M. & Ra C. (2009). Dose effects of Mg and PO₄ sources on the composting of swine manure. *J. Hazard. Mater.* 169: 801-807.
- Martins O. & Dewes T. (1992). Loss of nitrogenous compounds during composting of animal wastes. *Bioresour. Technol.* 42: 103-111.
- Mercer W.A. & Rose W.W. (1968). Investigation of Windrow Composting as a Means for Disposal of Fruit Waste Solid. *National Canners Association Research Foundation*, Washington, DC. p. 20036.
- Michel F.C., Forney L.J., Huang A.J.F., Drew S., Czu Prenski M., Lindeberg J.D. & Reddy C.A. (1996). Effects of turning frequency. p. 7502.
- Moore P.A., Huff Jr. W.E., Daniel T.C., Edward D.R. & Saucer T.C. (1997). Effect of aluminum sulfate on ammonia fluxes from poultry litter in commercial broiler houses. In: *Proceedings of Fifth International Symposium on Livestock Environment*, Transactions of the ASAE. 2: 883-891.
- Nguyễn Văn Bộ & Trần Minh Tiến (2018). Công nghệ ủ (Composting) trong xử lý chất thải chăn nuôi làm phân bón. Truy cập từ http://lcasp.org.vn/uploads/news/2017_12/2.nguyen-van-bo_tm-tien_cong-nghe-u-composting.pdf, ngày 15/9/2019.

- Odongo N.E., Hyoungho K., Choi H.C., van Straaten P., McBride B.W. & Romney D.L. (2007). Improving rock phosphate availability through feeding, mixing and processing with composting manure. *Bioresour. Technol.* 98: 2911-2918.
- Ogunwande G.A., Osunade J.A, Adekalu K.O. & Ogunjimi L.A. (2008) Nitrogen loss in chicken litter compost as affected by carbon to nitrogen ratio and turning frequency. *Bioresource Technology*. 99(16): 7495-7503.
- Pandey A., Gaiind S., Ali A. & Nain L. (2009). Effect of bioaugmentation and nitrogen supplementation on composting of paddy straw. *Biodegradation*. 20: 293-306. Ph.D. Thesis, The University of Hong Kong Pokfulam Road, Hong Kong.
- Qasim W., Lee M.H., Moon B.E., Okyere F.G., Khan F., Nafees M. & Kim H.T. (2018) Composting of chicken manure with a mixture of sawdust and wood shavings under forced aeration in a closed reactor system. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 7: 261-267.
- Richard T. & Trautmann N. (1996). *The Science and Engineering of composting* Cornell University Publish house
- Sanchez-Monedero M.A., Bernal M.P., Roig A., Cegarra J. & Garcia D. (1996). The effectiveness of the Rutgers system and the addition of bulking agent in reducing N-losses during composting. In: VanCleemput, O., Hofman, G., Vermoesen, A. (Eds.), *Progress in Nitrogen Cycling Studies*.
- SAS (2002). *Statistical Analysis Software Guide for Personal Computers*. Release 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC 27513, USA. pp. 133-139.
- Sesay A.A., Lasaridi K., Stentiford E. & Budd T. (1997). Controlled composting of paper pulp sludge using aerated static pile method. *Compost Science and Utilization*. 5: 82-96.
- Sharpley A.N., Herron S., West C. & Daniel T.C. (2009). Outcomes of phosphorus-based nutrient management in the Eucha Spavinaw watershed. pp. 192-204. In A. Franzluebbers (ed.) *Farming With Grass: Sustainable Mixed Agricultural Landscapes in Grassland Environments*. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa.
- Stephenson A.H., McCaskey T.A. & Ruffin B.G. (1990). A survey of broiler litter composition and potential value as a nutrient resource. *Biological Wastes*. 34: 1-9.
- Sundberg C., Smars S. & Jonsson H. (2004). Low pH as an inhibiting factor in the transformation from mesophilic to thermophilic phase in composting. *Bioresource Technology*. 95: 145-150.
- Tiquia S.M. (1996). Further composting of pig manure disposed from the pig-on-litter (POL) system in Hong Kong.
- Tiquia S.M., Tam N.F.Y. & Hodgkiss I.J. (1997). Effects of turning frequency on composting of spent pig-manure sawdust litter. *Bioresource Technology*. 62: 37-42.
- Tiquia S.M., Tam N.F.Y. & Hodgkiss I.J. (1998). Changes in chemical properties during composting of spent litter at different moisture contents. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 67(1): 79-89.
- Tuomela M., Vikman M., Hatakka A. & Itavaara M. (2000). Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresource Technology*. 72(2): 169-183.
- Vassilev N., Mendes G., Costas M. & Vassileva M. (2014). Biotechnological tools for enhancing microbial solubilization of insoluble inorganic phosphates. *Geomicrobiol J.* 31: 751-63.
- Walker F. (2004). On - farm composting of poultry litter. The Agricultural Extension Service, The University of Tennessee Institute of Agriculture.
- Wang X., Selvam A. & Wong J.W.C. (2016). Influence of lime on struvite formation and nitrogen conservation during food waste composting. *Bioresour. Technol.* 217: 227-232.