

NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH Ủ VI SINH RÁC THẢI HỮU CƠ BẰNG PHƯƠNG PHÁP Ủ THIẾU KHÍ (CẤP KHÍ TỰ NHIÊN)

Nguyễn Thành Phương⁽¹⁾, Nguyễn Văn Phước⁽²⁾, Nguyễn Phước Dân⁽³⁾, Vũ Nha Trang⁽³⁾

(1) Chi cục Bảo vệ môi trường khu vực Đông Nam Bộ

(2) Viện Môi Trường và Tài Nguyên, ĐHQG-HCM

(3) Trường ĐH Bách khoa TP Hồ Chí Minh

(Bài nhận ngày 05 tháng 08 năm 2010, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 25 tháng 04 năm 2011)

TÓM TẮT: Công nghệ xử lý rác thải đô thị hiện nay được áp dụng chủ yếu ở Việt Nam là chôn lấp, trong khi rác y tế thường được xử lý bằng phương pháp thiêu hủy. Do những hạn chế về chi phí đầu tư, vận hành cao, suất đầu tư lớn với công suất nhỏ, phát sinh những chất thải thứ cấp như khí bãi chôn lấp và nước rỉ rác cần phải thu gom và xử lý. Vì vậy áp dụng công nghệ sinh học, dựa vào quá trình phân hủy hiếu khí của vi sinh vật mở ra một hướng tiềm năng mới trong xử lý rác đô thị. Tuy nhiên kinh nghiệm thực tiễn từ các nhà máy sản xuất phân vi sinh áp dụng quá trình phân hủy hiếu khí với sự cấp khí cưỡng bức cho thấy hiệu quả xử lý chưa cao bên cạnh chi phí năng lượng lớn và vấn đề xử lý nước rác. Đề tài đã nghiên cứu thành công việc ứng dụng công nghệ ủ thiếu khí (cấp khí tự nhiên) để xử lý rác sinh hoạt với quy mô nhỏ và chi phí xử lý hầu như không đáng kể. Quá trình nghiên cứu đã xác định được mức độ giảm 81,25% thể tích, 75% khối lượng so với lúc ban đầu và tỉ lệ thu hồi mùn thô đạt 25% sau 28 ngày ủ, tỷ lệ thu hồi compost (mùn tinh) sau 56 ngày ủ là 15,73%.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ xử lý rác đô thị đang áp dụng tại Việt Nam khá đa dạng chủ yếu như thiêu đốt, chôn lấp và chế biến phân vi sinh. Phương án thiêu đốt giúp giảm nhanh thể tích và khối lượng rác cần xử lý trong thời gian ngắn (80-90%), yêu cầu diện tích đất thấp, ít gây ảnh hưởng đến môi trường nhưng chi phí đầu tư và xử lý rất cao [1]. Trong khi đó, chôn lấp được nhiều đô thị lớn áp dụng do công nghệ vận hành đơn giản, chi phí đầu tư ở mức trung bình và chi phí vận hành thấp, dễ dàng gia tăng công suất nhưng tiềm ẩn khả năng gây ô nhiễm không khí, và khả năng gây ô nhiễm nguồn nước trong khu vực bãi chôn lấp [1,2]. Do đó ứng dụng các quá trình sinh học như sản xuất phân ủ vi sinh đang mở ra một hướng công nghệ mới nhiều tiềm năng theo định hướng tái sử dụng chất thải.

Sản xuất phân compost là một phương pháp xử lý rác hiệu quả dựa trên hoạt động của vi sinh phân hủy chất thải mà ở đó cho ra một sản phẩm có ích. Về bản chất thì đây là quá trình phân hủy các thành phần hữu cơ trong rác thải có sự tham gia của vi sinh vật trong điều kiện môi trường thích hợp (nhiệt độ, độ ẩm, không khí...) để tạo thành phân bón hữu cơ. Lợi ích của việc thu hồi

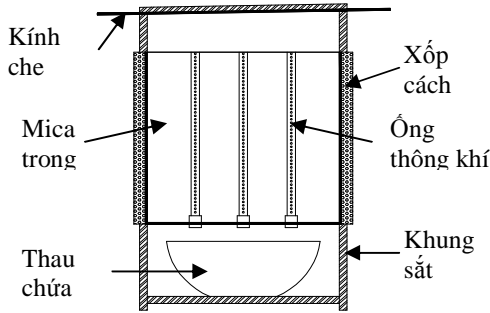
phân compost từ rác thải sẽ có tính khả thi đối với một nước có nền kinh tế còn phụ thuộc nhiều vào nông nghiệp như Việt Nam.

Có 3 phương pháp để sản xuất phân compost là ủ kỵ khí, ủ hiếu khí và ủ thiếu khí [5]. Trong đó ủ kỵ khí được ứng dụng giới hạn ở Việt Nam và hiện chưa có mô hình công suất lớn nào được triển khai do nhiều hạn chế như vốn đầu tư khá cao, kỹ thuật vận hành phức tạp, phát sinh mùi hôi, cần thời gian ủ kéo dài hơn so với ủ hiếu khí vì hoạt động trao đổi chất của các vi sinh kỵ khí thường không cao và các phản ứng phân hủy kỵ khí thường xảy ra không hoàn toàn [2,3].

Căn cứ trên khảo sát đánh giá đã tiến hành về hoạt động của các nhà máy sản xuất phân rác ở Việt Nam, hầu hết đều áp dụng công nghệ ủ hiếu khí hiện đại nhưng không vận hành hiệu quả, tốn nhiều năng lượng, phát sinh tác động lên môi trường dù vốn đầu tư cao [1,4]. Trong khi đó, tuy lượng compost thu hồi thấp hơn và thời gian ủ kéo dài nhưng ủ thiếu khí với chi phí đầu tư thấp và chi phí vận hành hầu như không đáng kể vẫn đạt hiệu quả kinh tế, đặc biệt là với quy mô nhỏ [4,3]. Với ưu điểm như vậy, nghiên cứu này tập trung xác định mức độ phân hủy chất hữu cơ trong quá trình ủ thiếu khí (cấp khí tự nhiên) để

đánh giá chính xác hiệu quả xử lý và có cơ sở so sánh với các công nghệ xử lý rác khác.

2. MÔ HÌNH VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU



Hình 1. Mô hình ủ thiếu khí.

Mô hình nghiên cứu.

Mô hình ủ thiếu khí có dạng hình trụ đứng có kích thước 0,5x0,5x0,5m, với thể tích chứa rác là 0,12 m³. Nước rỉ thu từ đáy, xung quanh mô hình được gắn xốp cách nhiệt dày 3cm và quần vải che bên ngoài để giảm tổn thất nhiệt.

Sử dụng 05 ống phân phối khí Φ 21 bằng nhựa PVC được đặt ở tâm và 4 góc mô hình. Trên thân ống khoét 4 hàng lỗ xen kẽ với Φ 5mm, khoảng cách giữa các lỗ là 20mm.

Lớp rác được đổ tự nhiên, không ép tạo độ rỗng. Một lượng vật liệu đệm (1 – 2 kg) để lót sàn đáy gồm cành khô vụn được cắt nhỏ, vỏ đậu phộng, vỏ bưởi khô... Phần này sẽ góp phần tạo độ rỗng cho phần dưới đồng ủ để không khí có thể di chuyển lên phía trên dễ dàng. Lượng nước rỉ rác được cho tuần hoàn lại. Nếu độ ẩm quá thấp thì tiến hành bổ sung thêm nước sạch.

Đối tượng nghiên cứu:

Rác thải trong nghiên cứu này là phần rác sinh hoạt dễ phân hủy sinh học như rác vườn và rác thực phẩm, chủ yếu là rau củ, quả, lá cây... và lẫn ít thịt cá được lấy nguồn từ rác chợ. Độ ẩm ban đầu đạt trung bình là 65%. Rác thải chỉ được

Bảng 1. Các phương pháp và hóa chất thiết bị sử dụng cho phân tích một số chỉ tiêu

Chỉ tiêu	Phương pháp/Tài liệu sử dụng	Hóa chất/Thiết bị sử dụng
pH	pH meter	HANNA pH meter

cắt thành những phần kích thước nhỏ để phù hợp với khoảng cách giữa các ống thông khí.

Nội dung thí nghiệm:

Mô hình được đặt ngoài trời, trong điều kiện nhiệt độ bình thường. Thời gian thử nghiệm là ủ 28 ngày ủ trong mô hình (đối với thí nghiệm 2 là 35 ngày) và thêm 28 ngày ủ chín sau đó.

Thí nghiệm 1 được tiến hành với 1 lần nạp liệu với tổng khối lượng nạp là 24 kg (1 lần nạp duy nhất). Lập lại 3 lần và sử dụng giá trị trung bình để xác định tốc độ phân hủy chất hữu cơ.

Thí nghiệm 2 được tiến hành với nhiều lần nạp liệu và tổng rác nạp là 48 kg (6 lần nạp trong 6 ngày, mỗi lần 8 kg) để thử nghiệm khả năng gia tăng công suất của mô hình.

Mẫu được rút từ những vị trí khác nhau (8 mẫu) trên bề mặt cũng như theo độ sâu. Các mẫu này được trộn lẫn, băm cắt nhỏ, sau đó rút ra phần mẫu với khối lượng vừa đủ để thực hiện phân tích.

Kết thúc quá trình ủ thiếu, mùn thô sẽ được dỡ ra, ủ chín trong các thùng chứa (dạng thùng chứa thông thường và không có đáy nắp), khi cần giảm ẩm thì tiến hành phơi nắng và đảo trộn.

Rác đã chín khi mốc trắng xuất hiện trên bề mặt. Việc chọn 28 ngày ủ chín là theo kinh nghiệm để giúp mùn thô được ổn định, đạt ẩm theo yêu cầu.

Sau đó mùn thô sẽ qua rây với đường kính rây là 5mm nhằm phân loại ra compost với kích thước nhỏ phù hợp theo tiêu chuẩn cho phép và phần khó phân hủy có kích thước lớn còn lại sau ủ.

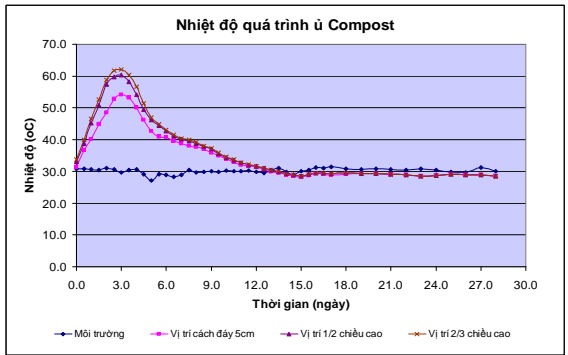
Ủ thiếu khí với một lần nạp liệu ban đầu và nghiên cứu theo dõi thời gian cần thiết để nhiệt độ bên trong đồng ủ đạt giá trị cao nhất trong suốt quá trình. Nhiệt độ được đo tại 3 vị trí: cách đáy 5 cm và vị trí 2/3 chiều cao theo hướng khí di chuyển, vị trí chính giữa theo chiều cao.

Phương pháp phân tích

Âm	TCVN 5963 -1999	Lò sấy 105°C
TS	TCVN 5963 -1999	Lò sấy 105°C
VS	TCVN 5963 -1999	Lò nung 550°C

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

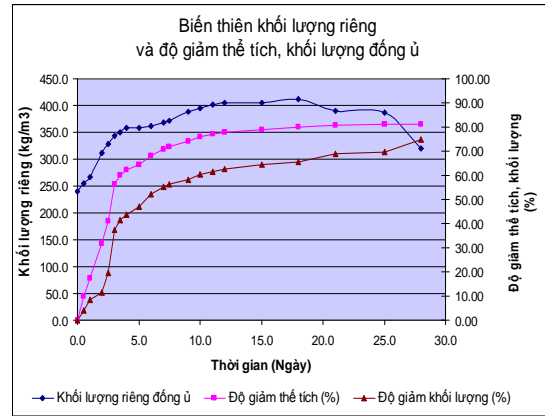
3.1. Diễn biến nhiệt độ



Hình 2. Nhiệt độ quá trình ủ (28 ngày).

Nhiệt độ bên trong đống ủ đạt cao nhất không ở ngay vị trí trung tâm chính giữa mà sẽ cao hơn phía trên một chút, tại vị trí 2/3 chiều cao đống ủ tính từ dưới lên (theo chiều di chuyển của không khí) [5,10]. Nguyên nhân là do sự khác biệt về độ ẩm, độ ẩm bên dưới luôn cao hơn do nước có khuynh hướng di chuyển xuống dưới theo trọng lực. Nhiệt độ tăng cao có thể do hai lý do. Thứ nhất, do độ ẩm phù hợp với quá trình phân hủy của vi sinh nên thúc đẩy mạnh mẽ sự phân hủy, tỏa nhiệt nhiều hơn. Thứ hai khi độ ẩm quá cao, lượng nước lớn thì nhiệt độ của khu vực đó cũng không tăng nhanh, và vị trí này cách xa bề mặt nên không thất thoát nhiệt.

3.2. Diễn biến khối lượng và thể tích



Hình 2. Sự thay đổi khối lượng riêng, mức độ giảm thể tích và khối lượng đống ủ.

Độ giảm thể tích đo bằng cách xác định mức giảm chiều cao đống ủ với diện tích mô hình đã biết. Độ giảm khối lượng được xác định bằng cân khối lượng trực tiếp của mô hình.

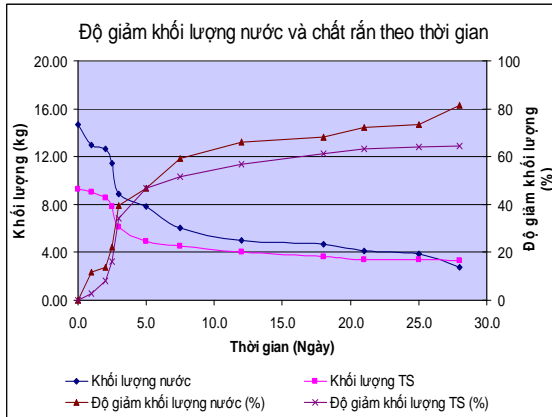
Độ giảm thể tích và khối lượng của đống ủ diễn ra nhanh chóng trong 3 ngày đầu tiên khi nhiệt độ bên trong đống ủ tăng nhanh và đạt giá trị lớn nhất (thể tích giảm 56% và khối lượng giảm 37%). So với các nghiên cứu Beidou Xi, Zimin Wei, Hongliang Liu (2005) áp dụng ủ hiếu khí trong thùng kín, thổi khí cưỡng bức thì mức độ giảm khối lượng là xấp xỉ, trong khi mức độ giảm thể tích thường chỉ đạt 40 – 45%. Điều này do vật liệu ủ ban đầu không nén ép, chỉ cắt nhỏ nên độ rỗng còn lớn, độ ẩm phân bố đều. Khi quá trình ủ bắt đầu, do để ngoài trời, một phần ẩm trên bề mặt bay hơi, đống ủ xẹp xuống nhanh chóng.

Trong giai đoạn này, quá trình phân hủy cũng như hoạt động của vi sinh vật diễn ra mạnh mẽ, một khối lượng lớn chất hữu cơ được các nhóm vi sinh tiêu thụ chuyển hóa thành tế bào chất, CO₂ và hơi nước. Nhiệt độ cao bên trong đống ủ và sự di chuyển đối lưu nhiệt của dòng không khí đã mang đi một phần khối lượng nước trong đống ủ

(khối lượng này được xác định dựa trên độ ẩm đồng ủ và khối lượng tại từng thời điểm).

3.3. Diễn biến về độ ẩm của đồng ủ

Trong giai đoạn thích nghi tăng trưởng, độ ẩm của CTR ủ ban đầu khá cao (61,22%) và giảm dần do nhiệt độ đồng ủ cao, một phần nước bay hơi và nước rỉ không phát sinh nên để duy trì độ ẩm trong khoảng từ 50 – 60% thì cần bổ sung thêm nước từ bên ngoài.



Hình 3. Biến thiên độ ẩm của đồng ủ

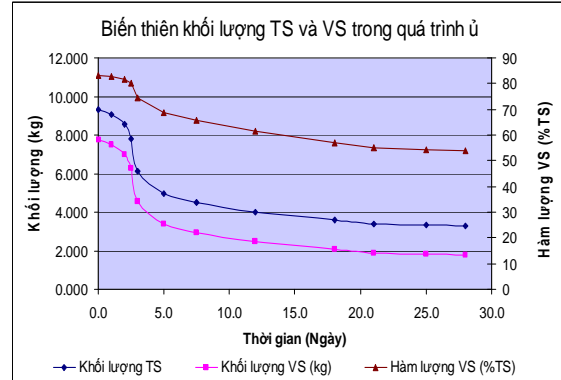
Trong ngày 5 – 12 thì nước rỉ phát sinh đáng kể (mỗi ngày có thể đạt gần 200ml) nên không cần bổ sung nước bên ngoài để duy trì ẩm như mấy ngày đầu. Nhiệt độ đồng ủ có giảm dần so với trước, tốc độ đối lưu nhiệt bị ảnh hưởng, lượng nước thất thoát do bay hơi giảm đi. Nhưng hoạt động phân hủy của vi sinh vẫn diễn ra mạnh, mức giảm thể tích đồng ủ vẫn được duy trì, lượng nước sinh ra vượt quá khả năng giữ nước của vật liệu ủ. Do đó xuất hiện lượng nước rỉ từ mô hình ủ.

Sau đó lượng nước rỉ rác phát sinh giảm dần và từ ngày thứ 18 thì hầu như không còn nước rỉ. Nguyên nhân là do nhiệt độ từ sau ngày thứ 15 đã trở về bằng với mức bình thường, cơ chất ít đi nên hoạt động phân hủy của các nhóm vi sinh giảm dần, lượng nước sinh ra từ quá trình này cũng giảm. Giá trị ẩm vẫn nằm trong khoảng cho phép từ 50 – 60%.

Do thí nghiệm diễn ra ngoài trời, một lượng nước đáng kể (chủ yếu là ở phần gần bề mặt) bị

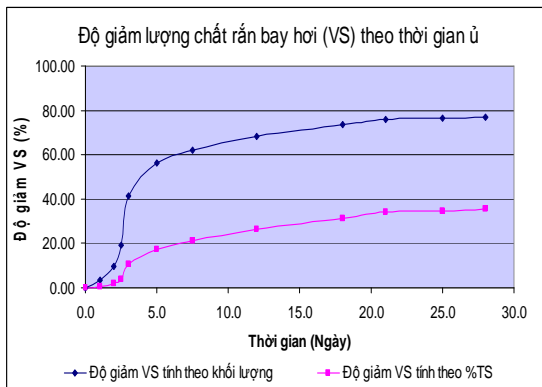
bay hơi do sức nóng mặt trời trong khi phần nước rỉ không phát sinh vì quá trình phân hủy đã chậm lại, không tiến hành bổ sung ẩm nên độ ẩm cũng đồng ủ bắt đầu giảm dần. Độ ẩm cuối quá trình đạt 45% vào ngày 28. Giá trị này thuận tiện cho những quá trình phía sau và đáp ứng tiêu chuẩn về độ ẩm của phân bón hữu cơ nên nằm trong khoảng từ 35 – 40% [1,2].

3.4. Diễn biến về chất rắn bay hơi (VS)



Hình 4. Sự thay đổi khối lượng TS và VS

Trong suốt quá trình phân hủy, sự suy giảm khối lượng TS đồng ủ chủ yếu là do thành phần VS giảm đi. Nguyên nhân là do VS đại diện cho phần chất hữu cơ có khả năng phân hủy sinh học trong CTR đưa đi ủ (tuy không thật chính xác như vậy vì có một phần VS bao gồm những chất phân hủy sinh học chậm, ví dụ như phần xén từ cây trồng vốn có hàm lượng lignin cao). Hoạt động phân hủy mạnh của vi sinh vật làm giảm nhanh khối lượng VS (cũng như TS) đặc biệt trong pha ưa nhiệt khi nhiệt độ bên trong đồng ủ lên cao. Về cuối quá trình thì tốc độ giảm này chậm dần và mức độ giảm VS là rất thấp (chỉ khoảng 1 – 2%), VS còn lại chỉ là những phần phân hủy sinh học chậm.



Hình 5. Biến thiên khối lượng VS

Ngoài ra, do TS giảm mạnh, lượng tro xem như không đổi nên % tro so với TS sẽ tăng đáng

kể và kết quả là giá trị VS (tính theo %TS) giảm đi tương ứng. So sánh về mức độ giảm VS (%) thì tính theo thông số %TS sẽ thấy không nhiều, chỉ **35,41%** nhưng nếu tính theo khối lượng tuyệt đối của VS thì sẽ thấy VS trong đồng ủ đã giảm đi một lượng đáng kể là **77,15%**.

So sánh với các kết quả nghiên cứu quá trình ủ hiếu khí khác đã tiến hành trên thế giới như của Tom Richard (1992) [9] thì mức giảm VS là khoảng 1/3, trong khi theo Peter J. Stoffella, Brian A. Kahn (2001) thì tỷ lệ giảm này là 30% [5], và các S. Kuo, M.E. Ortiz Escobar, N.V. Hue, R.L. Hummel cũng đạt được tỷ lệ 28% [8].

3.5. Kết quả thu hồi compost.

Bảng 2. Khối lượng và tỷ lệ compost thu hồi / CTR đầu vào

Thành phần\Thời gian	Ngày thứ 28		Ngày thứ 42		Ngày thứ 56	
	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
CTR ban đầu	24,00	100,00	24,00	100,00	24,00	100,00
Mùn thô	6,00	25,00	5,00	20,83	4,80	20,00
Compost	4,50	18,75	3,90	16,25	3,80	15,83
Phần khó phân hủy	1,50	6,25	1,10	4,58	1,00	4,17

Theo quy định trong tiêu chuẩn ngành 10 do Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn ban hành năm 2002 thì đường kính yêu cầu của phân hữu cơ vi sinh là từ 4 – 5mm. Chọn đường kính của rây là 5 mm.

Tương tự thí nghiệm 2 đã được tiến hành để đánh giá khả năng xử lý của mô hình khi tăng công suất. Tỷ lệ thu hồi mùn thô/CTR ban đầu là như nhau do cả hai nguồn CTR sử dụng làm vật liệu ủ (đều là rác rau củ quả, lá cây, lẫn ít thịt...)

Tuy nguồn vật liệu ủ tương đồng về chủng loại nhưng vẫn có nhiều khác biệt. Mặc dù vậy chúng đều có tỷ lệ BVS/TS tương đương nhau (trung bình là 0,65). Từ kết quả trên, có thể dự đoán được tỷ lệ mùn thô thu hồi của một nguồn rác với độ ẩm ban đầu 62% và độ ẩm lúc sau 35% sẽ là 0,25 kg mùn/1kg CTR ủ (20,5%). Sau quá trình ủ chín ổn định, phơi nắng thì tỷ lệ thu hồi mùn thô trên mô hình thực tế ở hai thí nghiệm lần lượt là 20% và 20,42%.

3.6. Mức độ phân hủy chất hữu cơ theo thời gian.

Bảng 3. Tổng hợp kết quả về sự phân hủy chất hữu cơ của 2 thí nghiệm

Giá trị	Đơn vị	Thí nghiệm 1	Thí nghiệm 2
Tổng khối lượng CTR đã nạp	kg	24,00	48,00
Độ ẩm nguồn CTR ban đầu	%	61,22	62,33

Khối lượng tổng chất rắn (TS) ban đầu	kg	9,307	18,084
Tỷ lệ VS/TS	-	83,25	92,36
Khối lượng tro ban đầu	kg	1,559	1,382
Khối lượng tro lúc sau (sau 28 ngày)	kg	1,522	1,357
Khối lượng VS ban đầu	kg	7,748	16,702
Khối lượng VS còn lại	kg	1,771	4,779
Mức độ giảm VS tính theo khối lượng	%	77,15	71,39
Khối lượng VS đã phân hủy (BVS)	kg	5,977	11,923
Tỷ lệ BVS/TS	-	0,642	0,659
Tỷ lệ NBS/TS (bao gồm tro)	-	0,358	0,341

Từ kết quả hai thí nghiệm đã tiến hành có thể rút ra kết luận với nguồn vật liệu ủ là rác thực phẩm, rác vườn (rau, củ quả, lá cây...) thì luôn trung bình tỷ lệ BVS/TS = 0,65. Như vậy BVS/TS trong cả hai thí nghiệm gần như xấp xỉ nhau tuy nguồn CTR sử dụng cho quá trình ủ có sự khác biệt đáng kể về tỷ lệ VS/TS ban đầu và trong suốt quá trình mức độ giảm khối lượng VS cũng khác nhau. Đây là một thông số quan trọng có ý nghĩa trong việc triển khai các mô hình xử lý ở quy mô lớn vì nhiều tính toán thiết kế đã sử dụng công thức của Haug (1993) để tính ra tỷ số BVS/VS và BVS/TS, từ đó ước tính được khối lượng phần chất khô còn lại sau quá trình ủ cũng như phần mùn thô thu được với giá trị độ ẩm đầu ra được xác định trước từ 35 – 40% [1,2].

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Đối với quá trình ủ thiếu khí CTR thì nhiệt độ bên trong đồng tăng nhanh chóng và đạt giá trị cao nhất là 62°C sau khoảng 72 giờ (3 ngày) kể từ kết thúc việc nạp rác (đối với thí nghiệm 1). Quá trình nạp rác kéo dài giúp duy trì giai đoạn nhiệt độ cao bên trong đồng ủ hơn 11 ngày với giá trị cao nhất là 65,9°C (đối với thí nghiệm 2),

đảm bảo tiêu diệt được các mầm gây bệnh (pathogens).

Trong cả hai thí nghiệm thì tốc độ giảm VS tính theo khối lượng đạt giá trị khá cao trên 70% (cụ thể là 77,15% và 71,39%).

Theo kết quả nghiên cứu, sau 28 ngày ủ thiếu khí thì tỷ lệ thu hồi mùn thô/CTR hữu cơ ủ ổn định ở giá trị 25% trong cả hai thí nghiệm đã tiến hành. Bên cạnh đó ghi nhận tỷ lệ thu hồi compost/CTR ủ sau 56 ngày trung bình là 15,73%.

4.2. Kiến nghị

Sản phẩm phân compost sẽ ít lẫn tạp chất hơn và quá trình ủ sẽ đạt hiệu quả hơn nếu CTR được phân loại tại nguồn tốt. Điều này dễ thực hiện đối với rác nông thôn, khu đô thị vùng nông thôn và qui mô nhỏ, phân loại tại nơi ủ phân. Còn đối với các đô thị lớn để đạt được điều này cần tiến hành phát triển một chương trình quản lý tổng hợp CTRĐT một cách hiệu quả, phát triển mô hình phân loại CTR tại nguồn với sự tham gia của tất cả các thành phần trong xã hội và thông qua các chương trình giáo dục tuyên truyền để nâng cao ý thức của người dân về CTR nói riêng cũng như công tác bảo vệ môi trường nói chung.

COMPOSTING PROCESS WITH PASSIVE (NATURAL) AERATION

Nguyen Thanh Phuong⁽¹⁾, Nguyen Van Phuoc⁽²⁾, Nguyen Phuoc Dan⁽³⁾, Vu Nha Trang⁽³⁾

(1) Ho Chi Minh city Environmental Protection Agency

(2) Institute of Environment and Natural Resources, VNU-HCM

(3) University of Technology, VNU-HCM.

ABSTRACT: Municipal solid waste (MSW) treating technologies used popularly in Vietnam are landfills, whereas medical waste is usually treated by incinerators. Due to the disadvantages such as: large investment and operational cost, high capital in case of small scales, producing secondary waste like exhaust gas from landfills and leachate that needs collecting and treating properly. Therefore, application of biotechnology based on microorganism's aerobic decomposing process has opened a new potential way in treating MSW. However, the actual experience of composting facilities that apply aerobic decomposing process with active aeration (forced aeration) show that the efficiency is not high, energy cost is large and some problems with leachate. The research has successfully applied the composting technology with passive or natural aeration in order to treat MSW in small scale and the operational cost is pretty low. The research has also determined that the decrease of volume is 81,25%, the decrease of weigh is 75%; the rate of raw compost and original MSW after 28 days is 25% and the rate of compost after 56 days is

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Phước (2007). *Quản lý và xử lý chất thải rắn*. NXB Xây Dựng.
- [2]. Nguyễn Xuân Nguyên, Trần Quang Huy (2004). *Công nghệ xử lý rác thải và chất thải rắn*. NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [3]. Trần Hiếu Nhuệ, Ứng Quốc Dũng, Nguyễn Thị Kim Thái (2001). *Quản lý chất thải rắn – Tập 1: Chất thải rắn đô thị*. NXB Xây dựng.
- [4]. Nguyễn Văn Phước (2005). Báo cáo đề tài *Nghiên cứu nâng cao hiệu quả nhà máy xử lý rác Lai Vung – Đồng Tháp*.
- [5]. Peter J. Stoffella, Brian A. Kahn (2001). *Compost Utilization in Horticultural Cropping systems*. Lewis Publishers.
- [6]. George Tchbanoglous, Hilary Theisen, Samuel A. Vigil (1993). *Intergrated Solid Waste Management*, McGraw Hill International Editions.
- [7]. Alberta Environment (1999). *Mid-scale composting manual*. Olds College.
- [8]. S. Kuo, M.E. Ortiz Escobar, N.V. Hue, R.L. Hummel. *Composting and Compost Utilisation for Argonomic and container crops*.
- [9]. Tom Richard (1992). Municipal Solid Waste Composting. *Biomass & Bioenergy*, p163-180.
- [10]. Beidou Xi, Zimin Wei, Hongliang Liu (2005). Dynamic Simulation for Domestic Solid Waste Composting Processes. *The Journal of American Science*, p34-45.
- [11]. B.F.A. Basnayake (2001). Municipal Solid Waste (MSW) for Organic Agriculture. Annual Session of the National Agricultural Society of Sri Lanka on “Organic Agriculture: Trends and Challenges and AGM.