

MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ SỰ THAY ĐỔI THÀNH PHẦN PHÂN BÙN KHI THỰC HIỆN XỬ LÝ Ủ PHỐI TRỘN VỚI CHẤT THẢI RẮN

PGS.TS Ứng Quốc Dũng (Đại học Xây dựng)

PGS.TS Nguyễn Thị Kim Thái (Đại học Xây dựng)

ThS. Nguyễn Thu Huyền (Đại học GTVT)

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu quá trình phân huỷ hiếu khí chất thải rắn hữu cơ với các chế độ thổi khí và lượng oxy tiêu thụ khác nhau trong quá trình xử lý chất thải hữu cơ với phân bùn nhằm xác định được tốc độ phân huỷ tối ưu với lượng oxy cung cấp tối thiểu. Nghiên cứu chỉ ra rằng việc điều chỉnh lượng không khí cấp vào quá trình có thể tiết kiệm 30% năng lượng tiêu hao mà vẫn duy trì được hiệu quả xử lý cao.

Summary: The report presents the results of research on process of organic waste in aerobic condition with different level of oxygen to be consumed for co-treatment of organic waste with faecal sludge in order to the optimize the rate of digestion process with the lowest amount of oxygen supplied. The study showed that an appropriate air supply regime can be adjusted to saving of 30% energy consumption and maintain high efficiency of treatment process.

1. MỞ ĐẦU

Cùng với sự đô thị hóa ngày càng mạnh mẽ tại Việt Nam, trong những năm gần đây, bên cạnh các vấn đề kinh tế và xã hội, môi trường đô thị đã và đang trở thành vấn đề thời sự được quan tâm nhiều nhất. Tuy nhiên, ở hầu hết các đô thị những chương trình ưu tiên mới chỉ tập trung vào nước thải và rác thải, hiện chưa có ưu tiên thích đáng cho xử lý phân bùn từ các bể tự hoại.

Với thành phần chứa nhiều chất hữu cơ rất tốt cho sự phát triển của thực vật, nếu được xử lý và thu hồi theo phương thức hợp lý thì loại chất thải này sẽ mang lại nguồn ích lợi cho canh tác nông nghiệp đồng thời góp phần làm giảm nhẹ tải lượng chất ô nhiễm đi vào hệ thống đường ống thoát nước tại các đô thị.

2. CƠ SỞ KHOA HỌC CỦA NGHIÊN CỨU

2.1 Thành phần tính chất của phân bùn

Thuật ngữ “Phân bùn” được định nghĩa là hỗn hợp bùn, phân và chất lỏng được bơm từ các hệ thống xử lý nước thải tại chỗ, riêng lẻ trước khi đưa vào cống thoát nước (gồm bể tự hoại và các hố xí dội nước khác).

Quá trình hình thành phân bùn được diễn ra chủ yếu trong các bể tự hoại. Bể tự hoại tiếp nhận các sản phẩm bài tiết của người từ các công trình vệ sinh, xử lý phần chất lỏng bằng cách lắng chất rắn và giữ lại chất dầu/mỡ... Nước thải xử lý sơ bộ từ bể tự hoại được xả vào hệ thống cống công cộng hoặc trong nhiều trường hợp được xả trực tiếp vào kênh mương, sông ngòi. Phần chất rắn trong bùn cặn là 660 g/kg, tỷ trọng điển hình của cặn lắng đáy dạng bùn là 1,4-1,5 t/m³, (gần giống cặn lắng nước thải) và hàm lượng nước (độ ẩm) là 50%. Các cặn lắng hữu cơ được chuyển hoá ở phần đáy của bể tự hoại nhờ quá trình phân huỷ yếm khí. Thành phần các chất hữu cơ có trong sản phẩm bài tiết của người được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Thành phần các chất hữu cơ có trong sản phẩm bài tiết của người

Các chất hữu cơ (g/c-d)	Nước tiểu	Phân	Phân + Nước tiểu
Ni tơ	11,0	1,5	12,5
Phốt pho	1,0	0,5	1,5
Ka li	2,5	1,0	3,5
Cacbon hữu cơ	6,6	21,4	30
Trọng lượng ướt	1 200	70-140	1 200-1 400
Trọng lượng khô	60	35	95

Thành phần hữu cơ của các loại phân bùn từ các công trình vệ sinh có thời gian sử dụng khác nhau được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Thành phần hữu cơ của phân bùn từ các công trình vệ sinh
Theo % trọng lượng khô (%TS)

Loại bùn/cặn	Chất hữu cơ	Ni tơ	Phốt pho
Phân bùn từ các bể tự hoại hộ gia đình (sau một đến ba năm sử dụng)	71 - 81	2,4 - 3,0	2,9 - 2,7
Phân bùn từ các bể tự hoại hộ gia đình (sau nhiều năm sử dụng)	30,4	0,97	0,71
Phân từ khu vệ sinh trên máy bay	85 - 88	3,2 - 3,7	2,8 - 2,6

Nguồn: Kết quả phân tích của CEETIA (1998 đến 2003)

Chất lượng vệ sinh của phân bùn

Tại nhiều nơi trên thế giới như Châu Phi, Châu Á và Châu Mỹ La Tinh, giun sán, loại giun tròn đáng chú ý gây ra bệnh nhiễm trùng (*Ascaris*, *Trichuris*, *Ancylostoma*, *Strongyloides*, etc.) đang rất phổ biến. Trong số các mầm bệnh gây ra bệnh nhiễm trùng đường ruột-dạ dày nói chung, thì đặc biệt *Ascaris* có xu hướng tồn tại trong môi trường lâu hơn so với virus, vi khuẩn và động vật nguyên sinh. Một lượng lớn trứng giun ở trong nước thải, hay trong phân bùn sau khi qua hệ thống xử lý sẽ tồn tại ở dạng cặn sinh học. Vì vậy, khi cặn sinh học được sử dụng làm chất dinh dưỡng hay phân bón cho đất, trứng giun là chỉ thị cho sự lựa chọn để xác định chất lượng vệ sinh và an toàn. Hàm lượng của trứng giun trong cặn sinh học phụ thuộc rất lớn vào sự phổ biến và cường độ truyền nhiễm trong dân cư từ phân bùn hay nước thải phụ thuộc vào khoảng thời gian lưu giữ cặn sinh học và hình thức xử lý.

Bảng 3. Thời gian sống của các tác nhân gây bệnh trong phân bùn

Chủng loài	Thời tiết lạnh (10-15°C) Ngày	Thời tiết nhiệt đới (20-30°C) Ngày
Virus	<100	<20
Vi khuẩn		
Salmollela	<100	<30
Cholera	<30	<6
Faecal Coliform	<150	<50
Protozoa		
Amoebic cysts	<30	<15
Trùng giun		
Ascaris	2-3 năm	10-12 tháng
Tapeworm	12 tháng	6 tháng

(Nguồn: Strauss và cộng sự 1985)

2.2 Phương pháp ủ composting trong xử lý chất thải rắn

Phương pháp ủ sinh học chất thải rắn thực chất là một quá trình phân giải các chất glucit, lipid, protein với sự tham gia của các vi khuẩn hiếu khí và kỵ khí. Công nghệ ủ có thể là ủ đồng tĩnh thoáng khí cưỡng bức, ủ lếu có đảo định kỳ hoặc vừa thổi khí vừa đảo. Cũng có thể ủ dưới hồ như kiểu ủ chua thức ăn chăn nuôi hay trong hầm kín thu khí Mêtan.

Phương pháp ủ co-composting là quá trình phân huỷ kết hợp hai hay nhiều vật liệu thô (ở đây là sử dụng phân bùn và rác thải). Trong quá trình ủ sẽ xảy ra nhiều quá trình chuyển hoá phức tạp, đáng chú ý nhất là quá trình vô cơ hoá các hợp chất hữu cơ.

2.3 Các quá trình phân giải chất hữu cơ xảy ra trong đồng ủ

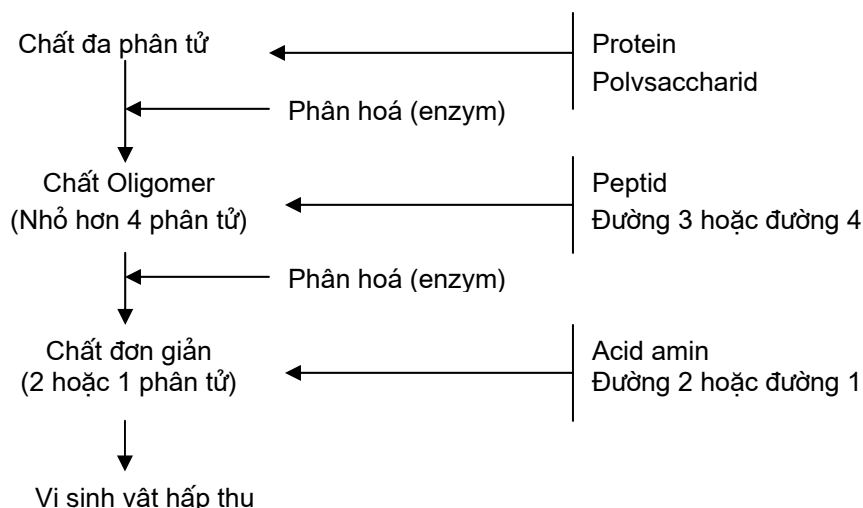
Quá trình phân giải các hợp chất hữu cơ có trong chất thải hữu cơ khi ta tiến hành ủ chất thải xảy ra rất mạnh ngay trong ngày thứ hai của quá trình ủ. Đây là những quá trình xảy ra rất phức tạp vì trong cùng một thời gian xảy ra hàng loạt các quá trình phân giải khác nhau, đan chéo nhau. Tất cả các quá trình này đều thực hiện bởi enzyzym của vi sinh vật có trong khối ủ.

Enzyme: Là những protein xúc tác có sự biến đổi các chất của tế bào. Mỗi tế bào vi sinh vật có khoảng 1000 loại enzyme khác nhau với số phân tử lên đến 10⁶, gồm enzyme nội bào và enzyme ngoại bào như: amylase, protease, cellulase... trong đó enzyme nội bào chiếm đa số.

Quá trình phân giải các chất hữu cơ là quá trình sinh hoá, được thực hiện qua ba giai đoạn:

Giai đoạn 1: Giai đoạn tổng hợp enzym. Giai đoạn sinh tổng hợp enzym được bắt đầu ngay khi vi sinh vật tiến hành quá trình trao đổi chất và nó sẽ đạt được cực đại ở thời điểm bắt đầu của giai đoạn phát triển mạnh nhất của sinh khối.

Giai đoạn 2: Khi các enzym được tạo thành, các enzym này sẽ thoát khỏi tế bào vi sinh vật ra ngoài. Ở ngoài tế bào, các enzym sẽ tiến hành các phản ứng thủy phân, sản phẩm của quá trình thủy phân là các chất có kích thước nhỏ hơn kích thước của chất tham gia phản ứng (chúng có trọng lượng phân tử nhỏ hơn trọng lượng phân tử của chất tham gia phản ứng). Khi đó một phần những chất mới tạo thành từ phản ứng thủy phân sẽ xâm nhập vào trong tế bào để tham gia quá trình trao đổi chất trong tế bào, một phần khác còn nằm ngoài môi trường.



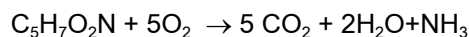
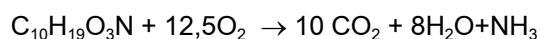
Giai đoạn 3: là giai đoạn khi các chất được tạo thành từ các phản ứng enzym ngoại bào xâm nhập được vào trong tế bào. Ở đây sẽ có hai kiểu phản ứng: phản ứng tổng hợp (đồng hoá) và phản ứng phân giải (dị hoá). Các phản ứng tạo ra sinh khối vi sinh vật, năng lượng và các sản phẩm. Năng lượng được tạo ra từ các phản ứng phân giải nội bào sẽ được tế bào sử dụng để tiến hành các phản ứng tổng hợp.

Trong số các phản ứng chuyển hoá này thì quá trình chuyển hoá Nitơ trong đồng ủ được chú ý quan tâm nghiên cứu. Các hợp chất nitơ có trong chất thải có nguồn gốc động vật và thực vật là loại hợp chất dễ bị phân huỷ bởi vi sinh vật. Trong đồng ủ, ta có thể thấy rất nhiều vi sinh vật tham gia tất cả các quá trình trong chu trình chuyển hoá nitơ trong thiên nhiên trong chất thải thì các quá trình amon hoá, nitrat hoá thường xảy ra và xảy ra rất mãnh liệt.

Quá trình amon hoá

Đây là quá trình chuyển hoá các hợp chất hữu cơ thành các hợp chất vô cơ. Quá trình này được thực hiện qua hai giai đoạn nhờ hoạt động của nhiều vi sinh vật khác nhau:

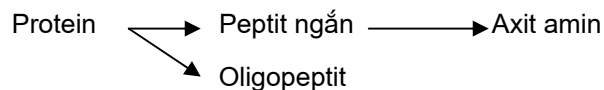
Quá trình amon hoá:



Quá trình amon hoá là quá trình phân giải các chất hữu cơ chứa nitơ có trong chất thải hữu cơ thành NH_3 và các muối amon. Tham gia quá trình này là những vi sinh vật có khả năng tổng hợp protease và những enzym khử amin. Như vậy quá trình amon hoá protein có hai giai đoạn: Giai đoạn phân giải protein và giai đoạn khử amin. Các giai đoạn này xảy ra ở trong và ngoài tế bào sinh vật.

Quá trình này được tóm tắt như sau:

Bên ngoài tế bào:



Bên trong tế bào:

Axit amin

Oligopeptit

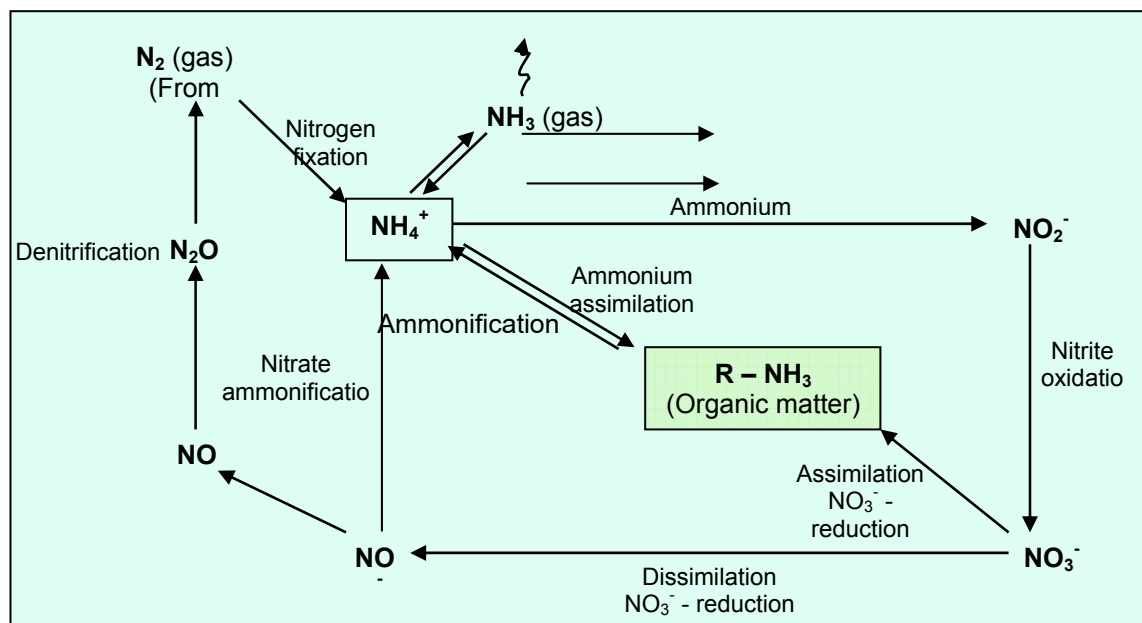
Axit amin

- Tổng hợp protein
- Phân giải
- Chuyển hoá

Như vậy quá trình phân giải ngoài tế bào tạo ra sản phẩm cuối là các axit amin, Oligopeptit. Các sản phẩm này vào trong tế bào và sẽ được chuyển hoá tiếp. Các sản phẩm trao đổi chất bậc hai và NH_3 mà vi sinh vật không cần sẽ lại thoát ra khỏi tế bào vào môi trường đóng vai trò là chất dinh dưỡng cho phân hữu cơ.

Ngoài ra khi thủy phân tryptophan tùy theo điều kiện cụ thể sẽ tạo ra các chất axit nicotinic, serotonin, axit indolacetic, omocrom.

Vòng tuần hoàn nitơ trong tự nhiên



Quá trình Nitrat hoá

Quá trình nitrat hoá: được xảy ra qua 2 giai đoạn

Giai đoạn Nitrit: $\text{NH}_4^+ + 3/2 \text{O}_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} \text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$

Giai đoạn Nitrat hoá: $\text{NO}_2^- + 1/2 \text{O}_2 \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} \text{NO}_3^-$

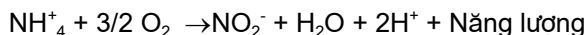
Trong quá trình amon hoá protit NH_3 được sinh ra, chúng nhanh chóng bị oxy hoá thành nitrit và sau đó sẽ thành nitrat. Ngoài NH_3 được sinh ra trong quá trình amon hoá protit, còn có quá trình tạo NH_4^+ ở các phân bón vô cơ, chúng cũng dễ dàng bị oxy hoá như con đường trên.

Quá trình xảy ra như vậy được gọi là quá trình nitrat hoá. Quá trình Nitrat hoá được thực hiện qua 2 giai đoạn: Giai đoạn chuyển thành nitrit và giai đoạn chuyển thành Nitrat.

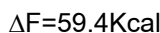
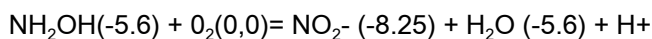
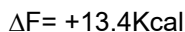
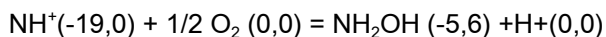
Trong chất thải hữu cơ luôn tồn tại các loài vi sinh vật tham gia chuyển hoá các hợp chất hữu cơ chứa nitơ nhờ các loài vi sinh vật theo cơ chế trên.

Giai đoạn nitrit hoá

Đây là giai đoạn đầu tiên quá trình nitrat hoá, trong đó NH_3 được oxy hoá dưới tác dụng của vi sinh vật thuộc giống nitrosomonas, nitrosococcus, nitrocolobus và nitrosospira.



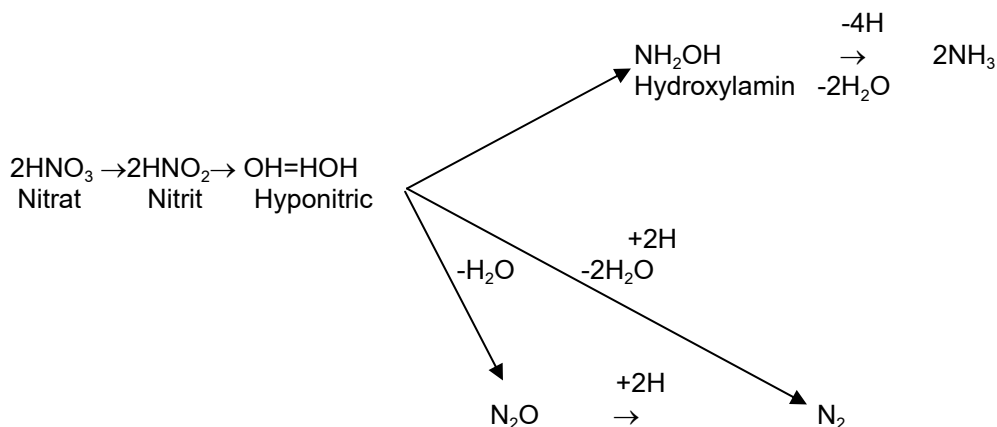
Năng lượng trong quá trình này được S.H Anderson (1964) phân tích như sau:



Trong quá trình ủ chất thải hữu cơ, quá trình amôn hoá và nitrat hoá rất có lợi. Nhờ hoạt động sống của các vi khuẩn, các chất hữu cơ chứa nitơ được vô cơ hoá tạo thành những chất vô cơ chứa nitơ hoà tan mà thực vật có thể hấp thu được.

Quá trình phản nitrat hoá

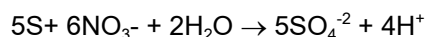
Quá trình này là quá trình chuyển nitrơ ở dạng các hợp chất vô cơ sang dạng nitrơ phân tử và bay vào không khí. Đây là quá trình có hại vì quá trình này xảy ra sẽ làm giảm chất lượng phân ủ.



Trong quá trình này những vi khuẩn tham gia phản ứng nitrat hoá sẽ sử dụng H_2 làm chất nhân điện tử:



Đối với vi khuẩn *thiobacillus denitrificans* thực hiện quá trình chuyển hoá nitrat thường xảy ra song song với quá trình oxy hoá lưu huỳnh như sau:

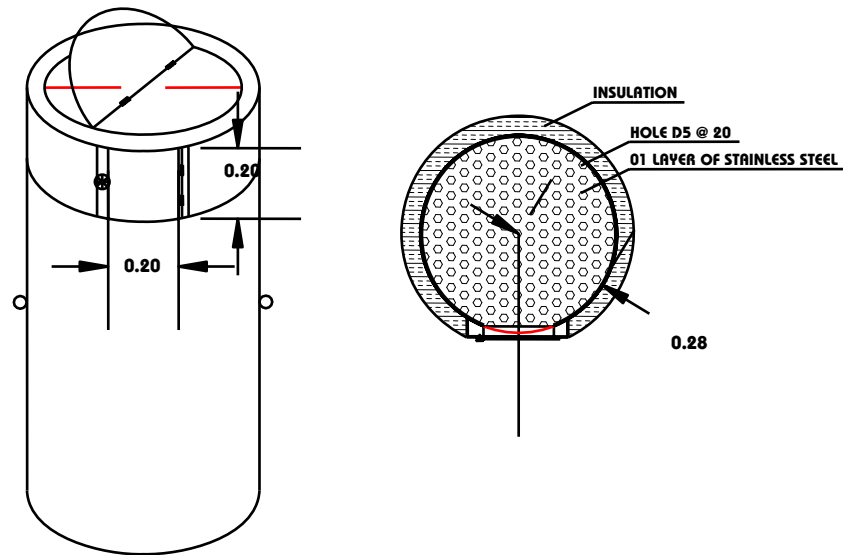


Trong chu trình chuyển hoá nitơ còn một quá trình rất quan trọng, đó là quá trình cố định nitơ phân tử. Nhưng trong xử lý chất thải hữu cơ quá trình này xảy ra ít không gây ảnh hưởng.

Tất cả các quá trình phân huỷ trên, có thể được theo dõi qua lượng oxy tiêu thụ trong đồng ủ. Như vậy, nếu ta thực hiện quá trình quan trắc lượng oxy tiêu thụ trong đồng ủ, ta có thể xác định được tốc độ của quá trình phân huỷ, từ đó có thể điều chỉnh lượng không khí cấp vào cho quá trình thích hợp, đảm bảo tiết kiệm về mặt năng lượng.

3. MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH LƯỢNG OXY TIÊU THỤ TRONG QUÁ TRÌNH Ủ PHỐI TRỘN PHÂN BÚN VÀ CHẤT THẢI RẮN SINH HOẠT TẠI NHÀ MÁY CHẾ BIẾN PHÂN VI SINH CẦU ĐIỂN

3.1 Cấu trúc của mô hình



3.2 Quá trình của thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện với mục đích: Xác định lượng oxy tiêu thụ trong đồng ủ và sự thay đổi các thông số nhiệt độ, độ ẩm, TS, TVS trong suốt quá trình ủ

Mô hình đã được vận hành trong thời gian từ tháng 09/2005 đến nay, với số đợt thí nghiệm là 2 đợt.

Trình tự thí nghiệm:

*Bơm bùn vào sân phơi bùn trước ngày thí nghiệm 1 tuần

*Nạp nguyên liệu vào mô hình:

- Xác định tỷ trọng của rác đưa vào trộn.
- Xác định thể tích rác cần trộn (nạp rác đến chiều cao 40cm)
- Cân rác, bùn theo tỷ lệ 4 rác/1 bùn
- Lấy mẫu bùn, rác làm thí nghiệm xác định SS, TVS, Tổng N, Tổng P
- Trộn đều bùn và rác.
- Lấy một lượng hỗn hợp bằng 0.1 m³. Nạp vào thùng thí nghiệm đến chiều cao 0.4m

*Mở quạt trong 30 ngày.

Trong 30 ngày, xác định các thông số sau:

- + Nhiệt độ trong đồng ủ
- + Chỉ số: TS, TVS, BOD, ...

+ Đối với thùng thí nghiệm: liên tục xác định lượng khí vào và ra, tỷ lệ % lượng O_2 (CO_2) trong đó.

*Sau 30 ngày thực hiện dỡ bể: Lấy mẫu sản phẩm thí nghiệm: Xác định lượng trứng giun trong đồng ủ, E.Coli, Tổng N, tổng P, TS, TVS.

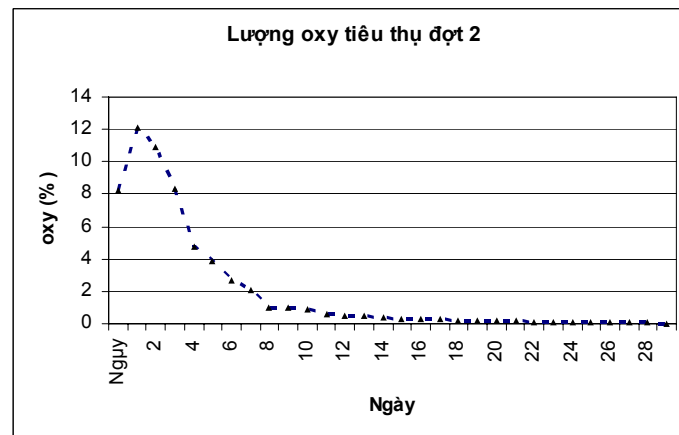
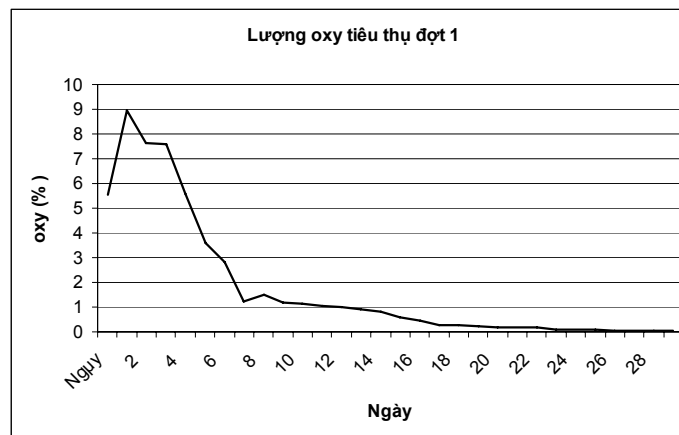
* Chuyển phần vật liệu ủ sang vị trí bên cạnh để tiến hành ủ tiếp

* Ủ tiếp mẻ mới tại bể với trình tự tương tự như trên

Các thông số quan trắc trong quá trình thí nghiệm: lượng khí oxy cấp vào mô hình, lượng khí O_2 (CO_2) sinh ra.

4. KẾT QUẢ CỦA THÍ NGHIỆM VÀ NHẬN XÉT

Sau 2 đợt thí nghiệm đầu tiên, với tỷ lệ phối trộn là 1:4 và thời gian cấp khí 24h/ngày đêm, kết quả vận hành mô hình được quan trắc theo thông số: lượng oxy vào và ra trong đồng ủ, từ đó xác định được lượng oxy tiêu thụ trong đồng ủ được thể hiện trên các biểu đồ:



Như vậy, trong những ngày đầu ta thấy lượng oxy tiêu thụ trong đồng ủ là rất lớn, tương ứng với thời kỳ cao điểm của quá trình phân huỷ hiếu khí và thời kỳ này nhiệt độ trong đồng ủ cũng tăng cao. Những ngày sau đó, lượng oxy tiêu thụ trong đồng ủ giảm dần, cùng với sự giảm nhiệt độ. Đến những ngày cuối, nếu ta vẫn tiếp tục cấp khí cưỡng bức thì quá trình phân huỷ hiếu khí vẫn tiếp tục xảy ra, thể hiện ở lượng oxy ra khỏi đồng ủ thấp hơn lượng oxy trong không khí.

Tài liệu tham khảo

1. *Công ty Môi trường đô thị Hà Nội*. Báo cáo nghiên cứu xử lý phế thải phân bón. Hà Nội 1999
2. *PGS.TS Nguyễn Thị Kim Thái*. Quản lý chất thải rắn - Tập I: Chất thải rắn đô thị, Nxb Xây dựng, Hà Nội 2001
3. *CEETIA*. Báo cáo phân tích về quá trình phát sinh và đặc điểm của phân bón tại Thành phố Hà Nội, 1999 và 2000 do Phòng thí nghiệm chất thải rắn thực hiện.
4. *CEETIA*. Báo cáo kết quả phân tích thành phần tính chất phân bón, 1998-2007. Phòng thí nghiệm chất thải rắn thực hiện.