



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



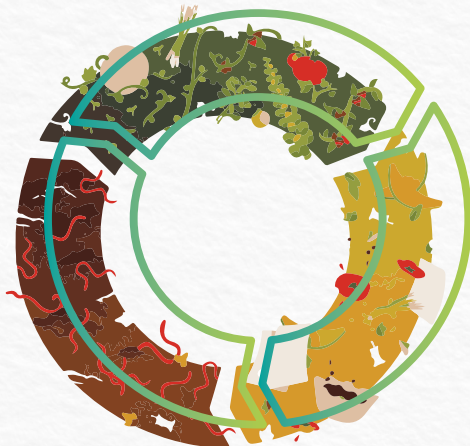
CÁC CÔNG NGHỆ Ứ SINH HỌC XỬ LÝ

CHẤT THẢI RẮN HỮU CƠ



GS.TS NGUYỄN THỊ KIM THÁI (ĐẠI HỌC XÂY DỰNG)
TH.S TRẦN HOÀI LÊ (ĐẠI HỌC XÂY DỰNG)
TH.S TRẦN THỊ HOA (GREENHUB)

MỤC LỤC



I *Công nghệ ủ sinh học xử lý chất thải rắn hữu cơ*

1.1/ Cơ chế quá trình xử lý sinh học chất thải rắn hữu cơ	4
1.2/ Quá trình xử lý sinh học trong điều kiện hiếu khí	5
1.3/ Quá trình xử lý sinh học trong điều kiện kỵ khí	9
1.4/ So sánh quá trình hiếu khí và kỵ khí trong xử lý chất thải rắn hữu cơ	14

II *Đánh giá công nghệ xử lý chất thải rắn hữu cơ bằng phương pháp ủ sinh học trên thế giới và Việt Nam*

2.1/ Các công nghệ ủ sinh học xử lý chất thải rắn hữu cơ trên thế giới	26
2.2/ Các công nghệ ủ sinh học hiện đang áp dụng tại các nhà máy xử lý chất thải rắn hữu cơ ở Việt Nam	28
2.3/ Đánh giá các công nghệ ủ sinh học xử lý chất thải rắn hữu cơ hiện đang áp dụng	34

LỜI MỞ ĐẦU

Dự án “Hướng đến các thành phố kiểu mẫu về quản lý rác thải ở khu vực ven biển phía bắc Việt Nam” – “Vịnh Xanh” (GreenBays) nằm trong Chương Trình Tái Chế Rác Thải Đô Thị (MWRP) được tài trợ bởi Cơ Quan Phát Triển Quốc Tế Hoa Kỳ (USAID) thông qua Tập Đoàn Sáng Tạo Phát Triển (DIG). Dự án được thực hiện bởi Trung tâm Hỗ trợ Phát triển Xanh (GreenHub) cùng các đối tác. Mục tiêu chính của dự án là giảm ô nhiễm rác nhựa, đặc biệt là rác xốp trên biển và hỗ trợ các thực hành giảm rác thải tại các khu vực dự án. Nhận thấy rác hữu cơ nếu không được phân loại và xử lý, sẽ chính là nguyên nhân dẫn đến nguy cơ quá tải các bãi chôn lấp do trọng lượng chiếm đến hơn 50% tổng trọng lượng các loại rác thải sinh hoạt, gây khó khăn cho quá trình phân loại rác cũng như diện tích nỗ lực biến rác thải thành tài nguyên, đồng thời ảnh hưởng nghiêm trọng đến công suất của các lò đốt rác do độ ẩm cao. Trong khuôn khổ dự án Vịnh Xanh, GreenHub đã làm việc với các chuyên gia thuộc trường Đại học Xây dựng cùng các đối tác để nghiên cứu quá trình sinh học để xử lý chất thải rắn.

Công nghệ xử lý rác thải sinh hoạt đang áp dụng tại Việt Nam khá đa dạng chủ yếu như chôn lấp, thiêu đốt, và chế biến phân vi sinh. Phương pháp 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, nhưng chi phí đầu tư và xử lý rất cao. 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, ô nhiễm nguồn nước trong khu vực bãi chôn lấp. Do đó ứng dụng các quá trình sinh học để xử lý chất thải rắn đang mở ra một hướng công nghệ mới nhiều tiềm năng theo định hướng tái sử dụng chất thải.

Trong hơn 20 năm qua, sản xuất phân hữu cơ là công nghệ xử lý chất thải phổ biến ở Việt Nam. Mục đích chính của việc sản xuất phân hữu cơ là thu hồi thành phần hữu cơ chiếm tỉ lệ lớn trong rác thải rắn sinh hoạt và biến nó thành phân bón hữu cơ có thể dùng trong nông nghiệp và cải thiện cấu trúc đất. Tuy nhiên, phần lớn các cơ sở phân hữu cơ vẫn dựa trên việc sản xuất phân từ rác hỗn hợp, dẫn đến sản phẩm phân hữu cơ kém chất lượng, với hàm lượng tạp chất cao như thủy tinh vụn, nhựa và các chất gây ô nhiễm khác, khiến cho việc tìm kiếm thị trường tiêu thụ ổn định cho phân hữu cơ trở nên khó khăn.

Hiện tại đã có những nỗ lực sản xuất ra một sản phẩm phân hữu cơ chất lượng cao dựa trên chất thải phân loại từ rác nguồn từ chợ và những nguồn phát thải đơn lẻ khác. Chất thải sinh hoạt hữu cơ từ các hộ gia đình cũng có thể được sử dụng để sản xuất phân hữu cơ trong tương lai nếu việc phân loại tại nguồn có thể được áp dụng, mặc dù để đạt điều này sẽ là một thách thức lớn. Báo cáo này được thực hiện nhằm cung cấp những kiến thức cơ bản nhất về quá trình xử lý sinh học chất thải rắn hữu cơ, so sánh và đánh giá ưu nhược điểm của từng phương pháp. Ngoài ra, báo cáo cũng đưa ra đánh giá thực trạng, các tồn tại và cơ hội đối với công nghệ ủ sinh học để xử lý chất thải rắn. Từ đó giúp cho các cơ quan quản lý, cơ sở xử lý chất thải rắn có những lựa chọn phương thức xử lý phù hợp với điều kiện thực tế của địa phương mình.

Nhóm tác giả:

1. GS.TS Nguyễn Thị Kim Thái (Đại học Xây dựng)
2. Th.S Trần Hoài Lê (Đại học Xây dựng)
3. Th.S Trần Thị Hoa (GreenHub).

I CÔNG NGHỆ Ủ SINH HỌC XỬ LÝ CHẤT THẢI RẮN HỮU CƠ

1.1/ CƠ CHẾ QUÁ TRÌNH XỬ LÝ SINH HỌC CHẤT THẢI RẮN HỮU CƠ

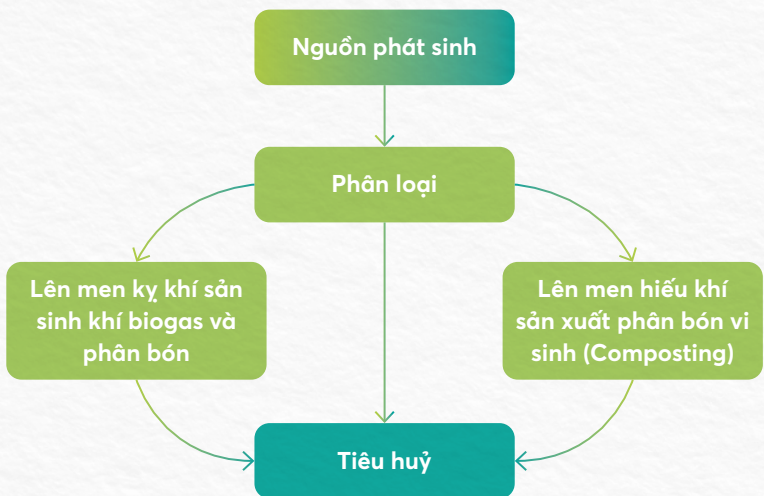
Trong chất thải rắn sinh hoạt, thành phần hữu cơ chiếm tỷ trọng lớn, nên việc áp dụng phương pháp xử lý sinh học được coi là phù hợp nhất. Phương pháp sinh học có thể được thực hiện theo các phương thức sau:

- Ủ sinh học, chuyển hoá chất

thải hữu cơ thành phân vi sinh.

- Mê tan hoá trong các bể thu hồi khí sinh học.

Rác thải trước khi đưa vào xử lý có thành phần phức tạp, chứa nhiều hợp chất độc hại. Thành phần của rác thải bao gồm các hợp chất hữu cơ của C, N, S, H (các hợp chất này cần được xử lý thu hồi làm phân bón) và các chất không xử lý được bằng



Hình 1. Sơ đồ xử lý chất thải rắn hữu cơ bằng phương pháp sinh học

phương pháp ủ sinh học như: nilông, giấy, kim loại, chất trơ, v.v...

Quá trình sinh học khi xử lý chất thải rắn hữu cơ như sau:

+ Với phương pháp ủ yếm khí (phương pháp ủ tự nhiên)

(C, H, N, S) + Điều kiện: độ ẩm, nhiệt độ, độ xốp = CH₄ + H₂S + CO₂

+ Với phương pháp ủ kỵ khí (phương pháp ủ nhân tạo)

(C, H, N, S) + Điều kiện: độ ẩm, nhiệt độ, độ xốp, không có O₂ = CH₄ + H₂S + CO₂ + chất mùn (khoáng vô cơ)

+ Với phương pháp ủ hiếu khí (trong điều kiện nhân tạo)

(C, H, N, S) + O₂ + VSV = CO₂ + H₂S + to + chất mùn (khoáng vô cơ)

Trong các đồng ủ, đầu tiên các hợp chất hữu cơ được phân huỷ và diễn ra theo từng giai đoạn khác nhau. Các hợp chất của Nitơ, Cacbon, lần lượt được phân huỷ thành CO₂, NH₄, axit hữu cơ và nitơ phân tử. Quá trình đó được biểu diễn như sau:

+ Đối với các hợp chất của Nitơ: Protein → Peptides → Aminoaxit → Các hợp chất của amon → Các vi khuẩn Nitơ phân tử.

+ Đối với các hợp chất của Cacbon:

Hydratcacbon đường phân axit hữu cơ CO₂ và các vi khuẩn.

Quá trình phân giải các hợp

chất Nitơ và cacbon có sự tham gia của các vi khuẩn như: Bac. mycoides; Bac. Mesetericus; E. Coli,... và các loại xạ khuẩn nấm mốc. Sau khi các hợp chất hữu cơ được phân giải, các chất trung gian tiếp tục được vi sinh vật tiêu thụ và chuyển hoá thành CO₂, NO₃. Sự ổn định của chất thải được hoàn thiện thông qua các phản ứng trao đổi chất của vi sinh vật hình thành trong quá trình này. Song song với các quá trình chuyển hoá chất hữu cơ, trong đồng ủ cũng xảy ra quá trình khoáng hoá (Sắt, canxi, photpho...) và cuối cùng tạo ra mùn.

1.2/ CÔNG NGHỆ Ủ HIẾU KHÍ

1.2.1/ Cơ chế của quá trình

Quá trình ủ hiếu khí chất thải rắn hữu cơ là quá trình chuyển hóa sinh học và ổn định các chất hữu cơ trong điều kiện có oxy với sự tham gia của các Vi sinh vật (VSV) hiếu khí. Sản phẩm của quá trình là khí CO₂, nước, nhiệt, chất mùn ổn định, không mang mầm bệnh.

Trong quá trình phân huỷ, đầu tiên các hợp chất hữu cơ phức tạp được phân huỷ thành các chất đơn giản hơn. Các hợp chất nitơ và cacbon lần lượt được phân huỷ thành CO₂, NH₄, axit hữu cơ và nitơ phân tử. Cơ chế quá trình chuyển hóa

sinh học hiếu khí diễn ra như sau:

Đối với các hợp chất của Nitơ:

Protein → Peptides → Aminoaxit

→ Các hợp chất của amon →

Các vi khuẩn → Nitơ phân tử.

Đối với các hợp chất của Car-

bon: Hydratcarbon → phân tử

đường → axit hữu cơ → CO₂ và

các vi khuẩn.

Những phản ứng chuyển hóa

sinh hóa diễn ra trong quá trình

ủ hiếu khí rất phức tạp, đều được

thực hiện bởi các enzym của vi

sinh vật có trong khối ủ. Phản

ứng sinh hóa xảy ra trong công

nghe ủ hiếu khí được đặc trưng

bởi phương trình:

COHNS + O₂ + VSV hiếu khí →

CO₂ + NH₃ + sản phẩm khác

+ năng lượng.

1.2.2/ Các yếu tố ảnh hưởng

1) Kích thước và thành phần vật liệu ủ

Kích thước vật liệu ảnh hưởng

lớn đến tốc độ phân hủy do quá

trình phân hủy hiếu khí của VSV

xảy ra trên bề mặt vật liệu hữu

cơ. Vì vậy việc giảm kích thước

của vật liệu ủ sẽ làm tăng bề

diện tiếp xúc, tăng sự hoạt động

của vi khuẩn làm tăng nhanh tốc

độ phân hủy. Tuy nhiên nếu kích

thước vật liệu quá nhỏ và chặt

sẽ làm hạn chế sự lưu thông khí

trong đồng ủ và giảm mức độ

hoạt động của VSV. Kích thước

tối ưu cho quá trình của chất

hữu cơ là 3-5cm.

Sự cân bằng giữa các chất dinh

dưỡng với các tỷ lệ khác nhau

sẽ đưa đến các sản phẩm khác

nhau. Có rất nhiều thông số dinh

dưỡng ảnh hưởng đến quá trình

ủ hiếu khí, trong đó tỷ lệ C/N là

thông số quan trọng nhất, ảnh

hưởng rất lớn đến tốc độ của

quá trình phân hủy.

- Nếu tỷ lệ C/N lớn sẽ hạn chế

sự phát triển của VSV do thiếu

N, làm chậm quá trình ủ do

VSV phải thực hiện nhiều quá

trình oxy hóa cho đến khi đạt

được đến giá trị C/N tối ưu. Do

đó thời gian cần thiết cho quá

trình làm phân thường kéo dài

hơn và sản phẩm thu được

chứa ít mùn hơn.

- Ngược lại, nếu tỷ lệ C/N quá

thấp, thì nitơ sẽ bị mất bởi

quá trình bay hơi NH₃, nhất là

trong điều kiện nhiệt độ cao,

độ thông khí lớn.

- Tỷ lệ C/N tối ưu được xác định

qua hàm lượng C/N cần thiết

để tăng sinh khối VSV. Về mặt

lý thuyết, tỷ lệ C/N tối ưu là

25/1-35/1, tuy nhiên với các vật

liệu khác nhau thì tỷ lệ C/N

tối ưu có thể khác nhau như

vật liệu khó phân hủy rơm, gỗ,

giấy,... thì tỷ lệ C/N là 35/1-40/1,

Việt Nam chứa nhiều hợp chất ligno-xenluloza rất khó phân hủy và thành phần nitơ trong rác lại dễ sử dụng. Do đó tỷ lệ C/N thực tế thường cao hơn 30/1. Để giảm thời gian phân hủy bằng cách bổ sung nguồn nitơ hay các nguyên liệu hữu cơ khác như bùn hoạt tính hay các nguyên liệu chứa nhiều nitơ.

2) Độ xốp của nguyên liệu ủ

Độ xốp là yếu tố quan trọng trong quá trình sản xuất phân hữu cơ. Độ xốp ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình cung cấp oxy cần thiết cho sự trao đổi chất, hô hấp của các VSV hiếu khí và sự oxy hóa các phần tử hữu cơ hiện diện trong vật liệu ủ. Độ xốp thấp sẽ hạn chế sự vận chuyển oxy, hạn chế sự giải phóng nhiệt, làm tăng nhiệt độ khối ủ. Độ xốp cao có thể dẫn đến nhiệt độ trong khối ủ thấp, sẽ không tiêu diệt hết các mầm bệnh. Độ xốp có thể điều chỉnh bằng cách sử dụng các vật liệu tạo cấu trúc với tỷ lệ thích hợp. Thông thường, độ xốp để quá trình sản xuất phân có thể diễn ra là 35-60%, tối ưu là 32-36%.

3) Nhiệt độ và thời gian ủ

Nhiệt trong khối ủ là sản phẩm phụ của sự phân hủy các hợp chất hữu cơ bởi VSV, phụ thuộc vào kích thước đồng ủ, độ ẩm, không khí và tỷ lệ C/N, mức độ đảo trộn và nhiệt độ môi trường,

xung quanh. Nhiệt độ trong hệ thống ủ không hoàn toàn đồng nhất trong suốt quá trình ủ, phụ thuộc vào lượng nhiệt tạo ra bởi các VSV và thiết kế của hệ thống, và thay đổi theo thời gian ủ.

Giai đoạn đầu của quá trình ủ, kéo dài trong 1-3 ngày, tương đương với thời gian thu gom, vận chuyển vật liệu cho quá trình ủ, nhiệt độ giai đoạn này ở mức ấm. Bắt đầu thực hiện quá trình ủ, các hợp chất hữu cơ bị phân hủy nhờ các VSV, quá trình này giải phóng năng lượng làm nhiệt độ đồng ủ tăng lên đến 45-50°C, các VSV ưa ấm sẽ dần bị thay thế bởi các VSV ưa nóng, giai đoạn này kéo dài trong khoảng 1-4 ngày. Bắt đầu từ ngày 5-10 của quá trình ủ, nhiệt độ tăng cao do sự hoạt động của VSV phân hủy các hydrocarbon phức tạp như cellulose, hemicellulose. Đây cũng là giai đoạn quan trọng để loại bỏ các VSV gây bệnh trong chất thải. Nhiệt độ cực đại và khoảng thời gian đạt nhiệt độ cực đại phụ thuộc vào độ thoáng khí, hình dạng đồng ủ và độ ẩm,... Sau thời gian này, nhiệt độ trong đồng ủ giảm dần xuống nhiệt độ xung quanh, quá trình phân hủy diễn ra chậm và cần đủ độ ẩm và oxy để duy trì hoạt động của VSV trong đồng ủ. Như vậy, nhiệt độ tối ưu cho quá

trình ủ là 40-55°C. Nếu nhiệt độ trong đống ủ không đảm bảo thì các loại vi khuẩn ưa ấm, ưa nóng không xuất hiện, không tiêu diệt được các VSV gây bệnh, ảnh hưởng đến chất lượng phân ủ. Còn nếu nhiệt quá cao dẫn đến sự cạn kiệt nước trong đống ủ, làm cho các vi khuẩn bậc 1 chết, giảm hiệu quả của quá trình ủ. Thời gian ủ cần phù hợp với nhiệt độ của đống ủ. Nếu thời gian ủ quá ngắn thì quá trình chưa phân hủy xong, chất lượng phân ủ không đạt yêu cầu. Nhưng nếu thời gian ủ quá dài thì yêu cầu diện tích bề ủ lớn, không đảm bảo hiệu quả về mặt kinh tế.

4) pH

pH là một thông số quan trọng ảnh hưởng đến quá trình ủ hiếu khí. pH ảnh hưởng đến việc hấp thụ các chất dinh dưỡng, hoạt động của VSV và việc hòa tan các kim loại nặng. Vi khuẩn thường phát triển tốt ở pH = 6,5-8 và nấm ở pH = 5-8,5. Trong đống ủ, pH thay đổi theo thời gian ủ. Giai đoạn đầu pH thường khoảng 6,0 sau đó giảm xuống 4,5-5 do axit hữu cơ sinh ra trong vài ngày, rồi tăng 7,5-8,5 khi nhiệt độ tăng. Cuối thời gian ủ, pH giảm về mức trung tính 5,5-6,5.

5) Độ ẩm

Độ ẩm là yếu tố cần thiết cho hoạt động của VSV trong quá trình chế biến phân hữu cơ vì

nước cần thiết cho quá trình hòa tan chất dinh dưỡng vào nguyên sinh chất tế bào. Các VSV đóng vai trò quyết định trong quá trình phân hủy CTR thường tập trung tại lớp nước mỏng trên bề mặt CTR.

Nếu độ ẩm quá nhỏ (<30%), các hoạt động trao đổi chất của VSV không được cung cấp đầy đủ nước, quá trình phát triển của VSV sẽ bị kìm hãm, xảy ra quá trình lên men yếm khí. Còn nếu độ ẩm quá lớn (>65%) thì sự lưu thông khí trong đống ủ sẽ khó khăn, oxy sẽ không được cung cấp đầy đủ cho VSV, quá trình phân hủy sẽ chậm lại và chuyển sang chế độ phân hủy kỵ khí, gây mùi hôi, thất thoát chất dinh dưỡng và lan truyền VSV gây bệnh.

Độ ẩm tối ưu cho quá trình ủ là 50-60%. Với rác thải đô thị có độ ẩm tương đối nằm trong khoảng 40-60% rất thích hợp cho quá trình ủ compost. Tuy nhiên độ ẩm tối ưu có thể thay đổi tùy thuộc bản chất của chất hữu cơ trong đống ủ, để đạt hiệu suất cao cần khống chế độ ẩm ở mức 40-60% trong suốt quá trình ủ.

6) Sự phân phối oxy

Oxy đóng vai trò quan trọng trong sự trao đổi chất và oxy hóa chất hữu cơ có mặt trong vật liệu ủ. Khi VSV oxy hóa car-

bon tạo ra năng lượng, oxy được sử dụng và sinh ra CO₂. Khi thiếu oxy quá trình sẽ xảy ra trong điều kiện yếm khí, tạo mùi hôi do sinh khí H₂S. Nếu cung cấp đủ oxy, các VSV sẽ phân hủy nhanh chóng các hợp chất hữu cơ, làm giảm độ ẩm cao ban đầu trong rác, và có tác dụng tản nhiệt trong đống ủ. VSV hiếu khí có thể sống được ở nồng độ oxy bằng 5%, nồng độ oxy 10% là tối ưu cho quá trình ủ hiếu khí. Không khí được cấp cho khối vật liệu ủ có thể bằng nhiều cách như đảo trộn, sử dụng ống thông khí, đổ chất thải từ tầng lưu chứa trên cao xuống thấp, thổi khí cưỡng bức.

1.3/ CÔNG NGHỆ Ủ KỶ KHÍ

1.3.1/ Cơ chế của quá trình

Phân hủy kỵ khí là quá trình phân hủy chất hữu cơ trong môi trường không có oxy ở điều kiện nhiệt độ từ 30-65°C. Sản phẩm của quá trình phân hủy kỵ khí là khí CH₄, CO₂, NH₃, một lượng nhỏ các loại khí khác, axit hữu cơ và sinh khối vi sinh vật. Các vi sinh vật yếm khí là các xạ khuẩn (Actinomyces, nấm men, vi khuẩn (Bacteria), nấm mốc (Mucor) penicillium.

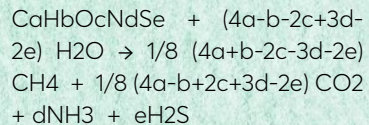
Quá trình chuyển hóa các chất hữu cơ của chất thải rắn sinh hoạt dưới điều kiện kỵ khí xảy ra theo ba bước:

1) Giai đoạn thủy phân cơ chất: các thành phần hữu cơ của rác thải bị phân hủy dưới tác động của men hydrolaza do vi sinh vật tiết ra để hình thành các hợp chất đơn giản (đường đơn, peptit, glyxerin, axit béo, axit amin,...) vi sinh vật tham gia vào giai đoạn này là Clostridium thermocellum.

2) Giai đoạn hình thành các axit hữu cơ: dưới tác dụng của enzym vi sinh vật, các chất hữu cơ dễ tan chuyển thành các axit hữu cơ (axit axetic, axit propionic, axit butyric,...), rượu etylic, rượu metylic, CO₂, H₂. Các vi sinh vật có mặt trong giai đoạn này là Bacteroides, Suminicola, Clostridium, Bifido bacterium.

3) Giai đoạn hình thành methane: chuyển hóa các hợp chất trung gian thành các sản phẩm cuối đơn giản hơn, chủ yếu là khí metan CH₄ và CO₂.

Một cách tổng quát, quá trình chuyển hóa kỵ khí chất thải rắn hữu cơ có thể được mô tả bằng phương trình sau:



Ba giai đoạn của quá trình phân hủy kỵ khí được trình bày trong Bảng 1.

1.3.2. Các yếu tố ảnh hưởng

1) Nhiệt độ

Quá trình chuyển hóa sinh học kỵ khí có thể xảy ra ở các khoảng

nhệt độ khác nhau: lên men lạnh (dưới 25°C), lên men ấm (25-45°C), và lên men nóng (45-70°C). Quá trình chuyển hóa ở

Tên giai đoạn	Giai đoạn 1	Giai đoạn 2		Giai đoạn 3
	Thủy phân	Axit hóa	Acetate hóa	Metan hóa
Các chất ban đầu	Đường phức tạp, protein, chất béo	Đường đơn giản	Amino axit, axit hữu cơ	Axetat
Vi sinh vật		VK axit hóa	VK axetat hóa	VK metan hóa
Sản phẩm	Đường đơn giản	Amino axit, axit hữu cơ	Axetat	
Khí sinh ra	CO ₂	CO ₂ , H ₂	CO ₂ , CH ₄ , H ₂	CO ₂ , CH ₄

Bảng 1. Các giai đoạn của quá trình phân hủy kỵ khí

chế độ lên men ấm có hiệu quả phân hủy tốt hơn, thời gian phân hủy nhanh, hiệu suất sinh khí cao hơn đồng thời sự phân tách lỏng rắn tốt hơn.

Mặc dù ở chế độ nhiệt lên men nóng quá trình xảy ra hiệu quả hơn nhưng đa số các quá trình chuyển hóa kỵ khí được thực hiện ở điều kiện lên men ấm.

Do ở điều kiện lên men nóng đòi hỏi việc vận hành phức tạp, cần cung cấp thêm năng lượng, đồng thời quá trình dễ bị ức chế bởi amoniac hơn. Bên cạnh đó vi sinh vật metan hóa ở điều kiện này rất nhạy cảm với sự thay đổi nhỏ của nhiệt độ môi trường, và cũng mất thời gian rất lâu để thích nghi với điều kiện nhiệt

độ mới để đạt hiệu quả sinh khí metan là cao nhất. Trong khi ở điều kiện lên men ấm, vận hành đơn giản hơn, quá trình ổn định hơn và nhóm sinh vật metan hóa ít nhạy cảm với sự thay đổi của

hiệt độ hơn. Ngoài ra, với điều kiện khí hậu của Việt Nam, 25-32°C là phù hợp cho quá trình phân hủy kỵ khí ở chế độ nhiệt lên men ấm.

Chế độ nhiệt	Nhiệt độ tối ưu cho quá trình (°C)	Thời gian lưu tối thiểu (ngày)
Lên men lạnh	<20	70-80
Lên men ấm	30-42	30-40
Lên men nóng	43-55	15-20



2) pH và độ kiềm

pH là một yếu tố rất quan trọng trong quá trình ủ phân, nó ảnh hưởng đến việc hấp thụ các chất dinh dưỡng, hoạt động của các vi sinh vật và việc hòa tan các kim loại nặng. Với vi khuẩn thì thường phát triển tốt ở pH 6,5-8, trong khi nấm thì có thể phát triển với pH-5-8,5.

Trong quá trình ủ, giai đoạn đầu pH thường đạt giá trị khoảng 6, sau đó pH bắt đầu giảm xuống 4,5-5 do axit hữu cơ được sinh ra trong vài ngày rồi nó tiếp tục tăng lên giá trị 7,5-8,5 trong quá trình nhiệt độ tăng. Sau đó pH giảm xuống 6,5-5,5. Trong quá trình ủ yếm khí sản sinh nhiều axit hữu cơ do đó làm giảm mạnh pH trong đồng ủ.

3) Đặc điểm của chất thải

Đặc điểm chất thải hữu cơ quyết định sự thành công của quá trình phân hủy kỵ khí. Trong chất thải rắn hữu cơ, đặc điểm cơ chất có thể thay đổi đa dạng phụ thuộc vào phương pháp thu gom, thời tiết, thói quen sinh hoạt của cộng đồng,... Đặc điểm cơ chất như đặc điểm về thành phần, tỷ lệ C/N, kích thước chất thải rất quan trọng.

Sự phân hủy kỵ khí phụ thuộc rất lớn vào các thành phần chính như protein, lipid, cacbonhydrat. Trong đó lipid là cơ chất quan trọng nhất vì hiệu suất tạo khí metan từ lipid cao hơn những thành phần hữu cơ khác. Tuy nhiên nếu trong chất thải có quá



nhiều lipid thì có thể làm chậm quá trình thủy phân do chúng bám trên bề mặt chất thải gây cản trở quá trình sự xâm nhập của các enzym thủy phân. Thành phần cacbonhydrat như lignin và lignocellulosic được tìm thấy trong nhiều loại chất thải thực vật có thể làm chậm quá trình phân hủy kỵ khí.

Thành phần chất thải cũng quyết định tỷ lệ dinh dưỡng Cacbon và Nitơ. Cacbon và Nitơ là chất dinh dưỡng được đòi hỏi lớn nhất cho quá trình phát triển của vi sinh vật. Nếu nitơ quá ít các vi sinh vật sẽ không phát triển đủ để tạo lượng enzyme cần thiết phân hủy cacbon. Nếu hàm lượng nitơ quá cao sẽ hình thành amoniac, một trong những yếu tố gây độc đối với vi sinh vật metan hóa, thường tỷ lệ C/N tối ưu trong khoảng 20/1 đến 30/1. Để tạo tỷ lệ C/N thích hợp những chất thải có tỷ lệ C/N thấp thường được phối trộn với chất thải có tỷ lệ C/N cao. Ví dụ các chất thải có thành phần Cacbon cao như chất thải rắn sinh hoạt, chất thải nông nghiệp, chất thải hoa quả,... thường được phối trộn với phân bùn, là chất thải có tỷ lệ C/N thấp.

Kích thước của chất thải cũng có vai trò quan trọng trong quá trình phân hủy kỵ khí. Đặc biệt trong quá trình thủy phân, kích

thước nhỏ sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho sự tấn công của các enzym thủy phân. Một số nghiên cứu cho thấy việc giảm kích thước chất thải đến 2 mm có thể làm gia tăng hiệu quả tạo khí metan đến 20%. Hoạt động của vi khuẩn được diễn ra trên bề mặt của các vật liệu hữu cơ, bởi vậy việc giảm đi kích thước của vật liệu ủ (bằng cách nghiền nhỏ hoặc sàng phân loại) như một cách làm tăng bề mặt tiếp xúc, tăng các hoạt động của vi khuẩn và như vậy nó làm tăng nhanh tốc độ phân hủy. Mặt khác, nếu các vật liệu ủ có kích thước quá nhỏ thì lại làm giảm khả năng tơi xốp, giảm lượng oxy tuần hoàn trong đồng ủ và kết quả là làm giảm hoạt động của vi sinh vật

4) Axit béo bay hơi

Axit béo bay hơi là sản phẩm của giai đoạn axit hóa với chuỗi cacbon cao nhất là 6 phân tử gồm các axit như acetate, propionate, butyrate, lactate. Nếu quá trình chuyển hóa kỵ khí không ổn định sẽ dẫn đến sự tích tụ axit béo bay hơi và làm giảm pH của quá trình.

5) Thời gian lưu và tải lượng hữu cơ

Đối với bể phân hủy làm việc liên tục, thời gian lưu phải đủ lâu để hệ vi sinh vật kỵ khí phân

hủy chất thải và không quá dài cho sự tái tạo của hệ vi sinh vật này. Thời gian lưu ngắn sẽ giảm được kích thước của công trình ủ và tạo tốc độ dòng chảy cơ chất tốt nhưng hiệu suất tạo khí biogas, do đó thời gian lưu phải thích hợp cho sự phân hủy đối với mỗi loại chất thải. Thời gian lưu đối với chất thải rắn hữu cơ dao động từ 3 đến 55 ngày phụ thuộc vào loại chất thải, nhiệt độ và cấu tạo của bể phân hủy. Đối với phân hủy kỵ khí không thời gian lưu dao động từ 14 đến 30 ngày, đối với phân hủy kỵ khí ướt thời gian lưu thấp hơn có thể chỉ cần 3 ngày.

Tải lượng hữu cơ (OLR): là lượng chất hữu cơ (được thể hiện qua chất rắn dễ bay hơi hoặc giá trị COD của nguyên liệu ban đầu) được xử lý bởi một thể tích nhất định trong bể phân hủy trong một đơn vị thời gian. Giá trị của tải lượng hữu cơ thường đi cùng với thời gian lưu, nếu nồng độ chất hữu cơ trong nguyên liệu đầu vào tương đối ổn định thì thời gian lưu càng ngắn, giá trị tải lượng hữu cơ đạt được càng cao. Sự gia tăng nhanh chóng tải lượng hữu cơ sẽ làm gia tăng sự thủy phân axit, trong khi các vi khuẩn metan phát triển chậm hơn sẽ không có khả năng tiêu hóa các axit này ở mức tương tự. Điều này sẽ dẫn đến sự tích

tụ axit béo làm giảm pH gây ức chế hoạt động của vi khuẩn metan và giảm hiệu quả của toàn bộ quá trình phân hủy kỵ khí.

6) Điều kiện khuấy trộn

Khuấy trộn đóng vai trò quan trọng trong quá trình phân hủy kỵ khí chất thải hữu cơ. Sự khuấy trộn giúp làm tăng sự tiếp xúc giữa nguyên liệu vào và hệ vi sinh vật, đồng thời cũng ngăn ngừa sự phân tầng nhiệt độ, sự tích tụ lớp váng và lớp cặn trong bể phân hủy. Bên cạnh đó, sự khuấy trộn cũng giúp tránh sự hình thành vùng chết trong bể phân hủy, giúp giảm kích thước hạt và giải phóng khí biogas.

1.4/ SO SÁNH CÔNG NGHỆ Ủ HIẾU KHÍ VÀ KỶ KHÍ TRONG XỬ LÝ CHẤT THẢI RẮN HỮU CƠ

Quá trình phân hủy hiếu khí (còn được gọi là quá trình compost) và quá trình phân hủy kỵ khí chất thải rắn hữu cơ đều là những quá trình được sử dụng rộng rãi nhằm xử lý để tận dụng tái chế thành phần hữu cơ có trong chất thải. Cả hai quá trình đều được thực hiện bởi hệ vi sinh vật biến đổi vật liệu thông qua các phản ứng hóa học. Mỗi quá trình đều có nguyên liệu đầu vào, sản phẩm và sản phẩm phụ.

Đầu vào là các nguyên liệu như chất thải hữu cơ, phân chuồng, phế liệu thực phẩm,... Đầu ra là những sản phẩm có giá trị như phân hữu cơ, năng lượng thu được từ đốt phân ủ hoặc có nguồn gốc từ khí sinh học.

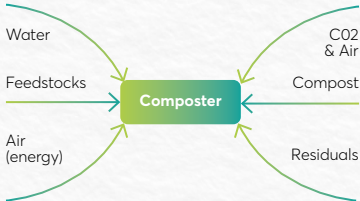
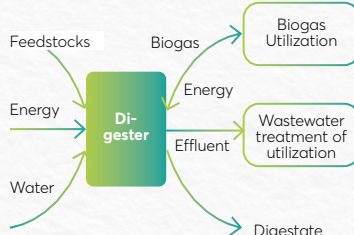
Sự khác nhau cơ bản giữa quá trình compost và quá trình phân hủy kỵ khí chủ yếu do sự có mặt hay vắng mặt của oxy. Quá trình sản xuất compost là một quá trình hiếu khí, vì vậy oxy là yếu tố cần thiết cho hiệu quả của quá trình. Ngược lại, quá trình phân hủy kỵ khí thường được sử dụng phổ biến cho mục đích sản xuất và thu khí sinh học giàu khí mê-tan.

Sự hiện diện của oxy trong quá trình compost cho phép phân hủy hoàn toàn hơn các phân tử

phức tạp thành các hợp chất đơn giản. Ví dụ, oxy cho phép phân hủy hoàn toàn carbohydrate thành carbon dioxide và nước, trong khi nếu lượng oxy thấp hoặc không có oxy sẽ thúc đẩy sự phân hủy carbohydrate thành axit axetic. Vi khuẩn hiếu khí, xạ khuẩn và nấm phối hợp với nhau trong quá trình compost để thủy phân các phân tử phức tạp này. Trong khi đó, quá trình phân hủy kỵ khí là một quá trình phức tạp hơn so với quá trình compost, trong đó thành phần hữu cơ được phân hủy thông qua các bước tuần tự là thủy phân, sinh axit hữu cơ và sản xuất metan. Mỗi quá trình được thực hiện bởi hệ vi sinh vật khác nhau.



Bảng 2. So sánh công nghệ ủ hiếu khí và kỵ khí xử lý chất thải rắn hữu cơ

Quá trình phân hủy hiếu khí	Quá trình phân hủy kỵ khí
1. Nguyên liệu và Sản phẩm của quá trình	
 <ul style="list-style-type: none"> • Đầu vào bao gồm: Thành phần hữu cơ trong chất thải rắn, nước, năng lượng lớn (cho quá trình cấp khí). • 40-50% thành phần hữu cơ trong chất thải chuyển hóa thành khí CO₂, một trong những khí gây gia tăng hiệu ứng nhà kính. • 50-60% ở dạng sinh khối mùn hữu cơ (phân compost). • 5-10% là các thành phần không phân hủy. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Đầu vào bao gồm: Thành phần hữu cơ trong chất thải rắn, nước, năng lượng (cấp nhiệt cho quá trình ủ) • 70-90% lượng chất thải hữu cơ được chuyển hóa thành khí Metan. • 5-15% dưới dạng mùn hữu cơ (phân bón). • 10-30% là thành phần không phân hủy.

2. Ưu điểm

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Yêu cầu về vốn đầu tư vốn ban đầu thấp hơn so với chi phí đầu tư ban đầu của phương pháp phân hủy kỵ khí; | <ul style="list-style-type: none"> • Tạo ra ít sản phẩm rắn (ít hơn từ 2-4 lần so với xử lý hiếu khí); • Tiêu thụ năng lượng ít do đó chi phí xử lý thấp; |
|---|---|

- Yêu cầu kỹ năng vận hành cho nhà máy phân compost thấp hơn so với cơ sở xử lý theo công nghệ kỵ khí.
- Yêu cầu diện tích nhỏ;
- Chi phí xây dựng thấp;
- Sản phẩm chính là khí Metan, có thể thu hồi và sử dụng như một nguồn năng lượng;
- Tạo sản phẩm mùn sinh học ổn định, có hàm lượng chất dinh dưỡng cao hơn do khả năng giữ Nitơ tốt hơn, được sử dụng như phân bón trong nông nghiệp;
- Có thể áp dụng ở quy mô nhỏ và vừa.

3. Nhược điểm

- Đòi hỏi cung cấp năng lượng khá lớn để vận hành các thiết bị cần thiết phục vụ cho việc cấp khí cho quá trình ủ sinh học;
- Một trong những sản phẩm chính của quá trình sản xuất compost là khí CO₂ (chiếm khoảng 40-50%). Trong khi đó CO₂ là một trong những khí nhà kính đóng góp đáng kể vào hiện tượng biến đổi khí hậu;
- Sản phẩm mùn được tạo thành có chất lượng kém hơn so với sản phẩm của quá trình ủ kỵ khí do bị thất thoát Nitơ;
- Quá trình sản xuất compost nếu không được vận hành đúng quy trình và hiệu quả, có thể phát tán mùi hôi ra môi trường xung quanh.
- Vi sinh vật kỵ khí dễ bị ức chế bởi nhiều yếu tố;
- Thời gian khởi động của quá trình tương đối lâu;
- Cơ chế sinh học và sự tham gia của các vi sinh vật khá phức tạp, đòi hỏi cần có nhiều nghiên cứu chuyên sâu hơn.

Bảng 3. Các tiêu chí đánh giá để lựa chọn công nghệ xử lý phù hợp

Tiêu chí	Công nghệ compost	Phân hủy kỵ khí
Khả năng áp dụng	Áp dụng rộng rãi.	Áp dụng rộng rãi.
Loại chất thải rắn	Thành phần hữu cơ đã phân loại; Nguyên liệu có thành phần lignin cao (gỗ) cũng có thể chấp nhận.	Thành phần hữu cơ đã phân loại; Phân người hay động vật; Bùn; Ít phù hợp với nhóm nguyên liệu có thành phần lignin cao.
Quy mô	Quy mô nhỏ (hộ gia đình); Quy mô lớn (thùng quay, luống hiếu khí).	Quy mô nhỏ (trang trại); Quy mô lớn (chất thải hữu cơ với khối lượng lớn).
Điều kiện áp dụng	Nhạy cảm với nhiệt độ; Thời gian lưu dài; Yêu cầu cấp khí đầy đủ; Có biện pháp kiểm soát mùi; Phải tiền xử lý nguyên liệu đầu vào; Nhạy cảm với các thành phần ô nhiễm.	Tiền xử lý, đồng nhất nguyên liệu đầu vào; Kiểm soát tốt quá trình.
Sản phẩm cuối cùng	Compost.	Compost; Vật liệu tạo nhiên liệu từ chất thải (RDF) có nhiệt lượng thấp; Nhiệt.

Vốn đầu tư	Thấp đối với công nghệ Window; Trung bình đối với công nghệ thùng quay.	Cao.
Chi phí vận hành	Trung bình đối với công nghệ Window; Cao đối với công nghệ thùng quay.	Trung bình đối với hệ thống thủ công; Cao đối với hệ thống tự động.
Nhu cầu sử dụng đất	Trung bình đối với công nghệ Window; Thấp đối với công nghệ thùng quay.	Thấp.
Yêu cầu về năng lực	Yêu cầu phải tập huấn đối với công nghệ thùng quay.	Yêu cầu phải tập huấn.
Các tác động đến môi trường	Mùi và côn trùng.	Rò rỉ khí Metan.
Đóng góp vào an ninh năng lượng	Không.	Phát điện từ khí sinh học.
Đóng góp vào an ninh lương thực	Sử dụng như chất bổ trợ cho đất.	Sử dụng như chất bổ trợ cho đất.

Bảng 4. Tóm tắt và so sánh các công nghệ xử lý chất thải rắn hữu cơ bằng phương pháp ủ sinh học

Các phương án công nghệ	Nhiệt sinh học kỵ khí (Biological Digestion)	Ủ đồng ngoài trời có kết hợp thiết bị đảo trộn
Hãng cung cấp	- KRUFF (Đức) - SATEC (Đức) - GEL (Ý)	- MENART (Bỉ) - Tây Ban Nha

NHÓM TIÊU CHÍ VỀ KỸ THUẬT

1/ Quy trình công nghệ	Ủ kỵ khí 3 giai đoạn Thu và xử lý khí biogas; Cặn sinh học. Sản phẩm: Phát điện; Phân vi sinh	Ủ đồng tự nhiên có đảo trộn bằng máy đảo
2/ Mức độ kiểm soát sự phát thải: mùi, khí thải, nước thải, tiếng ồn...	Tốt	Không tốt
3/ Sự phù hợp với đặc tính rác thải của Việt nam (độ ẩm cao, giàu nitơ)	Phù hợp	Phải bổ sung thêm phân động vật, bùn sinh học để cân bằng C/N
4/ Có thể thu sản phẩm tái chế: kim loại, thủy tinh, nhựa...	Có	Có
5/ Yêu cầu	Phải phân loại kỹ	Phân loại đơn giản

Ủ hiều khí kiểu silo hoặc trong các container có cấp khí cưỡng bức	Phương pháp hỗn hợp giữa ủ trong thùng quay và silo có cấp khí cưỡng bức	Ủ trong thùng quay (Bio Reactor Drum)
<ul style="list-style-type: none"> - EBARA (Nhật) - NATURTECT (Mỹ) 	VINCI (Pháp)	AGRENU (Ý + Mỹ)
<p>Trong các bể xây/ container; Sử dụng nhiều thiết bị; nhiều công đoạn</p>	<p>Kết hợp ủ kỵ khí và hiếu khí cưỡng bức</p>	<p>Trong thùng quay Thiết bị cổng kênh Nhiều công đoạn</p>
Khá tốt	Khá tốt	Tốt
Tương đối phù hợp	Không phù hợp với rác có độ ẩm cao	<p>Không phù hợp với rác có độ ẩm cao Phải bổ sung thêm phân động vật, bùn để cân bằng C/N</p>
Có	Tỷ lệ thấp	Có
Phân loại và nghiền	Không cần phân	Phân loại kỹ, ng-

Các phương án công nghệ	Nhiệt sinh học kị khí (Biological Digestion)	Ủ đống ngoài trời có kết hợp thiết bị đảo trộn
tiền xử lý	và nghiền	+ phối trộn cân bằng tỷ lệ C/N
6/ Khả năng điều khiển và kiểm soát quy trình bằng tự động	100% Kiểm soát toàn bộ bằng máy tính	50%
7/ Độ phức tạp trong vận hành	Khá phức tạp	Đơn giản
8/ Thời gian xử lý	12 – 15 ngày	2 – 3 tháng
9/ Nhu cầu đất sử dụng	1.5 ha	4 ha
10/ Chất lượng sản phẩm	<ul style="list-style-type: none"> - Sản lượng điện phụ thuộc thành phần rác đầu vào - Sản phẩm có thể là phân dạng lỏng hoặc phân khô; - Chất lượng phân vi sinh đảm bảo tiêu chuẩn vệ sinh; 	<ul style="list-style-type: none"> - Chất lượng phân bón trung bình, do lẫn nhiều tạp chất, không phân loại được riêng từng mẻ, - Đảo trộn thường xuyên nên sản phẩm có sự đồng nhất

Ủ hiếu khí kiểu silo hoặc trong các container có cấp khí cưỡng bức	Phương pháp hỗn hợp giữa ủ trong thùng quay và silo có cấp khí cưỡng bức	Ủ trong thùng quay (Bio Reactor Drum)
	loại trước	hiền nhỏ, phối trộn tỷ lệ C/N
80%	80 – 100%	100%
Đơn giản	Khá phức tạp	Kiểm soát toàn bộ bằng máy tính Khá phức tạp
28 ngày	3 - 21 ngày	7 - 9 ngày
1.5 ha	1.5 ha	1.5 – 2ha
<ul style="list-style-type: none"> - Phân có chất lượng tốt do toàn bộ quy trình được điều khiển và kiểm soát - Tuy nhiên, trường hợp ủ đồng tính chỉ cấp khí cưỡng bức, sản phẩm có độ ổn định không đều 	<ul style="list-style-type: none"> - Phân có chất lượng tốt do toàn bộ quy trình được điều khiển và kiểm soát; - Hiệu suất cao do được đảo trộn đều 	<ul style="list-style-type: none"> - Phân có chất lượng tốt do toàn bộ quy trình được điều khiển và kiểm soát;

<p>Các phương án công nghệ</p>	<p>Nhiệt sinh học kị khí (Biological Digestion)</p>	<p>Ủ đống ngoài trời có kết hợp thiết bị đảo trộn</p>
<p>NHÓM TIÊU CHÍ KINH TẾ</p>		
<p>11- Chi phí vận hành</p>	<p>- Thấp do các công đoạn sản xuất đơn giản, Chủ yếu chi phí cho xăng dầu, chi phí điện ít; - Bảo dưỡng đơn giản - Chi phí xử lý/tấn rác: ~ 95.000 đ/tấn</p>	<p>- Thấp do các công đoạn sản xuất đơn giản, Chủ yếu chi phí cho xăng dầu, chi phí tiêu thụ điện ít; - Bảo dưỡng đơn giản - Chi phí xử lý/tấn rác: ~ 95.000 đ/tấn</p>
<p>12- Độ phức tạp của công nghệ (tỷ lệ thiết bị phải nhập khẩu)</p>	<p>80%</p>	<p>50%</p>
<p>13- Vốn đầu tư cho một nhà máy có công suất xử lý rác 300 tấn/ ngày</p>	<p>8 – 10 triệu USD</p>	<p>4,5 triệu USD</p>

<p>Ủ hiếu khí kiểu silo hoặc trong các container có cấp khí cưỡng bức</p>	<p>Phương pháp hỗn hợp giữa ủ trong thùng quay và silo có cấp khí cưỡng bức</p>	<p>Ủ trong thùng quay (Bio Reactor Drum)</p>
<p>- Khá cao do áp dụng nhiều loại máy móc, đặc biệt máy phân loại, hệ thống đảo trộn cấp khí; -Chi phí xử lý/tấn rác: ~ 156.000 đ/tấn</p>	<p>- Khá cao, đặc biệt chi phí điện vận hành hệ thống lên men sơ bộ và hệ thống đảo trộn cấp khí; Chi phí xử lý/tấn rác: ~ 191.000 đ/tấn</p>	<p>- Rất cao, đặc biệt chi phí điện vận hành hệ thống thùng ủ - Tuổi thọ thùng ủ không cao, dễ bị rỉ do tiếp xúc trực tiếp với rác. - Chi phí xử lý/tấn rác: ~ 180.000 đ/tấn</p>
<p>70%</p>	<p>70%</p>	<p>60%</p>
<p>10 triệu USD</p>	<p>11 triệu USD</p>	<p>14,5 triệu USD</p>

II ĐÁNH GIÁ CÔNG NGHỆ XỬ LÝ CHẤT THẢI RẮN HỮU CƠ BẰNG PHƯƠNG PHÁP Ủ SINH HỌC TRÊN THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM

Công nghệ ủ sinh học chất thải rắn hữu cơ là một công nghệ xử lý truyền thống, được áp dụng phổ biến ở các nhiều quốc gia trong đó có Việt Nam. Phương pháp này được áp dụng rất có hiệu quả và là một hình thức tái chế rất hữu hiệu các chất thải hữu cơ và có tiềm năng để sản xuất các loại sản phẩm làm màu mỡ đất, vừa giải quyết bài toán ô nhiễm vừa có khả năng làm tăng tỷ lệ tận thu các loại chất thải có thể tái chế được. Do đó, phương thức này có thể góp phần quản lý hiệu quả hơn chất thải rắn sinh hoạt.

2.1/ CÁC CÔNG NGHỆ Ủ SINH HỌC XỬ LÝ CHẤT THẢI RẮN HỮU CƠ TRÊN THẾ GIỚI

1) Thái Lan

Một trong những công nghệ phổ biến để xử lý chất thải rắn hữu cơ tại thành phố Bangkok và các thành phố khác là công nghệ ủ sinh học "DANO system". Rác thải hữu cơ được đưa đến các phễu tiếp nhận và theo băng chuyền đến tang quay phân loại, để loại bỏ các thành

phần tạp chất và tách kim loại trên băng từ. Sau đó, các thành phần hữu cơ có thể ủ được đưa đến khu "ổn định sinh học-DANO Bio-Stabilizer". Quá trình xử lý trong thùng thường kéo dài từ 2,5-5 ngày.

Ưu điểm: Hiệu quả xử lý thành phần hữu cơ rất cao. Các thành phần bay hơi và khí thải được thu hồi được thu hồi và xử lý triệt để, tránh phát tán gây ô nhiễm môi trường.

Nhược điểm: Đòi hỏi nhân lực có trình độ cao khi vận hành và quản lý. Bảo dưỡng hệ thống thường xuyên, chi phí đầu tư và vận hành cao.

2) Trung Quốc

Một trong những công nghệ phổ biến của các nhà máy xử lý rác thải tại một số thành phố như Bắc Kinh, Nam Ninh, Thượng Hải,... là áp dụng phương pháp xử lý rác thải trong thiết bị kín. Rác được tiếp nhận và đưa vào các thiết bị ủ kín (phần lớn là hầm ủ) sau 10-12 ngày. Hàm lượng H₂S, CH₄, CO₂,... giảm, được đưa ra ngoài ủ chín. Sau đó mới tiến hành phân loại, chế

biến thành phân hữu cơ.

Ưu điểm: Rác được ủ sau 10-12 ngày, giảm mùi của H₂S mới đưa ra ngoài phân loại, điều này giúp giảm tính độc hại cho công nhân phân loại. Thu hồi được nước rác, không gây ảnh hưởng đến tầng nước ngầm. Thu hồi được sản phẩm tái chế.

Nhược điểm: Chất lượng phân bón không cao. Thao tác vận hành phức tạp. Diện tích hầm ủ và diện tích xây dựng nhà máy rất lớn do rác không được phân loại ngay từ đầu. Kinh phí đầu tư ban đầu lớn.

3) Đúc

Một trong những công nghệ phổ biến của các nhà máy xử lý rác thải là áp dụng phương pháp xử lý rác thải để thu hồi khí sinh học và phân hữu cơ sinh học. Rác được tiếp nhận và tiến hành phân loại. Chất thải hữu cơ được đưa vào các thiết bị ủ kín dưới dạng các thùng chịu áp lực bằng thiết bị. Việc thu hồi khí được thực hiện trong quá trình lên men phân giải chất hữu cơ. Khí qua lọc được sử dụng cho các mục đích như chạy máy phát điện, làm chất đốt,... Phần bã ủ còn lại được tận dụng làm phân bón.

Ưu điểm: xử lý triệt để, bảo vệ môi trường. Thu hồi được sản phẩm khí đốt có giá trị cao, phục vụ các ngành công nghiệp ở khu

vực lân cận nhà máy. Thu hồi được phân bón, có tác dụng cải tạo đất. Cung cấp nguyên vật liệu tái chế cho các ngành công nghiệp.

Nhược điểm: Đòi hỏi kinh phí đầu tư lớn, chi phí vận hành bảo dưỡng cao. Sản phẩm khí đốt cần phải phân loại, đảm bảo không lẫn các tạp chất độc như Pb, As, Cd, Hg,... để đảm bảo cho việc sử dụng làm chất đốt.

4) Canada

Canada là vùng có khí hậu ôn đới nên thường áp dụng các phương pháp xử lý rác thải ủ đống tĩnh. Quy trình xử lý như sau: Rác được tiếp nhận và phân loại nhằm loại bỏ các tạp chất không phải hữu cơ. Các chất hữu cơ được nghiền, bổ sung vi sinh vật, trộn với bùn và đánh luống ở ngoài trời. Chất thải được lên men từ 8-10 tuần. Sau đó qua sàng phân loại hữu cơ và đóng bao sản phẩm.

Ưu điểm: Thu hồi phân bón, tận dụng được nguồn bùn là chất thải của thành phố. Cung cấp nguyên liệu tái chế cho các ngành công nghiệp. Kinh phí đầu tư, duy trì thấp.

Nhược điểm: Hiệu quả phân hủy hữu cơ không cao. Không phù hợp với điều kiện khí hậu nhiệt đới tại Việt Nam. Diện tích đất sử dụng lớn. Chất lượng phân bón không cao do có lẫn thành

phần kim loại nặng có trong bùn thải hoặc bùn ao.

2.2/ CÁC CÔNG NGHỆ Ủ SINH HỌC HIỆN ĐANG ÁP DỤNG TẠI CÁC NHÀ MÁY XỬ LÝ CHẤT THẢI RẮN HỮU CƠ Ở VIỆT NAM

Hiện nay, Việt Nam đã tiếp cận với rất nhiều công nghệ xử lý rác thải hữu cơ bằng phương pháp ủ sinh học, bao gồm cả công nghệ trong nước thiết kế, lắp đặt và công nghệ do các nước trong khu vực cũng như trên thế giới chuyển giao công nghệ. Tại

nhều đô thị, nhiều nhà máy xử lý chất thải hữu cơ đã được xây dựng và đi vào hoạt động. Một số nhà máy xử lý chất thải hữu cơ điển hình bằng công nghệ ủ sinh học như: Nhà máy xử lý rác Việt Trì (Phú Thọ), Cầu Diễn (Hà Nội), Hóc Môn (Tp. Hồ Chí Minh), Khánh Sơn (Đà Nẵng)... đã đi vào hoạt động. Các công nghệ xử lý chất thải rắn hữu cơ hiện đang áp dụng tại các nhà máy có quy mô lớn tại Việt Nam chủ yếu là nhằm sản xuất phân compost, một phần nhỏ là thu hồi khí metan.



Mô hình ủ phân ống và ủ phân lớp xe từ rác hữu cơ tại khoảng vườn xinh xắn của trường Phổ thông Dân tộc nội trú tỉnh Phú Yên

Bảng 5. Thực trạng công nghệ xử lý sinh học CTR đô thị đang áp dụng tại một số nhà máy sản xuất phân Compost

TT	Tên nhà máy	Công suất (T/ng)	Đặc điểm công nghệ		Đánh giá công nghệ	
			Giống nhau	Khác nhau	Ưu điểm	Nhược điểm
1	NM chế biến rác thải hữu cơ Cầu Diễn-Hà Nội	140	Rác thải: Không phân loại tại nguồn; Trạng thái khối ủ: tĩnh Phương pháp thông khí khối ủ: cưỡng bức	Có phối trộn phân bùn; Loại chế phẩm bổ sung: EM và Enchoice	Đơn giản, dễ vận hành, tận thu các chất dinh dưỡng từ phân bùn	Ô nhiễm mùi, tổn năng lượng vận hành
2	NM xử lý rác thải Lọc Hòa-Nam Định	250	Hệ thống ủ sinh học hiếu khí: nửa mở, chia ô, liên tục Thiết bị chứa: không Ủ sinh học: hiếu khí	Không phối trộn phân bùn; Loại chế phẩm bổ sung: EM	Đơn giản, dễ vận hành	
3	NM phân hữu cơ	200	Rác thải: Không phân loại tại nguồn;	Có phối trộn phân bùn; Loại chế	Đơn giản, dễ vận hành, tận thu các	Ô nhiễm mùi, tổn năng lượng vận

TT	Tên nhà máy	Công suất (T/ng)	Đặc điểm công nghệ		Đánh giá công nghệ	
			Giống nhau	Khác nhau	Ưu điểm	Nhược điểm
	Tràng Cát – Hải Phòng		Trạng thái khối ủ: bán tĩnh Phương pháp thông khí khối ủ: cưỡng bức kết hợp đảo trộn Hệ thống ủ sinh học hiếu khí: nửa mở, chia ô, không liên tục Thiết bị chứa: không	phẩm bổ sung; EM	chất dinh dưỡng từ phân bùn	hành
4	NM xử lý rác thải sinh hoạt Việt Trì	75-120		Có phối trộn phân bùn; Loại chế phẩm bổ sung: EM và BioMix1		
5	NM xử lý rác thải Thủy Phương – Huế	200	Ủ sinh học: hiếu khí	Không phối trộn phân bùn; Loại chế phẩm bổ sung: VTCC-L,S,F	Đơn giản, dễ vận hành	
6	NM xử lý	200		Thiết bị	Đơn giản,	

TT	Tên nhà máy	Công suất (T/ng)	Đặc điểm công nghệ		Đánh giá công nghệ	
			Giống nhau	Khác nhau	Ưu điểm	Nhược điểm
	lý rác thải sinh hoạt Sơn Tây		Rác thải: Không phân loại tại nguồn; Trạng thái khối ủ: bán tĩnh	chứa: kiểu đứng	dễ mở rộng công suất. Diện tích nhà xưởng nhỏ	Tốn năng lượng vận hành
7	NM cơ khí chế tạo KCN Đồng Văn – Hà Nam	20-30	Phương pháp thông khí khối ủ: cưỡng bức kết hợp đảo trộn	Thiết bị chứa: kiểu quay/ngang	ít mùi	
8	NM xử lý rác thải Nam Thành – Ninh Thuận	100	Hệ thống ủ sinh học hiếu khí: nửa mở, chia ô, không liên tục	Thiết bị chứa: không Ủ sinh học: hiếu khí		
9	NM xử lý rác thải Củ Chi -	1200	Loại chế phẩm bổ sung: EM			

TT	Tên nhà máy	Công suất (T/ng)	Đặc điểm công nghệ		Đánh giá công nghệ	
			Giống nhau	Khác nhau	Ưu điểm	Nhược điểm
	HCM					
10	NM xử lý rác thải Hóc Môn -HCM	240				
11	NM xử lý CTR Đông Vinh – Nghệ An	150-180	Rác thải: Không phân loại tại nguồn; Trạng thái khối ủ: động Phương pháp thông khí khối ủ: đảo trộn cấp khí tự nhiên Không phổi trộn phân bùn Ủ sinh học: hiếu khí Thiết bị chứa: không	Hệ thống ủ sinh học hiếu khí: mở, có mái che, chia luống, liên tục	Đơn giản, dễ vận hành; Tiết kiệm năng lượng cho quá trình cấp khí	Diện tích luống ủ lớn, mùi, phải có thiết bị đảo trộn chuyên dụng
12	Nhà máy xử lý CTR hữu cơ tỉnh Hà Nam	120		Hệ thống ủ sinh học hiếu khí: mở, ngoài trời, không có mái che, chia luống, liên tục		Nước rác và chất lượng phân phụ thuộc vào thời tiết

TT	Tên nhà máy	Công suất (T/ng)	Đặc điểm công nghệ		Đánh giá công nghệ	
			Giống nhau	Khác nhau	Ưu điểm	Nhược điểm
			Loại chế phẩm bổ sung: EM			
13	Nhà máy phân hữu cơ Long Mỹ - Quy Nhơn	250 (thực tế 24-80)	Rác thải: Có phân loại tại nguồn (chỉ có rác chợ hoặc gỗ dăm); Trạng thái khối ủ: động	Hệ thống ủ sinh học hiếu khí: mở, không có mái che. Loại chế phẩm bổ sung: EM	Chi phí đầu tư ban đầu nhỏ	Diện tích ruộng ủ lớn, mùi, phải có thiết bị đảo trộn chuyên dụng
14	Trang trại Xuân Thọ Organic - Đà Lạt	10-20	Phương pháp thông khí khối ủ: đảo trộn cấp khí tự nhiên Không phối trộn phân bùn Ủ sinh học: hiếu khí Thiết bị chứa: không	Hệ thống ủ sinh học hiếu khí: kín, đóng ủ có tấm phủ toptex; Loại chế phẩm bổ sung: Nolasub; Ủ trộn với bã cà phê, mùn cưa, bã mía,...		Diện tích đất lớn, ít bị ảnh hưởng bởi thời tiết, chất lượng phân không cao.

2.3/ ĐÁNH GIÁ CÁC CÔNG NGHỆ Ủ SINH HỌC XỬ LÝ CHẤT THẢI RẮN HỮU CƠ HIỆN ĐANG ÁP DỤNG

1) Các đánh giá trên phương diện kỹ thuật – công nghệ

a. Các tồn tại

- Việc phân loại ngay tại nguồn chưa hợp lý: Khu nạp liệu và tuyển lựa kém hiệu quả, việc nạp rác thô vào tiến hành bằng phương pháp thủ công, lãng phí nhân công.

- Các thiết bị máy móc khó chế tạo trong nước đặc biệt là hệ thống máy nghiền, xích băng tải và các vòng bi lớn. Các hệ thống này lại luôn tiếp xúc với rác lên men và bị ăn mòn nên tuổi thọ kém. Nếu bị hỏng một vài chi tiết phải ngừng hoạt động toàn bộ dây chuyền.

- Vai trò của các chủng vi sinh vật thích hợp và các yếu tố môi trường ảnh hưởng đến chế độ hoạt động của chúng hiện chưa được nghiên cứu để đạt được hiệu quả tối ưu.

- Các thông số kỹ thuật chưa được kiểm soát tốt:

- Duy trì đủ các mức ôxy theo từng giai đoạn: Việc phân phối ôxy chuẩn không đảm bảo làm cho độ xốp không đủ hoặc trộn phối không đều sẽ gây ra các rãnh khí hoặc các hốc vật liệu làm đổi ôxy yếm khí, dẫn đến tình trạng các tỷ lệ phân huỷ

không đều và không thể dự báo được hiệu quả của thành phẩm.

- Kiểm soát nhiệt độ: Thực tế hiện nay các nhà máy đều chưa khống chế được nhiệt độ bên trong đồng ủ theo yêu cầu.

- Tiếp nước thêm – bổ sung độ ẩm: Các mức ẩm tối ưu có ý nghĩa quan trọng để có được các tỷ lệ phân huỷ tối đa. Thực tế cho thấy quá trình ủ compost sẽ dừng lại ở các mức ẩm dưới 40% và khi đó công nhân của nhà máy thường phun ẩm một cách tùy tiện.

- Các vấn đề về năng lượng chưa được quan tâm đúng mức, cụ thể:

- Do không có phương thức thu hồi năng lượng từ các khí sinh học trong công nghệ nên gây lãng phí nguồn năng lượng và các chất dinh dưỡng bị thất thoát do bay hơi.

- Tiêu thụ điện năng lớn (ví dụ công suất tiêu thụ của nhà máy Thanh Trì là 670KW) từ đó dẫn đến giá thành sản phẩm cao.

2) Các đánh giá trên phương diện vận hành và bảo trì

a. Các tồn tại

- Công tác thu gom, xử lý rác thải hữu cơ từ sinh hoạt hiện nay, ở mỗi địa phương được giao cho một hoặc hai đơn vị khác nhau đảm nhận. Do đó, việc phối hợp giữa các đơn vị thu gom và xử lý



rác thải hữu cơ có thể gặp khó khăn và thiếu đồng bộ.

- Hiện tại phương thức vận hành vẫn chưa được cơ giới hoá cao. Các khâu phân loại chưa được khép kín, gây ô nhiễm môi trường ảnh hưởng đến sức khỏe của công nhân (ví dụ xí nghiệp chế biến phế thải hữu cơ Việt Trì).

- Hệ thống thiết bị và máy móc chưa được tự động hoá hoàn toàn, các thông số hoạt động hàng ngày phải ghi chép lại bằng tay và dựa trên hệ thống điều khiển hiện thị trên màn hình để điều chỉnh vận hành hệ thống ủ (chẳng hạn nhà máy chế biến rác thải hữu cơ Cầu Diễn, Nam Định,...)

- Đội ngũ cán bộ kỹ thuật đang được tăng cường đào tạo nhưng vẫn còn thiếu và trình độ hạn chế, việc vận hành chưa được tự động hoá hoàn toàn nên công tác quản lý còn gặp nhiều khó khăn.

- Việc kiểm soát các chất dinh dưỡng trong quá trình ủ còn lỏng lẻo nên gây thất thoát các nguyên tố C, N, P, K (ví dụ các thành phần trong nước rỉ rác, sự bay hơi trong quá trình ủ,...) vừa gây ô nhiễm môi trường vừa làm giảm chất lượng phân ủ.

- Phần lớn các thiết bị máy móc đều chưa được bảo dưỡng và thay thế thường xuyên do kinh phí dành cho công tác bảo trì của nhà máy thấp và khả năng



Các cán bộ và công nhân của Hợp tác xã Thành Vinh, Hải Phòng thực hiện ủ compost từ rác hữu cơ

thay thế các thiết bị, máy móc nhập ngoại ở các nhà máy có công nghệ của nước ngoài cũng gặp khó khăn do giá thành cao.

b. Các cơ hội ứng dụng

Hiện nay ở các nước như Thái Lan, Thụy Sĩ đã sử dụng các công cụ quản lý môi trường như công cụ phân tích dòng luân chuyển vật chất để giúp cho các nhà quản lý thực hiện tốt việc vận hành, bảo trì nhà máy xử lý chất thải hữu cơ bằng công nghệ ủ sinh học. Vì vậy, trong thời gian tới Việt Nam hoàn toàn có nhiều cơ hội để tiếp cận áp dụng các công cụ như vậy để việc vận hành nhà máy đạt hiệu quả tối ưu nhất.

3) Các đánh giá trên phương diện bảo vệ môi trường

a. Các tồn tại

- Hầu hết các nhà máy có dây chuyền công nghệ mới, không đồng bộ, gây ra sự phát thải mùi hôi cho khu vực xung quanh, khí thải (CH₄, CO₂...) không được kiểm soát và xử lý.

- Nước rỉ rác từ các bể ủ nếu không được thu gom và xử lý sẽ đi vào các nguồn nước mặt, nước ngầm gây ô nhiễm nguồn nước cho khu vực xung quanh.

- Lượng chất trơ không thể ủ sinh học được chôn lấp không hợp vệ sinh gây ô nhiễm môi trường đất (ví dụ xí nghiệp chế biến phân hữu cơ Việt Trì)

b. Các cơ hội ứng dụng

- Thực tế cho thấy, so với phương pháp chôn lấp và thiêu huỷ, phương pháp này có thể khắc phục được tình trạng ô nhiễm môi trường không khí và nguồn nước. Việc áp dụng công

nghệ xử lý chất thải rắn hữu cơ làm phân vi sinh đã làm giảm đáng kể lượng chất thải đưa đến bãi chôn lấp, không chỉ làm giảm diện tích đất dành cho bãi chôn lấp mà còn có tác dụng tận thu các nguồn năng lượng có ích để quay hồi phục vụ cho nông nghiệp.

- Việc sử dụng phân hữu cơ compost góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường do giảm được lượng phân hoá học sử dụng để canh tác trong nông - lâm nghiệp.

- Trong tương lai, công nghệ xử lý phối trộn chất thải hữu cơ với phân bùn tự hoại sẽ góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường và các nguy cơ về bệnh tật, sức khoẻ cộng đồng nếu không xử lý phân bùn đúng cách.

4) Các đánh giá trên phương diện chi phí và thu hồi chi phí

a. Các tồn tại

Hiện nay các nhà máy ở các đô thị thường hoạt động mang tính chất bảo vệ môi trường nhiều hơn so với việc kinh doanh mang lại lợi nhuận và có hiệu quả kinh tế thấp là do:

- Đầu tư ban đầu của nhà máy lớn (thiết bị và công nghệ phải nhập từ nước ngoài) dẫn đến khấu hao lớn và thời gian khấu hao dài.

- Các vấn đề trực tiếp về mặt kỹ

thuật và vận hành không tốt dẫn đến chi phí vận hành cao (tốn điện, tốn nước,...)

- Khả năng tiếp thị và giá thành bán sản phẩm thường thấp, thậm chí nhiều nhà máy do không có thị trường tiêu thụ đã phải đóng cửa.

b. Các cơ hội ứng dụng

Về mặt kinh tế, giá thành phân hữu cơ vi sinh rẻ hơn so với phân hóa học, và mang lại nhiều lợi ích kinh tế, do đó nó có nhiều cơ hội được quan tâm sử dụng trong tương lai.

5) Đánh giá trên phương diện chất lượng sản phẩm và thị trường tiêu thụ sản phẩm

a. Các tồn tại

- Về chất lượng sản phẩm của phân vi sinh thu được tại của các nhà máy đang hoạt động ở Việt Nam thường thấp hơn nhiều so với phân hoá học.

b. Các cơ hội ứng dụng

- Phân hữu cơ chế biến từ rác nếu đem bón cho cây trồng sẽ thu được hiệu quả tốt do:

- Làm cho đất xốp, không chai cứng, rửa trôi đất...

- Làm cho cây phát triển mạnh và có sự đề kháng cao đối với sâu bệnh.

- Tạo ra các chất kháng sinh trong đất làm tiêu diệt một phần vi khuẩn và nấm gây bệnh.

- Tạo ra những hoocmon quan

trọng đối với cây trồng (Hooc-môn kích thích sự nảy mầm, ra rễ...)

- Giá thành thấp và không bị biến động nhiều theo giá năng lượng như phân hóa học.

- Không làm tổn hại đến hoạt động của các động vật nhỏ sống trong ruộng như: tôm, cua, cá...

- Tạo ra các sản phẩm nông nghiệp không chứa các chất độc hại (Phân hoá học thường chứa một số tạp chất có hại, nếu tích lũy nhiều sẽ gây độc cho người và vật nuôi

- Được cây trồng tận dụng gần như triệt để (trong khi cây trồng chỉ hấp thụ được 10% - 20% các chất dinh dưỡng chứa trong phân hoá học).

Như vậy, phương pháp này rất phù hợp với tính chất rác thải và điều kiện kinh tế của nước ta. Để công nghệ đem lại hiệu quả về nhiều mặt cần có sự chỉ đạo và đầu tư đúng của Nhà nước, có các chương trình tiếp thị,... để trong tương lai không xa chúng ta sẽ khai thác thêm được một nguồn năng lượng mới phục vụ sản xuất, giải quyết ứ đọng rác thải, góp phần làm sạch môi trường sinh thái.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Công ty An Sinh- ASC (2005), Báo cáo công nghệ xử lý rác thải hữu cơ.

2. Công ty Môi trường đô thị Hà Nội (2012), Quy trình công nghệ chi tiết các công đoạn xử lý rác thải hữu cơ nhà máy phân hữu cơ Cầu Diễn.

3. Công ty Môi trường đô thị Hải Phòng (2010), Báo cáo tổng kết hoạt động của Khu liên hợp xử lý chất thải rắn Tràng Cát, thành phố Hải Phòng.

4. Liên hiệp khoa học sản xuất công nghệ hóa học (2007), Báo cáo khảo sát phân tích chất lượng và đánh giá hiệu quả sử dụng phân hữu cơ sinh học.

5. Nghiêm Văn Khanh (2012), Luận án Tiến sỹ Nghiên cứu quá trình xử lý chất thải rắn hữu cơ bằng công nghệ ủ sinh học cấp khí tự nhiên trong điều kiện Việt Nam.

6. Nhà máy xử lý rác thải Thủy Phương – Huế (2010), Báo cáo kết quả hoạt động của nhà máy.

7. Nguyễn Thị Kim Thái (2004), Báo cáo Đánh giá Tác động Môi trường nhà máy xử lý rác Hòa Lộc, Nam Định.

8. Ủy ban nhân dân thành phố Phủ Lý, tỉnh Hà Nam (2008), Báo cáo Đánh giá Tác động môi trường dự án đầu tư xây dựng công trình nhà máy chế biến

phân hữu cơ từ rác thải sinh hoạt tỉnh Hà Nam.

9. Nguyễn Thị Phương Loan (2017), Tài liệu Hướng dẫn Lựa chọn công nghệ trong quản lý chất thải rắn bền vững, Nghiên cứu điển hình tại Tp. Hồ Chí Minh.

10. Jerry D. Murphy and Niamh M. Power (2006), A Technical, Economic and Environmental Comparison of Composting and Anaerobic Digestion of Biodegradable Municipal Waste, Wiley.

11. Shahid Raza, Jalil Ahmad (2016), Composting process: A review. International Journal of Biological Research 4 (2) (2016), 102-104.

12. Jay N. Meegoda, Brian Li, Kush Patel and Lily B. Wang (2018), Review of the Processes, Parameters, and Optimization of Anaerobic Digestion, International Journal of Environmental Research and Public Health 2018, 15, 2224.

13. Dinh Pham Van, Takeshi Fujiwara, Bach Leu Tho, Pham Phu Song Toan, Giang Hoang Minh (2020), A review of anaerobic digestion systems for biodegradable

waste: Configurations, operating parameters, and current trends, Environ. Eng. Res. 2020; 25(1): 1-17.

LIÊN HỆ:

Trung tâm Hỗ trợ Phát triển Xanh (GreenHub)

🌐 www.greenhub.org.vn

📘 www.facebook.com/GreenHub.org.vn/

@ info@greenhub.org.vn

☎ 024.2120.8215 - 024.6292.6764

Tài liệu được rà soát và in ấn bởi Trung tâm Hỗ trợ Phát triển Xanh (GreenHub) nhờ sự hỗ trợ của Nhân dân Mỹ thông qua Cơ quan Phát triển Quốc tế Hoa Kỳ (USAID). Những thông tin trong tài liệu này không thể hiện lập trường hay quan điểm của Cơ quan Phát triển Quốc tế Hoa Kỳ (USAID) hoặc của Chính phủ Hoa Kỳ.