

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CẦN THƠ
KHOA MÔI TRƯỜNG VÀ TÀI NGUYÊN THIÊN NHIÊN



NGUYỄN THỊ THU NGÂN
Mã số học viên: M2925010

ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG QUẢN LÝ VÀ XỬ LÝ BÙN CÔNG RÃNH
Ở MỘT SỐ TỈNH ĐBSCL
VÀ NGHIÊN CỨU XỬ LÝ BÙN CÔNG RÃNH
BẰNG PHƯƠNG PHÁP Ủ PHÂN COMPOST

LUẬN VĂN THẠC SĨ
NGÀNH QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG VÀ TÀI NGUYÊN

CẦN THƠ, THÁNG 11/2025

MỤC LỤC

DANH MỤC HÌNH	iii
DANH MỤC BẢNG	iv
DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT	v
CHƯƠNG 1: MỞ ĐẦU.....	1
1.1. ĐẶT VÂN ĐỀ	1
1.2 Mục tiêu nghiên cứu	2
1.2.1 Mục tiêu tổng quát.....	2
1.2.2 Mục tiêu cụ thể	2
1.3 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	3
1.3.1 Đối tượng nghiên cứu	3
1.3.2 Phạm vi nghiên cứu	3
1.4 Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài nghiên cứu.....	3
1.4.1 Ý nghĩa khoa học	3
1.4.2 Ý nghĩa thực tiễn	3
CHƯƠNG 2: LUOCK KHẢO TÀI LIỆU	4
2.1 TỔNG QUAN VỀ BÙN CÔNG THẢI.....	4
2.1.1 Khái niệm về bùn công thải.....	4
2.1.2 Nguồn gốc phát sinh	4
2.1.3 Phân loại bùn	5
2.1.4 Các yếu tố đặc trưng bản chất của bùn.....	6
2.1.5 Thành phần của bùn công thải.....	6
2.1.6 Đặc tính của bùn công thải	8
2.1.7 Các phương pháp xử lý bùn thải.....	15
2.1.7 Lợi ích của bùn công thải trên thế giới.....	16
2.1.8 Quy trình quản lý bùn thải.....	17
2.2 KHÁI QUÁT VỀ Ủ COMPOST	20
2.2.1 Định nghĩa	20
2.2.2 Các phương pháp ủ phân compost hiệu khí	20
2.2.3 Các quá trình phân hủy trong quá trình ủ phân compost.....	21
2.2.4 Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng ủ compost	23
2.2.5 Nguyên liệu thường sử dụng ủ compost.....	30

2.2.6 Yêu cầu về chất lượng của mẻ ủ.....	31
2.2.7 Lợi ích và giới hạn của việc ủ phân compost	31
2.2.8 Yêu cầu chất lượng phân compost	32
2.3 NẤM TRICHODERMA	34
2.3.1 Đặc điểm hình thái và sự phân bố nấm Trichoderma.....	34
2.3.2 Sự phân bố của nấm Trichodecma	34
2.3.3 Khả năng phân hủy chất hữu cơ của Trichodecma	34
2.3.4 Vai trò nấm đối kháng Trichodecma trong kiểm soát các sinh vật	35
2.3.5 Công dụng và cơ chế đối kháng nấm Trichoderma.....	36
2.4 CÁC VẬT LIỆU PHÓI TRỘN TRONG QUÁ TRÌNH Ủ.....	36
2.4.1 Phân gà	36
2.4.2 Rơm	36
2.5 CÁC NGHIÊN CỨU Ủ PHÂN COMPOST TỪ BÙN THẢI.....	37
CHƯƠNG 3: PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	41
3.1 THỜI GIAN, ĐỊA NGHIÊN CỨU ĐIỂM	41
3.1.1 Thời gian thực hiện đề tài	41
3.1.2 Địa điểm thực hiện	41
3.2 NỘI DUNG NGHIÊN CỨU CỦA ĐỀ TÀI.....	41
3.3 PHƯƠNG TIỆN VÀ PHƯỜNG PHÁP NGHIÊN CỨU	41
3.3.1 Phương tiện nghiên cứu.....	41
3.3.2 Phương pháp nghiên cứu	42
3.3.4 Phương pháp phân tích	46
3.3.5 Phương pháp tổng hợp và xử lý số liệu	48
3.3.6 Phương pháp phân tích và đánh giá.....	48
3.3.7. Phân tích phương sai T-test	48
CHƯƠNG 4. DỰ KIẾN KẾT QUẢ THẢO LUẬN	49
4.1 Dự kiến kết quả thực hiện.....	49
4.2 Kế hoạch thực hiện	49
TÀI LIỆU THAM KHẢO	52

DANH MỤC HÌNH

Hình 1 Bố trí thí nghiệm.....	Error! Bookmark not defined.	4
Hình 2 Vị trí đo nhiệt độ khói ủ.....		46

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1 Lượng bùn công thải hàng năm của các nước trên thế giới	4
Bảng 2 Một số thành phần hóa học của bùn thải ở dạng rắn.....	7
Bảng 3 Thành phần chất dinh dưỡng và kim loại nặng trong bùn công rãnh	8
Bảng 4 Các loài và số lượng các vi sinh vật trong nước thải sinh hoạt chưa xử lý	12
Bảng 5 Hàm lượng kim loại nặng (mg/kg tính theo trọng lượng khô) trong bùn công thải ở các quốc gia trên thế giới.....	13
Bảng 6 Tỷ số C/N của một số chất thải	24
Bảng 7 Tiêu chuẩn 10 TCN 526 – 2002 cho phân hữu cơ vi sinh chế biến từ rác thải sinh hoạt.....	33
Bảng 8 Thành phần hóa học trong nguyên liệu trước khi ủ	42
Bảng 9 Tỷ lệ phối trộn các thành phần nguyên liệu cho mỗi thí nghiệm.....	43
Bảng 10 Tần số phân tích các chỉ tiêu theo dõi của mẻ ủ	46
Bảng 11 Kế hoạch thực hiện.....	50

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Ý nghĩa
BTNMT	Bộ Tài Nguyên Môi Trường
ĐBSCL	Đồng Bằng Sông Cửu Long
ĐHCT	Đại Học Cần Thơ
UWWTD	Urban Waste Water Treatment Directive
WHO	World Health Organization
VSV	Vi sinh vật
TP.	Thành Phố
C	Cacbon
N	Nito
TN	Tổng Nito
TP	Tổng Photpho
<i>As</i>	<i>Arsenic</i>
<i>Hg</i>	<i>Thủy ngân</i>
<i>Cd</i>	<i>Cadmium</i>
<i>Pb</i>	<i>Chì</i>
<i>Cr</i>	<i>Chromium</i>
CHC	Hợp chất hữu cơ bay hơi
VK	Vi khuẩn
TCN	Tiêu chuẩn ngành
UBND	Ủy ban nhân dân
QCVN	Qui Chuẩn Việt Nam

TNHH MTV

**Trách nhiệm hữu hạn
một thành viên**

TTBĐ

Thể tích ban đầu

TN1

Thí nghiệm 1

TN2

Thí nghiệm 2

TN3

Thí nghiệm 3

CHƯƠNG 1: MỞ ĐẦU

1.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bùn cống thải là sự lắng đọng và trầm tích các vật chất ô nhiễm có trong nước thải đô thị của hệ thống kênh rạch – cống rãnh, sự rửa trôi đất, cát,... trên đường phố theo nước mưa xuống các hệ thống thoát nước. Lượng bùn thải này tăng hàng năm theo mức độ tăng dân số và tăng trưởng sản xuất (Nguyễn Đức Lượng và Nguyễn Thị Thùy Dương, 2003).

Trong nhiều thập kỷ qua đã có nhiều thay đổi lớn trong cách xử lý bùn. Trước năm 1998, bùn thải đô thị chủ yếu được đổ ra biển hoặc được sử dụng làm phân bón trên đất nông nghiệp. Phương án khác là đốt bùn cống thải thành tro, hoặc đơn giản chỉ dùng để cải tạo đất. Bùn cống thải được tạo ra trong quá trình thu gom và xử lý nước thải của đô thị, bùn cống thường được làm phân bón tại Hoa Kỳ và nhiều nước khác (Environmental Regulations and Technology, 2003).

Kể từ năm 1998, luật pháp Châu Âu (UWWTD) nghiêm cấm đổ bùn cống thải xuống biển nhằm mục đích bảo vệ môi trường biển. Khi đó sử dụng bùn cống thải trong nông nghiệp đã trở thành một trong những phương pháp sử dụng bùn cống thải có hiệu quả, cụ thể là: 37% bùn cống thải được sử dụng trong nông nghiệp, đốt 11%, cải tạo đất 40% và 12% được sử dụng trong một số các lĩnh vực khác như lâm nghiệp, đất hoang,... Những xu hướng mới nhất trong lĩnh vực quản lý bùn là: đốt cháy bùn thành tro sau đó xử lý an toàn, chôn lấp an toàn, làm phân bón, ủ phân compost,... (Fytilli and Zabaniotou, 2006).

Luật Bảo vệ môi trường Việt Nam (2020) đã nghiêm cấm mọi hình thức đổ bỏ chất thải ra biển. Với lượng bùn tại các thành phố lớn ở Việt Nam, ước tính mỗi ngày có hơn 600 tấn bùn được thải ra từ các cống rãnh, kênh rạch, nhà máy xử lý nước thải tập trung của các khu công nghiệp, nhà máy nước, nhà máy luyện kim (Bộ Tài nguyên và Môi trường Việt Nam, 2008) là khá lớn song vẫn chưa có nhiều biện pháp xử lý thích hợp chủ yếu hiện nay là chôn lấp, biện pháp này gây ô nhiễm môi trường xung quanh, tốn kém và bỏ phí những thành phần hữu ích có trong bùn cống thải. Với tốc độ đô thị hóa, công nghiệp hóa ngày càng cao, quỹ đất ngày càng thu hẹp, cần có phương án hữu hiệu để xử lý nhằm thu hồi và tái sử dụng bùn cống thải. Việc tái sử dụng bùn cống thải sẽ góp phần giảm chi phí xử lý, tận dụng được các thành phần có giá trị trong bùn, giảm lượng bùn thải chôn lấp và tiết kiệm nguồn tài nguyên thiên nhiên. Dựa vào đặc tính của từng loại bùn có thể xử lý và tận dụng với nhiều phương pháp khác nhau. Bùn kênh rạch và cống rãnh có nồng độ chất vô cơ (cát, đá, sỏi vụn) và thành phần chất dinh dưỡng cao, có thể sử dụng trong sản xuất phân bón và giúp cải tạo đất.

Tại thành phố Cần Thơ, theo thống kê năm 2009, ước tính mỗi ngày, Công ty Cấp thoát nước Cần Thơ thu gom khoảng 40 m³ bùn từ quá trình nạo vét cống rãnh trong các tuyến cống thành phố. Bùn sau thu gom được đưa về bãi chứa với diện tích 56

m x 62 m = 3.244m², thuộc khu đất quy hoạch xây dựng nhà máy xử lý nước thải Cái Sâu, phường Phú Thứ, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ. Lượng bùn cống rãnh này hiện nay được đỗ tập trung và chưa có biện pháp xử lý thích hợp cũng như giải pháp sử dụng một cách hiệu quả. Nên chúng đã gây ra ô nhiễm môi trường tại ở khu vực xung quanh như mùi hôi, thu hút ruồi, muỗi, chuột,...đã và đang gây nên nhiều bức xúc cho người dân xung quanh khu vực này. Trong khi đó lượng bùn cống thải này ngày càng tăng. Với tốc độ phát triển kinh tế như hiện nay thì lượng bùn cống thải phát sinh ngày càng nhiều, nếu không có biện pháp xử lý thì trong tương lai ô nhiễm do bùn cống thải sẽ là một vấn đề nan giải.

Bùn cống thải ở Cần Thơ có hàm lượng kim loại nặng và độc chất thấp (Nguyễn Xuân Lộc, 2009) có thể tái sử dụng với nhiều mục đích khác nhau như: sử dụng để san lấp mặt bằng nếu bùn có tỉ lệ cát cao; ủ phân hữu cơ phục vụ cho nông nghiệp đối với bùn có tỉ lệ cát thấp, hàm lượng cacbon và dinh dưỡng khá. Cũng như các nghiên cứu trước đây thì tỷ lệ C/N của bùn cống thải là 16 (Đoàn Thị Trúc Linh, 2012). Tuy nhiên, bùn ở thành phố Cần Thơ thường được thu gom ở nhiều tuyến đường khác nhau và thành phần của bùn cũng khác nhau và thay đổi theo thời gian, điều kiện khí hậu do đó hàm lượng các chất hữu cơ sẽ không ổn định và bùn thường ở dạng bán lỏng. Vì vậy, khi ủ phân hữu cơ với bùn cống thải cần phải bổ sung thêm các vật liệu hữu cơ khác như: phân gà, rơm,...giúp cung cấp thêm cacbon, gia tăng độ rỗng trong quá trình ủ và một số chế phẩm sinh học như nấm Trichoderma, Biomix, ... để rút ngắn thời gian phân hủy và tăng hiệu quả xử lý. Mặt khác, mật độ vi sinh vật gây bệnh trong bùn thải tại đây khá cao (Nguyễn Thị Thu Hiền, 2012). Như vậy, ủ phân compost là một trong các giải pháp tốt nhất để xử lý bùn góp phần giảm ô nhiễm và đem lại lợi ích kinh tế cao. Chính vì vậy chúng tôi đã chọn đề tài "**"Đánh giá hiện trạng quản lý, xử lý bùn cống rãnh ở một số tỉnh ĐBSCL và nghiên cứu xử lý bùn cống rãnh bằng phương pháp ủ phân compost"**".

1.2 Mục tiêu nghiên cứu

1.2.1 Mục tiêu tổng quát

Đánh giá hiện trạng việc quản lý và xử lý bùn thải ở một số tỉnh ở DDBSCL để đưa ra phương pháp xử lý bùn cống rãnh cho thành phố Cần Thơ, góp phần hạn chế ô nhiễm môi trường do bùn cống rãnh gây ra.

1.2.2 Mục tiêu cụ thể

- Đánh giá hiện trạng quản lý và xử lý bùn thải ở một số tỉnh ĐBSCL.
- Đề xuất phương pháp quản lý và xử lý bùn thải hiệu quả ở TP Cần Thơ.

1.3 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

1.3.1 Đối tượng nghiên cứu

Đánh giá hiện trạng quản lý, xử lý bùn công rãnh ở một số tỉnh ĐBSCL và nghiên cứu xử lý bùn công rãnh bằng phương pháp ủ phân compost tại các đô thị ĐBSCL.

1.3.2 Phạm vi nghiên cứu

Đề tài nghiên cứu trong phạm vi các đô thị thuộc vùng ĐBSCL, cụ thể:

- TP. Cần Thơ (đô thị loại I) là đô thị trực thuộc trung ương, có vai trò quan trọng với nhiều tiềm năng, là trung tâm của vùng ĐBSCL;

- TP. Vĩnh Long (đô thị loại II) là đô thị trực thuộc tỉnh, Vĩnh Long được xác định có vai trò là trung tâm kinh tế, văn hóa của tiểu vùng ven biển Đông; vùng đất đậm nét di sản văn hóa;

- TP. Vị Thanh (đô thị loại II) là trung tâm kinh tế - văn hóa - xã hội, đầu mối giao thông chính thứ hai của tỉnh Hậu Giang, là đô thị trẻ năng động với định hướng tính chất là vùng du lịch cảnh quan, sinh thái.

- TP. Cao Lãnh (đô thị loại II) là trung tâm kinh tế - văn hóa - xã hội, đầu mối giao thông chính thứ hai của tỉnh Đồng Tháp, là đô thị trẻ năng động với định hướng tính chất là vùng du lịch cảnh quan, sinh thái.

- TP. Sóc Trăng (đô thị loại II) là đô thị trực thuộc tỉnh, Sóc Trăng được xác định có vai trò là trung tâm kinh tế, văn hóa của tiểu vùng ven biển Đông; vùng đất đậm nét di sản văn hóa;

1.4 Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài nghiên cứu

1.4.1 Ý nghĩa khoa học

Nghiên cứu góp phần bổ sung nguồn tài liệu cần thiết cho công tác nghiên cứu, học tập của học sinh, sinh viên có liên quan lĩnh vực quy hoạch phát triển đô thị, quản lý môi trường.

1.4.2 Ý nghĩa thực tiễn

- Nghiên cứu là cơ sở để xác định và đánh giá thực trạng phát triển, khó khăn – thuận lợi, trong việc quản lý bùn thải ở các đô thị ở Đồng bằng sông Cửu Long.

- Đề xuất phương quản lý và xử lý bùn thải hiệu quả ở TP Cần Thơ.

- Tận dụng lượng bùn công rãnh để tạo phân bón phục vụ cho nông nghiệp góp phần hạn chế tác động của bùn công rãnh đến môi trường và hạn chế việc sử dụng phân bón hóa học trong nông nghiệp. Từ đó, làm cơ sở định hướng quy hoạch phát triển đô thị, quản lý môi trường, đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả công tác lên kế hoạch quy hoạch, phát triển đô thị gắn với bảo vệ môi trường.

CHƯƠNG 2: LUẬT QUỐC KHẢO TÀI LIỆU

2.1 TỔNG QUAN VỀ BÙN CÔNG THẢI

2.1.1 Khái niệm về bùn công thải

Các chất ô nhiễm và các sản phẩm trong quá trình phân hủy của chúng ở dạng rắn hay chất lơ lửng gọi là “bùn” (Trung tâm đào tạo ngành nước và môi trường, 2005).

Bùn công thải là sự lắng đọng và trầm tích các vật chất ô nhiễm có trong nước thải đô thị của hệ thống kênh rạch – cống rãnh, sự rửa trôi đất, cát,... trên đường phố theo nước mưa xuống các hệ thống thoát nước. Lượng bùn thải này tăng hàng năm theo mức độ tăng dân số và tăng trưởng sản xuất. Bùn thải bao gồm các loại bùn từ hệ thống thoát nước đô thị, xử lý nước thải sinh hoạt và công nghiệp, xử lý nước thải dùng cho cấp nước, kênh, rạch, mương (Nguyễn Đức Lượng và Nguyễn Thị Thùy Dương, 2003).

Theo Trịnh Xuân Lai và Nguyễn Trọng Dương (2005), trong quá trình xử lý nước thải, các chất lơ lửng, keo hữu cơ, vô cơ, hữu cơ hòa tan được chuyển hóa tạo thành bùn cặn và được tách ra khỏi nước thải. Bùn cần phải được xử lý ổn định và cô đặc để giảm khối lượng và thể tích, sau đó đưa đến nơi tiếp nhận cuối cùng một cách an toàn và không còn tác dụng gây độc hại cho môi trường.

Bảng 1 Lượng bùn công thải hàng năm của các nước trên thế giới

STT	Quốc gia	Số lượng bùn thải hàng năm (tấn chất khô x 103)
1	Bỉ	10
2	Pháp	800
3	Đức	1300
4	Ý	1200
5	Anh	1200
6	Mỹ	4500
7	Canada	500

(*Nguyễn Đức Lượng và Nguyễn Thị Thùy Dương, 2003*)

Các loại bùn thải có tính chất khác nhau phụ thuộc vào nguồn gốc thải. Tùy vào nguồn gốc và tính chất của bùn thải mà người ta có những phương pháp quản lý và xử lý thích hợp nhằm bảo vệ môi trường (Nguyễn Đức Lượng và Nguyễn Thị Thùy Dương, 2003).

2.1.2 Nguồn gốc phát sinh

Bùn công thải hình thành do quá trình lắng các chất rắn lơ lửng của nước thải chưa xử lý được thải vào môi trường (Lê Hoàng Việt, 2003). Trong nước thải đô thị, có

khoảng 40-65% chất rắn ở trạng thái lơ lửng. Các chất rắn này có thể nổi lên mặt nước hay lắng xuống đáy và hình thành nên các bãi bùn (Lâm Minh Triết, 2006).

2.1.3 Phân loại bùn

Các đặc tính của bùn là cơ sở lựa chọn phương pháp xử lý, sự phân loại bùn khác nhau phụ thuộc vào nguồn gốc và thành phần của chúng (Nguyễn Đước Lượng, 2003). Thành phần này cũng đồng thời phụ thuộc vào bản chất ô nhiễm ban đầu của nước và phương pháp làm sạch: phương pháp lí, hóa lí, sinh học (Lâm Minh Triết, 2006)

Theo Lâm Minh Triết, et al. (2006), trong quá trình hoạt động của trạm xử lý nước đô thị thường sản sinh ra một lượng bùn thải lớn cần thiết phải xử lý, quá trình xử lý và thải bỏ bùn một cách thích hợp có thể phức tạp và rất tốn kém.

Đối với hệ thống xử lý nước thải đô thị, các loại bùn thải chính cần xử lý là:

- Bùn tươi: hình thành từ bể lắng đợt 1 (kết thúc quá trình xử lý bậc 1). Loại bùn này có thể chiếm đến 0,25 – 0,35% thể tích lượng nước cần phải xử lý. Bùn tươi có chứa từ 3 – 8% chất rắn (1% chất rắn = 1g chất rắn/100ml thể tích cặn), trong đó có khoảng 70% là chất hữu cơ. Độ ẩm của cặn tươi vào khoảng 93 – 95%.

- Bùn sinh học: được hình thành khi xử lý bậc 2 nước thải sinh hoạt bằng quá trình sinh học và được giữ lại ở bể lắng đợt 2. Nếu quá trình sinh học được áp dụng là quá trình VSV lơ lửng (bể aeroten) thì bùn sinh học được gọi là bùn hoạt tính, nếu quá trình sinh học được sử dụng là quá trình VSV dính bám (bể lọc sinh học, tháp lọc sinh học,...) thì bùn sinh học được gọi là màng VSV. Một phần bùn hoạt tính (hoặc màng VSV) được tuần hoàn lại bể aeroten (thường chiếm khoảng 40 – 60%), được gọi là bùn hoạt tính tuần hoàn, phần còn lại gọi là bùn hoạt tính dư và có độ ẩm cao (khoảng 96 – 99%). Loại bùn này thường chứa các VSV hiếu khí và thành phần chất rắn có khoảng 90% là chất hữu cơ. Hàm lượng chất rắn trong bùn phụ thuộc vào nguồn gốc của nó.

- Các loại rác: được giữ lại ở song chấn rác trong giai đoạn đầu của xử lý cơ học, chủ yếu là các chất hữu cơ. Chúng thường được nghiền nhỏ và sau đó được dẫn trở lại trạm xử lý trước song chấn rác, hoặc xử lý chung với bùn tươi và bùn hoạt tính dư sau khi nén, hay có thể vận chuyển đến bãi rác.

- Cát, sạn, sỏi,: được giữ lại bể lắng cát. Chúng không phải là bùn thật sự, mặc dù vậy chúng vẫn cần phải được xử lý và thải bỏ thích hợp.

- Bùn thải từ các quá trình xử lý bậc cao: tính chất của bùn thải từ các quá trình xử lý bậc cao phụ thuộc vào bản chất của quá trình. Ví dụ quá trình khử photpho sẽ cho loại bùn chứa hóa chất rất khó xử lý. Khi xử lý photpho trong bể bùn hoạt tính, bùn hóa chất này sẽ kết hợp với bùn sinh học và gây khó khăn cho việc xử lý tiếp theo.

Trong quá trình xử lý nước thải, thu được một lượng lớn bùn cặn, đó là các tạp chất vô cơ, hữu cơ. Bùn cặn ở công đoạn xử lý sơ bộ (cấp I) chủ yếu là cặn vô cơ, bùn

cặn thu được ở lăng II chủ yếu là tạp chất hữu cơ chứa nhiều sinh khối (Lượng Đức Thẩm, 2007)

2.1.4 Các yếu tố đặc trưng bản chất của bùn

Nồng độ tính theo chất sấy khô: được tính bằng g/l hoặc % trọng lượng và xác định được bằng cách sấy bùn ở 1050C cho tới khi trọng lượng không đổi. Bùn lỏng thường có dạng lơ lửng được xác định bởi phương pháp lọc (Nguyễn Xuân Lộc, 2009).

Hàm lượng chất bốc hơi được tính bằng phần trăm trọng lượng của chất sấy khô. Nó được xác định bằng cách hóa khí trong lò từ 5500C - 6000C. Đối với bùn hữu cơ ưa nước, nó thường gắn với hàm lượng chất hữu cơ và có đặc tính của hàm lượng các chất chứa nitơ (Nguyễn Xuân Lộc, 2009).

Nước chứa trong bùn gồm:

- Nước tự do, dễ dàng loại bỏ;

- Nước liên kết gồm: nước mao dẫn, nước hydrat hóa keo, nước của các tế bào và các muối liên kết hóa học. Sử dụng năng lượng khá lớn để giải phóng nước liên kết, nước ở các tế bào chỉ có thể tách ra bằng nhiệt (gia nhiệt, sấy khô hoặc thiêu đốt).

❖ Các yếu tố đặc trưng tính chất của bùn trong quá trình khử nước (Trung tâm đào tạo ngành nước và môi trường, 2005): Các yếu tố này dành riêng cho kĩ thuật làm khô.

- Khả năng cô đặc.
- Khả năng lọc.
- Khả năng nén của bùn.
- Cách xác định độ khô giới hạn.
- Khả năng li tâm được.

❖ Ba tham số xác định chất lượng bùn công thái của đô thị:

- Sự có mặt của những chất gây ô nhiễm (Arsen, cát-mi, Crôm, đồng, thủy ngân, niken, Se-len, và kẽm).

- Sự có mặt của những tác nhân gây bệnh (vi khuẩn, những virut, những ký sinh).
- Sự hấp dẫn của bùn công thái tới những sinh vật (ví dụ: bộ gặm nhấm, ruồi, muỗi)

Các mức độ khác nhau về chất lượng bùn công thái của thành phố này với thành phố khác điều do ở ba tham số trên. (Environmental Protection Agency, 1994).

2.1.5 Thành phần của bùn công thái

Lượng bùn thải được hút từ cống thoát nước và hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt đô thị rất lớn, làm ô nhiễm môi trường không chỉ ô nhiễm về mặt hóa học mà còn ô

nhiễm về mặt sinh học (Nguyễn Đức Lượng và Nguyễn Thị Thùy Dương, 2003). Đặc tính chung của tất cả các loại bùn là được tạo thành từ một chất thải còn ở dạng lơ lửng. Một số loại không bị ảnh hưởng đối với việc xử lý bằng hóa chất nhưng xử lý sinh học thì hiệu quả hơn (Lê Văn Bình, 2009 trích từ Trung tâm đào tạo ngành nước và môi trường, 2005).

Bảng 2 Một số thành phần hóa học của bùn thải ở dạng rắn

Thành phần	Chưa xử lý sơ cấp		Phân hủy sơ cấp	
	Khoảng dao động	Giá trị thường gắp	Khoảng dao động	Giá trị thường gắp
Tổng chất rắn khô (TS), %	2,0 - 8,0	5,0	6,0 - 12,0	10,0
Chất rắn bay hơi (% của TS)	60 – 80	65	30 - 60	40
Protein (% của TS)	20 – 30	25	15 - 20	18
N (% của TS)	1,5-4	2.5	1,6 - 6,0	3,0
P (P2O5, % của TS)	0,8 - 2,8	1.6	1,5 - 4,0	2,5
K (K2O, % của TS)	0 – 1	0,4	0,0 - 3,0	1,0
SiO ₂ (% của TS)	15,0 - 20,0	-	10,0 - 20,0	-
Kiềm (mg/l như CaCO ₃)	500 – 1500	600	2500 - 3500	-
Axit hữu cơ (mg/l)	200 – 12500	11000	4000 - 6000	200
pH	5,0 - 8,0	6,0	6,5 - 7,5	7,0

(D. Fytilli and A. Zabaniotou, 2006)

Theo Yanjun Lu (2008) hàm lượng chất hữu cơ trong bùn công thải dao động trong khoảng $45,50 \pm 0.06\%$, (trích dẫn từ Nguyễn Xuân Lộc, 2009).

Theo Lê Huy Bá (2010), thành phần bùn công rãnh ở hai thành phố lớn nước ta thu được kết quả:

Bảng 3 Thành phần chất dinh dưỡng và kim loại nặng trong bùn cống rãnh

STT	Chỉ tiêu	TP. Hồ Chí Minh (1)	TP. Hà Nội (2)	TCCP (3)
1	Tổng Nitơ (mg/kg)	1901	2380	
2	Tổng Phospho (mg/kg)	2841	1950	
3	As (mg/kg)	0,078	4,72	12
4	Hg (mg/kg)	0,021	1,58	
5	Pb (mg/kg)	0,10	28,5	70

Ghi chú: (1). Bùn cặn cống thoát nước phố Phan Đăng Lưu, quận Bình Thạnh (theo: Chu Quốc Huy, 2007, Quản lý bùn thải ở TP. Hồ Chí Minh – Hiện trạng và chiến lược phát triển. Kỷ yếu Hội thảo Quản lý bùn cặn TP. Hồ Chí Minh, tháng 04/2007); Bùn kênh TE (2) trên sông Tô Lịch (theo báo cáo dự án thoát nước Hà Nội giai đoạn II do Nippon Koei lập, 2005); (3). Tiêu chuẩn đối với đất nông nghiệp theo QCVN 03: 2008/BTNMT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về giới hạn cho phép của kim loại nặng trong đất.

2.1.6 Đặc tính của bùn cống thải

a) Đặc tính lý, hóa có trong bùn cống thải

Âm độ

Những vi sinh vật khác nhau có sự thích nghi khác nhau tương ứng với cái khoảng âm độ cao hay âm độ thấp, nhưng nói chung, tuổi thọ của các vi khuẩn là cao hơn trong đất ẩm hơn nhiều so với đất khô. Nơi có sự bốc hơi nước nhanh chóng do các điều kiện tự nhiên như nắng nóng hay gió làm độ ẩm giảm nhanh. Số lượng vi khuẩn bị tiêu diệt khoảng hơn 95%, trong khoảng thời gian 1 ngày vào thời tiết khô và 2 ngày vào mùa mưa. Trong trường hợp đất sét, sự giảm 95% xảy ra sau 7 ngày vào mùa khô và 20 - 30 ngày vào mùa mưa (Tor et al., 2004).

pH

Giá trị pH trong bùn là chỉ tiêu đánh giá bùn quan trọng vì nó thường ảnh hưởng trực tiếp đến sự phát triển vi sinh vật đất, vận tốc các phản ứng hóa học và sinh hóa trong đất và là một yếu tố quan trọng trong quá trình ủ phân compost.

Khả năng tồn tại của đa số vi khuẩn giảm ở những giá trị pH cao lần những giá trị pH thấp. Những giá trị pH thấp hơn 3 – 4 là yếu tố giới hạn với vi khuẩn sống trong bùn. Quan sát thấy sự tồn tại của E. Coli trong môi trường đất kiềm tốt hơn trong môi trường axít. Trong một thử nghiệm với Samonellatyphi và E. Coli, Cohen (1922) cho thấy sự

tồn tại tối ưu ở giá trị pH trong khoảng 5 - 6,4. Theo Beard (1940) không có sự tồn tại của vi khuẩn trong khoảng pH giữa 3 - 4 trong than bùn và đất có pH giữa 6,5 và 7,5 không có ảnh hưởng đến sự tồn tại của chúng. Cuthbert et al. (1955) đã khảo sát sự tồn tại của vi khuẩn (E.coli và Samonellafaecalis) trong than bùn (pH 2,9 - 4,5) và đất đá vôi (pH 5,8 - 7,8). Họ phát hiện vi khuẩn tồn vài tuần trong đất có bón vôi, nhưng chúng lại chết nhanh chóng sau vài ngày trong đất than bùn chua (Kristian Stevik et al., 2004).

Chất rắn hữu cơ

Vì khuẩn thường cần đến những chất dinh dưỡng có sẵn trong môi trường chẳng hạn như chất hữu cơ. Chúng không có khả năng hạ thấp nhu cầu chất dinh dưỡng của chúng mà thay vào đó sự cạnh tranh để giành chất dinh dưỡng với những vi sinh vật khác trong môi trường nghèo dinh dưỡng. Vi sinh vật gây bệnh tồn tại lâu dài trong môi trường chứa nhiều chất hữu cơ.

Nitơ trong bùn công thải

Hợp chất hữu cơ trong bùn có dạng $(C-NH_2)_n-C-$ như protein và axit amin. Dạng hợp chất này không sẵn sàng để cung cấp cho cây trồng và phải được chuyển đổi sang dạng nitrogen vô cơ nhờ vi sinh vật có trong đất và bùn công thải. Sự khoáng hóa là sự chuyển đổi từ nitơ hữu cơ sang nitơ vô cơ được thực hiện bằng tiến trình amon hóa. Sự khoáng hóa ở mức độ khác nhau phụ thuộc vào loại bùn công thải khác nhau. Sự khoáng hóa diễn ra nhanh chóng ở những năm đầu và giảm trong nhanh chóng ở những năm sau.

Trong các chất vô cơ (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) cây chỉ sử dụng NO_3^- và NH_4^+ . Trong đất vi khuẩn và cây trồng luôn cạnh tranh nhau các dạng nitơ này. Vi sinh vật đất nhanh chóng có định và chuyển đổi các dạng chất hữu cơ thành các NO_3^- và NH_4^+ cho cây trồng sử dụng. NO_3^- là chất dễ chuyển hóa và rất dễ rửa trôi.

Trong điều kiện kỵ khí, vi sinh có thể chuyển đổi nitrate thành khí nitơ quá trình này được gọi là sự khử nitơ.

Cây có thể sử dụng một phần tổng số nitơ trong bùn công thải. Một số NO_3^- và NH_4^+ bị mất vào khí quyển bởi quá trình khử nitơ và sự bay hơi, NO_3^- bị mất thông qua sự rửa trôi. Sự khoáng hóa, cây hấp thụ, sự bay hơi, sự khử nitơ phụ thuộc vào nhiều yếu tố và thay đổi từ nơi này đến nơi khác.

Tổng số nitơ có trong bùn công thải và nồng độ (hoặc tỷ lệ phần trăm của nitơ tổng số) của các dạng nitơ trong bùn công thải sinh ra phụ thuộc vào quá trình chuyển hóa. Trong thời gian phân hủy kỵ khí (30 ngày hoặc lâu hơn) bùn sinh ra ammonium với nồng độ cao và nồng độ nitrate thấp và đồng thời chuyển đổi hầu hết các nitơ hữu cơ có sẵn thành ammonium (Environmental Protection Agency, 1994).

b) Đặc tính vi sinh vật trong bùn công thải

Vi sinh vật trong bùn cống thải và nước thải sinh hoạt gây ra các bệnh liên quan đến đường tiêu hóa của con người: Bệnh thương hàn, dịch tả, sốt vàng da, tiêu chảy,... Theo Metcalf and Eddy, 1991, (trích dẫn từ Nguyễn Xuân Lộc, 2009) tác nhân tiềm tàng gây bệnh cho con người có trong nước thải sinh hoạt chưa được xử lý bao gồm: vi khuẩn, virút, nguyên sinh động vật và trứng giun sán. *E. Coli* giảm số lượng 50% ở điều kiện nước mặt thông thường trong thời gian 1,5 - 3 ngày. Thời gian giảm số lượng của *E. Coli* dài hơn nhóm vi khuẩn (≤ 1 ngày) nhưng lại ngắn hơn thời gian giảm 50% số lượng của virút và nguyên sinh động vật lần lượt là 3 - 70 ngày và 3 - 150 ngày.

Mỗi người hàng ngày thải ra 100 - 400 tỷ vi sinh vật thuộc dạng coliform. Do vậy, vi sinh vật dạng coliform được sử dụng như là chỉ thị cho nguồn nước ô nhiễm phân.

Vi sinh vật coliform bao gồm giống *Escherichia* và *Aerobacter*. Tuy nhiên, nhóm vi sinh vật giống này vẫn được tìm thấy trong đất. Vì thế mà khi phát hiện vi sinh thuộc giống này thì không hẳn nguồn nước ô nhiễm bởi phân người. Vi khuẩn *Escherichia coli* (*E. Coli*) là nhóm vi khuẩn luôn được tìm thấy trong phân. Do vậy, *E. Coli* được sử dụng là chỉ thị cho ô nhiễm phân.

Nhóm vi sinh vật coliform: gồm các loài vi khuẩn hình que gram âm lên men lactose (hay hình thành khuẩn lạc trong điều kiện ủ trong thời gian 24 - 48 giờ ở 350 C trong môi trường thích hợp). Tổng coliform bao gồm 4 nhóm thuộc họ Enterobacteriaceae: *Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacto*, *Enterobacter*, và cả Fecal coliforms. Trong các nhóm trên giống *Escherichia* họ *coli* (*E. Coli*) xuất hiện hầu hết trong các nguồn nước ô nhiễm phân. Chỉ tiêu tổng coliform không thích hợp để làm chỉ tiêu chỉ thị cho việc nhiễm bẩn nguồn nước bởi phân. Tuy nhiên việc xác định số lượng Fecal coliform có thể sai lệch do có một số vi sinh vật (không có nguồn gốc từ phân) có thể phát triển ở nhiệt độ 44oC. Do đó số lượng *E. Coli* được coi là một chỉ tiêu thích hợp nhất cho việc quản lý nguồn nước (Lâm Minh Triết và Lê Hoàng Việt, 2009).

Escherichia coli (*E. Coli*): *E. Coli* là vi khuẩn sống cộng sinh chiếm ưu thế nhất trong hệ vi sinh vật đường ruột của người và động vật. Tuy nhiên, khi có điều kiện thích hợp, một số nhóm *E. Coli* gây độc tăng sinh mạnh, trở thành nguyên nhân quan trọng gây tiêu chảy trên người và gia súc. Trong số các tác nhân gây tiêu chảy ở người thì *E. Coli* luôn là tác nhân phổ biến nhất ở những nước công nghiệp đang phát triển. Do đó *E. Coli* được xem là vi khuẩn chỉ danh ô nhiễm thực phẩm và nước được đánh giá dựa trên số lượng của chúng. *E. Coli* được thải qua phân ra môi trường bên ngoài, do đó *E. Coli* là nhóm vi sinh vật tiêu biểu nhất chỉ thị ô nhiễm phân. Phương pháp đếm khuẩn lạc (CFU: Colonized forming unit) và phương pháp ước lượng một số vi sinh vật (MPN: Most probable number) được sử dụng để xác định số lượng vi sinh vật thuộc dạng coliform trong 1 đơn vị thể tích (1 mL hay 100 mL) hoặc 1 đơn vị khối lượng (1 gram).

Fecal streptococci: Nhóm này bao gồm các vi khuẩn chủ yếu sống trong đường ruột của động vật như *Streptococcus bovis* và *S. equinus*; một số loài có phân bố rộng hơn hiện diện cả trong đường ruột của người và động vật như *S. faecalis* và *S. faecium*

hoặc có 2 biotype (*S. faecalis* var *liquefaciens* và loại *S. faecalis* có khả năng thủy phân tinh bột). Các loại biotype có khả năng xuất hiện cả trong nước ô nhiễm và không ô nhiễm. Việc đánh giá số lượng *Faecal streptococci* trong nước thải được tiến hành thường xuyên; tuy nhiên nó có các giới hạn như có thể lẫn lộn với các biotype sống tự nhiên; *F. streptococci* rất dễ chết đối với sự thay đổi nhiệt độ. Các thử nghiệm về sau vẫn khuyến khích việc sử dụng chỉ tiêu này, nhất là trong việc so sánh với khả năng sống sót của *Salmonella*. Ở Mỹ, số lượng 200 *F. coliform*/100 mL là ngưỡng tối hạn trong tiêu chuẩn quản lý các nguồn nước tự nhiên để bơi lội (Nguồn: Lâm Minh Triết và Lê Hoàng Việt, 2009).

Clostridium perfringens: Đây là loại vi khuẩn chỉ thị duy nhất tạo bào tử trong môi trường yếm khí, do đó nó được sử dụng để chỉ thị các ô nhiễm theo chu kỳ hoặc các ô nhiễm đã xảy ra trước thời điểm khảo sát do độ sống sót lâu của các bào tử. Trong việc tái sử dụng nước thải chỉ tiêu này được đánh giá là rất hiệu quả, do các bào tử

của nó có khả năng sống sót tương đương với một số loại vi rút và trứng ký sinh trùng.

Nhóm vi sinh vật coliform dạng phân là nhóm có đặc tính sinh khí (hay hình thành khuẩn lạc) ở nhiệt độ 44,5 0C trong thời gian ≤ 24 giờ. Việc phát hiện, xác định từng loại vi sinh vật gây bệnh khác rất khó, tốn kém thời gian và chi phí. Do đó để phát hiện nguồn nước bị ô nhiễm bởi phân người ta dùng các chỉ định như là sự hiện diện của Fecal Coliforms, Fecal Streptocci, *Clostridium perfringens* và *Pseudomonas acruginosa*. Cũng cần phải nói thêm rằng mối quan hệ giữa sự chết đi của các vi sinh vật chỉ thị và vi sinh vật gây bệnh chưa được thiết lập chính xác. Ví dụ khi người ta không còn phát hiện được Fecal coliform nữa thì không có nghĩa là tất cả các vi sinh vật gây bệnh đều đã chết hết. Trong quá trình thiết kế các hệ thống xử lý các nhà khoa học và kỹ thuật phải hạn chế tối đa các ảnh hưởng của chất thải tới sức khỏe cộng đồng. Mỗi quốc gia, mỗi địa phương thường có những tiêu chuẩn riêng để kiểm tra và không chê. Do kinh phí và điều kiện có giới hạn các Sở KHCN và MT thường dùng chỉ tiêu *E. Coli* hoặc tổng Coliform để qui định chất lượng các loại nước thải (Nguồn: Lâm Minh Triết và Lê Hoàng Việt).

Mầm bệnh tồn tại trong bùn công thải

Bùn công thải đã mang lại lợi ích về mặt chất dinh dưỡng và sự điều hòa cho đất. Tuy nhiên, nó cũng có thể chứa nhiều vi khuẩn, vi rút, protozoa, ký sinh trùng, và các vi sinh vật khác có thể gây bệnh. Sử dụng bùn công để tạo độ ẩm cho đất, dùng làm phân bón trực tiếp cho đất,...đối với bùn đặc chưa được xử lý thì sẽ tạo ra một nguy cơ nhiễm bệnh nguy hiểm cho con người khi tiếp xúc trực tiếp với những sinh vật gây bệnh có trong bùn công thải. Để bảo vệ sức khỏe cho cộng đồng tránh khỏi các nguy cơ từ chất hữu cơ và các chất ô nhiễm khác có trong bùn công thải, nhiều quốc gia hiện nay đã có quy định về sử dụng và thải bỏ các bùn công thải. (Environmental Regulations and Technology, 2003).

Bốn tác nhân gây bệnh chủ yếu cho con người (vi khuẩn, vi rút, protozoa, và trứng giun sán) tất cả đều hiện diện trong nước thải sinh hoạt. Những tác nhân gây bệnh trong chất thải gia đình chủ yếu là liên quan đến những chất rắn không tan. Những quá trình xử lý nước thải sơ cấp tập trung những chất rắn này vào trong bùn công thải, vì vậy bùn công thải chưa được xử lý hay các bùn đặc được xử lý sơ cấp thì có số lượng những tác nhân gây bệnh cao hơn so với nước thải đầu vào. Các quá trình xử lý nước thải bằng sinh học và sự xử lý bùn hoạt hóa có thể giảm bớt đáng kể số lượng những tác nhân gây bệnh trong nước thải (EPA, 1989).

Bảng 4 Các loài và số lượng các vi sinh vật trong nước thải sinh hoạt chưa xử lý

Vi sinh vật	Số lượng cá thể/mL
<i>E. Coli</i>	$2,0 \times 10^4 - 6,1 \times 10^4$
Tổng coliform	105 - 106
<i>Fecal coliform</i>	104 - 105
<i>Fecal streptococci</i>	105 - 104
<i>Enterococci</i>	102 - 103
<i>Shigella</i>	Hiện diện
<i>Salmonella</i>	100 - 102
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	101 - 102
<i>Clostrium perfringens</i>	101 - 103
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Hiện diện
Bào tử nguyên sinh động vật	101 - 103
Bào tử của Giardia	10-1 - 102
Bào tử của Cryptosporidium	10-1 - 101
Trứng ký sinh trùng	10-2 - 101
Vi rút đường ruột	101 - 102

(F. F. Reinhaler, 2003; Feachem et al., 1983; trích bởi Chongrak, 19890)

c) Thành phần kim loại trong bùn công thải

Kim loại trong bùn công thải là một trong những yếu tố quyết định cho việc tái sử dụng bùn làm phân bón. Vì nó, dễ gây thiệt hại đến cây trồng và tiềm năng đi vào chuỗi thức ăn, ô nhiễm nước ngầm là rất lớn. Tùy thuộc vào nguồn gốc của bùn mà có thành phần kim loại khác nhau (Metcalf, Eddy, 1991 and Hsiau P, Lo S, 1988). Bùn có xu hướng tích lũy kim loại nặng có trong nước thải, các kim loại nặng như kẽm (Zn), đồng (Cu), niken (Ni), Cadmium (Cd), chì (Pb), thủy ngân (Hg), crom (Cr) là những yếu tố

hạn chế việc sử dụng bùn cho mục đích nông nghiệp. Tiềm năng tích lũy của nó trong các mô của con người và sự khuếch đại sinh học thông qua chuỗi thức ăn và các vấn đề liên quan đến môi trường là rất lớn (Hsiau P, Lo S, 1988)

Bảng 5 Hàm lượng kim loại nặng (mg/kg tính theo trọng lượng khô) trong bùn công thải ở các quốc gia trên thế giới

Kim loại	Mỹ (a)	Châu Âu (b)	Ai Cập (c)
Cd	0,7 – 8220	1 – 3	4,5 – 26
Cr	2 – 3750	100 – 150	50 – 187
Cu	6,8 – 3120	50 – 140	110 – 1607
Hg	0,2 – 47	1 – 1,5	-
Ni	2 – 976	30 – 75	5 – 187
Pb	9,4 – 1670	50 – 300	240 – 482
Zn	101 – 49000	150 – 300	243 – 1200

((a) Kuchenritherm and McMillan, 1991 and Chaney, 1983; (b) Limits from CEC, 1986; (c) Aboulroos et al., 1989; Badawy and EI – Motaium, 2003)

Kim loại nặng trong bùn công thải thành phố chủ yếu từ quá trình sinh hoạt của người dân, vì thế hàm lượng thường không cao. Một số kim loại có mặt phổ biến trong bùn công thải như Arsenic (As), thủy ngân (Hg), Cadmium (Cd) và Chì (Pb).

Arsenic (As)

Arsenic có tính chất như một kim loại được phân bố rộng rãi trong vỏ trái đất. Arsenic là một yếu tố vi lượng cần thiết cho cơ thể nhưng ở liều lượng cao thì rất độc. As còn được gọi là thạch tín thường được làm thuốc chuột. Arsenic và hợp chất của arsenic có thể xuất hiện ở nhiều dạng như tinh thể, bột, hình thức vô định hình hoặc thủy tinh. Nó thường xuất hiện trong đất, đá, nước, không khí. Tuy nhiên, nồng độ này có thể cao hơn một vài khu vực do quá trình phong hóa, và các hoạt động của con người bao gồm khai thác mỏ kim loại và sự nóng chảy kim loại, nhiên liệu hóa thạch, sử dụng phân bón và thuốc trừ sâu. Các muối arsenic hòa tan được trong nước phụ thuộc vào pH và môi trường ion.

Nồng độ arsenic trong bùn công thải ở khoảng 0 – 188 mg/kg. (Woolson, 1983 trích bởi Lê Thanh Bình, 2009). Các nồng độ arsenic có trong bùn công thải phản ánh mức độ công nghiệp hóa của đô thị. Các nguồn gây ô nhiễm arsenic bao gồm quá trình lắng tự nhiên trong khí quyển, dư lượng thuốc trừ sâu, thuốc tẩy phosphat và chất thải công nghiệp đặc biệt từ công nghiệp chế biến kim loại. O’Neil (1990) trích bởi Lê Thanh

Bình (2009) ước tính 2,5 tấn As/năm ở Anh được đưa vào đất nông nghiệp với việc sử dụng bùn công thải làm phân bón.

Thủy ngân (Mercury, Hg)

Thủy ngân hiện diện và tồn tại trong tự nhiên ở nhiều dạng khác nhau; kim loại vô cơ và hữu cơ (metyl và etyl thủy ngân). Tất cả các dạng này có tính độc khác nhau và có thể ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Trong môi trường đất, dạng cation Hg^{2+} hiện diện là phổ biến nhất. Hàm lượng thủy ngân trên trái đất trung bình 0,02 – 0,41 ppm (Murray, 1994).

Thủy ngân đến từ các nguồn tự nhiên và nguồn do hoạt động của con người:

Nguồn tự nhiên: hoạt động của núi lửa, sự phong hóa nhiều loại đá có chứa thủy ngân. Nguồn do hoạt động của con người: đến từ các hoạt động của các nhà máy điện đốt than, các lò đốt rác thải, những nơi khai thác thủy ngân, vàng, đồng, kẽm, bạc; các hoạt động luyện kim; thải bỏ các nhiệt kế và từ đốt rác y tế; riêng chất thải từ các thiết bị y tế có thể phóng thích chiếm 5% thủy ngân trong nước thải (WHO, 2007)

Cadmium (Cd)

Cd hiện diện khắp nơi trong lớp vỏ trái đất với hàm lượng trung bình khoảng 0,1 mg/kg. Ở những vùng đất lấn bùn công rãnh, tìm thấy Cd và kim loại nặng khác ở tầng mặt 15 cm, tuy nhiên Cd có xu hướng duy chuyển theo độ nghiêng nhanh hơn hai yếu tố Pb và Cu (Lê Huy Bá, 2000)

Phân lân chứa Cd cao trong hầu hết khoáng photphorit dùng để sản xuất phân bón và có mặt hầu như khắp nơi, gây ô nhiễm Cd cho nông nghiệp. Ngoài ra, Cd còn do hoạt động công nghiệp như: lớp mạ bảo vệ thép, chất ổn định trong PVC, chất tạo màu trong plastic, thủy tinh,... khi pH tăng, nồng độ Cd dung dịch giảm do tăng cao về: (i) sự thay phân, (ii) mật độ hấp thụ và (iii) pH phụ thuộc vào vật mang điện tích âm (Lê Huy Bá, 2000).

Cd tồn tại trong đất thông thường ở dạng hấp thụ trao đổi 20 – 40%, dạng hợp chất cacbonat 20%, hydroxyl và oxyt là 20% và chiếm tỷ lệ nhỏ khi liên kết với chất hữu cơ. Cd vào trong đất có thể tồn tại dưới dạng 3 hình thức khác nhau: i) Cd có thể bị cây trồng hấp thụ, ii) có thể thẩm vào mạch nước ngầm, rửa trôi vào thủy vực, iii) Cd còn lại trong đất có thể dưới dạng hòa tan và không hòa tan (McLaughlin M.J., 2001, trích bởi Lê Thanh Bình, 2009).

Chì (Lead, Pb)

Hàm lượng chì trung bình trong thạch quyển ước khoảng $1,6 \cdot 10^{-3}$ phần trăm trọng lượng, trong khi đó trái đất trung bình 10^{-3} phần trăm và khoảng biến động thông thường là $0,2 \times 10^{-3}$ đến 20×10^{-3} phần trăm (Voitkevits et al., 1985 trích bởi Nguyễn Văn Tho, 2007). Chì hiện diện tự nhiên trong đất với hàm lượng trung bình 10 -84 ppm(Muray,1994). Nguồn do hoạt động của con người: chì được sử dụng trong pin,

trong bình acqui, trong một số dụng cụ dân điện. Một số chất chì được thêm vào trong sơn, thủy tinh, đồ gốm như chất tạo màu, chất kết rắn, chất ổn định. Các sản phẩm thải từ ứng dụng của chì nếu không được tái chế hợp lý thải vào môi trường sẽ làm tăng lượng kim loại độc hại ra môi trường. Ngoài ra, một số chất chì hữu cơ như tetraetyl hoặc tetrametyl chì được thêm vào trong xăng đặc biệt là các quốc gia phát triển.

Crôm (Chromium, Cr)

Crôm kim loại và các hợp chất crom (III) thông thường không được coi là nguy hiểm cho sức khỏe, nhưng các hợp chất crom có hóa trị (VI) là một loại chất độc hại nếu nuốt hoặc hít phải. Crom đi vào không khí, nước và đất là crom (III) và crom (VI) thông qua các quá trình tự nhiên và các hoạt động của con người (Barceloux, 1999). Các hoạt động của con người làm tăng nồng độ của crom (III) là các ngành da và ngành dệt may. Còn crom (VI) do công nghiệp hóa chất, da và sản xuất dệt may, sơn điện.

2.1.7 Các phương pháp xử lý bùn thải

Theo trung tâm đào tạo ngành nước và môi trường (2005), xử lý bùn thải phải đáp ứng ít nhất một trong 2 mục tiêu sau:

Giảm thể tích

- + Cô đặc, lấy bùn ra từ trạng thái bùn lỏng.
- + Khử nước (tháo nước và sấy khô tự nhiên, tách nước khỏi bùn bằng cơ học). + Hoặc khử nước bằng sấy nóng hay thiêu đốt.

Giảm khả năng lén men

- + Phân hủy do vi khuẩn ký khí. + Ôn định bằng vi sinh vật hiếu khí. + Ôn định hóa học.
- + Sấy khô lần cuối và thiêu đốt.

Theo Lâm Minh Triết, et al., (2006), các quá trình xử lý bùn thải gồm có:

- Nén bùn (thickening): được thực hiện nhằm giảm độ ẩm của bùn bằng quá trình tách trọng lực.
- Ôn định bùn (stabilization): nhằm chuyển hóa các chất rắn hữu cơ thành các dạng tro bằng các quá trình phân hủy – các quá trình chuyển hóa sinh hóa để thuận lợi cho việc thải bỏ bùn vào đất hay cải tạo đất mà không gây tổn hại đến môi trường và sức khỏe cộng đồng.
- Điều hòa bùn (conditioning): sử dụng các hóa chất (phèn, các chất keo tụ cao phân tử,...) hay nhiệt nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho việc tách nước ra khỏi bùn.

- Tách nước khỏi bùn (dewatering): có thể được thực hiện bằng phương pháp phơi bùn (sân phơi bùn), tách nước bằng lọc chân không (bể lọc chân không), lọc ép bằng băng tải liên tục (máy lọc ép dây đai), hay sấy khô bùn.

- Khử bùn (reduction): chuyển đổi các chất rắn thành dạng ổn định bằng phương pháp oxy hóa urot hay thiêu đốt nhằm làm giảm thể tích của bùn.

a) Cải tạo đất

Bùn cống thải từ hệ thống thoát nước đô thị và kênh rạch được nạo vét sử dụng để cải tạo đất. Nói chung, bùn được quan tâm do độ ẩm các chất mà nó đem lại: cải thiện được khả năng giữ nước của đất, cung cấp chất dinh dưỡng góp phần tăng thêm độ màu mỡ cho đất. Lợi ích của việc sử dụng bùn phụ thuộc vào đất trồng trọt (độ pH, hàm lượng Ca), loại cây trồng, phương pháp canh tác và cách rải phân (Trung tâm đào tạo ngành nước và môi trường, 2005).

b) Phân hủy bùn thải ở biển

Ở một số nước trên thế giới trong đó có nước Anh thường đổ bùn thải ra biển để phân hủy bùn thải. Hàng năm, nước Anh đổ ra biển khoảng 10x106 tấn bùn thải, một số nước Châu Âu cũng làm tương tự. Việc đổ bùn thải ra biển phải được kiểm soát chặt chẽ mọi tác động độc hại của bùn thải. Nếu các chất thải chứa chất độc hại không được kiểm soát mà đổ ra biển chúng sẽ rất dễ phát tán rất nhanh và gây nhiều tác động tiêu cực đến môi trường.

Đối với đồng ruộng, giới hạn độc hại sẽ chỉ ở những vùng bị nhiễm độc, còn ở biển các chất độc hại sẽ phát tán theo sự vận chuyển của nước. Khi các chất độc tồn tại trong biển sẽ xâm nhập vào chuỗi thức ăn thông qua động, thực vật biển (Nguyễn Đức Lượng, 2003).

c) Đốt bùn thải

Đốt bùn thải phổ biến ở Nhật và các nước Châu Âu. Giá trị năng lượng của bùn thải được tính theo công thức:

$$C = 2605V - 1537 \text{ KJ/kg DS} \quad \text{Trong đó } V \text{ là chất bay hơi (\%)}.$$

Tro thu nhận được từ quá trình đốt được sử dụng như vật liệu làm đường (Nguyễn Đức Lượng, 2003).

2.1.7 Lợi ích của bùn cống thải trên thế giới

Vấn đề môi trường đã từng bước được mở rộng với các khái niệm như phát triển bền vững không chỉ về hệ sinh thái mà còn về kinh tế và xã hội. Xử lý bùn cống thải là một trong những thách thức đáng kể trong quản lý nước thải.

Xử lý bùn công thải bền vững là một phương pháp đáp ứng yêu cầu của tái chế có hiệu quả, không để lại các chất có hại cho con người hoặc môi trường.

a) Các luật của Châu Âu liên quan đến bùn công thải

Một số chỉ thị về xử lý chất thải đã được phê duyệt của Châu Âu như sau:

Đầu 1975, chỉ thị yêu cầu các nước thành viên phải có công tác phòng chống quản lý chất thải và khuyến khích thải bỏ thân thiện với môi trường.

Chỉ thị 86/278/EEC của Mỹ khuyến khích việc sử dụng các bùn công thải trong nông nghiệp.

Mục tiêu cuối cùng của Liên minh Châu Âu là giảm bớt chất thải 20% lượng bùn thải sinh ra năm ở năm 2000 trong năm 2010 và 50% trong năm 2050. Để làm được điều này, nhiều vấn đề đặt ra: (a) công tác phòng chống lãng phí; (b) tái sử dụng, tái chế và năng lực phục hồi; (c) nâng cao chất lượng xử lý; (d) Quy định của phương tiện giao thông. (Fytilli and Zabaniotou, 2006).

b) Xu hướng sử dụng bùn công thải đô thị

Trong nhiều thập kỷ qua đã có nhiều thay đổi lớn trong cách xử lý bùn. Trước năm 1998, bùn thải đô thị chủ yếu được đổ ra biển hoặc được sử dụng làm phân bón trên đất nông nghiệp. Phương án khác là đốt bùn công thải thành tro, hoặc đơn giản chỉ dùng để cải tạo đất. Bùn công thải được tạo ra trong quá trình thu gom và xử lý nước thải của đô thị, bùn công thường được làm phân bón tại Hoa Kỳ và nhiều nước khác (Environmental Regulations and Technology, 2003).

Kể từ năm 1998, luật pháp Châu Âu (UWWTD) nghiêm cấm đổ bùn công thải xuống biển nhằm mục đích bảo vệ môi trường biển. Khi đó sử dụng bùn công thải trong nông nghiệp đã trở thành một trong những phương pháp sử dụng bùn công thải có hiệu quả, cụ thể là: 37% bùn công thải được sử dụng trong nông nghiệp, đốt 11%, cải tạo đất 40% và 12% được sử dụng trong một số các lĩnh vực khác như lâm nghiệp, đất hoang,... Những xu hướng mới nhất trong lĩnh vực quản lý bùn là: đốt cháy bùn thành tro sau đó xử lý an toàn, chôn lấp an toàn, làm phân bón, ủ phân compost,.... (Fytilli and Zabaniotou, 2006).

2.1.8 Quy trình quản lý bùn thải

a) Phân cấp quản lý từ thành phố đến các quận, huyện và khu dân cư

Cần nạo vét đồng bộ các cấp công thoát trong một hệ thống thoát nước. Hiện nay, đã có sự phân cấp quản lý nhưng quá trình nạo vét chưa được phối hợp giữa các cấp vì thế gây khó khăn trong việc quản lý, thải bỏ lượng bùn thải trong thành phố.

Ngoài ra, việc không phối hợp này còn dẫn tới hiệu quả nạo vét không cao, lãng phí chi phí cho việc nạo vét cũng như việc vận chuyển, xử lý.

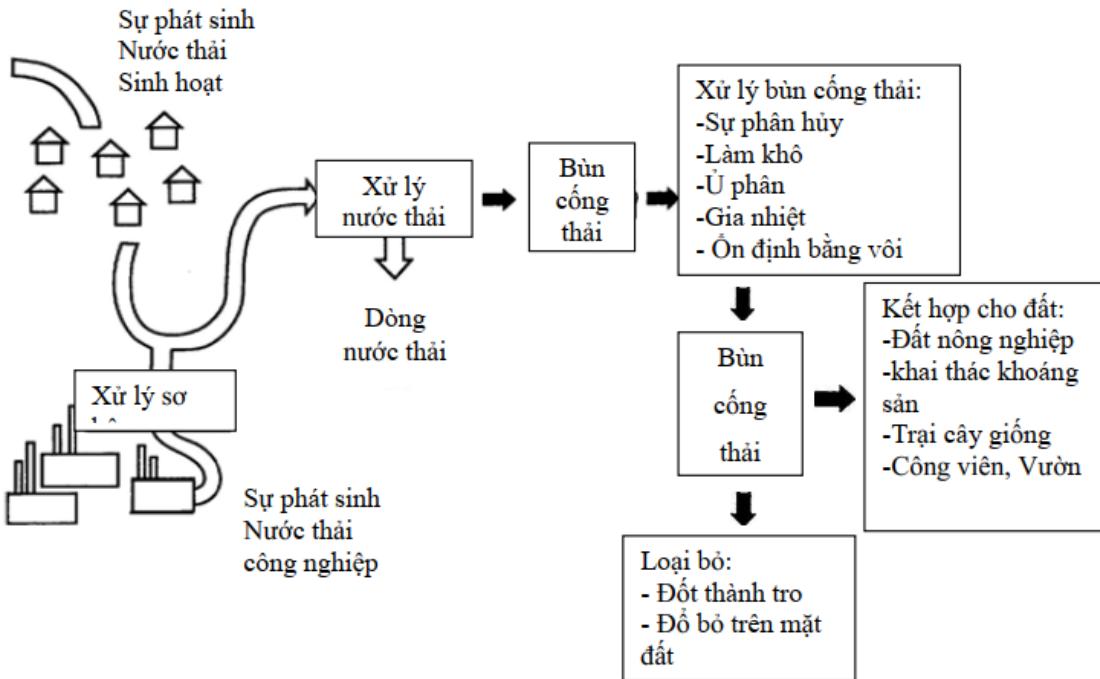
b) Các giải pháp công nghệ

Xét về phương diện vệ sinh công cộng, vấn đề đặt ra là phải giải quyết một cách hợp lý, tiết kiệm và không gây nên các bất lợi khác. Như vậy việc xử lý bùn đòi hỏi phải quan tâm đến các khía cạnh:

- Dễ dàng trong việc sử dụng và thải bỏ
- Xác định dây chuyền xử lý tiết kiệm nhất
- Nếu có điều kiện thì khai thác sử dụng sản phẩm này phù hợp với hoàn cảnh cụ thể từng địa phương.

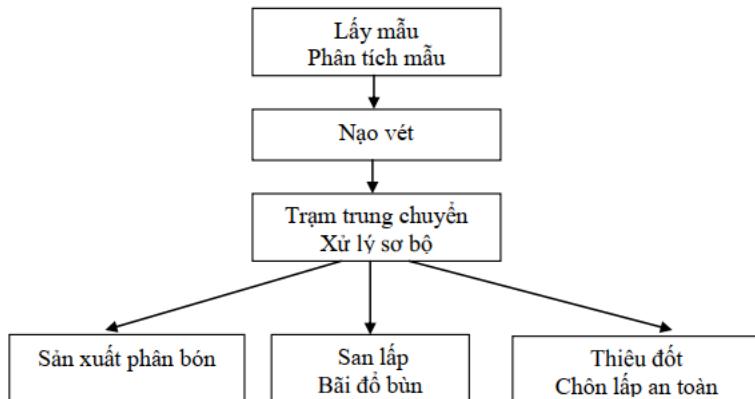
Xem xét các yếu tố về kinh tế, kỹ thuật cũng như nhu cầu đáp ứng của khu vực thành phố các giải pháp công nghệ tối ưu được đề xuất là:

- Sản xuất phân bón, phân trộn, cải tạo đất: bùn thải thu gom được, sau khi đã qua xử lý sơ bộ sẽ được chuyển giao cho các nhà máy sản xuất phân bón của thành phố.
- Đốt tại các lò đốt công nghiệp, cụ thể là tại lò nung xi măng của các công ty sản xuất xi măng.
- Quy hoạch bãi đỗ bùn để giải quyết lượng bùn thải thu được. (Lâm Minh Triết và Lê Thanh Hải, 2006)



Hình 2.1 Nguồn phát sinh, xử lý, sử dụng và thải bỏ của bùn cống thải
(Environmental Regulations and Technology, 2003)

❖ **Quy trình quản lý bùn thải từ hệ thống cống rãnh, kênh rạch:**



Hình 2.2 Sơ đồ quy trình quản lý bùn thải từ quá trình nạo vét
hệ thống thoát nước

(Lâm Minh Triết và Lê Thanh Hải, 2006)

Bước 1: Lấy mẫu và phân tích mẫu bùn thải tại các vị trí thu gom để xác định chất lượng bùn thải. Từ đó có giải pháp phù hợp đối với bùn thải của từng khu vực. Lấy mẫu bùn trước khi nạo vét.

Bước 2: Quá trình nạo vét, thu gom bùn thải Trong quá trình nạo vét, cần có nhân viên giám sát quá trình nạo vét đảm bảo thực hiện đúng theo quy trình công nghệ đã quy định, đảm bảo vấn đề an toàn lao động. Trong quá trình vận chuyển, cũng cần có nhân viên kiểm tra việc vận chuyển không để rơi vãi, đảm bảo chuyên chở đến đúng nơi quy định.

Bước 3: Xử lý sơ bộ bùn thải Vận chuyển bùn thải nạo vét được đến một trạm trung chuyển mà tại đây có thiết kế sân phơi bùn, trạm xử lý nước thải từ bùn đảm bảo cho vấn đề an toàn môi trường đồng thời làm khô bùn trước khi vận chuyển đến nơi xử lý.

Bước 4: Xử lý bùn thải Dựa trên kết quả phân tích mẫu bùn, quyết định giải pháp công nghệ cho bùn thải thu gom: - Nếu mẫu bùn thải thu được có chứa nhiều chất hữu cơ và không có chứa các yếu tố độc hại thì sau khi thu gom, lượng bùn thải này sẽ được chuyển giao cho các nhà máy sản xuất phân bón. - Đối với bùn thải tại khu vực chứa hàm lượng chất hữu cơ thấp, không đạt tiêu chuẩn cho sản xuất phân bón, chứa chất độc hại nằm trong ngưỡng cho phép thải thì lượng bùn thải này sẽ được thu gom và vận chuyển đến các - Nơi san lấp, bãi đỗ bùn. - Đối với bùn thải chứa hàm lượng lớn chất độc hại thì cần thu gom riêng biệt, sau đó chuyển giao cho nhà máy sản xuất xi măng. Tại đây bùn sẽ được phối trộn với các chất thải từ dầu, tạo thành nguyên liệu đốt thứ cấp cho lò nung xi măng. Từ từ quá trình đốt này được vận chuyển đến bãi chôn lấp chất thải nguy hại và được chôn lấp an toàn (Lâm Minh Triết và Lê Thanh Hải, 2006).

2.2 KHÁI QUÁT VỀ Ủ COMPOST

2.2.1 Định nghĩa

Theo Haug, 1980 “Quá trình ủ compost là quá trình phân hủy và ổn định các chất hữu cơ trong điều kiện nhiệt độ cao 40 – 600C” do nhiệt được sản sinh ra trong các quá trình sinh học”.

Theo Diaz, et al., 1997 “Ủ phân compost là biện pháp xử lý rác thải có hàm lượng hữu cơ cao và dễ phân hủy sinh học trong điều kiện nhiệt độ cao từ 40 – 600C (nhiệt độ sản sinh ra trong quá trình sinh học)”.

Theo Nguyễn Văn Phước (2008) các phương pháp ủ compost thông dụng bao gồm ủ theo luồng dài với thời kỳ thụ động có xáo trộn; ủ theo luồng dài hoặc đống có thời kỳ cuồng bức và ủ trong container

Một định nghĩa khác được chấp nhận rộng rãi ở Châu Âu: “ Quá trình ủ compost là quá trình phân hủy hiếu khí có kiểm soát được thực hiện bởi nhiều vi sinh vật khác nhau thuộc vào hai nhóm ưa ẩm và ưa nhiệt cho ra sản phẩm là CO₂, nước, khoáng và các chất hữu cơ ổn định” (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Hữu Chiếm, 2013).

2.2.2 Các phương pháp ủ phân compost hiếu khí

Ủ compost theo kiểu Trung Quốc: nguyên liệu ủ được chất thành luồng kích thước 2m x 2m x 0,5m (dài x rộng x cao). Những ống tre có đục lỗ được lắp đặt trong các luồng để giúp mẻ ủ thông thoáng tự nhiên. Theo kiểu này thì luồng ủ không cần phải xói đảo. Ngoài ra còn phủ rơm hoặc bùn lên mặt luồng ủ để không bị thất thoát nhiệt ra bên ngoài.

Ủ có xới đảo: nguyên liệu ủ được chất thành luống với dài từ 20 – 50 m, rộng 1,5 – 7 m, cao 1 – 3 m hoặc có kích thước thích hợp cho việc quản lý và xới đảo. Luống ủ được xới 1 lần/tuần hoặc cơ giới 1 lần/ngày. Thời gian cần thiết của luống ủ từ 20 - 40 ngày tùy theo tần số xới đảo. Phương pháp ủ này thường được ứng dụng để sản xuất phân compost với quy mô lớn (Frank S, 1997 trích dẫn bởi Trần Minh Khoa và Thân Văn Thuận, 2005). Ở Châu Âu và đặc biệt Châu Mỹ, phương pháp này được áp dụng nhiều, mỗi luống ủ có chiều dài 20 – 30 cm, chiều rộng 2 – 3 m và chiều cao khoảng 60 – 80 cm. Phương pháp này có chi phí đầu tư không cao, dễ thực hiện, quá trình lên men khá ổn định và chất lượng sản phẩm khá đồng đều. Tuy nhiên, cách ủ này chỉ thực hiện nếu mặt bằng xử lý rộng, xa khu dân cư và cũng không quản lý khí thải mà chỉ quản lý và xử lý nước thải (Nguyễn Đức Lượng và Nguyễn Thị Thùy Dương, 2003).

Ủ compost trong bể chứa: nguyên liệu ủ được cho vào thùng gỗ hoặc bê tông. Phương pháp này ít nhạy cảm với điều kiện thời tiết, giúp không chế một số yếu tố quan trọng như oxy, ẩm độ, nhiệt độ và cần diện tích nhiều hơn các phương pháp ủ khác (Nguyễn Đức Lượng và Nguyễn Thị Thùy Dương, 2003). Việc xới đảo có thể thực hiện bằng tay hoặc bằng cơ giới. Nếu những điều kiện này được không chế tốt thì quá trình ủ có thể diễn ra trong vài tuần (Frank S, 1997 trích dẫn bởi Trần Minh Khoa và Thân Văn Thuận, 2005). Với phương pháp ủ thứ hai và thứ ba thì việc xới đảo là rất quan trọng để tạo ra chất lượng phân ủ tốt và việc này cần được thực hiện tùy theo đặc tính của các nguyên liệu ủ. Nhiệt độ của quá trình ủ sẽ khác nhau tùy theo nguyên liệu ủ và kích cỡ mẻ ủ. Nhiệt độ có thể từ 55 - 650C trong vòng 3 ngày và được duy trì trong 1 - 2 tuần. Khi nhiệt độ giảm là dấu hiệu mẻ ủ thiếu oxi và cần phải xới đảo ngay (Nguyễn Thanh Hiền, 2003). Nếu nguyên liệu sử dụng là những chất xơ mềm và ít độc hại, cần phải đợi khoảng một tháng sau 2 lần đảo để phân ủ chín hoàn toàn. Đối với những chất liệu có xơ cứng và độ độc hại cần phải đảo mẻ ủ ít nhất 5 - 6 lần và ủ thêm 2 tháng sau lần đảo cuối cùng.

2.2.3 Các quá trình phân hủy trong quá trình ủ phân compost

Quá trình phân hủy khí: phân hủy khí là quá trình phân hủy chất hữu cơ trong môi trường không có oxi ở nhiệt độ từ 30 - 650C. Sản phẩm của quá trình là khí sinh học (CO_2 và CH_4) có thể thu gom và sử dụng như một nguồn nhiên liệu sinh học hoặc là nguồn dinh dưỡng bổ sung cho cây trồng. Quá trình chuyển hóa các chất hữu cơ dưới điều kiện khí xảy ra theo 3 bước: Quá trình thủy phân các hợp chất có phân tử lớn thành những hợp chất thích hợp dùng làm năng lượng và mô tế bào, quá trình chuyển hóa các hợp chất sinh ra thành các hợp chất có phân tử lượng thấp hơn, quá trình chuyển hóa các hợp chất trung gian thành các sản phẩm chủ yếu là CH_4 và CO_2 (Hà Thanh Toàn, 2010).

Quá trình phân hủy hiếu khí: phân hủy hiếu khí là quá trình phân hủy sinh học hiếu khí và ổn định các chất hữu cơ nhờ hoạt động của vi sinh vật. Sản phẩm của quá trình phân hủy này bao gồm CO_2 , nước, nhiệt, chất mùn ổn định, không mang mầm bệnh và

được sử dụng làm phân bón cho cây trồng. Dựa vào sự biến thiên của nhiệt độ có thể chia quá trình ủ hiếu khí thành các pha:

o Pha thích nghi: giai đoạn các loài vi sinh vật bắt đầu làm quen với điều kiện môi trường mới.

o Pha tăng trưởng: đặc trưng bởi sự tăng nhiệt độ do quá trình phân hủy sinh học. Giai đoạn này các vi khuẩn bình nhiệt phát triển rất mạnh.

o Pha ưa nhiệt: giai đoạn nhiệt độ tăng cao nhất, tạo điều kiện thuận lợi cho các vi sinh vật ái nhiệt phát triển mạnh. Đây là giai đoạn ổn định chất thải và tiêu diệt vi sinh vật gây bệnh.

o Pha trưởng thành: giai đoạn giảm dần nhiệt độ đến bằng nhiệt độ môi trường. Giai đoạn này là bắt đầu của sự lên men rất chậm và xảy ra quá trình mùn hóa các chất hữu cơ, xảy ra các phản ứng nitrat hóa, amonia bị oxi hóa sinh học tạo thành nitrit (NO_2) và cuối cùng thành nitrate (NO_3^-).

2.2.4 Các phản ứng sinh hóa trong quá trình ủ phân compost

▪ *Các phản ứng sinh hóa trong quá trình ủ phân Compost:*

Theo Lê Hoàng Việt (2005). Sự phân hủy của protein trong chất thải như sau:

*Protein → Peptid → Aminoacid → NH_4^+ → Nguyên sinh chất của VSV hoặc NH_3

*Carbonhydrate → đường đơn → acid hữu cơ → CO_2 và Nguyên sinh chất của VSV hoặc NH_3

▪ *Các giai đoạn của quá trình ủ phân Compost theo mẻ:*

Quá trình ủ phân compost theo mẻ tạo ra sự thay đổi về nhiệt độ, pH, ẩm độ, nồng độ các chất nền và quần thể vi sinh vật trong mẻ ủ theo thời gian. Dựa trên sự thay đổi này, Jenkins (1999) chia quá trình ủ phân compost thành 4 giai đoạn như sau: giai đoạn ưa ẩm (mesophilic phase), giai đoạn ưa nhiệt (thermophilic phase), giai đoạn ưa nguội (cooling phase), giai đoạn thuần thực (curing or maturation phase).

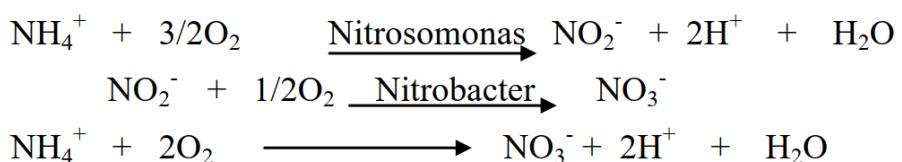
Ở giai đoạn ưa ẩm: các chất hữu cơ trong mẻ ủ bắt đầu phân hủy, vi sinh vật ưa ẩm sẽ phát triển nhanh, nhiệt sinh ra từ các hoạt động của vi khuẩn sẽ nâng nhiệt độ của mẻ ủ lên dần tới mức 44 0C. Các vi khuẩn ưa ẩm hoạt động trong giai đoạn này là vi khuẩn E. Coli, các vi khuẩn đường ruột trong phân người hay phân gia súc. Tuy nhiên, các vi khuẩn này sẽ bị úc chế bởi nhiệt ở giai đoạn ưa nhiệt. Khi nhiệt độ lên chuyển tiếp vi khuẩn ưa ẩm và ưa nhiệt các vi khuẩn ưa nhiệt sẽ bắt đầu xuất hiện.

Ở giai đoạn ưa nhiệt: các vi khuẩn hoạt động mạnh và sản sinh rất nhiều nhiệt, làm cho nhiệt độ của mẻ ủ lên đến 70 0C. Nhiệt độ này có thể duy trì vài ngày hoặc có thể vài tuần. Đối với mẻ ủ compost liên tục ở các hộp thì nhiệt này xuất hiện ở lớp

nguyên liệu mới đưa và hô ủ. Ủ phân compost theo mẻ nhiệt độ này xuất hiện trong lòng mẻ ủ và giảm dần từ trong ra ngoài do hiện tượng trao đổi nhiệt với môi trường bên ngoài. Giai đoạn này là giai đoạn tiêu diệt các mầm bệnh trong nguyên liệu ủ diễn ra hiệu quả nhất.

Giai đoạn nguội: diễn ra sau quá trình ủ nhiệt, nhiệt độ của mẻ ủ giảm dần xuống, và một lần nữa các vi khuẩn ủ ám xuất hiện trở lại. Ở hai giai đoạn trên chỉ có các chất hữu cơ phân hủy sinh học mới bị phân hủy bởi các vi sinh vật. Do đó, còn rất nhiều chất hữu cơ trong mẻ ủ cần được phân hủy, nhất là lignin trong các nguyên liệu có gốc thực vật. Lignin rất ích phân hủy bởi các vi sinh vật ưu nhiệt, nó chỉ phân hủy bởi các loại nấm, nhưng các loại chỉ hoạt động ở nhiệt độ bình thường. Do đó, nó phải đợi khi nhiệt độ mẻ ủ giảm xuống mới tiến hành nhiệm vụ của mình

Giai đoạn thuần thực: giai đoạn chín hay giai đoạn khoáng hóa. Nếu thời gian cho giai đoạn này đủ dài, phân compost sẽ hợp vệ sinh, nhưng mầm bệnh có thể tồn tại lâu trong đất sẽ bị tiêu diệt do sự cạnh tranh bởi các vi sinh vật trong phân compost. Các nhà sản xuất phân compost thường rút ngắn thời gian này làm cho phân compost có chất lượng không cao. Giai đoạn thuần thực sẽ làm cho phân compost có khả năng sản xuất các độc tố đối với thực vật (phytotoxin), còn chứa nhiều acid hữu cơ và tiêu thụ oxy trong đất. Các hạt cỏ dại trong nguyên liệu đưa vào ủ còn khả năng nảy mầm trở lại khi ta sử dụng phân compost này để bón cho đất. Ở giai đoạn này thì quá trình lên men thứ cấp diễn ra biến chất thải thành mùn hữu cơ. Đồng thời quá trình nitrat hóa cũng diễn ra biến NH_4^+ thành NO_3^- do tác động của vi khuẩn nitrosomonas và nitrobacter. Quá trình này diễn ra chậm, do đó cần có thời gian đủ dài để đạt được sản phẩm chất lượng cao.



NH_4^+ tham gia quá trình tổng hợp tế bào mới của VK theo phương trình sau đây:



Phương trình tổng quát quá trình chuyển hóa amonia thành nitrate:



2.2.4 Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng ủ compost

Những thất bại trong việc ủ compost do không đảm bảo các điều kiện lý hóa ở mức độ thích hợp với sự phát triển của vi sinh vật. Vì vậy, để đạt chất lượng phân hữu cơ sau ủ cần phải khống chế một cách chính xác các yếu tố về dinh dưỡng (tỷ lệ C/N), kích cỡ nguyên liệu, ẩm độ, nhiệt độ, pH, nhu cầu thông thoáng, kích thước và hình dạng của mẻ ủ.

a) Tỷ lệ C/N

Tỷ lệ giữa Cacbon và Nitơ là thông số quan trọng về chất dinh dưỡng cần thiết cho vi sinh vật. Nếu tỷ lệ C/N không đảm bảo thì quần thể vi sinh vật hoạt động và phát triển kém. Có thể dựa vào tỷ lệ này để đánh giá chất lượng phân compost. Theo Lê Hoàng Việt (2003), tỷ lệ C/N thích hợp cho quá trình ủ compost là 20/1 - 40/1 và mối tương quan giữa thời gian ủ và tỷ lệ C/N được thể hiện như sau:

C/N = 20	thời gian ủ	12 ngày
C/N = 20 - 50 thời gian ủ		14 ngày
C/N = 78	thời gian ủ	21 ngày

Tỷ lệ C/N nói lên mức độ phân hủy các hợp CHC và mức cân bằng dinh dưỡng trong khối ủ và báo hiệu thời điểm kết thúc của quá trình ủ. Tỷ số C/N càng cao thời gian phân hủy càng kéo dài.

Bảng 6 Tỷ số C/N của một số chất thải

Nguyên liệu	N (% trọng lượng khô)	Tỉ số C/N
Phân người	5,5 – 6,5	6 – 10
Nước tiểu	15 – 18	0,8
Máu	10 – 14	3,0
Phân bò	1,7	18
Phân gà	6,3	15
Phân cừu	3,8	-
Phân heo	3,8	-
Phân ngựa	2,3	25
Bùn công rãnh	4,7	11
Cỏ	2,4	19
Rơm (lúa mì)	0,3 – 0,5	128 – 150
Mặt cưa	0,1	200 – 500

(Chongrak P., 1989)

Theo R. Nishant and G.E. Hans (1995), tỷ lệ C/N = 10/1 trong nguyên liệu thô có mức độ phân giải kém hơn so với tỷ lệ C/N = 30/1 hoặc 50/1. Trong quá trình ủ, tỷ lệ này sẽ giảm dần và gần với tỷ lệ chất hữu cơ trong đất 10/1. Báo cáo của Alexander (1961), khoảng 20 - 40% chất thải hữu cơ cần thiết cho quá trình đồng hóa thành tế bào mới, phần còn lại chuyển hóa thành CO₂ và những tế bào này có chứa khoảng 50% C và 5% N theo khối lượng vật chất khô. Như vậy, nhu cầu nitơ trong nguyên liệu dùng làm phân bón chiếm khoảng 2 - 4% lượng C hay có thể nói tỷ lệ C/N thích hợp vào khoảng 25/1. Có thể phối trộn các nguồn nguyên liệu có tỷ lệ C/N thấp (nước thải động vật, phân gia cầm, bùn) với nguyên liệu C/N cao (xơ dừa, bã mía, rơm) để đạt được một tỷ số trung bình nguyên liệu đầu vào như mong muốn. Bùn công có tỷ lệ C/N thấp khoảng 5 - 16 (theo Diaz et al, 1994, trích từ Lữ Văn Phước Lượng, 2008) vì vậy cần phối trộn với nguyên liệu có C/N cao để đạt được tỷ lệ C/N thích hợp 30/1.

b) Kích cỡ nguyên liệu

Để sản xuất phân hữu cơ đạt chất lượng, cần lựa chọn phương pháp ủ và cách vận hành mẻ ủ phù hợp. Trong đó, việc lựa chọn nguyên liệu dùng để ủ và phối trộn thích hợp là một trong các yếu tố quan trọng quyết định chất lượng của mẻ ủ. Có nhiều loại vật liệu hữu cơ được sử dụng cho việc ủ phân với nhiều cách phối trộn khác nhau. Mẻ ủ cần phải đảm bảo tỷ lệ Cacbon và Nitơ thích hợp. Và để tăng sự hoạt động của các vi sinh vật có ích trong mẻ ủ cần phải bổ sung một số vật liệu giàu đường và Cacbon như lá cây khô, cỏ khô, rơm, mạc cưa, giấy,... Các vật liệu có kích thước lớn sẽ được cắt nhỏ để quá trình ủ diễn ra nhanh hơn. Các nguyên liệu có kích cỡ nhỏ và đồng đều sẽ làm tăng hiệu suất của quá trình thông khí và tạo điều kiện cho vi sinh vật phân hủy dễ dàng hơn (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Hữu Chiếm, 2013). Vì quá trình phân hủy hiệu khí xảy ra trên bề mặt hạt, các hạt có kích thước nhỏ thì diện tích bề mặt tiếp xúc với oxy lớn, làm gia tăng tốc độ phân hủy ngược lại nếu kích thước hạt quá lớn sẽ tạo các rãnh khí làm cho oxy không được phân bố đều và sẽ ảnh hưởng đến quá trình ủ. Những hạt quá nhỏ và chặt cũng sẽ cản trở sự lưu thông khí trong mẻ ủ, hạn chế hoạt tính của vi sinh vật. Vì vậy, kích cỡ nguyên liệu có ảnh hưởng lớn đến hiệu quả của mẻ ủ. Để mẻ ủ đạt chất lượng thì các vật liệu đem ủ có kích thước từ 25 - 75mm. Đối với bùn, phân động vật chứa các hạt chất rắn có kích thước nhỏ, thích hợp cho việc phân hủy của vi sinh vật, tuy nhiên bùn cần được trộn thêm các vật liệu độn để tạo khoảng không thích hợp giúp cho mẻ ủ được thông khí.

c) Âm độ

Âm độ (nước) rất cần thiết cho quá trình hòa tan dinh dưỡng vào nguyên sinh chất của tế bào, âm độ quyết định đến thời gian ủ và chất lượng phân. Âm độ dưới 20% sẽ cản trở các quá trình sinh học. Âm độ quá cao sẽ làm rửa trôi hoặc thẩm rỉ các chất dinh dưỡng. Âm độ thích hợp cho ủ compost từ 50 - 70% (trung bình là 60%), nếu âm độ cao sẽ ngăn quá trình thông khí và làm cho mẻ ủ compost từ hiệu khí trở nên yếm khí (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Hữu Chiếm, 2013).

Robert C.H et al. (1995) cho rằng nên giữ ẩm độ khoảng 60% sau khi chất thải hữu cơ được phối trộn. Khi phối trộn hỗn hợp, ẩm độ ban đầu có thể trong khoảng 55% – 75%. Tuy nhiên, nếu ẩm độ > 60%, độ bền về cấu trúc phân compost sẽ giảm, sự di chuyển của oxy sẽ bị ức chế và quy trình ủ trở nên yếng khí. Nếu ẩm độ < 50% tốc độ phân hủy sẽ bị giảm một cách nhanh chóng.

Theo Lê Văn Căn (1982), ẩm độ nguyên liệu ủ đầu vào tốt nhất từ 60 - 70% và phân hữu cơ đầu ra từ 30 - 40% là tối ưu. Bùn công thải tại thành phố Cần Thơ có độ ẩm phù hợp để ủ phân hữu cơ tuy nhiên cần phải phối trộn thêm các nguyên liệu khác để tạo độ ẩm thích hợp cho quá trình ủ. Để duy trì ẩm độ hợp lý có thể thực hiện một số biện pháp như: thảm ướt nguyên liệu trước khi ủ và tưới nước trong quá trình ủ nếu nguyên liệu ủ quá khô, ủ trong hố ủ để giảm bớt sự thoát hơi nước khi trời nóng, ủ phân dưới bóng râm hoặc trong nhà có mái che, đảm bảo tỷ lệ 1000 kg phân ủ với 2500 lít nước (Trần Thị Thu Hà, 2009).

d) Nhiệt độ

Nhiệt độ là một trong những yếu tố môi trường khá quan trọng ảnh hưởng đến hoạt động của VSV. Mỗi nhóm VSV chỉ có khả năng phát triển trong khoảng nhiệt độ phù hợp với chúng. Ngoài phạm vi nhiệt độ này chúng sẽ bị ức chế thậm chí không tồn tại được. Việc điều chỉnh nhiệt độ mě ủ rất cần thiết để đảm bảo: tối ưu hóa tốc độ phân hủy CHC và vô hiệu hóa các mầm bệnh (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Hữu Chiếm, 2013).

Nhiệt độ khói ủ là sản phẩm phụ của sự phân hủy các hợp chất hữu cơ bởi vi sinh vật có ích và phụ thuộc vào kích thước khói ủ, nguyên liệu và kỹ thuật ủ. Nhiệt độ giúp tối đa hóa tốc độ phân hủy chất hữu cơ và vô hiệu hóa các mầm bệnh. Nhiệt độ tăng là quá trình ủ phân diễn ra tốt. Theo Chongrak, 1989 trích từ Lê Hoàng Việt, 2003 nhiệt độ thích hợp cho hoạt động của vi sinh vật ưa nhiệt từ 60 - 650C. Nếu lớn hơn khoảng nhiệt độ này thì các vi sinh vật có ích cũng sẽ bị tiêu diệt và tốc độ phân hủy bị suy giảm đáng kể. Vì vậy, cần giữ cho nhiệt độ trong quá trình ủ ở 550C, đây là nhiệt độ tối ưu (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Hữu Chiếm, 2013).

Trong điều kiện có đủ không khí, ẩm độ và chất dinh dưỡng, việc phân hủy CHC do VSV điều khiển tiến hành ồ ạt làm cho nhiệt độ tăng lên 500C - 600C, có khi lên đến 700C. Với nhiệt độ cao như thế sẽ có tác dụng tiêu diệt hạt cỏ dại, giết chết các VK gây bệnh...làm triệt trùng đồng phân (Lê Văn Căn, 1982).

e) Oxy

Oxy là yếu tố rất quan trọng trong ủ phân compost. Thiếu oxy làm cho phân hủy chất hữu cơ chậm lại. Sự phát triển nhiệt của đóng ủ sẽ giảm xuống. Do đó điều kiện yếm khí là điều kiện không mong muốn trong ủ phân hữu cơ (Blain Metting, 1995). Trong môi trường ẩm độ quá cao sẽ tạo điều kiện yếm khí, giảm tốc độ phân hủy chất hữu cơ, tạo ra nhiều hợp chất hữu cơ gây hôi thối và có hại cho cây trồng. Ẩm độ cao dẫn đến các tế bào trong đồng ủ bị lắp đầy nước, làm giảm trao đổi khí, giảm cung

cấp oxy, tăng tính giữ nhiệt cho đống ủ. Sự trao đổi hay khuếch tán không khí trong ủ phân hữu cơ bị ảnh hưởng bởi hình dạng và kích thước đống ủ. Thiết kế nơi ủ để tạo sự đổi lưu tốt hoặc sử dụng hoạt động để tăng sự đổi lưu là yếu tố rất quan trọng. Sự thông thoáng của đống ủ được đánh giá theo hàm lượng oxy có trong đống ủ. Có nhiều ý kiến khác nhau về vấn đề này. Theo Wilson et al. (1998) cho rằng hàm lượng oxy trong đống ủ đạt 5% là thoáng khí. De Bertoldi et al. (1988) thấy rằng hoạt động của vi sinh vật tối ưu nhất khi nồng độ O₂ đạt 15 – 20%

f) pH

Việc ủ phân compost thường diễn ra ở pH trung tính. Ở giai đoạn đầu của mẻ ủ pH có thể giảm xuống do việc tạo ra các acid béo, sau khi các acid béo biến đổi thành CH₄ và CO₂ thì pH trở lại trung tính (Lê Hoàng Việt, 2003 và Nguyễn Hữu Chiếm, 2013). Cần giữ cho pH trong mẻ ủ từ 7 - 7,5 để vi sinh vật phân hủy thuận lợi hơn (Chongrak, 1989). pH này tương ứng với pH của bùn công thải trong nghiên cứu của đề tài. Theo Robert Rynk *et al.* (1992), pH thích hợp cho ủ compost từ 5,5 - 9; tuy nhiên tại pH 5,5 và 9,9 thì kém hiệu quả hơn ở pH = 7

g) Độ透气 của nhiên liệu

Độ透气 của nhiên liệu hay gọi là độ rỗng của nhiên liệu ủ, là tỷ lệ phần thể tích khói ủ chiếm bởi không khí và ẩm độ của nguyên liệu. Độ rỗng của nguyên liệu khoảng 30 – 50% được coi là lý tưởng cho quá trình phân hủy sinh học. Nếu độ rỗng lớn hơn 70% thì các hoạt động sinh học sẽ giảm xuống do khói ủ bị mất nước, nếu độ rỗng nhỏ hơn 20% thì không đủ cung cấp oxy cho quá trình ủ, trong khói ủ có thể có khu vực ủ yếm khí.

h) Nhu cầu thông thoáng

Tạo độ thông thoáng trong mẻ ủ hiệu khì là việc làm cần thiết để cung cấp lượng oxy cho vi sinh vật cố định chất thải hoạt động (Lê Hoàng Việt, 2003). Không khí đi vào bên trong khói ủ qua các khe hở của nguyên liệu hoặc quá trình đảo trộn. Việc đảo trộn ngoài cung cấp không khí còn có tác dụng làm thoát khí CO₂, giải phóng nhiệt, làm đều nguyên liệu và phân bố mật độ vi sinh vật thuận lợi cho quá trình ủ. Nếu không khí không được cung cấp đều và đầy đủ sẽ hình thành những vùng kỵ khí và gây mùi hôi trong quá trình ủ. Có nhiều cách làm thông thoáng cho mẻ ủ: đảo trộn, đặt các ống tre đã được đục lỗ vào mẻ ủ, sử dụng bơm nén để đưa không khí vào, trường hợp ủ nhiều tầng có thể cho nguyên liệu rơi dần từ trên xuống dưới (Lê Hoàng Việt, 2003).

i) Kích thước và hình dạng của mẻ ủ

Kích thước và hình dạng của các mẻ ủ có ảnh hưởng đến sự kiểm soát nhiệt độ và độ ẩm cũng như khả năng cung cấp oxy. Kích thước ủ tùy thuộc vào loại vật liệu sử dụng để ủ. Để đạt hiệu quả khi ủ, kích thước khói ủ ít nhất là 1m³ (1 m x 1 m x 1 m) (Alberta Environmental Protection and Action on Waste 1998). Theo Nguyễn Thanh Hiều (2003), có rất nhiều cách ủ ở các dạng khác nhau: ủ theo hình chóp núi, ủ trong

hỏp, ú trong hố, ú theo luống. Dù ú với bất kỳ dạng nào, điều cần thiết phải đảm bảo một lượng không khí phù hợp lưu chuyển qua đống ú đồng thời phải tạo được nhiệt độ lên men cần thiết. Độ cao của mẻ ú nên vào khoảng 1,5 – 2 m. Nếu mẻ ú cao hơn 2m thì việc tích lũy nhiệt là lý tưởng nhưng sức nặng của các vật liệu sẽ đè nặng lên phần bên dưới, làm các vật liệu bên dưới bị nén cứng và trở thành yếm khí. Nếu mẻ ú quá thấp, sự tích lũy nhiệt độ sẽ yếu và tốc độ phân hủy các chất hữu cơ chậm. Nếu lượng phân ú dưới 10 tấn, chiều rộng lý tưởng của mẻ ú là 2m và nên ú theo hình chữ nhật. Vì nếu ú theo hình vuông thì không khí sẽ khó đi vào bên trong mẻ ú. Lượng phân ú trên 20 tấn, ú theo hình chữ nhật với chiều ngang 3 - 4m, độ cao 1,5 m. Ngoài ra, có thể ú phân với một lượng lớn ở ngoài trời với dạng chóp núi, chiều cao khoảng 2 m và rộng 3 – 4 m. Ú theo dạng đỗ đồng ngoài trời nên cần có mái che để giữ nhiệt, chống mưa.

Nghiên cứu của Dương Đức Hiếu (2005) trong việc xử lý rác thải sinh hoạt bằng ú compost, đề tài được thực hiện trên 2 kích thước mẻ ú khác nhau: Quy mô ở phòng thí nghiệm (0,35 m x 0,35 m x 0,35 m) để xác định nguyên liệu ú và tỷ lệ phối trộn, khả năng phân giải của vi sinh vật. Sau đó tiến hành ở quy mô 150 kg rác/mẻ ú (kích thước 1,2 m x 0,8 m x 1,5 m) để đánh giá chất lượng phân, cho thấy ở quy mô này nhiệt độ gia tăng 30C, với thời gian ú với 35 ngày, tần suất xới đảo 7 ngày/lần là phù hợp, các chỉ tiêu về độ dẫn điện, axit humic cao hơn, chất lượng sản phẩm ổn định so với quy mô phòng thí nghiệm.

Ngoài việc thử nghiệm ở quy mô phòng thí nghiệm, nghiên cứu ú compost có thể được thực hiện ngoài trời với quy mô lớn hơn nhằm để tăng khả năng chính xác cho việc đánh giá chất lượng phân cũng như khả năng phân hủy sinh học của một vật liệu được nghiên cứu. J. Banout et al., (2008) nghiên cứu khả năng sử dụng loại cỏ Imperata sp trong sản xuất phân compost đã tiến hành thí nghiệm phối trộn Imperata sp phối trộn với phân gia súc, phế thải thực vật với các tỉ lệ C/N khác nhau và ú trong các thùng ú có kích thước (dài 1 m x rộng 1 m x cao 1,5 m), thời gian ú 64 ngày trong điều kiện nhiệt đới đã đạt kết quả đáng kể với tỷ lệ C/N ban đầu từ 30/1 - 50/1 giảm xuống còn 11/1 - 15/1.

j) Các vi sinh vật trong ú phân compost

Sự phân hủy chất hữu cơ trong composting được thực hiện bởi nhiều nhóm vi sinh vật khác nhau. Hoạt động của chúng tạo ra sự thay đổi của môi trường ú như sự phát nhiệt, oxy hóa khử, thay đổi pH. Mỗi loài vi sinh vật có vai trò khác nhau trong phân hủy chất hữu cơ. Tùy theo mục đích ú và sản phẩm cần thu được mà người ta quan tâm đến các loài vi sinh vật khác nhau và sự phát triển của chúng trong quần thể vi sinh vật trong hệ thống ú.

Sự biến động của quần thể vi sinh vật về loài và số lượng trong ú phân hữu cơ rất phức tạp, thường gắn liền với sự thay đổi nguồn thức ăn tương thích, điều kiện môi trường như oxy, pH, nhiệt độ và độ ẩm. Phần trình bày dưới đây xem xét về vai trò của các nhóm vi sinh vật trong phân hủy và biến động của quần thể trong ú phân hữu cơ:

Vì khuẩn

Vì khuẩn có vai trò rất quan trọng trong phân hủy chất hữu cơ, đặc biệt trong giai đoạn đầu của quá trình ủ. Miller and Finster (1985) cho thấy rằng hơn 40% thành phần rắn dễ phân hủy của chất bùn thải bị phân hủy bởi vi khuẩn ở nhiệt độ dưới 600 C trong 7 ngày đầu tiên. Phân hủy chất hữu cơ mạnh trong 1 - 2 tuần ủ đầu tiên dẫn đến sự phát nhiệt mạnh, nhiệt độ của đóng ủ cao và rất dễ tạo ra điều kiện yếm khí. Môi trường như thế phù hợp cho sự phát triển của một số loài vi khuẩn yếm khí ưa nhiệt.

Xạ khuẩn

Xạ khuẩn thích hợp với môi trường trung tính, có thể hơi kiềm. Xạ khuẩn có khả năng phân hủy các hợp chất hữu cơ tương đối khó phân hủy. Nhiều loài chịu nhiệt có thể phát triển ở nhiệt độ khoảng 500 C. Một số loài có thể sống ở nhiệt độ 60 - 650 C. Hầu hết xạ khuẩn sinh trưởng tốt trong điều kiện ẩm, thoáng khí. Đây là môi trường sau vài tuần ủ (sau giai đoạn phân hủy tích cực ban đầu). Sự phát triển của xạ khuẩn thường kéo dài trong gian đoạn sau của quá trình ủ.

Nấm

Nấm thường phát triển trong giai đoạn sau của quá trình ủ phân hữu cơ khi chất liệu ủ còn chủ yếu là cellulose và lignin (De Bertoldi et al., 1983) là những thành phần khô khó phân hủy. Nhiệt độ môi trường cao cũng thúc đẩy sự phát triển của nấm. Rất ít loài nấm có thể phát triển ở nhiệt độ trên 500 C (Waklsman et al., 1939). Mật số và vi khuẩn của nấm thường nhỏ hơn vi khuẩn khoảng 10 lần (Griffin, 1985). Giai đoạn ủ đầu thường bất lợi cho sự phát triển của nấm vì nhiệt độ cao, thiếu oxy . Hầu hết nấm đều ưa môi trường hao khí.

k) Đặc điểm của một số loại vi sinh vật chỉ thị trong phân ủ

Phân hữu cơ cũng chứa một lượng vi sinh vật có tác dụng như chất mồi giúp cho quá trình phân giải chất hữu cơ thành chất vô cơ giúp tăng hàm lượng dinh dưỡng cho đất, cải thiện đất... và nó có thể lưu tồn theo chuỗi thức ăn gây bệnh thương hàn do *Salmonellidae* sp, bệnh tiêu chảy do *E. Coli*... Ngoài ra, các bệnh về nấm, ký sinh trùng cũng từ phân gây ra.

***Salmonella* . sp**

Salmonella . sp là loài vừa hiếu khí vừa yếm khí, vi khuẩn gram âm, có sức đề kháng yếu dễ bị tiêu diệt ở nhiệt độ 500 C trong 1 giờ, 700 C trong 20 phút, sôi trong 5 phút (Nguyễn Như Thanh et al., 1997). Theo Zucconiand and DeBertoldi, 1987 (trích từ Lê Hoàng Việt và Nguyễn Hữu Chiếm, 2013) một mẫu phân ủ vệ sinh thì trong 100g mẫu không có sự hiện diện của *Salmonella*.

Bình thường *Salmonella* có thể phát hiện trong cơ thể gia súc và người khỏe mạnh, nếu sức đề kháng của người hay vật nuôi suy yếu thì *Salmonella* có thể xâm nhập vào nội tạng mà gây bệnh. Theo Walton (1972) phân của người hay vật nuôi có nhiễm

Salmonella thì có thể chứa 108 vi khuẩn trong 1gram phân. Ở người khi bị nhiễm Salmonella sẽ có những biểu hiện nôn, đau đầu, ớn lạnh, tiêu chảy, sốt khoảng 12 - 24 giờ sau khi thức ăn chứa 1 - 10 triệu Salmonella trong 1g.

Vi khuẩn Escherichia coli (E. Coli)

E. Coli là loài trực khuẩn gram âm sống trong ruột người và động vật. Nó được thả ra môi trường ngoài theo phân. Vi khuẩn E. Coli chịu nhiệt kém, dễ bị diệt ở nhiệt độ 550 C trong 1 giờ, trong 30 phút ở 600 C, chết ngay ở 1000 C. Chúng có thể tồn tại ở nhiệt độ 5 - 400 C (tối ưu là 370 C), pH từ 5,5 - 8 (tối ưu pH 7,2 - 7,4) (Trần Thị Cẩm Vân, 2001).

E. Coli chiếm 80% vi khuẩn hiếu khí sống trong ruột và giữ trạng thái cân bằng sinh thái nên nó là vi sinh vật chỉ thi cho ô nhiễm. Nếu phân không được xử lý tốt môi trường xung quanh như đất, nước, thực phẩm sẽ bị ô nhiễm. Bình thường E. Coli không gây bệnh nhưng nếu cơ thể yếu thì chúng sẽ gây ra một số bệnh như tiêu chảy, kiết lỵ, viêm tiết niệu...

I) Một số tiêu chí để nhận biết đồng ủ đã kết thúc

Tốc độ hoai mục của phân hữu cơ được đánh giá qua thay đổi các chỉ tiêu sau:

Nhiệt độ ủ giảm dần đến mức cân bằng với nhiệt độ bên ngoài, pH nằm trong khoảng trung tính 7 - 7,5.

Không còn hấp dẫn côn trùng và có sự phát triển các áu trùng côn trùng, và không có mùi hôi.

Âm độ của nguyên liệu đầu ra từ 30 - 40% là tối ưu.

Theo Dương Minh Viễn (2007), khi tỉ lệ C/N giảm xuống còn khoảng 15 - 17 trong quá trình ủ thì hoạt động hô hấp của vi sinh vật đạt trạng thái tương đối ổn định, chứng tỏ phân đã hoai mục. Hỗn hợp còn khoảng 40 - 60% thể tích ban đầu và các

2.2.5 Nguyên liệu thường sử dụng ủ compost

Để tăng cường độ của quá trình phân hủy các chất hữu cơ, có thể bổ sung thêm một số chất dinh dưỡng vô cơ (đạm, lân) hoặc vi sinh vật trong khi ủ (Trần Thị Thu Hà, 2009). Thông thường, các vật liệu có độ ẩm cao (phân gia súc, rác chợ - rác thực phẩm, rác sinh hoạt,...) được phối trộn với các vật liệu có độ ẩm thấp (mùn cưa, bụi thuốc lá, mạc dừa, ...); hay phối trộn giữa nguyên liệu giàu nitơ và nghèo cacbon (phân gia cầm, bùn thải, rác thực phẩm, phụ phẩm nông nghiệp,...) với nguyên liệu nghèo nitơ và giàu cacbon (gỗ - mùn cưa, rơm rạ, xơ dừa, giấy - bột giấy, tro trấu,...) để thu được sản phẩm compost với chất lượng đạt yêu cầu. Đối với nguyên liệu chứa nhiều hạt mìn, dễ thối rữa, hàm lượng chất hữu cơ tương đối thấp như bùn cống thải được nghiên cứu trong đề tài này thì cần phối trộn thêm vật liệu như rơm, lục bình, xác mía, bã bùn mía, phân gà thích hợp để làm tăng độ thoáng khí, cung cấp thêm dinh dưỡng và tạo tỷ lệ C/N cần thiết cho quá trình ủ. Đây là những sản phẩm thải ra từ quá trình trồng trọt,

chăn nuôi, chế biến của người dân nên dễ tìm, tận dụng những vật liệu này góp phần giảm lượng chất thải ô nhiễm do hoạt động nông nghiệp gây ra.

Nghiên cứu sản xuất phân hữu cơ vi sinh từ rễ lục bình kết hợp với các nguồn chất thải hữu cơ khác của Võ Quốc Bảo (2010) cho thấy sản phẩm đầu ra sau 45 ngày ủ, mật độ vi sinh vật như E. Coli, Coliform giảm đáng kể và có tỷ lệ C/N đạt tiêu chuẩn ngành 10 TCN 526 - 2002 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. Ngoài số lượng vi sinh vật tự nhiên có trong mẻ ủ có thể bổ sung thêm một lượng vi sinh vật (nấm Trichoderma, chế phẩm sinh học) để rút ngắn quá trình phân giải của vi sinh vật, điều này sẽ làm quá trình phân giải rất ngắn (khoảng 45 ngày) (Nguyễn Đức Lượng và Nguyễn Thị Thùy Dương, 2003). Kết quả thí nghiệm của Dương Minh et al. (2003) cho thấy sau 9 tuần xử lý 7 loại xác bã thực vật: lục bình, thân đậu nành, thân và lá bắp, thân chuối, rơm, vỏ trấu bằng Trichiderma spp. thì các thực vật đều bị phân hủy cao tới 25,9%. Khi bổ sung nấm Trichoderma spp. vào phân hữu cơ sẽ làm tăng tốc độ hoai mục của phân đồng thời mật độ các nấm Trichoderma spp. Còn lại sau khi ủ giúp phòng trừ bệnh cho cây trồng (Dương Minh Viễn, 2011).

2.2.6 Yêu cầu về chất lượng của mẻ ủ

Phân hữu cơ được sản xuất từ nhiều nguồn khác nhau như: rác thải sinh hoạt, bùn ao cá, bùn cống rãnh, chất thải hầm ủ biogas, phân gà, phân heo, những phế phẩm từ hoạt động nông nghiệp, chất thải của các ngành sản xuất giấy, đường. Mỗi nguyên liệu sẽ có tính chất và thành phần dinh dưỡng khác nhau, điều này sẽ dẫn đến quá trình ủ, sự phối trộn giữa các vật liệu và thời gian ủ sẽ khác nhau.

Theo Dương Minh Viễn et al. (2011) để đánh giá chất lượng của phân hữu cơ thành phẩm có thể dựa vào một số thông số sau:

- Phân không có mùi hôi khi sử dụng;
- Tỷ lệ C/N giảm xuống khoảng 12 – 17;
- Phân hữu cơ có nhiều N, P, K và các nguyên tố vi lượng;
- Không có các mầm bệnh gây hại cho người, gia súc và cây trồng;
- Không chứa các độc chất úc chế sự sinh trưởng của cây trồng.

Một chỉ tiêu quan trọng là tính ổn định của khối ủ, nghĩa là các chất trong sản phẩm ủ sẽ không còn khả năng phân giải. Chỉ tiêu này thường được đánh giá qua tỷ lệ C/N. Đây là chỉ tiêu rất quan trọng vì nếu quá trình ủ vẫn còn tiếp diễn, nhiệt độ trong khối ủ sẽ còn khả năng tăng, như vậy sẽ ảnh hưởng rất lớn đến quá trình sử dụng phân bón (Nguyễn Đức Lượng và Nguyễn Thị Thùy Dương, 2003)

2.2.7 Lợi ích và giới hạn của việc ủ phân compost

Theo Lê Hoàng Việt và Nguyễn Hữu chiêm (2013), việc ủ compost có những lợi ích như sau:

Cố định chất thải: quá trình ủ sinh học của việc ủ compost đã biến đổi các chất thải hữu cơ thành các chất vô cơ. Các chất này ít gây ô nhiễm khi thải vào đất hoặc nguồn nước.

Vô hiệu hóa các mầm bệnh: các quá trình sinh học sinh nhiệt là cho nhiệt độ trong mẻ phân ủ lên đến 600C. Nhiệt độ này kéo dài được một ngày thì đủ để vô hiệu hóa các vi khuẩn, vi rút, trứng ký sinh trùng gây bệnh và sản phẩm sau ủ có thể sử dụng an toàn.

Cải tạo đất và cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng: trong chất thải các chất dinh dưỡng N, P, K hiện diện dưới dạng chất hữu cơ mà cây trồng khó hấp thu. Nhờ quá trình ủ compost sẽ giúp các chất này biến đổi thành các chất vô cơ như NO₃- và PO₄3- thích hợp cho cây trồng hấp thu. Việc bón phân compost làm giảm các quá trình rửa trôi các khoáng chất không hòa tan, góp phần làm đất tơi xốp tạo điều kiện cho rễ cây phát triển.

Làm khô bùn: phân người, phân gia súc và bùn chứa 80 - 95% nước làm cho việc thu gom, vận chuyển và thải chúng rất tốn kém. Quá trình ủ compost sẽ làm khô chúng thông qua sự bốc hơi nước do nhiệt độ cao trong mẻ ủ. Đây là biện pháp xử lý thích hợp để thay thế các biện pháp đã sử dụng.

Ngoài những lợi ích nêu trên, ủ compost còn có những mặt hạn chế như:

Chất lượng sản phẩm không ổn định và đạt những hàm lượng dinh dưỡng cần thiết của một loại phân bón.

Tỉ lệ vi sinh vật bị vô hiệu hóa không đảm bảo do đặc tính của các chất thải đầu vào, thời gian ủ, khí hậu và cách thức vận hành mẻ ủ. Các nguyên liệu ủ không đồng nhất với nhau về bản chất gây nên sự phân bố không đều trong mẻ ủ vì vậy việc vô hiệu hóa các vi sinh vật không được triệt để.

2.2.8 Yêu cầu chất lượng phân compost

Sản phẩm phân sau khi đã phân loại, đem đi phân tích, so sánh với tiêu chuẩn ngành. Bảng 7 Tiêu chuẩn 10 TCN 526 – 2002 cho phân hữu cơ vi sinh chế biến từ rác thải sinh hoạt của Bộ Nông Nghiệp và Phát Triển Nông Thôn.

Bảng 7 Tiêu chuẩn 10 TCN 526 – 2002 cho phân hữu cơ vi sinh chế biến từ rác thải sinh hoạt

Tên chỉ tiêu	Đơn vị tính	Mức
1. Hiệu quả đối với cây trồng	Tốt	
2. Độ chín (hoai) cần thiết	Tốt	
3. Đường kính hạt	mm	$\leq 4 - 5$
4. Độ ẩm	%	≤ 35
5. pH	6,0 - 8,0	
6. Mật độ vi sinh vật hữu hiệu (đã được tuyển chọn)	CFU/ g mẫu	≥ 106
7. Hàm lượng cacbon tổng số	%	≥ 13
8. Hàm lượng nitơ tổng số	%	$\geq 2,5$
9. Hàm lượng photpho tổng số	%	$\geq 2,5$
10. Hàm lượng kali tổng số	%	$\geq 1,5$
11. Mật độ Salmonella trong 25g mẫu	CFU	0
12. Hàm lượng chì (khối lượng khô)	mg/kg	≤ 250
13. Hàm lượng cadimi (khối lượng khô)	mg/kg	$\leq 2,5$
14. Hàm lượng crom (khối lượng khô)	mg/kg	≤ 200
15. Hàm lượng đồng (khối lượng khô)	mg/kg	≤ 200
16. Hàm lượng niken (khối lượng khô)	mg/kg	≤ 100
17. Hàm lượng kẽm (khối lượng khô)	mg/kg	≤ 750
18. Hàm lượng thủy ngân (khối lượng khô)	mg/kg	≤ 2
19. Thời hạn bảo quản không ít hơn	Tháng	6

(Bộ Nông Nghiệp và Phát triển Nông Thôn, 2002)

2.3 NẤM TRICHODERMA

2.3.1 Đặc điểm hình thái và sự phân bố nấm Trichoderma

Nấm Trichoderma thuộc nghành Mycola, lớp nấm bất toàn Deuteromycetes, bộ nấm bông Moniliales, họ Dermaticae, thuộc chi Trichoderma (Vũ Triệu Mân và Lê Trương Tề, 1998). Nấm này có giai đoạn sinh trưởng hữu tính thuộc lớp Ascomycetes, bộ hypocreales và chi Hypocrea (Agios, 1997). Cành bào dài (conidiophore) của nấm Trichoderma spp có tỉ lệ phân nhánh cao, thể bình (phialidde) thường được hình thành từ trực chính gần đỉnh của sợi nấm. Bào tử của hầu hết các loài Trichoderma spp có hình bầu dục, vách trơn láng với kích thước khoảng $(3 - 4) \times (2 - 4)$ micromet ($L/W \geq 1,3$). Hầu hết các loài Trichoderma spp phát triển nhanh ở nhiệt độ 25 - 300 C. Trong quá trình phát triển nấm tiết sắc tố vàng vào môi trường, nhất là được nuôi cấy trên môi trường PDA (McCrayl, 2002).

Nấm Trichoderma spp có khu vực phân bố rất rộng, chúng hiện diện khắp nơi trong đất, trên bề mặt rễ, trên cỏ cây mục nát, trên hạch nấm hay chòi mần của các loài nấm khác,... (Papavizas, 1985; Klein and Eveleigh, 1998), nhưng nhìn chung các loài Trichoderma spp xuất hiện ở những vùng đất acid nhiều hơn những vùng đất trung tính hoặc kiềm (papavizas, 1985).

2.3.2 Sự phân bố của nấm Trichodecma

Nấm Trichodecma có khu vực phân bố rất rộng, chúng hiện diện phổ biến trên nhiều loại đất như đất canh tác nông nghiệp, đồng cỏ, đất hoang, rừng nhiệt đới,...Tùy theo loại đất mà chúng sẽ thích nghi với những điều kiện khí hậu và các tầng đất hữu cơ khác nhau. (Danielson and Davey, 1973).

Sự phân bố và điều kiện môi trường sống của các loài Trichodecma có liên hệ mật thiết với nhau. Nhìn chung các loài Trichodecma hiện diện ở các vùng đất acid nhiều hơn vùng đất trung tính và kiềm. (papavizas, 1985).

Nấm Trichodecma thường sống trong đất có độ ẩm cao, nhưng chúng cũng sống ở những vùng đất khô ráo. Ở nước ta, Trichodecma là loại nấm đất thường xuất hiện trên các loại đất giàu dinh dưỡng hoặc trên các tàn dư thực vật.

Nấm Trichodecma cũng thường hiện diện ở mức độ cao trên rễ cây trồng hoặc sống ký sinh trên các loài nấm bệnh. Sự hiện diện của nấm thường có lợi cho sự sinh trưởng và phát triển của cây. (Gam and Bissett, 1998).

2.3.3 Khả năng phân hủy chất hữu cơ của Trichodecma

Theo Chet et al. (2006), thì vai trò là tác nhân phòng trừ sinh bệnh cho cây trồng, nấm Trichodecma vừa có khả năng ức chế sự sinh trưởng và phát triển của nấm bệnh thông qua hiện tượng ký sinh, vừa có thể kích thích tính kháng bệnh của cây. Ngoài ra thì chúng còn tiết ra nhiều loại enzymes như: cellulase, glucanases, chitinase, proteases,...các enzymese này hoạt động rất mạnh, đặc biệt là lên vách tế bào nấm bệnh

và các chất cấu tạo bởi cellulose, chitin và glucan của tế bào thực vật. Vì vậy nó còn có tác dụng làm tăng khả năng phân hủy xác bã hữu cơ, làm phân mau hoai mục, rút ngắn thời gian ủ và giảm được sự mất dưỡng chất.

2.3.4 Vai trò nấm đối kháng Trichodecma trong kiểm soát các sinh vật

Nấm Trichodecma spp. Hiện diện gần như trong tất cả các loại đất và trong một số môi trường sống khác. Chúng là loại nấm được nuôi cấy thôn dụng nhất. Chúng hiện diện với mật độ cao và phát triển mạnh ở các vùng rễ của cây, một số giống có khả năng phát triển ngay trên rễ. Những giống này có thể được bổ sung vào trong đất hay hạt giống bằng nhiều phương pháp. Ngay khi chúng tiếp xúc với rễ, chúng phát triển trên bề mặt rễ hay vỏ rễ phụ thuộc vào từng giống. Vì vậy, khi đục chung dùng trong xử lý hạt giống, những giống thích hợp nhất sẽ phát triển trên bề mặt rễ ngay cả khi rễ phát triển dài hơn 1m phía dưới mặt đất và chúng có thể tồn tại, còn hiệu lực cho đến 18 tháng sau khi sử dụng. Tuy nhiên, không có nhiều giống có khả năng này.

Ngoài sự hình thành khuẩn lạc trên rễ, nấm Trichodecma còn tấn công, ký sinh và lấy chất dinh dưỡng từ các loại nấm khác. Bởi vì nơi Trichodecma phát triển tốt nhất là nơi có nhiều rễ khỏe mạnh, vì Trichodecma sở hữu nhiều cơ chế cho việc tấn công các loài nấm gây bệnh cung cấp như cơ chế cho việc nâng cao sự sinh trưởng và phát triển của cây. Nhiều phương pháp mới trong kiểm soát sinh học và nâng cao sự sinh trưởng của cây hiện nay đã được chứng minh rõ ràng. Quá trình này được điều khiển bởi nhiều gen và sản phẩm từ gen khác nhau. Sau đây là một số cơ chế chủ yếu: Ký sinh nấm, kháng sinh, cạnh tranh chất dinh dưỡng và không gian; sự chịu đựng các điều kiện bất lợi bằng việc gia tăng sự phát triển của cây và rễ; làm hòa tan và cô lập chất dinh dưỡng vô cơ, cảm ứng sự kháng bệnh, bắt hoạt enzyme gây bệnh.

Hầu hết các giống Trichodecma không sinh sản hữu tính mà thay vào đó là cơ chế sinh sản vô tính. Tuy nhiên có một số giống sinh sản hữu tính đã được ghi nhận nhưng những giống này không thích hợp để sử dụng trong các phương pháp kiểm soát sinh học. Phương pháp phân loại truyền thống dựa trên sự khác nhau về hình thái, chủ yếu là ở bộ phận hình thành bào tử vô tính. Gần đây, nhiều phương pháp phân loại dựa trên cấu trúc phân tử đã được sử dụng. Hiện nay, nấm Trichodecma ít nhất có 33 loài.

Rất nhiều giống Trichodecma có khả năng kiểm soát tất cả các loại nấm gây bệnh khác. Tuy nhiên một số giống thường có hiệu quả hơn những giống khác trên một số bệnh nhất định. Nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy, nấm Trichodecma giết nhiều loại nấm gây thối rễ chủ yếu là: Pythium, Rhizotonia và Fusarium. Quá trình đó được gọi là: ký sinh nấm (mycoparasitism). Trichodecma tiết ra một enzyme làm tan vách tế bào của các loài nấm khác. Sau đó nó có thể tấn công vào bên trong loài nấm gây hại đó và tiêu thụ chúng. Chúng sử dụng T-22 tiết ra nhiều enzyme chính yếu, endochitinase, là một điển hình, vì T-22 sinh trưởng tốt hơn và tiết ra nhiều enzyme hơn các chủng hoang dại. Sự kết hợp này cho phép nó bảo vệ vùng rễ của cây trồng chống lại các loại nấm gây thối rễ trên đồng ruộng.

Những phát hiện mới hiện nay cho thấy rằng một số giống có khả năng hoạt hóa cơ chế tự bảo vệ của thực vật, từ đó những giống này cũng có khả năng kiểm soát những bệnh do tác nhân khác ngoài nấm.

2.3.5 Công dụng và cơ chế đối kháng nấm Trichoderma

Trong những tác nhân tính học thì nhảm nấm *Trichoderma* spp được sử dụng rộng rãi và có nhiều hiệu quả trong phòng trừ dịch bệnh trên các loài cây trồng (Windham et al., 1986 and Chang et al., 1986). Nấm *Trichoderma* spp vừa có khả năng ức chế sự phát triển của sợi nấm, sự mọc mầm bào tử của *Fusarium solani*, vừa có khả năng phân hủy một số loài dư thực vật, hữu dụng trong quá trình ủ phân hữu cơ (Dương minh et al., 2003). Theo Mattet (2001) thì *Trichoderma* spp có khả năng tiết ra Allelochemiel kích thích sự phát triển của cây trồng và ức chế nấm bệnh. Khi định cư trên rễ cây trồng, nấm *trichoderma* spp làm gia tăng số lượng rễ, giúp rễ phát triển khỏe, tỏa rộng và ăn sâu vào đất, tăng sự thành lập rễ mới qua đó làm gia tăng khả năng hút dinh dưỡng, tăng sức đề kháng với các nhân tố gây Stress, thúc đẩy mạnh mẽ hoạt động phòng vệ của cây và làm giảm khả năng nhiễm bệnh (Newsha, 1995).

2.4 CÁC VẬT LIỆU PHỐI TRỘN TRONG QUÁ TRÌNH Ủ

2.4.1 Phân gà

Hàng năm mỗi con gà bài tiết 10 – 15 kg phân, vịt 15 – 20 kg phân, ngỗng 20 – 25 kg phân. Nhưng về dinh dưỡng thì phân gà cao hơn phân vịt và phân ngỗng. Trong phân gia cầm tươi chất đạm chủ yếu nằm dưới dạng urat mà cây không hấp thụ trực tiếp được, thậm chí nó còn có hại cho sự sinh trưởng của rễ cây trồng. Nguồn phân này thường được bón trực tiếp hoặc xử lý không đúng cách nên làm rau màu nhiễm trứng giun và vi sinh vật có hại, ảnh hưởng đến sức khỏe của người tiêu dùng. Vì vậy, phân gia cầm cần ủ cho hoai mồi bón cho cây trồng. Trong phân gà chứa hàm lượng dinh dưỡng cao và nguồn vi sinh vật dồi dào, đặc biệt là lân và đạm. Theo Nguyễn Đức Lượng (2003) phân gà chứa 30,4% C và 1,9% N. Khi ủ phân gia cầm nhiệt độ thường tăng cao, đạm (NH_3) dễ bị mất nên cần ủ chúng với các loại phân chuồng và các nguyên liệu khác để tránh mất đạm. Khi đó các chất sơ trong rác độn mau phân giải, phân thành phẩm có chất lượng cao, giúp tỉ lệ C/N của nguyên liệu ủ đến mức phù hợp và cung cấp dinh dưỡng cho hoạt động phân giải chất hữu cơ của vi sinh vật.

2.4.2 Rơm

Theo tổng cục thống kê năm 2011, cả nước ta có khoảng 7.201.000 ha trồng lúa, sản lượng thu hoạch khoảng 35.867.500 tấn. Do đó, sản lượng rơm rạ bỏ đi sau thu hoạch là rất lớn. Đây là nguồn chất thải nông nghiệp rẻ tiền và dễ tìm. Hiện nay, ở ĐBSCL chỉ một phần nhỏ lượng rơm được sử dụng để trồng nấm, làm thức ăn cho gia súc, một số để ủ phân compost, phần còn lại nông dân thường dùng để đốt đồng. Theo Lê Văn Căn (1982) thành phần hóa học trong rơm như sau chất hữu cơ 78,6%, TN 0,62%; P₂O₅ 11%; CaO 0,26%. Trong rơm rạ chứa khoảng 0,6% N; 0,1% P; 0,1% S;

1,5% K; 5% Si; 40% C (Ponamperuma. F.N, 1984). Theo Võ Quốc Bảo (2010) trong rơm rạ chứa: 1,32% K₂O, 0,25% P₂O₅, 0,26% CaO, 0,62% N, 78,6% C. Nghiên cứu của Nguyễn Thụy Bảo Uyên, 2011 rơm chứa 40,72% C và 1,51% N. theo Cao Văn Phụng et al. (2010) các thành phần chủ yếu trong rơm rạ được xác định cụ thể: 68,3% C, 1,42% N, 0,33% P, 1,11% K. Với các nghiên cứu trên cho thấy rơm rạ chứa hàm lượng cacbon cao. Vì vậy, sử dụng rơm rạ trong ủ phân compost giúp tăng nguồn cacbon cho nguyên liệu.

2.5 CÁC NGHIÊN CỨU Ủ PHÂN COMPOST TỪ BÙN THẢI

Việc ô nhiễm môi trường đất, nước, không khí từ các chất thải do quá trình sống và hoạt động sản xuất của con người là vấn đề báo động. Vì vậy, tập trung nghiên cứu các biện pháp xử lý, giảm thiểu ô nhiễm môi trường cần được quan tâm. Việc xử lý chất thải rắn sinh hoạt, bùn thải phát sinh từ hoạt động sản xuất của con người bằng phương pháp ủ compost để làm phân hữu cơ đã được các nhà khoa học tập trung nghiên cứu với nhiều cách thức xử lý, phối trộn khác nhau. Từ khi có Luật cấm đổ chất thải ra biển, nhiều quốc gia trên thế giới Nhật Bản, Úc, Đức, Nga, Pháp và các nước công nghiệp khác sau khi tách nước sơ bộ tại điểm thu gom, được đưa về bể phân huỷ kỹ khí. Bùn nước thải sau khi lên men, có thành phần hữu cơ và chất dinh dưỡng N, P phù hợp với cây trồng được sử dụng làm phân bón (Kanat et al., 2006)

Tại Việt Nam, biện pháp xử lý bùn công thải là chôn lấp tại các bãi chôn lấp (đa phần là đỗ bỏ bừa bãi), một phần nhỏ dùng san lấp mặt bằng sẽ gây ảnh hưởng xấu đến chất lượng nước dưới đất, nước mặt và các phương pháp trên không đảm bảo kỹ thuật, không phù hợp với xu hướng phát triển bền vững. Hiện tại, nghiên cứu tái sử dụng bùn thải là một lĩnh vực còn khá mới, nghiên cứu về bùn thải chủ yếu tập trung bùn đáy ao nuôi thủy sản để sản xuất phân bón, về bùn công thải chỉ bước đầu nghiên cứu về đặc tính sinh hóa của bùn công thải. Ở thành phố Hồ Chí Minh, trong những năm gần đây, một biện pháp tái sử dụng bùn công thải có chứa kim loại nặng được nghiên cứu đó là sử dụng bùn công thải làm vật liệu xây dựng, đây là kết quả nghiên cứu của Thạc sĩ Nguyễn Thị Phương Loan, Phó Giám đốc Trung tâm Công nghệ và Quản lý môi trường cùng các cộng sự, kết quả này mang đến một hướng đi khả thi cho việc tái sử dụng bùn công thải để phục vụ sản xuất công nghiệp và nông nghiệp. Các thành phần vô cơ và hữu cơ của bùn thải sẽ được tách bằng phương pháp thủy lực. Chất vô cơ sẽ được tận dụng để sản xuất vật liệu xây dựng, chất hữu cơ sẽ được tận dụng để trồng cây và cải tạo đất nông nghiệp. Giá thành xử lý bùn công rãnh, kênh rạch theo phương pháp này là 90.000 đồng/tấn tiết kiệm hơn so với dùng cách chôn lấp là 300.000 đồng/tấn (Bộ Tài Nguyên và Môi trường Việt Nam, 2008). Hay nghiên cứu sử dụng bùn thải có chứa kim loại nặng phối trộn với xi măng, cát với tỉ lệ 30:40:30 để làm gạch block (Lê Thanh Hải, 2006). Các đề tài nghiên cứu khác sử dụng bùn công thải để làm phân bón hữu cơ chỉ bước đầu nêu ra các giải pháp tái sử dụng đối với bùn có hàm lượng chất dinh dưỡng cao như Nguyễn Thị Lan (1998) đánh giá chất lượng bùn đáy nạo vét kênh rạch Bến

Nghé – kênh Tàu Hủ - kênh Lò Gốm TP. HCM cho thấy bùn đáy có chứa hàm lượng mùn, N, P, K khá cao nhất là bùn lớp mặt và trong bùn có nhiều rác hữu cơ còn ở dạng thô, đang trong quá trình phân hủy. Khi so sánh các chất dinh dưỡng cho cây trồng trong bùn đáy với các loại phân khác cho thấy bùn đáy kênh rạch có các giá trị cực đại của N, P, K gần tương đương với các loại phân là than bùn, phân rác và đạt khoảng 20 - 30% so với phân heo. Như vậy, lượng bùn đáy này có thể tận dụng làm nguyên liệu sản xuất phân bón hữu cơ và phân vi sinh. Phân bón từ bùn đáy có thể cải tạo đất tốt ở những vùng đất xám bạc màu, đất cát. Bùn nạo vét của kênh rạch là kết quả tích lũy lâu ngày các chất hữu cơ, phù sa, chất thải sinh hoạt và chất thải công nghiệp, do đó loại bùn này có thể chứa nhiều chất độc hại như kim loại nặng, nhôm, sắt. Để tạo thành phân bón, phải có bước nghiên cứu quy trình công nghệ sản xuất bùn đáy nhưng cần phải trộn bùn sấy khô với các phụ gia khác và có sự tham gia của vi sinh vật. Hay sử dụng chất hữu sau khi tách từ bùn cống thải – kênh rạch để phối trộn bùn với đất và bón cho cây (Hoàng Trung Hiếu, 2011). Một nghiên cứu gần đây nhất mang lại kết quả khả thi cho việc sử dụng bùn cống thải làm phân compost là nghiên cứu của Đoàn Thị Trúc Linh (2012), bùn cống thải phối trộn với các vật liệu hữu cơ rơm, lục bình, phân gà và nấm *Trichoderma* trong quy mô thùng ủ 0,25m³ có kích thước 0,5m x 0,5m x 1m (dài x rộng x cao) cho thấy, sau 60 ngày ủ, các vật liệu ủ đã chuyển sang màu nâu đen của mùn và phần trăm thể tích sụt giảm so với lúc bắt đầu ủ giữa các nghiệm thức lần lượt là Bùn-Rơm-Gà-nấm *Trichoderma* (47%), Bùn-Rơm-Gà (46%), Bùn-Lục bình-Gà-nấm *Trichoderma* (37%), Bùn-Lục bình-Gà (35%), Bùn-Lục bình (28%), Bùn-Lục bình-nấm *Trichoderma* (28%), Bùn-nấm *Trichoderma* (3%) và Bùn (3%). Tỉ lệ C/N biến động trong khoảng 11,15 – 15,37. Tuy nhiên, nghiệm thức bổ sung lục bình phần trăm thể tích sụt giảm nhưng quan sát thực tế cho thấy rẽ vẫn chưa phân hủy hoàn toàn, nếu áp dụng nghiệm thức này vào sản xuất có thể hiệu quả mang lại không cao. Trong các vật liệu phối trộn, nghiệm thức bổ sung rơm và phân gà kết hợp chủng nấm *Trichoderma* có tốc độ hoai mục tốt nhất (C/N=11). Nghiệm thức bùn-rơm-gà-nấm *Trichoderma* với tỉ lệ phối trộn (1 bùn: 0,8 rơm: 0,4 phân gà) và thời gian ủ 60 ngày có hàm lượng C (18,4%), TN (1,65%), TP (1,25%), các chất dinh dưỡng ở mức hợp lý (N-NO₃- : 354,13 mgN-NO₃-/kg; P_d tiêu: 643,83 mgP/kg), và mật số vi sinh có ích nấm *Trichoderma* (3,51 log CFU/g). Chất lượng phân sau ủ đạt tiêu chuẩn TCN 526-2002 về chỉ tiêu pH, độ ẩm, tỉ lệ C/N, mật số *E. Coli* và *Samonella*, kim loại nặng Pd và Cd. Tuy nhiên, hàm lượng TN, TP thấp hơn TCN 526-2002. Như vậy, bùn cống thải phối trộn với vật liệu hữu cơ có tiềm năng trong sản xuất phân hữu cơ, trong đó rơm và phân gà, kết hợp chủng nấm *Trichoderma* cho chất lượng phân tốt nhất.

Các nghiên cứu về tái sử dụng các chất thải để ủ compost được nghiên cứu phổ biến. Nguyễn Mai Trung (2010) nghiên cứu xử lý hỗn hợp bùn hầm cầu với hỗn hợp vi sinh vật: *Bacillus subtilis*, *Actinomycetes sp*, *Aspergillus niger* tạo thành phân bón compost, kết quả cho thấy bùn hầm cầu sau khi lắng và tách nước sẽ được bổ sung vật liệu phối trộn và vi sinh vật với tỉ lệ 500g bùn hầm cầu:25g trấu:25g hỗn hợp vi sinh,

thời gian kết thúc quá trình phân hủy bùn của hỗn hợp vi sinh vật khi nhiệt độ trong khố ủ đạt nhiệt độ phòng và được xác định từ ngày thứ 18 trở đi. Phân hầm cầu sau khi xử lý bằng hỗn hợp vi sinh không còn mùi hôi, làm giảm chi phí sử dụng phân bón hóa học và góp phần làm giảm ô nhiễm môi trường, các chỉ tiêu đều đạt ngưỡng cho phép làm phân bón sinh học theo tiêu chuẩn ngành 10 TCN 562 – 2002 do Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn ban hành. Tuy nhiên, kết quả khảo sát vẫn cho thấy một số chỉ tiêu đạt xấp xỉ ngưỡng quy định cho phép như: hàm lượng nito 2,31% (theo quy định $\geq 2,5\%$) và hàm lượng kali 1,47% (theo quy định $\geq 1,5$). Đề tài được tiếp tục đề nghị nghiên cứu với quy mô công nghiệp và thử nghiệm trên cây trồng để có được đánh giá chính xác về hiệu quả của bùn hầm cầu. Bùn ao nuôi thủy sản cũng đã được đưa vào các công trình nghiên cứu để sản xuất phân hữu cơ bằng các phương pháp khác nhau. Cao Văn Phụng *et al.* (2010) đã nghiên cứu dùng bùn ao nuôi cá Tra nước ngọt phơi trộn với rơm và lục bình ủ phân để nuôi trùn quế và bùn đáy ao được xử lý hữu hiệu và có tiềm năng sử dụng các sản phẩm thu được: phân hữu cơ từ bùn đáy ao, phân trùn dùng làm phân bón cho nông nghiệp. Nghiên cứu của Nguyễn Lê Phương (2011) trong xử lý bùn thải ao cá tra để làm phân bón hữu cơ bằng cách kết hợp 40kg bùn thải ao cá + 3,2kg than đe được sau hấp phụ dung dịch biogas có chất lượng phân sau ủ 30 ngày và 60 ngày tốt hơn phân ủ với bùn ao cá.

Gần đây, các quy trình sản xuất phân compost từ các chất thải với quy mô lớn đã bắt đầu được quan tâm. Năm 2008, Trần Kim Quy đã nghiên cứu thành công quy trình xử lý rác thải sinh hoạt và chất thải công nghiệp chế biến thực phẩm để sản xuất phân hữu cơ cùng với việc tận dụng lại bùn hầm cầu và bùn công thải đã góp phần làm giảm tình trạng ô nhiễm môi trường của hai loại bùn này. Quy trình sản xuất phân hữu cơ này phải trải qua nhiều công đoạn: dùng chế phẩm do nhóm tác giả nghiên cứu mang tên OCM gồm các giống vi sinh *Lactobacillus* và *Thiobacillus* với nồng độ 1% để khử mùi hôi của rác, sau đó đưa bùn hầm cầu và bùn công thải ủ chung với rác thải sinh hoạt để giúp cho vi sinh vật phân giải phát triển mạnh, phân hủy rác nhanh. Nhóm đã nghiên cứu một số chế phẩm vi sinh phân giải rác giúp rút ngắn thời gian ủ rác từ 50 - 60 ngày còn 20 ngày. Đó là các chủng xạ khuẩn ưa nhiệt *Streptomyces*, các chủng nấm mốc và nấm sợi *Aspergillus niger*, *Trichoderma reesei*. Sau cùng để cải thiện chất lượng phân compost nhóm đã bổ sung các chất thải rắn của lĩnh vực chế biến thực phẩm bằng việc nghiên cứu quy trình xử lý chất thải của lĩnh vực này. Với quy trình công nghệ như trên, nhóm tác giả đã đạt được mục tiêu xử lý rác thải sinh hoạt với thời gian ủ ngắn nhất và thành phần hữu cơ đạt tiêu chuẩn của ngành nông nghiệp Việt Nam. Dương Minh Viễn *et al.* (2011) nghiên cứu quy trình ủ phân vi sinh từ bã bùn mía phơi trộn xác mía, phân heo với hai cách thức ủ: ủ xói trộn với kích thước 3m x 3m x 1,5m (dài x rộng x cao), ủ xếp lớp hình khối vuông kích thước 2,2m x 2,2m x 1,2m kết hợp đặt thêm ống lưới. Kết quả thí nghiệm cho thấy nghiệm thức ủ có xói trộn đạt hiệu quả cao hơn. Theo đó, quy trình sản xuất phân hữu cơ từ bã bùn mía, xác mía và một ít phân heo để sản xuất phân hữu cơ vi sinh sử dụng bón cho cây trồng và cải thiện độ phì nhiêu của đất đã được đề

xuất trong nghiên cứu này. Các nguyên liệu phối trộn với tỉ lệ được tính theo chất lượng khô bã bùn : xác mía : phân heo = 2 - 1,5 : 2 : 0,1. Sau đó, tạo độ ẩm của nguyên liệu là 75% và thêm sản phẩm nấm *Tricho* với mật số 105 bào tử/g phân. Các nguyên liệu sau khi trộn được xếp thành từng luống hình thang rộng khoảng 3 - 4m, cao 1,2 - 1,5m, hai luống cách nhau 2 - 3m. Thể tích mỗi tấn phân khoảng 1,6 m³. Mỗi mét dài của luống có thể ủ được khoảng 1,1 - 1,8 tấn phân. Mỗi tuần xới đảo một lần. Với quy trình này, sau 1,5 đến 2 tháng kể từ ngày ủ thì phân có thể sử dụng. Phân này có chứa hàm lượng chất hữu cơ cao, các chất dinh dưỡng ở mức hợp lý và có chứa các vi sinh vật có ích như nấm *Trichoderma*, vi khuẩn hòa tan P, vi khuẩn cố định tự do và vi khuẩn phòng trừ sâu bệnh khác như *Burkholderia cepacia* TG17 với thời gian lưu tồn trên 106 bào tử/g phân trong thời gian trên ba tháng. Quy trình này đã được ứng dụng triển khai thực nghiệm.

Những công trình nghiên cứu trên có ý nghĩa rất thiết thực trong việc tối ưu hóa tái sử dụng các loại chất thải nhằm phát triển môi trường bền vững. Đã có các đề tài nghiên cứu về vật liệu và tỷ lệ phối trộn, đánh giá khả năng phân hủy của bùn cống thải trong ủ phân hữu cơ. Việc sản xuất phân hữu cơ từ bùn cống thải ngoài đảm bảo chất lượng theo quy định cần phải mang lại hiệu quả kinh tế đó là chi phí đầu tư sản xuất và giá thành phân hữu cơ phải thấp để người dân dễ dàng tiếp cận sử dụng. Đề tài nghiên cứu sản xuất phân hữu cơ từ bùn cống thải được thực hiện trên các cơ sở trên, và tiến hành nghiên cứu trên quy mô mỏ ủ khác nhau để đánh giá tốc độ phân hủy và tạo phân hữu cơ đạt chất lượng góp phần mang lại lợi ích c giá tốc độ phân hủy và tạo phân hữu cơ đạt chất lượng góp phần mang lại lợi ích cho người dân và giảm thiểu ô nhiễm môi trường từ bùn cống thải.

CHƯƠNG 3: PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1 THỜI GIAN, ĐỊA NGHIÊN CỨU ĐIỂM

3.1.1 Thời gian thực hiện đề tài

Đề tài được thực hiện vào học kỳ I,II, Năm 2025 - 2026

3.1.2 Địa điểm thực hiện

Ü trên mô hình tại Khoa Môi Trường và Tài Nguyên Thiên Nhiên.

Phòng thí nghiệm xử lý chất thải rắn, bộ môn Kỹ Thuật Môi Trường, Khoa Môi Trường và Tài Nguyên Thiên Nhiên.

3.2 NỘI DUNG NGHIÊN CỨU CỦA ĐỀ TÀI

-Thu thập số liệu thứ cấp về hiện trạng và biện pháp xử lý bùn công thải tại một số tỉnh ĐBSCL

-Thống kê các số liệu thứ cấp tiến hành đánh giá về hiện trạng quản lý và xử lý bùn công rãnh. Từ đó, đề xuất biện pháp quản lý và xử lý bùn hiệu quả cho các tỉnh

-Đề xuất biện pháp ủ phân compost để xử lý bùn

-Bố trí thí nghiệm ủ bùn công rãnh phối trộn với rơm, phân gà và bồ sung nấm Trichoderma.

-Thu mẫu và phân tích các chỉ tiêu

- Nhiệt độ 1 ngày/lần. Độ ẩm, pH 7 ngày/lần đến khi kết thúc thí nghiệm

- Phân tích các thông số vận hành mẻ ủ như hàm lượng C, TN, TP, N-NO₃-, N-NH₄⁺

- Các chỉ tiêu chỉ phân tích đầu vào và ra lân dễ tiêu, Kali tổng số, *E. Coli*, mật độ *Salmonella*, Cd, Pb.

3.3 PHƯƠNG TIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.3.1 Phương tiện nghiên cứu

a. Nguyên liệu

Bùn công thải được thu tại bãi thu bùn tập trung của thành phố Cần Thơ tại khu đất quy hoạch xây dựng nhà máy xử lý nước thải Cái Sâu, phường Phú Thứ, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ vào tháng 1/2026.

Vật liệu phối trộn: phân gà, rơm.

Chế phẩm sinh học nấm *Trichoderma* – ĐHCT (20 – 30 g/m³).

b. Dụng cụ

Cân, nĩa, leng, bạt nhựa.

Máy sục khí, máy so màu quang phổ, máy hút chân không, máy ly tâm, máy lắc, máy khuấy từ, máy đo pH, nhiệt kế, cân điện tử, bếp đun cách thủy, dụng cụ rây sàng,...

Các dụng cụ và hóa chất để phân tích các chỉ tiêu: C, N, P, pH, Nhiệt độ, Lân dẽ tiêu, Âm độ, N-NO₃- , N-NH₄⁺, *E. Coli* và *Salmonella*, ...

3.3.2 Phương pháp nghiên cứu

- Thu thập số liệu thứ cấp từ các sở tài nguyên môi trường, công ty công trình đô thị, xí nghiệp cấp thoát nước tại các tỉnh ĐBSCL

- Sử dụng bùn thải phôi trộn thêm phân gà và rơm rạ dùng phương pháp ủ hiếu khí trên mô hình thực tế có xói đảo.

a. Thành phần vật liệu ủ phân compost

Các vật liệu ủ phân compost gồm: bùn cống rãnh, phân gà, rơm.

- Bùn cống thải được thu tại bãi bùn ở khu vực Cái Sâu – phường Phú Thứ - Quận Cái Răng TP. Cần Thơ. Bùn để khô tự nhiên đạt ẩm độ khoảng 30 - 60%.

- Phân gà, rơm được lấy từ các hộ gia sau khi thu hoạch, để khô tự nhiên đạt ẩm độ khoảng 20 – 30%.

- Chế phẩm sinh học nấm Trichoderma – ĐHCT (20 – 30 g/m³) được cung cấp từ bộ môn Bảo vệ thực vật – khoa NN và SHUD với thời gian sử dụng 1 năm.

b. Tỷ lệ phôi trộn

Từ bảng kết quả phân tích ở bảng 8 cho thấy, trong 3 nguồn nguyên liệu dùng để ủ phân compost thì lượng chất hữu cơ bay hơi (8,76%) và hàm lượng TN (0,31%) có trong bùn cống rãnh là thấp nhất, có tỷ lệ C/N là 16,40 (bảng 8). Kết quả này tương đối giống với kết quả nghiên cứu của Lê Thanh Bình (2009) về hàm lượng chất dinh dưỡng có trong bùn cống rãnh vùng nội ô thành phố Cần Thơ (CHC: 2,88 – 4,01%, TN: 0,007 – 0,026%). Hàm lượng TP dao động khoảng 0,27 – 3,48%. Hàm lượng C trong 2 loại vật liệu còn lại rất cao. Trong đó, hàm lượng C trong rơm là cao nhất chiếm (48,9%), tiếp đó là phân gà với hàm lượng C (40,9%). Ngược lại lượng đạm trong phân gà cao nhất TN (2,9%), tiếp đó là rơm hàm lượng (0,91%).

Bảng 8 Thành phần hóa học trong nguyên liệu trước khi ủ

Nguyên liệu	pH	Âm độ (%)	C (%)	CHC (%)	TN (%)	TP (%)	C/N
Bùn cống thải	7,40	36	5,08	8,76	0,31	0,39	16,40
Rơm	10,06	48,90	84,31	0,91	0,34	53,70	
Phân gà	26	40,90	70,52	2,90	5,86	14,10	

Theo Lê Hoàng Việt (2003) tỉ lệ C/N tối ưu nhất cho mẻ ủ là 20/1 – 40/1 giúp mẻ ủ nhanh chóng hoai mục hơn. Do đó, khi ủ nghiên cứu phôi trộn với các loại nguyên liệu như rơm, phân gà để đảm bảo tỷ lệ C/N phù hợp cho đóng ủ là 30/1 để tránh mất đậm trong quá trình ủ. Ngoài ra, rơm làm tăng các khe rỗng trong mẻ ủ đảm bảo độ thoáng khí của mẻ ủ; phân gà với hàm lượng chất dinh dưỡng cao là nguồn thức ăn cho vi sinh vật, giúp quá trình hoai mục diễn ra nhanh hơn. Các thí nghiệm đều giống nhau chỉ khác nhau ở kích thước của mẻ ủ. Trong đó, nghiên cứu ưu tiên sử dụng bùn cống rãnh làm vật liệu chính (chiếm khoảng 50 – 60% trọng lượng đóng ủ) nhằm mục đích giải quyết lượng bùn này tăng hàng năm. Hỗn hợp được trộn với nhau để đảm bảo tỉ lệ C/N các thí nghiệm là 30/1.

Công thức tính tỉ lệ C/N (Robert Rynk *et al.*, 1992):

$$\frac{C}{N} = \frac{\%C_a * a * (1 - m_a) + \%C_b * b * (1 - m_b) + \%C_c * c * (1 - m_c)}{\%N_a * a * (1 - m_a) + \%N_b * b * (1 - m_b) + \%N_c * c * (1 - m_c)}$$

Trong đó:

- a, b, c: khối lượng lần lượt của bùn cống thải, phân gà, rơm (kg)
- m_a, m_b, m_c: ẩm độ lần lượt của bùn cống thải, phân gà, rơm (%)
- %C_a, %C_b, %C_c : lượng cacbon lần lượt của bùn cống thải, rơm, phân gà (%)
- %N_a, %N_b, %N_c: lượng nitơ lần lượt của bùn cống thải, phân gà, rơm (%)

Dựa vào công thức tính toán tỉ lệ C/N và thành phần hóa học trong bảng 9. Các công thức thí nghiệm đều giống nhau nhưng nghiên cứu chỉ thay đổi kích thước của đóng ủ dẫn đến sự thay đổi lượng bùn, phân gà, rơm trong từng thí nghiệm. Nhưng lượng bùn vẫn đảm bảo chiếm 50 – 60% trọng lượng của đóng ủ. Nên nghiên cứu tiến hành phôi trộn với tỷ lệ C/N = 30 như sau:

Bảng 9 Tỷ lệ phôi trộn các thành phần nguyên liệu cho mỗi thí nghiệm

Thí nghiệm	C/N	Tỷ lệ khô	Tỷ lệ tươi	Khối lượng ủ tươi
TN1	30,32	1: 0,56 : 0,17	1,6 : 0,63 : 0,23	52,1 + 20,9 + 7,7 = 80,7
TN2	30,33	1: 0,56 : 0,17	1,6 : 0,63 : 0,23	104,2 + 41,8 + 15,4 = 161,4
TN2	30,16	1: 0,56 : 0,17	1,6 : 0,63 : 0,23	156,3 + 62,7 + 23,2 = 242,2

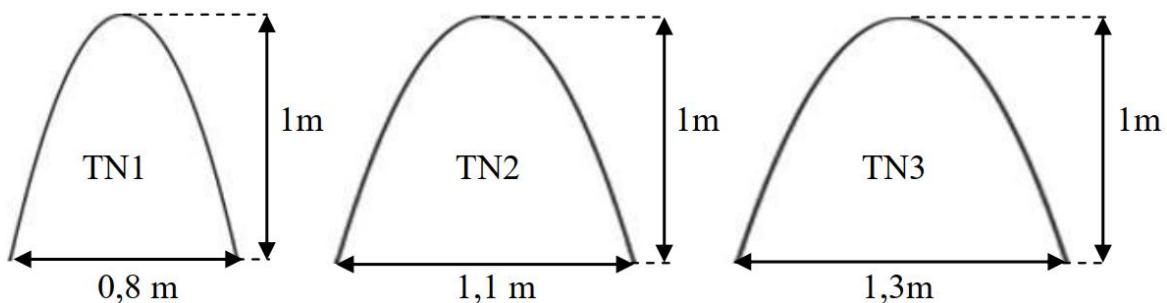
Ghi chú: TN1 = bùn – rơm – phân gà (với kích thước đóng ủ 0,5 m3); TN2 = bùn – rơm – phân gà (với kích thước đóng ủ 1 m3); TN3 = bùn – rơm – phân gà (với kích thước đóng ủ 1,5 m3).

c. Quá trình thí nghiệm

Bố trí thí nghiệm

Bố trí thí nghiệm theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên ở các thể tích: V1 = 0,5m³, V2 = 1m³, V3 = 1,5m³, đồng ủ dạng hình chóp với chiều cao 1m, trải bạt phía dưới để ngăn cách phần đất và nguyên liệu ủ đồng thời phủ bạt xung quanh đồng ủ.

Thí nghiệm gồm 3 lần lặp lại với 3 kích thước khác nhau:



Hình 1 Bố trí thí nghiệm

- Thí nghiệm 1 (TN1): bùn + phân gà + rơm (V1)
- Thí nghiệm 2 (TN2): bùn + phân gà + rơm (V2)
- Thí nghiệm 3 (TN3): bùn + phân gà + rơm (V3)

Các thí nghiệm đều cho Trichoderma vào để đẩy nhanh quá trình phân hủy của rơm.

Khu bố trí thí nghiệm được trải bạt nhựa để ngăn cách giữa đất và đồng ủ, phía trên che lưới để tránh ánh nắng chiếu trực tiếp vào các đồng ủ. Cân lần lượt khối lượng tươi của bùn, rơm, phân gà theo tỷ lệ 16 kg bùn cống thái : 6,3 kg rơm : 2,3 kg phân gà, sau đó trộn đều các nguyên liệu ủ với nhau và cho vào thùng 0,1m³ để xác định thể tích rồi đổ ra điểm bố trí thí nghiệm. Thực hiện cân, đảo trộn và đong thể tích các nguyên liệu ủ cho các đồng ủ có thể tích 0,5 m³, 1 m³ và 1,5 m³. Hòa tan nấm *Trichoderma* với hàm lượng 20 – 30 g/m³ ủ vào nước và tưới đều lên các đồng ủ ngay khi bắt đầu ủ. Bổ sung nước để các đồng ủ đạt ẩm độ 60-70% (nước vừa rịn kẽ tay). Các đồng ủ được bố trí theo dạng hình chóp với chiều cao cố định 1m, độ dốc khoảng 450 - 600. Trong quá trình ủ, phủ bạt xung quanh đồng ủ nhằm giúp nhiệt độ không bị thoát ra ngoài và giảm quá trình bốc hơi nước nhưng vẫn đảm bảo được độ thông thoáng giúp trao đổi khí và nhiệt tốt. Sau đó, che lại bằng một tấm bạt lớn có độ dốc để tránh mưa và đọng nước. Giữa các đồng ủ cách nhau 0,5 m và đều được trải bạt riêng tránh lây nhiễm giữa các đồng ủ.

Xói đảo: trong 30 ngày đầu, các đồng ủ được xói đảo 1 tuần/lần nhằm cung cấp oxy để các vi sinh vật hiếu khí hoạt động, tạo sự tiếp xúc đồng đều giữa các nguyên liệu ủ với nhiệt độ cao trong lòng của đồng ủ đồng thời làm cho các nguyên liệu được tơi nát. Trong quá trình xói đảo, kiểm tra ẩm độ và tiến hành thêm nước để điều chỉnh ẩm độ ở khoảng 60 - 70%, trộn thật kỹ và bố trí lại đồng ủ theo dạng hình chóp. Từ tuần thứ

5, ngưng thêm nước để phân giảm ẩm độ dần. Đến ngày 45, ẩm độ các đống ủ còn khá cao, tiến hành xới đảo 3 lần/tuần. Đến ngày 60, ẩm độ của phân đạt 30 – 35%, ngừng xới đảo.

Lượng nước được bổ sung sau mỗi lần xới đảo để điều chỉnh ẩm độ đạt 60-70% được tính theo công thức sau: $\frac{X + M}{X + B} * 100 = A$

Trong đó: A: Ẩm độ cần đạt,

B: Khối lượng chất thải khi ẩm độ chưa đạt,

M: Ẩm độ hỗn hợp trước khi thêm nước,

Phương pháp lấy mẫu và phân tích mẫu

Phương pháp thu mẫu

- Mẫu bùn: bùn được thu theo độ sâu 0 – 30 cm. Mẫu bùn được thu từ trái sang phải theo hình zít zắt, thu dọc theo chiều dài bãi đỗ với trọng lượng khoảng 500 g. Sau đó đưa về phòng thí nghiệm để phân tích các chỉ tiêu.
- Mẫu rơm: rơm được lấy từ các hộ gia đình sau thu hoạch khoảng 30 ngày.
- Mẫu phân gà: thu từ các trại gà tại thành phố Cần Thơ.
- Mẫu nguyên liệu đầu vào: lấy mẫu đại diện của từng nguyên liệu (bùn công thải, rơm, phân gà) chứa trong túi nilon và chuyển về phòng thí nghiệm.
- Mẫu vật liệu phôi trộn: sau khi phôi trộn đều, trong từng thí nghiệm mẫu được lấy ngẫu nhiên nhiều điểm và trộn lại thành 1 mẫu. Mẫu được chứa trong túi nilon, ký hiệu theo quy định và chuyển về phòng thí nghiệm.

Thời gian thu mẫu phân tích các chỉ tiêu: Ẩm độ, tỷ lệ C/N, pH, nhiệt độ, tổng Cacbon, tổng Nitơ, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, lân đê tiêu, tổng Photpho, Kali, *E. Coli*, mật độ *Salmonella*, kim loại nặng (Cd, Pb) được trình bày chi tiết như sau:

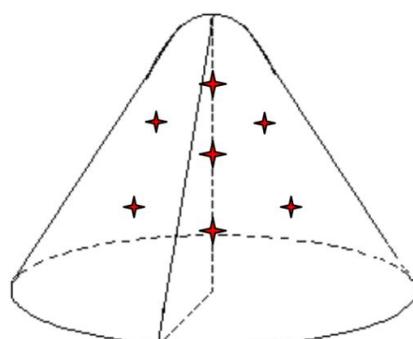
Stt	Chỉ tiêu	Mẫu trước ủ			Mẫu trong quá trình ủ								
		Bùn cống	Phân gà	Rơm	1	7	15	22	30	37	45	52	60
1	pH				X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Âm độ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	TN	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	TP				X		X		X		X		X
6	N-NO ₃ ⁻				X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	N-NH ₄ ⁺				X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Lân dẽ tiêu				X						X		
9	<i>E. Coli</i>				X								X
10	<i>Salmonella</i>				X								X
11	Cd	X			X								X
12	Pb	X			X								X
13	Thể tích đồng ủ				X	X	X	X	X	X	X	X	X

Bảng 10 Tần số phân tích các chỉ tiêu theo dõi của mẻ ủ

3.3.4 Phương pháp phân tích

Các chỉ tiêu được phân tích tại Trung Tâm Ứng Dụng Khoa Học Công Nghệ thành phố Cần Thơ.

- pH: được theo dõi 1 tuần/lần
- Âm độ: được theo dõi 1 tuần/lần, trong 30 ngày đầu âm độ của các nghiệm thức được duy trì trong khoảng 60 – 70%, theo dõi âm độ sau mỗi lần xới đảo để bổ sung nước giúp duy trì âm độ vì độ thông thoáng trong rơm cao, nên khả năng giữ ẩm trong rơm thấp. Từ ngày thứ 30, các nghiệm thức ngừng thêm nước để âm độ giảm dần.
- Nhiệt độ: được theo dõi 1 ngày/lần vào lúc 8h sáng, bằng nhiệt kế thủy tinh 1000C tại các vị trí khác nhau của đồng ủ (hình 3.2).



Hình 2 Vị trí đo nhiệt độ khói ủ

a. Phân tích mẫu thực vật

- Âm độ: cân trọng lượng mẫu trước và sau khi sấy để xác định âm độ của mẫu.
- Đạm tổng số: được xác định bằng phương pháp Kjeldahl.
- Lân tổng số: được vô cơ hóa bằng H₂SO₄ đậm đặc và H₂O₂ với sự hiện diện của acid salicylic. So màu bằng Amonium molipdate-acid arcobic bước sóng 880 nm.
- Xác định tổng Carbon: bằng phương pháp tro hóa. Nung mẫu ở 5500C trong 1 giờ, sau đó đặt vào bình hút ẩm đến nhiệt độ phòng. Với khoảng chấp nhận sai số từ 2 - 10%, tính được carbon của nguyên liệu theo công thức:

$$\%C = (100 - \%tro)/1,724 \text{ Trong đó: } 1,724: \text{ chất hữu cơ chứa } 58\% \text{ C}$$

b. Phân tích mẫu đất và phân hữu cơ

- pH: tỉ lệ trích 1:2,5. Đo bằng máy pH kế
- Đạm tổng số: xác định bằng phương pháp chưng cất Kjeldahl.
- Đạm N-NH₄⁺, N-NO₃⁻: trích bằng dung dịch muối KCL 2M theo tỉ lệ 1:10. Lắc trong 1h, ly tâm và lọc lấy dung dịch trong phân tích.
 - + Đạm NH₄⁺: xác định theo phương pháp Indophenol blue và so màu ở bước sóng 640nm (Kiyoshi kawamura, 1987)
 - + Đạm NO₃⁻: xác định theo phương pháp VCl₃ ở bước sóng 543 nm (Markus D.K et al., 1985)
- Lân tổng số (TP): vô cơ hóa mẫu đất bằng H₂SO₄ và HClO₄, so màu Amonium molipdate-acid arcobic ở bước sóng 880 nm
- Hàm lượng lân dễ tiêu: phương pháp Olsen (1954). Lân dễ tiêu trong đất được xác định bằng cách trích đất với dung dịch NaHCO₃ 0,5M ở pH bằng 8,5 với tỷ lệ đất:dung môi là 1:20 và thời gian lắc 30 phút. Dung môi NaHCO₃ 0,5M ở pH 8,5 chủ yếu hòa tan lân ở dạng FeSO₄, AlPO₄ và một ít Ca₃(PO₄)₂. Hàm lượng lân dễ tiêu trong dung dịch trích được xác định bằng phương pháp so màu Amonium molipdate-acid arcobic ở bước sóng 880nm
- Kali tổng: đo trên máy hấp thu nguyên tử Hitachi 180 khi trích bằng dung dịch BaCl₂
 - Kim loại nặng (Pb, Cd): Sử dụng máy hấp thu nguyên tử đầu đốt graphic để xác định hàm lượng kim loại nặng.
 - Đường kính hạt: xác định bằng phương pháp qua rây bằng cách cân khối lượng của từng đồng và sàng qua rây với kích cỡ 4-5 mm. Cân lượng phân bón lọt qua rây.

c. Phân tích vi sinh

- Nấm *Trichoderma* được đếm trong môi trường chọn lọc *Trichoderma* TSM (Trichoderma selective medium) (Askew and Laing, 1993). Thành phần môi trường TSM/1 lít: MgSO₄ (0,2 g), K₂HPO₄ (0,9 g), KCl (0,15 g), glucose (3 g), Rose Bengal (0,15 g), Agar (20 g), nước cất (1000 mL), pH (6,5 – 6,8).

- *E. Coli* được đếm bằng phương pháp Most Probable Number (MPN) sử dụng môi trường Lauryl Sulphate Broth (LSB) và EC ủ tương ứng ở nhiệt độ 34,5 và 44,50C.

+ Thành phần môi trường LSB/1 lít: Tryptone (20,0 g), Lactose (5 g), K₂HPO₄ (K₂HPO₄.3H₂O (2,75 g), K₂HPO₄ (2,75 g), NaCl (5 g), Solium laurylm(0,1 g).

+ Thành phần môi trường EC/1 lít: Tryptone hoặc Trypticase (20 g), Lactose (5 g), Bile salts mixture hoặc bile salts no (1,5 g), K₂HPO₄ (4 g), NaCl (5 g).

3.3.5 Phương pháp tổng hợp và xử lý số liệu

Các kết quả sau khi khảo sát chính thức được tổng hợp hiệu chỉnh số liệu thu thập nhằm đảm bảo số mẫu khảo sát đại diện. Ngoài ra, đề tài kiểm tra dị biệt giúp kết quả kiểm định đúng hướng nghiên cứu thực hiện thống kê tần số (Frequency) với dữ liệu cung cấp đạt p-value > 0.05.

3.3.6 Phương pháp phân tích và đánh giá

Nghiên cứu sử dụng phần mềm SPSS cho các phân tích T-test, hồi quy nhằm: đánh giá độ tin cậy thang đo của các tiêu chí, đánh giá mức độ đáp ứng. Đánh giá thực trạng phát triển, nhu cầu, khó khăn, thuận lợi, định hướng và mức độ đồng ý của người dân, cán bộ/nhà quản lý lĩnh vực trong phạm vi nghiên cứu.

3.3.7. Phân tích phương sai T-test

Thực hiện phân tích phương sai T-test nhằm kiểm định có hay không sự khác biệt của giá trị trung bình đánh giá của chuyên gia, người dân được khảo sát về mức độ đáp ứng các tiêu chí của kỹ thuật đô thị với một giá trị cụ thể. Thực hiện phép kiểm định giả thiết về trung bình của tổng thể, so sánh giá trị trung bình của một tổng thể với một giá trị cụ thể bằng cách sử dụng One Samples T-test (kiểm định một mẫu) trong SPSS.

Đặc giả thuyết H₀ = Giá trị trung bình đánh giá của người dân, chuyên gia về tác động kỹ thuật đô thị bằng một giá trị và đại diện cho tổng thể. Chọn độ tin cậy được sử dụng là 95% với α = 0,05. Trường hợp giá trị t với mức ý nghĩa p-value < α thì bác bỏ H₀, ngược lại chấp nhận H₀.

CHƯƠNG 4. DỰ KIẾN KẾT QUẢ THẢO LUẬN

4.1 Dự kiến kết quả thực hiện

- Xác định được thực trạng quản lý và xử lý bùn thải ở Đồng bằng sông Cửu Long hiện nay;

- Đề xuất phương quản lý và xử lý bùn thải hiệu quả ở TP Cần Thơ.

Tận dụng lượng bùn cống rãnh để tạo phân bón phục vụ cho nông nghiệp góp phần hạn chế tác động của bùn cống rãnh đến môi trường và hạn chế việc sử dụng phân bón hóa học trong nông nghiệp

4.2 Kế hoạch thực hiện

Bảng 11 Kế hoạch thực hiện

STT	Kế hoạch thực hiện	Tháng 11/2025				Tháng 12/2025				Tháng 1/2026				Tháng 2/2026				Tháng 3/2026				Tháng 4/2026				Tháng 5/2026				Tháng 6/2026					
		T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
1	Thu thập và tổng hợp tài liệu các liên quan	x	x																																
2	Viết đề cương nghiên cứu			x	x																														
3	Chuẩn bị nguyên vật liệu cho ủ phân compost					x	x																												
4	Phân tích mẫu							x	x																										
5	Tiến hành ủ							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
6	Phân tích theo dõi các chỉ tiêu							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
7	Đảo trộn							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
8	Tổng hợp số liệu																			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
9	Nhập, chuẩn hóa số liệu																			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
10	Phân tích phương sai T-test																							x											
11	Đánh giá số liệu																								x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
12	Đề xuất giải pháp																									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
13	Viết báo cáo																									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
14	Chỉnh sửa, hoàn thiện báo cáo																									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Chữ ký học viên thực hiện
(Chữ ký, và họ tên)

Chữ ký cán bộ hướng dẫn
(Chữ ký, và họ tên)

Xác nhận Bộ môn
(Chữ ký, và họ tên)

Nguyễn Thị Thu Ngân

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2002), Tiêu chuẩn ngành 10 TCN 526 - 2002 Phân hữu cơ vi sinh vật từ rác thải sinh hoạt, Hà Nội.

Cao Văn Phụng, Stephanie Brich, Nguyễn Thúy Tiên và Richard Bell (2010), Xử lý chất thải rắn bằng nuôi trùn đất – bao gồm tiềm năng về thị trường và sản phẩm thu hồi phân trùn và trùn đất làm thức ăn cho cá, phân tích tài chính và lợi ích cho tiêu nông, Viện lúa ĐBSCL, Thành phố Cần Thơ.

Đoàn Thị Trúc Linh (2012), *Nghiên cứu sử dụng nấm Trichoderma ủ bùn công thải phối trộn với vật liệu hữu cơ*, Luận văn thạc sĩ Khoa học môi trường, Đại học Cần Thơ.

Dương Đức Hiếu (2005), *Nghiên cứu ứng dụng một số chế phẩm vi sinh để xử lý rác sinh hoạt thành compost*, Luận văn thạc sĩ Khoa học môi trường, Đại học Quốc gia, Thành phố Hồ Chí Minh.

Dương Minh Viễn, Trần Kim Tính và Võ Thị Guong (2011), *Ủ phân hữu cơ vi sinh và hiệu quả trong cải thiện năng suất cây trồng và chất lượng đất*, NXB Nông nghiệp.

Đoàn Thị Trúc Linh (2012), *Nghiên cứu sử dụng nấm Trichoderma ủ bùn công thải phối trộn với vật liệu hữu cơ*, Luận văn thạc sĩ Khoa học môi trường, Đại học Cần Thơ.

Hà Thành Toàn (2010), “Xử lý rác thải sinh hoạt trong thành phố Cần Thơ bằng chế phẩm sinh học”, *Báo cáo tổng hợp kết quả khoa học công nghệ đề tài*, Đại học Cần Thơ.

Hoàng Trung Hiếu (2011), *Hiện trạng quản lý bùn công rãnh, kênh rạch nội thành thành phố Hồ Chí Minh và đề xuất một số giải pháp công nghệ tái chế xử lý*, Luận văn tốt nghiệp ngành Công nghệ sinh học, Đại học Kỹ thuật Công nghệ thành phố Hồ Chí Minh.

Lâm Minh Triết, Nguyễn Thanh Hùng và Nguyễn Phước Dân (2006), *Xử lý nước thải đô thị và công nghiệp, Tính toán thiết kế công trình*, NXB Đại học Quốc Gia, TP. Hồ Chí Minh.

Lâm Minh Triết và Lê Hoàng Việt (2009), *Vi sinh vật nước và nước thải*, NXB Xây Dựng Hà Nội.

Lâm Thị Hẹn và Phạm Anh Thi, 2011. Nghiên cứu xử lý bùn sau hệ thống xử lý nước thải thủy sản bằng biện pháp ủ phân compost trong điều kiện kỹ khí và hiếu khí. Luận văn đại học chuyên ngành Kỹ thuật Môi Trường. ĐHCT.

Lê Hoàng Việt (1998), *Giáo trình Quản lý và xử lý chất thải rắn*, Đại học Cần Thơ, Cần Thơ.

Lê Hoàng Việt (2003), *Giáo trình phương pháp xử lý nước thải*, Đại học Cần Thơ.

Lê Thanh Hải (2006), “*Nghiên cứu xử lý và tái sử dụng một số loại bùn thải chứa kim loại nặng bùng ứng dụng quá trình ổn định hóa rắn*”, Tạp chí Phát triển KH&CN, Đại học Quốc gia, TP. Hồ Chí Minh, 10(1), tr,55 - 62.

Lê Thị Thanh Chi, Võ Thị Gương và Joachim Clemens (2010), “*Tác dụng của phân hữu cơ từ hầm ủ biogas trong cải thiện độ phì nhiêu đất và năng suất cây trồng*”, *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ, 2010:13 160 – 169.*

Lê Văn Bình (2009), *Dánh giá đặc điểm hóa sinh của bùn công thải ở thành phố Cần Thơ*, Luận văn tốt nghiệp chuyên ngành Khoa học môi trường, Đại học Cần Thơ.

Lê Văn Căn (1982), *Phân chuồng*, Viện Khoa học kỹ thuật nông nghiệp Việt Nam, NXB Nông nghiệp.

Lữ Văn Phước Lượng (2008), *Nghiên cứu ảnh hưởng của ty số C:N, âm độ và kích thước của rác hữu cơ đến lượng khí CH₄, CO₂, NH₃ sinh ra và chất lượng của phân compost tại Cần Thơ*, Luận văn thạc sĩ Khoa học môi trường, Đại học Cần Thơ.

Nguyễn Đức Lượng và Nguyễn Thị Thùy Dương (2003), *Công nghệ sinh học môi trường*, Tập 2, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh.

Nguyễn Đức Lượng (2003), *Công nghệ sinh học*, Nhà xuất bản Đại học quốc gia thành phố Hồ Chí Minh.

Nguyễn Văn Phuộc (2008), *Giáo trình quản lý và xử lý chất thải rắn*, NXB Xây Dựng Hà Nội.

Nguyễn Hữu Chiếm, Bùi Thị Mai Phụng, Thân Văn Thuận và Trần Minh Khoa (2006), *So sánh khả năng phân hủy chất hữu cơ khi sử dụng các chất mồi khác nhau trong ủ phân compost*, Tuyển tập công trình nghiên cứu khoa học Khoa Nông nghiệp và Sinh học ứng dụng, Đại học Cần Thơ.

Nguyễn Lê Phương (2011), *Nghiên cứu xử lý bùn ao nuôi cá tra để làm phân hữu cơ*, Luận văn Thạc sĩ Khoa học Môi trường, Đại học Cần Thơ.

Nguyễn Mai Trung (2010), *Xử lý hỗn hợp bùn hầm cầu thành phân bón compost*, Luận văn cao học, Đại học Quốc gia, Thành phố Hồ Chí Minh.

Nguyễn Thanh Hiếu (2003), *Phân hữu cơ, phân vi sinh và phân ủ*, Viện nghiên cứu và Phổ biến kiến thức bách khoa, NXB Nghệ An.

Nguyễn Thị Lan (1998), *Đánh giá chất lượng bùn đáy nạo vét tuyến rạch Bến Nghé – kênh Tàu Hủ - kênh Lò Gốm TP. HCM và khả năng khai thác, tận dụng lượng bùn đáy này*, Báo cáo tóm tắt thuyết minh đề tài, Viện Kinh tế Xã hội thành phố Hồ Chí Minh.

Nguyễn Thụy Bảo Uyên (2011), *Khảo sát, đánh giá thành phần rắn và lỏng của các loại phân compost khác nhau*, Luận văn Thạc sĩ Khoa học Môi trường, Đại học Cần Thơ.

Nguyễn Xuân Lộc (2009), *Đánh giá hiện trạng bùn cống thải ở nội ô thành phố Cần Thơ*, Đề tài cấp trường, Đại học Cần Thơ.

Trần Dương Xuân Vĩnh (2009), *Nghiên cứu quy trình xử lý bùn thải đáy ao nuôi cá tra thảm canh bằng trùn Peryonyx excavatus để sản xuất phân hữu cơ*, Luận văn thạc sĩ Khoa học môi trường, Đại học Cần Thơ.

Trần Thị Thu Hà (2009), *Bài giảng Khoa học phân bón*, Đại học Nông lâm Huế.

Trần Văn Khoa và Thân Văn Thuận (2005), *So sánh khả năng phân hủy chất hữu cơ khi sử dụng các chất mồi khác nhau trong ủ phân compost*, Luận văn tốt nghiệp ngành Môi trường, Đại học Cần Thơ.

Võ Hoài Chân (2008), *Hiệu quả của phân hữu cơ từ mìn dừa trên năng suất bắp trồng trên đất trồng nghèo dinh dưỡng*, Luận án thạc sĩ khoa học Đất, Khoa NN và SHUD - ĐHCT

Võ Quốc Bảo (2010), *Sản xuất phân hữu cơ vi sinh từ rễ lục bình kết hợp với các nguồn chất thải hữu cơ khác và hiệu quả trên cây trồng*, Luận văn Thạc sĩ Khoa học, Đại học Cần Thơ.

Tiếng Anh

Alberta Environmental Protection and Action on Waste (1998), Taking Action Through Backyard Composting to Reduce Household Waste, 518(1),

Alexander, M., (1961), *Microbial Ecology*, Jonh Wiley and Sons, New York and London, p,207 – 223.

Banout, J., , B, Lojka, N, Matouskova, Z, Polesny and J, Lojkova (2008), “Investigation of Imperata sp, as a Primary Feedstock for Compost Production in Ucayali region, Peru”, *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 109(2), p,113 - 121,

Beffa, T., Blanc M, Lyon PF, Vogt G, Marchiani M, Fischer JL et al. (1996), “Isolation of Thermus strains from hot composts (60 to 80 degrees C)”, *Applied and environmental microbiology*, 62, p,1723 - 1727.

Burge, W.D., Cramer W.N. and Epstein E, 1978. Destruction of pathogens in sewage sludge by composting. Trans ASEA 1978: 510 - 514.

Chongrak, P., (1989), *Organic waste recycling*, Copyright by John Wiley and Sons Ltd,

Danielson, R.M. and C.B. Davey, 1973. Carbon and nitrogen nutrition in Trichoderma. As quote by Kubicek-Pranz, E. M., 1998. Nutrition, cellular structure and basic metabolic pathways in Trichoderma and Gliocladium. Soil Biol. Biochem. 5: 506 – 515.

Fytilli, D., and A, Zabaniotou (2006), “Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods - A review”, *Renewable and Sustainable Energy*, 12, p,116 - 140,

George, T., (2003), “Solid Waste Management”, *Environmental Engineering*, John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 5, p,755 - 888,

Haque, A.K.M.A. and J.M. Vandepopuliere. 1994. Compost cage layer manure with poultry litter. Applied Poultry Research 3: 268 - 273.

Larney, F.J., Hao (2007), A review of composting as a management alternative for beef cattle feedlot manure in Southern Alberta, Canada, *Biosource Technology*98:3221 - 3227.

Magalhaes, A. M. T., P. J. Shea, M. D. Jawson, E. A. Wicklund, D. W. Nelson (1993), Practical Simulation of Composting in the Laboratory, *Waste Management & Research*, 11(2):143 - 154.

Marcro, d. B, P. Sequi, B. Lemmes and T. Papi (1996) The Science of Composting. Published by Chapman and Hall. Page 50 - 58, 96 - 105, 224 – 244.

Metcalf and Eddy, Inc., (1991), *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*, 4th edition, McGraw hill, New York.

Nation Engineering Handbook (2000), Composting, Chapter 2, Natural resources Conservation Service, United States Department of Agriculture

Nishant, R., and G,E, Hans (1995), “Effect of C:N ratio and moisture content on the composting of poplar wood”, *Biotechnology letters*, 17, p,889 - 892,

Robert, C. H., Karen M. Mancl, Harold M. Keener, Harry A. J. Hoitink (1995), The Composting Process, , Bulletin 792, The Ohio State University

Robert, R., Maarten van de Kamp, George B, Willson, Mark E, Singley, Tom L,Richad, John J, Kolega *et al.* (1992), On-Farm composting handbook, Northeast

Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension, Ithaca, NY 14853 - 5701.

Rudat, H., U. Sabel-Koschella, R. Niemeyer, S. Sanders and C. Werner (1999), "Utilisation of organic waste in (peri-)urban centres", gtz / GFA-Umwelt, Bonn / Eschborn.

Nguồn internet

Bộ Tài nguyên và Môi trường Việt Nam (2025),
[htTP://www.monre.gov.vn/v35/default.aspx?tabid=428&cateID=24&id=45703&code=YGIS945703](http://www.monre.gov.vn/v35/default.aspx?tabid=428&cateID=24&id=45703&code=YGIS945703), Cập nhật ngày 13/10/2025

Cổng thông tin điện tử Vĩnh Long (2025),

[htTP://www.vinlong.gov.vn/](http://www.vinlong.gov.vn/)

[htTP://caolanhc city.gov.vn/](http://caolanhc city.gov.vn/)

Cổng thông tin điện tử TP. Cần Thơ (2025),

[htTP://cantho.gov.vn/wps/portal/](http://cantho.gov.vn/wps/portal/)