

MỤC LỤC

PHẦN 1: MỞ ĐẦU	4
1. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI.....	4
2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU	5
3. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU	5
4. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU	6
5. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	6
5.1. PHÂN TÍCH HÓA-LÝ CỦA BÙN.....	6
5.2. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH VI SINH.....	6
5.3. THIẾT LẬP MÔ HÌNH XỬ LÝ BÙN.....	6
PHẦN 2: NỘI DUNG	8
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN KHU VỰC NGHIÊN CỨU.....	8
1.1. ĐẶC ĐIỂM TỰ NHIÊN KÊNH TÂN HÓA – LÒ GỐM.....	8
1.2. BÙN Ô NHIỄM DẦU KHOÁNG KÊNH TÂN HÓA – LÒ GỐM.....	9
1.2.1. Hiện trạng ô nhiễm dầu khoáng kênh Tân Hóa - Lò Gốm, Cầu Hậu Giang	9
1.2.2. Nguyên nhân ô nhiễm.....	10
1.3. ẢNH HƯỞNG CỦA BÙN Ô NHIỄM DẦU ĐẾN MÔI TRƯỜNG	11
1.3.1. Ô nhiễm bùn – nước	11
1.3.2. Ảnh hưởng của dầu đến khu vực thải bỏ bùn.....	12
1.3.3. Ảnh hưởng đến hệ sinh thái.....	12
CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN TÀI LIỆU	13
2.1. CÁC NHÓM VI SINH VẬT CÓ KHẢ NĂNG PHÂN HỦY DẦU KHOÁNG	13
2.1.1. Nhóm vi khuẩn hiếu khí	13
2.1.2. Nhóm vi khuẩn kỵ khí	13
2.1.3. Nhóm nấm	14
2.2. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN SỰ PHÂN HỦY SINH HỌC CỦA DẦU KHOÁNG	14
2.2.1. Oxy	14

2.2.2. Nhiệt độ	15
2.2.3. Các chất dinh dưỡng.....	15
2.2.4 Ảnh hưởng của chất hoạt động bề mặt sinh học.....	16
2.2.5. Các nhân tố khác.....	16
2.3. CÔNG NGHỆ SINH HỌC XỬ LÝ Bùn Ô NHIỄM DẦU	16
2.3.1. Kỹ thuật xử lý	16
2.3.2. Công nghệ.....	17
CHƯƠNG 3: VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	18
3.1. VẬT LIỆU NGHIÊN CỨU	18
3.1.1. Mẫu bùn.....	18
3.1.2. Các thành phần phối trộn thêm.....	19
3.2. HÓA CHẤT, DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM	19
3.2.1. Hóa chất.....	19
3.2.2. Dụng cụ và thiết bị	20
3.3.3. Thiết kế mô hình.....	20
3.3.3.1. Mô hình khô.....	20
3.3.3.2. Mô hình ướt.....	24
3.3.3.3. Mô hình bán ướt	25
CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ – THẢO LUẬN	27
4.1. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH MÔ HÌNH KHÔ	27
4.1.1. Bùn đầu vào	27
4.1.2. Kết quả phân tích mô hình thí nghiệm	27
4.1.2.1. pH	27
4.1.2.2. Độ ẩm	28
4.1.2.3. Tổng vi khuẩn hiếu khí (TVKHK)	28
4.1.2.4. Tổng vi khuẩn hiếu khí phân hủy dầu (TVKHKPHD)	29
4.1.2.5. Tổng vi nấm.....	30
4.1.2.6. Tổng xạ khuẩn	30

4.1.2.7. Tổng vi khuẩn kỵ khí (TVKKK)	31
4.1.2.8. Hàm lượng dầu	31
4.2. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH MÔ HÌNH ƯỚT	33
4.2.1. Bùn đầu vào	33
4.2.2. Kết quả mô hình thí nghiệm	33
4.2.2.1. pH và DO	33
4.2.2.2. Tổng vi khuẩn hiếu khí	33
4.2.2.3. Hàm lượng dầu	34
4.3. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH MÔ HÌNH BÁN ƯỚT	35
4.3.1. Bùn đầu vào	35
4.3.2. Kết quả phân tích mô hình bán ướt	35
4.3.2.1. Tổng vi khuẩn hiếu khí	35
4.3.2.2. Hàm lượng dầu	36
CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	37
5.1. KẾT LUẬN	37
5.2. KIẾN NGHỊ	38
TÀI LIỆU THAM KHẢO	40

PHẦN 1: MỞ ĐẦU

1. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

Ngày nay, đi đôi với việc kinh tế - xã hội phát triển thì Thành phố Hồ Chí Minh (Tp. HCM) gặp phải vấn đề ô nhiễm môi trường ngày càng trầm trọng, kênh rạch Thành phố chịu sự ô nhiễm này là rõ ràng nhất. Ngoài ô nhiễm chất thải rắn, kênh rạch còn ô nhiễm nước thải. Nước kênh rạch ô nhiễm nhiều chất vô cơ hòa tan, hữu cơ, dầu và vi sinh ngày càng nặng nề hơn. Theo tài liệu của Sở Tài Môi trường Tp. HCM, trung bình mỗi ngày Thành phố có gần 3.000 tấn bùn thải nhưng không được xử lý, tái chế. Bùn thải chủ yếu được tập trung ở 2 bãi đổ bùn: Vườn Lan (Quận Tân Bình) và Phạm Văn Hai (Huyện Bình Chánh), dùng san lấp đường (Quận 7), và khu dân cư (Quận 2)... gây ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng sức khỏe dân khu vực[32],[34].

Bùn nạo vét (hay bùn thải) kênh rạch thường đa dạng về thành phần các chất ô nhiễm do các hoạt động kinh doanh, sản xuất và sinh hoạt của con người. Các chất ô nhiễm được xả thải trực tiếp xuống kênh rạch không qua xử lý. Bùn thải gây ô nhiễm môi trường (đất, nước, không khí) và ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng khu vực. Tuy nhiên, công tác quản lý bùn thải của Thành phố là một trong những vấn đề mới, cho nên, dù đã quy hoạch khu liên hợp xử lý, tái chế chất thải rắn... nhưng vẫn chưa có quy hoạch khu vực xử lý bùn thải [31],[32],[34].

Kênh Hậu Giang, một phần của hệ thống kênh Tân Hóa – Lò Gốm, Quận 6, Tp. HCM là một trong những con kênh chết vì tác động của con người. Bùn kênh Tân Hóa – Lò Gốm chứa nhiều chủng loại chất thải và rất ô nhiễm. Theo khảo sát của tiến sĩ Lê Phi Nga và cộng sự thì hàm lượng dầu khoáng trong bùn kênh Tân Hóa – Lò Gốm, vị trí cầu Hậu Giang là 4.326 mg/kg và cầu Hòa Bình là 4.4269 mg/kg. Thành phần hydrocacbon dầu khoáng trong bùn chủ yếu gồm 4 nhóm chính: hydrocacbon thẳng, hydrocacbon mạch vòng, resin và asphatenes. Trong vấn đề xử lý hàm lượng dầu khoáng trong bùn,

tức là giảm thiểu các thành phần gây độc và ô nhiễm cho môi trường và con người. Công nghệ sinh học được lựa chọn cho công tác xử lý bùn ô nhiễm dầu khoáng vì tính thân thiện với môi trường [3], [4], [28].

Công nghệ sinh học ứng dụng sự sinh trưởng và phát triển của vi sinh vật (VSV), chất ô nhiễm sẽ được VSV đồng hóa hay dị hóa tạo năng lượng và sinh khối. Trong quá trình sống, VSV phân hủy chất ô nhiễm theo cơ chế trực tiếp hay gián tiếp. Nhiều VSV có thể sử dụng hydrocacbon trong dầu khoáng làm nguồn cacbon và nguồn năng lượng. Trong quá trình này hydrocacbon bị oxy hóa, bẻ mạch... đến hợp chất đơn giản hơn và có thể đến sản phẩm cuối cùng là CO_2 , nước và sinh khối. VSV hiếu khí đóng vai trò quan trọng trong quá trình phân hủy hydrocacbon, một số ít VSV kỵ khí tham gia vào quá trình phân hủy hydrocacbon. Khi nguồn hydrocarbon đã tiêu thụ hết thì sinh khối VSV cũng tự bị phân rã theo chu trình sinh hóa và số lượng lại trở về như trong điều kiện ban đầu, không gây ảnh hưởng đến môi trường. [2],[14],[17].

Công nghệ xử lý bùn ô nhiễm dầu bằng phương pháp vi sinh được chọn nghiên cứu xử lý bùn ô nhiễm dầu khoáng kênh Tân Hóa – Lò Gốm. Đề tài “NGHIÊN CỨU XỬ LÝ Ô NHIỄM DẦU KHOÁNG TRONG Bùn THẢI KÊNH TÂN HÓA – LÒ GỐM BẰNG PHƯƠNG PHÁP VI SINH” góp phần vào giải pháp giảm thiểu ô nhiễm dầu khoáng trong bùn thải kênh Tân Hóa-Lò Gốm nói riêng và bùn ô nhiễm dầu khoáng Tp. HCM nói chung.

2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU

Loại bỏ các hydrocacbon trong bùn thải bằng phương pháp vi sinh nhằm giảm thiểu ô nhiễm cho môi trường.

3. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu là bùn ô nhiễm dầu khoáng kênh Tân Hóa – Lò Gốm.

Công cụ xử lý là hệ vi sinh vật phân hủy hydrocacbon.

Phạm vi nghiên cứu là bùn kênh Tân Hóa – Lò Gốm, bùn kênh (hay bùn kênh rạch) được nghiên cứu xử lý trước khi thải bỏ ra hiện trường (hay còn gọi là bùn nạo vét và bùn thải). Vị trí lấy mẫu nghiên cứu ở cầu Hậu Giang, Quận 6, Thành phố Hồ Chí Minh.

Quy mô nghiên cứu: bán pilot, kích thước mô hình là 50cm chiều dài x 50 cm chiều rộng x 20cm chiều cao.

4. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

1. Nghiên cứu thành phần hóa - lý và vi sinh trong mẫu bùn
2. Thử nghiệm mô hình xử lý bùn ô nhiễm dầu quy mô phòng thí nghiệm bán pilot. Đánh giá kết quả nghiên cứu dựa trên hiệu suất phân hủy dầu và các chỉ tiêu hóa lý và vi sinh.
3. Đề xuất mô hình thử nghiệm quy mô pilot.

5. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

5.1. PHÂN TÍCH HÓA-LÝ CỦA BÙN

Xác định hàm lượng dầu trong bùn

Xác định pH, độ ẩm, nitơ tổng, photpho hòa tan, sulphat hòa tan...

5.2. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH VI SINH.

Xác định tổng vi khuẩn hiếu khí.

Xác định tổng vi khuẩn hiếu khí phân hủy dầu.

Xác định vi khuẩn kỵ khí

Xác định tổng vi nấm.

Xác định tổng xạ khuẩn.

5.3. THIẾT LẬP MÔ HÌNH XỬ LÝ BÙN

Mô hình khô: gồm 4 mô hình chi tiết MH1, MH2, MH3, MH4.

- MH1: bùn + vật liệu xốp (rơm và mùn cưa)
- MH2: bùn + vật liệu xốp + chất dinh dưỡng (KH_2PO_4 và K_2HPO_4)
- MH3: bùn + vật liệu xốp + CHĐBMSH
- MH4: bùn + vật liệu xốp + dịch nuôi VSV

Mô hình bán ướt: gồm 2 mô hình chi tiết MHA và MHB

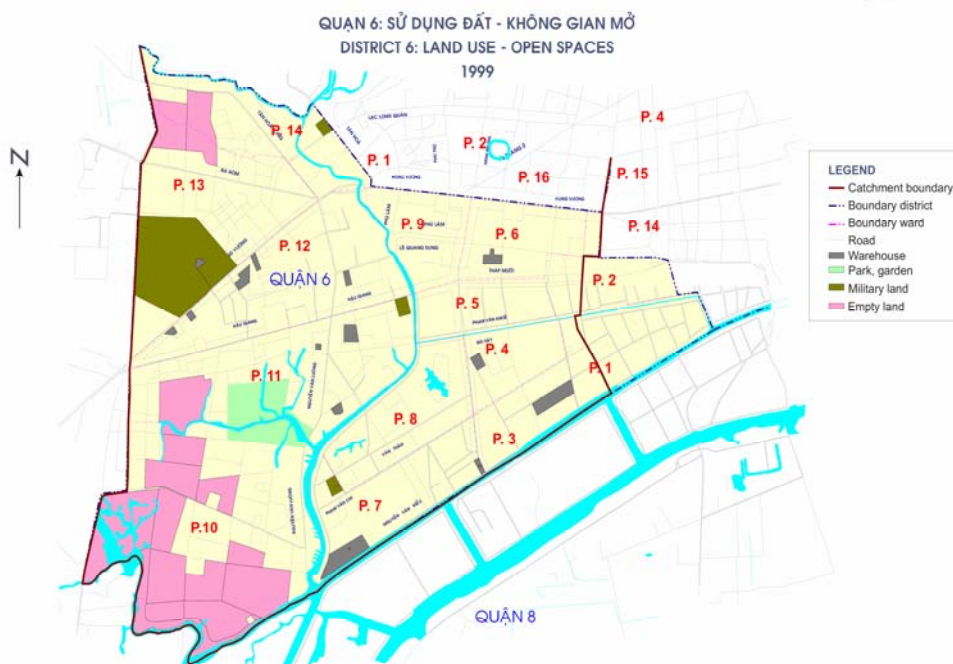
- MHA: Bùn + vật liệu xốp + phân vi sinh
- MHB: Bùn + vật liệu xốp + phân vi sinh + CHĐBMSH

PHẦN 2: NỘI DUNG

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN KHU VỰC NGHIÊN CỨU

1.1. ĐẶC ĐIỂM TỰ NHIÊN KÊNH TÂN HÓA – LÒ GỐM

Kênh Tân Hóa – Lò Gốm là một trong các kênh bị ô nhiễm nghiêm trọng thuộc hệ thống kênh thoát nước của Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM). Lưu vực kênh này rất nhỏ 1.386 ha nhưng bao gồm 5 quận của TP.HCM và có nhiều loại hình sản xuất công nghiệp quy mô nhỏ trong khu vực này[9].



Hình 1.1: Kênh Tân Hóa – Lò Gốm khu vực quận 6.

Lưu vực Tân Hóa - Lò Gốm chia thành hai vùng chính: Một khu đất chính khá cao bao phủ vùng thượng nguồn của kênh (Quận 11 và Tân Bình), phần đất thấp phần lớn nằm ở Quận 6. Nó cũng được xem là rãnh thu nước và thoát nước rất có hiệu quả cho vùng đất có cao độ trên 2m nếu dưới 2m hệ thống thoát nước sẽ bị ảnh hưởng bởi triều.[9]

1.2. Bùn ô nhiễm dầu khoáng kênh Tân Hóa – Lò Gốm

1.2.1. Hiện trạng ô nhiễm dầu khoáng kênh Tân Hóa - Lò Gốm, Cầu Hậu Giang

Hiện trạng ô nhiễm dầu khoáng ở các kênh rạch Thành phố chưa được quan tâm đánh giá mức độ ô nhiễm cũng như nguồn gốc chất ô nhiễm. Theo khảo sát về bùn ô nhiễm ở các kênh rạch Thành phố Hồ Chí Minh của tiến sĩ Lê Phi Nga và cộng sự trong đề tài “*Chất hoạt động bề mặt sinh học sinh ra từ chủng vi khuẩn phân hủy dầu SG7 và khả năng sử dụng trong xử lý bùn ô nhiễm dầu và kim loại nặng quy mô phòng thí nghiệm*”. Tác giả đã xác định được bùn của nhiều kênh rạch Thành phố bị ô nhiễm dầu. Trong đó, kênh Tân Hóa – Lò Gốm có hàm lượng dầu khoáng được xác định ở 2 vị trí: cầu Hậu Giang (4330 mg/kg) và cầu Hòa Bình (4270 mg/kg) là nhiều so với các vị trí ở các kênh rạch khác trong Thành phố[4].

Bảng 1.1: Hàm lượng dầu khoáng khảo sát các kênh rạch Thành phố [4].

KÊNH RẠCH	HÀM LƯỢNG DẦU (mg/kg)
Bình Tây	2570
THLG – Hậu Giang	4330
Cảng Sài Gòn	1310
THLG – Hòa Bình	4270
Cầu Chữ Y	900
Cầu Điện Biên Phủ	1540
Tân Thuận	1740
Cầu Tham Lương	2480
Nguyễn Tri Phương	2860
Cầu Công Lý	4550

Nguồn: Ts. Lê Phi Nga

1.2.2. Nguyên nhân ô nhiễm

Hiện nay, vấn đề bùn ô nhiễm dầu ở các kênh rạch Thành phố vẫn chưa được quan tâm, chưa có những nghiên cứu về thành phần, hàm lượng và nguồn gốc gây ô nhiễm. Những hoạt động có khả năng gây ô nhiễm dầu khoáng đối với hệ thống kênh Tân Hóa – Lò Gốm bao gồm:

Các công ty, xí nghiệp nhỏ hoạt động ven kênh có thể trong quá trình hoạt động sản xuất có sử dụng dầu khoáng và thải bỏ ra kênh rạch. Những hoạt động sản xuất ven kênh có thể là nguyên nhân gây ô nhiễm dầu khoáng: vận chuyển hàng hóa, hành khách, sản xuất khuôn mẫu, sửa xe...

Do mưa cuốn trôi dầu hay từ các cửa cống xả thải vào kênh, hệ thống kênh Tân Hóa – Lò Gốm là điểm cuối của các hệ thống cống của các quận lân cận và quận 6 xả thải. Nhìn chung, bùn kênh Tân Hóa-Lò Gốm, cầu Hậu Giang ô nhiễm dầu chủ yếu là dầu khoáng đã qua sử dụng.



Hình 1.2: Kênh Tân Hóa – Lò Gốm, vị trí cầu Hậu Giang.

Thành phần hydrocacbon của dầu khoáng trong bùn ô nhiễm chủ yếu gồm 4 nhóm chính:

- Hydrocacbon mạch thẳng (parafin) bao gồm hai loại hydrocacbon mạch thẳng và mạch nhánh, chúng có số nguyên tử cacbon từ C_1 đến C_{45} .

- Hydrocacbon mạch vòng bao gồm naphtenic (vòng no) và aromatic (vòng thơm-PAHs). Các hydrocacbon trong dầu được quan tâm xử lý chủ yếu là PAHs vì độc tính đến môi trường và hệ sinh thái, và có thể tồn tại trong đất đến 30 năm [18].

- Resin (nhựa)

- Và asphatenes là những chất chứa đồng thời các nguyên tố C, H, O, N, S có phân tử lượng rất lớn (500 đến 600 đơn vị cacbon trở lên).

Hydrocacbon mạch thẳng phân tử lượng thấp, dễ phân hủy có hàm lượng thấp trong dầu (khoảng 20%), các hydrocacbon khó phân hủy bao gồm hydrocacbon mạch vòng (hơn 40%), còn lại resin và asphatenes [7], [28].

Bên cạnh ô nhiễm dầu khoáng thì ô nhiễm kim loại nặng và hợp chất hữu cơ khó phân hủy khác như các hợp chất có chứa halogen (Polychlorinated biphenyls - PCBs, Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane-DDT...) trong bùn kênh cũng có mối liên hệ đến quá trình xử lý bùn ô nhiễm dầu khoáng. Độc tính của chúng có thể là nguyên nhân kìm hãm sự sinh trưởng và phát triển của hệ VSV phân hủy dầu [4], [31], [33].

1.3. ẢNH HƯỞNG CỦA Bùn Ô NHIỄM DẦU ĐẾN MÔI TRƯỜNG

1.3.1. Ô nhiễm bùn – nước

Dầu khoáng cũng là một trong những nguyên nhân gây ô nhiễm kênh rạch, có thể khẳng định rằng không có động thực vật thủy sinh nào có thể sống trong hệ thống kênh Tân Hóa – Lò Gốm ngoại trừ các VSV. Dầu khoáng xâm nhập vào kênh theo nhiều con đường, nhưng nước kênh pha loãng và phân tán dầu tới nhiều vị trí. Những hydrocacbon phân đoạn nhẹ có thể bay hơi và phân tán mạnh trong giai đoạn này. Những hydrocacbon còn lại sẽ lắng xuống đáy và liên kết với bùn tạo thành hỗn hợp dầu-bùn khó phân hủy và gây ô nhiễm hệ sinh thái kênh rạch.

Ô nhiễm dầu góp phần làm môi trường kênh rạch càng ô nhiễm trầm trọng hơn. Góp phần tạo nên môi trường hầu như kỵ khí phía dưới mặt nước và mùi hôi vô cùng khó chịu. Nếu bùn kênh không được xử lý tốt các nguyên nhân gây ô nhiễm thì sau một thời

gian nạo vét kênh, bùn thải là nỗi kinh hoàng cho môi trường khu vực thải bỏ bùn. [31], [32], [33]

1.3.2. Ảnh hưởng của dầu đến khu vực thải bỏ bùn

Bùn thải kênh rạch thành phố chủ yếu là kỵ khí nên mùi hôi thối khi thải bỏ làm ảnh hưởng đến người dân và môi trường khu vực. Bên cạnh đó thành phần các chất ô nhiễm trong bùn đa dạng và nguy hiểm tới con người và môi trường. Thành phần các chất trong bùn thường là các kim loại nặng và các hợp chất hữu cơ bao gồm dầu khoáng. Những hợp chất này gây nguy hiểm cho môi trường trên mặt đất ngay sau khi bùn được thải bỏ. Khi thấm vào đất chúng có khả năng làm ô nhiễm nguồn nước ngầm.

Khi trên bề mặt có một lớp dầu bao phủ, dù rất mỏng, chỉ 0,2 – 0,5 mm, cũng đủ làm cho môi trường đất bị “ngạt thở”, thiếu không khí, vì các quá trình trao đổi khí bị cắt đứt. Kết quả là các sinh vật (VSV, động thực vật) đều bị thiếu oxy, dẫn đến chết. Lớp dầu này cũng ngăn quá trình trao đổi năng lượng mặt trời của môi trường đất. Khi dầu thấm vào trong đất, chúng là một chất kỵ nước nên đẩy nước ra ngoài, làm cho môi trường đất bị thiếu nước.

Khi dầu xâm nhập vào đất, chúng làm thay đổi kết cấu, đặc tính lý học và hóa học của đất. Dầu thấm qua đất đến mạch nước ngầm sẽ làm ô nhiễm, gây hại nguồn nước ngầm. Dầu là những hợp chất hữu cơ cao phân tử có đặc tính diệt sinh vật. Vì vậy, bất cứ ở đâu khi có dầu thấm vào môi trường đất, chúng đều tiêu diệt một cách trực tiếp hầu hết các thực vật, động vật, nhất là VSV (trừ một số VSV ăn được dầu).

Rõ ràng tác hại của dầu là rất lớn, có thể biến đất thành đất chết [6],[32],[34].

1.3.3. Ảnh hưởng đến hệ sinh thái

Do tính chất hóa học và lý học của dầu mà mức độ ảnh hưởng của chúng đến hệ sinh thái khác nhau. Các loại dầu nhẹ sẽ gây chết hệ động vật và tác động tới sinh trưởng và sinh sản của cây, các loại dầu nặng sẽ gây chết cây dẫn đến sự thay đổi vĩnh viễn môi trường. Sự ô nhiễm dầu kéo dài sẽ ảnh hưởng đến sự ổn định của hệ sinh thái, đặc biệt là hệ thực vật và hệ động vật cư trú ở đó.

CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN TÀI LIỆU

2.1. CÁC NHÓM VI SINH VẬT CÓ KHẢ NĂNG PHÂN HỦY DẦU KHOÁNG

2.1.1. Nhóm vi khuẩn hiếu khí

Phần lớn những vi khuẩn phân hủy các chất ô nhiễm hữu cơ trong môi trường ô nhiễm giàu oxy là những loài vi khuẩn hóa dưỡng hữu cơ, chúng có thể sử dụng các hợp chất hữu cơ tự nhiên hay không do con người tạo ra làm nguồn cacbon duy nhất và nguồn cho điện tử để tạo năng lượng.

Những hydrocarbon mạch ngắn ($< C_9$) gây độc cho hầu hết các vi sinh vật, tuy nhiên những hợp chất này lại dễ dàng bay hơi từ vị trí bị ô nhiễm. Hydrocarbon mạch dài có số cacbon C_{10} - C_{24} gần như dễ dàng bị phân hủy ngay theo nhiều cơ chế. Cơ chế oxy hóa các hợp chất alkan được chia làm 2 kiểu: *Một đầu carbon* (Monoterminal) hoặc *Hai đầu carbon* (Diterminal). *Một đầu* là cơ chế chủ đạo và tạo nên các hợp chất rượu, thành aldehyde rồi thành axit béo tương ứng. Các axit béo có thể tiếp tục bị oxy hóa để tạo nên acetyl-CoA.

2.1.2. Nhóm vi khuẩn kỵ khí

Các hydrocarbon béo bão hòa bị tấn công sinh học một cách chậm chạp trong môi trường không có oxy. Cơ chế sinh hóa của quá trình hoạt hóa các hydrocarbon trong điều kiện không có oxy chỉ mới được biết đến gần đây. Phản ứng hoạt hóa hydrocarbon khởi đầu, về cơ bản, như phản ứng oxy-hóa carbon áp cuối của hydrocarbon bị tấn công gốc phản ứng tạo nên bởi phân tử fumarát và tạo thành dạng trung gian alkyl succinát. Quá trình phân hủy kỵ khí hydrocarbon cũng xảy ra rất chậm, nhưng có thể đóng vai trò nào đó, giả sử như quá trình phân hủy tự nhiên đất ô nhiễm dầu mỏ hay dầu diesel.

Các hydrocarbon không bão hòa có nối đôi ở cuối chuỗi carbon có thể bị hydrat hóa để tạo thành các rượu tương ứng sau đó bị phân hủy hoàn toàn. Đối với các hydrocarbon không bão hòa và phân mạch bị phân hủy trong môi trường tăng sinh của các vi khuẩn

sinh metan, tuy nhiên quá trình phân hủy không hoàn toàn, rất có thể do tạo thành các dạng dẫn xuất mạch nhánh bão hòa[3],[17].

2.1.3. Nhóm nấm

Các hydrocarbon mạch thẳng có số carbon C_{10} - C_{20} là cơ chất thích hợp với hầu hết vi nấm (bao gồm nấm men và mốc). Tiêu biểu cho nấm men phân huỷ n-alkan có *Candida lipolytica*, *Candida tropicalis*, *Rhodotorula rubra* và *Aureobasidium (Trichosporon) pullulans*; về nấm mốc có *Cunninghamella blakesleeana*, *Aspergillus niger* và *Penicillium frequentans*.

Nấm men và nấm mốc ưa oxy hoá n-alkan mạch dài bởi vì hydrocarbon dạng lỏng mạch ngắn ($n.C_5$ - C_9) có độ độc cao. Do các hợp chất hydrocarbon béo không tan trong nước vì vậy nấm tiết ra các chất hoạt động bề mặt để làm nhũ hoá hydrocarbon, tăng diện tích tiếp xúc, dẫn tới tăng khả năng sẵn sàng để chất hữu cơ có thể được vi sinh vật tiếp nhận.

Bên cạnh đó, nấm đảm có đặc trưng về hình thái tế bào chứa nhiều dịch bao gồm một số khuẩn tia nhất định và nấm lớn. Kết quả của việc tấn công của các enzyme phân huỷ lignin vào chất ô nhiễm hữu cơ là hàng loạt những hợp chất chuyển hoá trung gian, những chất này tiếp tục bị phân huỷ bên trong tế bào, tương tác với mùn hoặc bị khoáng hóa [3],[16],[17],[27].

2.2. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN SỰ PHÂN HỦY SINH HỌC CỦA DẦU KHOÁNG

2.2.1. Oxy

Trong quá trình phân huỷ hydrocacbon ở điều kiện giàu oxy, oxy đóng vai trò là chất nhận hydro và điện tử cuối cùng. Bên cạnh đó, oxy còn được sử dụng trong quá trình cacboxyl hóa do enzyme oxygenaza xúc tác. Nhu cầu oxy còn phụ thuộc vào tốc độ sinh trưởng, khi sinh trưởng chậm thì nhu cầu oxy cũng giảm. Quá trình oxy hóa hydrocacbon đòi hỏi sự có mặt của phân tử oxy. Bước đầu tiên của quá trình phân huỷ dầu là quá trình oxy hóa các hydrocacbon bởi enzyme oxygenaza có trong vi khuẩn và nấm.

Nồng độ oxy trong đất cũng phụ thuộc vào hoạt động của vi sinh vật, kết cấu của đất, độ ẩm và độ sâu. Nồng độ oxy trong đất thấp có thể hạn chế tốc độ xử lý đất ô nhiễm hydrocacbon dầu mỏ bằng phân hủy sinh học

Quá trình phân huỷ dầu yếm khí diễn ra rất chậm nên việc kích hoạt vi sinh phân huỷ dầu thường được thực hiện ở điều kiện hiếu khí [3],[6],[21],[29].

2.2.2. Nhiệt độ

Nhiệt độ của môi trường ảnh hưởng lên cả đặc tính vật lý của vệt dầu và sự hoạt động của các loài vi sinh vật. Ở nhiệt độ thấp, sự phân huỷ sinh học dầu diễn ra chậm do độ nhớt của dầu tăng trong khi tính bay hơi của các hydrocacbon trọng lượng phân tử thấp lại giảm. Một vài hydrocacbon dễ hoà tan hơn ở nhiệt độ thấp (ví dụ: các alkan mạch ngắn), và một số hợp chất thơm có trọng lượng phân tử thấp lại dễ hoà tan hơn ở nhiệt độ cao hơn.

Mức độ phân huỷ cao nhất thường xảy ra ở nhiệt độ từ 30°C đến 40°C trong môi trường đất; 20°C đến 30°C trong môi trường nước ngọt; 15°C đến 20°C trong môi trường nước biển.

Ảnh hưởng của nhiệt độ đến thành phần vi sinh vật trong đất rất phức tạp. Khu vực nghiên cứu, Tp.HCM, có khí hậu nóng ẩm (nhiệt độ không khí trung bình năm vào khoảng 24,6 – 30,4°C) nên rất thuận lợi cho sự phát triển các loài vi sinh vật trong đó có vi sinh vật phân huỷ dầu [3], [6], [21], [29].

2.2.3. Các chất dinh dưỡng

Nguồn cacbon, nitơ, photpho là các chất cần thiết cho quá trình sinh tổng hợp của tế bào. Các muối nitrat và photphat có vai trò qua trọng trong việc tổng hợp protein của vi sinh vật. Khi lượng hydrocacbon thải vào môi trường nước với thể tích quá lớn, ở đó hàm lượng các chất dinh dưỡng vô cơ thấp, gây ra sự chênh lệch giữa tỷ lệ cacbon/nitơ (C/N) hoặc cacbon /photphat (C/P) hoặc cả hai, vì thế quá trình phân huỷ dầu xảy ra rất chậm. Nguyên nhân chủ yếu là do vi sinh vật không đủ điều kiện để sinh trưởng và phát triển.

Theo lý thuyết, khoảng 150 mg nitơ và 30 mg photpho có thể kích thích chuyển hoá được 1 g hydrocacbon thành các chất như CO₂, nước, và sinh khối. Hay tỷ lệ C/N và C/P

được bổ sung trong nghiên cứu phân hủy sinh học là 10:1 và 10:0,3. Tuy nhiên, hàm lượng và tỷ lệ này còn phụ thuộc vào cấu tạo thành phần và đặc điểm thổ nhưỡng, sinh thái vùng đó. Ngoài ra, nó còn phụ thuộc vào nồng độ photpho và nitơ có sẵn trong vùng ô nhiễm [3],[6],[21],[29].

2.2.4 Ảnh hưởng của chất hoạt động bề mặt sinh học

Chất hoạt động bề mặt sinh học là những chất có cấu tạo lưỡng cực với một cực ưa nước và một cực kỵ nước. Phần kỵ nước là sự thu hút chất mỡ gồm một chuỗi hydrocacbon của axit béo hoặc vòng sterol. Phần ưa nước là một nhóm cacboxyl hoặc axit béo hoặc amino axit gồm nhóm phosphoryl hoặc phospholipid, nhóm hydroxyl của sacarit và peptid. Hầu hết các chất tạo CHĐBMSH tạo ra từ vi khuẩn, nấm, nấm men trong quá trình nuôi cấy trên các nguồn cacbon khác nhau. CHĐBMSH có các ưu điểm như độc tính thấp, phân hủy nhanh hơn, độ tạo nhũ cao, tính chọn lọc cao và nhiều tính năng đặc biệt khác như chịu nhiệt, chịu pH, chịu mặn và có khả năng tổng hợp từ các nguyên liệu rẻ tiền.

2.2.5. Các nhân tố khác

Hầu hết các vi khuẩn dị dưỡng và nấm phát triển thuận lợi ở pH trung tính, một số loại nấm có thể chịu đựng được ở môi trường có tính axit. Tốc độ phân hủy sinh học của dầu tăng khi pH tăng; tốc độ phân hủy tối ưu xảy ra dưới điều kiện kiềm nhẹ (pH khoảng 7-7,8).

Độ ẩm trong đất có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình phân hủy dầu khoáng, độ ẩm thích hợp cho VSV sinh trưởng và phát triển từ 20-80%. Nếu độ ẩm trong môi trường quá thấp hay quá cao sẽ hạn chế quá trình trao đổi chất của VSV. Độ ẩm cao thường thích hợp cho vi khuẩn hơn là vi nấm, độ ẩm khoảng 45-55% thích hợp cho hầu hết tất cả các VSV. [3],[5], [15],[29].

2.3. CÔNG NGHỆ SINH HỌC XỬ LÝ BÙN Ô NHIỄM DẦU

2.3.1. Kỹ thuật xử lý

Xét về vị trí xử lý thì có 2 vị trí xử lý: in-situ (xử lý chất ô nhiễm tại chỗ) và ex-situ (xử lý chất ô nhiễm ở nơi khác).

2.3.2. Công nghệ

Công nghệ sinh học trong xử lý bùn thải có thể đạt hiệu quả đến 99%, các hydrocacbon mạch thẳng được vi sinh vật xử lý trước và các hydrocacbon khó phân hủy bị phân hủy sau bởi hệ vi sinh vật phân hủy dầu (bao gồm PAHs). Công nghệ sinh học xử lý ô nhiễm môi trường ứng dụng khả năng phân hủy dầu của vi sinh vật trong quá trình sinh trưởng và phát triển làm sạch môi trường [14],[22],[29]. Có 2 phương pháp được sử dụng nhằm tăng khả năng phân hủy dầu của vi sinh vật:

- Kích hoạt sinh học (biostimulation): là tạo điều kiện tối ưu cho hệ vi sinh vật bản địa có khả năng phân hủy dầu sinh trưởng và phát triển. Bao gồm các yếu tố:

- Chất dinh dưỡng
- Nguồn oxy được cung cấp bằng nhiều phương pháp: sục khí, đảo trộn, thêm chất nhả oxy, trồng cây...
- Ngoài ra, bổ sung thêm chất hoạt động bề mặt sinh học để tăng cường diện tích tiếp xúc giữa dầu và vi sinh vật, giúp vi sinh vật phân hủy dầu tiếp cận chất ô nhiễm tốt hơn. [11,22]

- Khác với xử lý ô nhiễm sinh học bằng kích hoạt vi sinh vật, tăng cường sinh học (bioaugmentation) là bổ sung thêm vi sinh vật có khả năng phân hủy chất ô nhiễm vào môi trường. Trong đó, vi sinh vật tăng cường được nuôi cấy trong phòng thí nghiệm hay có sẵn trong tự nhiên có khả năng phân hủy chất ô nhiễm. Phương pháp bổ sung vi sinh vật nuôi trong phòng thí nghiệm khá phức tạp và chi phí xử lý cao. Hơn nữa, không đảm bảo chắc chắn rằng ra ngoài môi trường những VSV này có thể cạnh tranh được với các chủng có sẵn trong môi trường đó để sinh trưởng và phát triển...[13],[14],[29].

CHƯƠNG 3: VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. VẬT LIỆU NGHIÊN CỨU

3.1.1. Mẫu bùn

Công tác lấy mẫu được thực hiện ba lần: lần 1 - ngày 28/02/2008, lần 2 - ngày 02/06/2008, lần 3 - ngày 01/07/2008, ở thời điểm lấy mẫu thời tiết khá thuận lợi nhiệt độ trung bình trong ngày dao động trong khoảng 28 – 31°C. Kênh Tân Hóa – Lò Gốm chịu tác động thủy triều của sông Sài Gòn, Thủy triều cũng là một trong những yếu tố ảnh hưởng tới công tác lấy mẫu. Vì vậy thời điểm lấy mẫu được lựa chọn khi triều hạ thấp.



Hình 3.1: Lấy bùn kênh Tân Hóa – Lò Gốm, vị trí cầu Hậu Giang.

3.1.2. Các thành phần phối trộn thêm

Rom: cắt nhỏ thành từng đoạn nhỏ từ 2 -> 3 cm.

Mùn cưa sau khi trồng nấm được chọn lựa phối trộn trong mô hình thí nghiệm.

KH_2PO_4 và K_2HPO_4 Cung cấp nguồn dinh dưỡng vô cơ cho hệ vi sinh vật phân hủy dầu và không phân hủy dầu sinh trưởng và phát triển.

Chất hoạt động bề mặt sinh học (CHĐBMSH) được chiết tách từ vi sinh vật phân hủy dầu (2 chủng: SG7- L/ĐN và SG7-N/ĐN). Chủng vi sinh vật được nuôi cấy trong phòng thí nghiệm, dịch nuôi được thử sức căng bề mặt và chỉnh pH để diệt vi sinh vật.

Dịch nuôi vi sinh vật bao gồm hệ viny sinh vật phân hủy dầu và chất hoạt động bề mặt do chính chúng sinh ra (2 chủng: SG7- L/ĐN và SG7-N/ĐN).

Phân vi sinh được bổ sung vào mô hình với mục đích tăng nguồn dinh dưỡng và khu hệ vi sinh vật trong mô hình.

3.2. HÓA CHẤT, DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

3.2.1. Hóa chất

CaCO_3 : điều chỉnh pH mô hình

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: oxy hóa sulfite nhằm giảm độc tính trong bùn.

Dung dịch HCl 1N đậm đặc và NaOH 6N đậm đặc: chỉnh pH dịch nuôi.

Môi trường tổng vi khuẩn phân huỷ dầu: môi trường khoáng Benka–Coker (xem thành phần trong phụ lục).

Môi trường tổng vi khuẩn hiếu khí: Plate Count Agar (PCA – Merck) (xem thành phần trong phụ lục).

Môi trường tổng vi khuẩn kỵ khí. (xem thành phần trong phụ lục)

Môi trường tổng vi nấm: Potato Glucose Agar (PGA) (xem thành phần trong phụ lục).

Môi trường xạ khuẩn: môi trường Gause 1 (xem thành phần trong phụ lục).

Hoá chất dùng trích ly dầu khoáng: dung môi n-hexan; Na_2SO_4 khan, silicagen, bông thủy tinh.

Môi trường dịch nuôi vi sinh vật BS, BS_(SG7-L/ĐN) và BS_(SG7-N/ĐN) (xem thành phần trong phụ lục)

3.2.2. Dụng cụ và thiết bị

Chai lọ đựng môi trường

Bình tam giác

Bình phun sương

Hộp petri

Pipet

Tủ cấy

Nồi hấp áp lực

Tủ sấy

Máy lắc

Máy khuấy

Tủ âm

Que cấy, đèn cồn, cốc thủy tinh

Kính hiển vi

Máy cô quay

Tủ gỗ: 50cm x50cm x20cm

Tấm nhựa (nilon)

3.3.3. Thiết kế mô hình

3.3.3.1. Mô hình khô

- Mục tiêu thiết kế mô hình khô: Khảo sát vai trò của các vật liệu thí nghiệm được đưa vào trong mỗi mô hình khác nhau.

- Mô hình dạng trải (Landfarming), bề mặt phẳng.

- Kích thước thùng gỗ: 50 cm x 50 cm x 20 cm, có lót tấm nhựa (nilon) dưới đáy thùng.

Bảng 3.1: Hàm lượng vật liệu thiết kế mô hình khô

Vật liệu	MH1	MH2	MH3	MH4
Bùn tươi	20 kg			
Rơm mục	5% (V/V)			
Chất thải trồng nấm	10%			
Dinh dưỡng	-	N:P = 2:1 K:P = 2:1	-	-
BS (SG7-L/ĐN)	-	-	5%	-
BS + SG7-L/ĐN	-	-	-	5×10^{12} tb



Hình 3.2: Mô hình khô (MH1, MH2, MH3, và MH4)

- Mỗi mô hình thí nghiệm chứa 20kg bùn và 3kg vật liệu xốp (rom và mùn cưa). Sau đó, bổ sung thêm các vật liệu khác nhau tùy mô hình nghiên cứu, trộn đều và phân phối vào thùng gỗ.

- Thông khí bằng ống nhựa $\phi = 1\text{cm} \times 20\text{cm}$ có đục lỗ $\phi = 0,2\text{ cm}$, mỗi mô hình 16 ống, vị trí $10\text{cm} \times 10\text{cm}$.

- Độ ẩm mô hình thí nghiệm từ 45 - 50%.

- Mô hình thí nghiệm thực hiện ở Viện Môi trường và Tài nguyên. Đặt ở sân mô hình, có mái che, nhiệt độ từ 25 đến 32°C.

Vận hành mô hình

Theo dõi các chỉ tiêu hóa lý (trừ dầu) và vi sinh của bùn theo thời gian (0 ngày, 3 ngày, 7 ngày, 14 ngày, và 21 ngày). Hàm lượng dầu được kiểm tra 2 lần: lần đầu mới thực hiện mô hình và khi kết thúc mô hình.

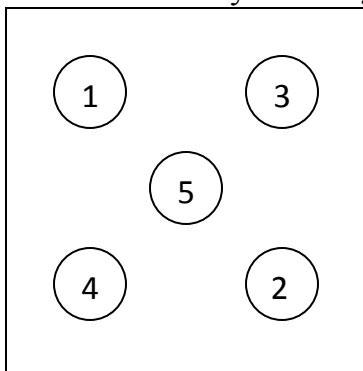
Quan sát những biến đổi xảy ra khi thực hiện mô hình, và bổ sung nước hàng ngày (200ml). Trong thời gian thực hiện mô hình có sự xuất hiện của nấm mốc (làm mục gỗ) và nấm mũ: nhỏ màu hồng, lớn màu trắng chiều cao tối đa 5cm, thời gian sinh trưởng và phát triển là 3 ngày. Nấm mũ xuất hiện sau 13 ngày ở MH4, 18 ngày ở MH1 và MH3, và 24 ngày ở MH2.

Sau 4 tuần thực hiện, đảo trộn lại từng mô hình và cho vào thùng gỗ.

Lấy mẫu

Phương pháp lấy mẫu lấy theo thứ tự vào các thời điểm theo dõi: 0, 3, 7, 14, 21 ngày.

Trình tự các thời điểm lấy mẫu ứng với các vị trí từ 1 đến 5.



Hình 3.4: Sơ đồ vị trí lấy mẫu

Mỗi lần lấy mẫu 200g, lấy một vị trí từ trên xuống, mẫu sau khi lấy phân tích chỉ tiêu hóa lý (trừ phân tích hàm lượng dầu) và vi sinh ngay, mẫu còn lại đem cất vào tủ âm sâu (-70°C) để giữ mẫu.

Theo dõi chỉ tiêu hóa lý và vi sinh

Theo dõi các chỉ tiêu hóa lý vi sinh nhằm xác định mối tương quan đặt trung giữa bùn và vật liệu và điều kiện môi trường với hiệu quả phân hủy dầu.

Các chỉ tiêu hóa lý: độ ẩm, pH, tổng hàm lượng dầu.

Các chỉ tiêu vi sinh: tổng vi sinh vật hiếu khí, tổng vi sinh vật hiếu khí phân hủy dầu, tổng vi sinh vật kỵ khí, tổng vi nấm, tổng xạ khuẩn.



Hình 3.5: Nấm mũ trong 4 mô hình chi tiết nghiên cứu

3.3.3.2. Mô hình ướ

Thiết kế mô hình

Mục tiêu mô hình ướ: Nghiên cứu các điều kiện thích hợp cho vi khuẩn hiếu khí sinh trưởng và phát triển đến quá trình phân hủy dầu khoáng.

Pha bùn với nước kênh Tân Hóa – Lò Gốm, vị trí cầu Hậu Giang tỉ lệ 2:1(v/v), thể tích 3L, bổ sung 3g chất hoạt động bề mặt (chủng BSG7) và sục khí liên tục 24h/ ngày. Bùn pha loãng chứa trong becker 5L, sục khí bằng máy bơm nhỏ, không khí được phân tán đều vào mô hình. Mô hình được bổ sung thêm CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ và CHĐBMSH



Hình 3.3: Mô hình ướ

Vận hành mô hình

Mô hình được thực hiện trong phòng thí nghiệm, phòng Công nghệ Sinh học Môi trường – Viện Môi trường và Tài nguyên. Nhiệt độ phòng từ 26 đến 29⁰C, độ ẩm 88%.

Theo dõi nhu cầu oxy bằng phương pháp đo DO, kiểm tra pH và vi sinh.

Quan sát những biến đổi xảy ra trong thời gian thực hiện mô hình: Sau khi sục khí 24 giờ, bùn tràn ra ngoài một lượng nhỏ, mùi hôi của bùn giảm đi đáng kể. Sau 2 ngày, màu đen của bùn mất đi thay bằng màu xám. Ngày thứ 3 bổ sung 9,13g CaCO_3 , ngày thứ 6 bổ sung thêm 12,03g CaCO_3 , sau ngày 9 bổ sung 2.11g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Lấy mẫu phân tích hàng ngày, ngưng sục khí và khuấy trộn mẫu cho đều, dùng pipet 5ml hút mẫu để phân tích chỉ tiêu vi sinh, dùng becker lấy 200ml mẫu lọc bùn bằng giấy lọc Whatman để phân tích hàm lượng dầu.

Theo dõi chỉ tiêu hóa lý và vi sinh

Chỉ tiêu hóa lý: pH, DO (nhu cầu oxy – Demand oxygene)

Chỉ tiêu vi sinh theo dõi: Tổng vi sinh vật hiếu khí.

3.3.3.3. Mô hình bán ướt

Thiết kế mô hình

- Mục tiêu thiết kế mô hình bán ướt: Tổng hợp các yếu tố ảnh hưởng tích cực đến hiệu quả xử lý dầu qua 2 trước đó (mô hình khô và mô hình ướt).

- Hai mô hình thí nghiệm được thiết kế giống nhau về vật các nghiên cứu (bùn, rơm, CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ và phân vi sinh), MHA khác MHB là không được bổ sung CHĐBMSH. Tất cả các vật liệu trộn đều và phân phối vào thùng gỗ.

Bảng 3.2: Khối lượng vật liệu thiết kế mô hình bán ướt.

VẬT LIỆU	MH A	MH B
BÙN	20kg	20kg
RƠM	0,8kg	0,8kg
CaCO_3	0,25kg	0,25kg
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,0125kg	0,0125kg
PHÂN VI SINH	2,5kg	2,5kg
CHĐBMSH	-	1L

- Kích thước thùng gỗ: 50 cm x 50 cm x 20 cm, có lót tấm nhựa (nilon) dưới đáy thùng.
- Mô hình dạng trái (Landfarming), bề mặt phẳng.
- Thông khí bằng cách đảo trộn.
- Mô hình thực hiện cũng thực hiện ở sân mô hình có mái che, Viện Môi trường và Tài nguyên, nhiệt độ khoảng 25 đến 32⁰C, nhưng thời gian này là mùa mưa nên thời gian đầu thực hiện độ ẩm mô hình duy trì khá cao.

Vận hành mô hình

- Đảo trộn mô hình hàng ngày
- Theo dõi chỉ tiêu chỉ tiêu hóa lý và vi sinh mô hình thường xuyên, ít nhất 2 lần/tuần.
- Ở mô hình này, giai đoạn đầu do độ ẩm cao nên tăng cường và kích hoạt vi khuẩn. Về sau, MHA trở nên khô nhanh hơn MHB rất nhiều, có thể do có hàm lượng CHĐBMSH. Giai đoạn sau 40 ngày độ ẩm còn lại khoảng 50%.

Lấy mẫu

Sau khi trộn đều mẫu, lấy mẫu ở 5 vị trí khác nhau trong cùng 1 mô hình khoảng 200g, phân tích chỉ tiêu vi sinh ngay mẫu còn dư cất vào ngăn đá tủ lạnh phòng Công nghệ sinh học Môi trường, Viện Môi trường và Tài nguyên.

Theo dõi chỉ tiêu hóa lý và vi sinh

Chỉ tiêu hóa lý theo dõi: pH, độ ẩm, dầu tổng.

Chỉ tiêu vi sinh: tổng vi sinh vật hiếu khí

CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ – THẢO LUẬN

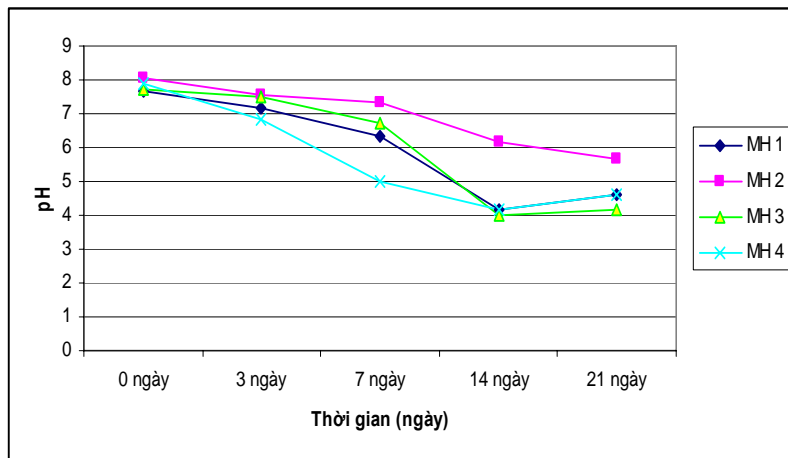
4.1. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH MÔ HÌNH KHÔ

4.1.1. Bùn đầu vào

Hàm lượng dầu trong mẫu bùn phân tích đầu vào 5600mg/kg.

4.1.2. Kết quả phân tích mô hình thí nghiệm

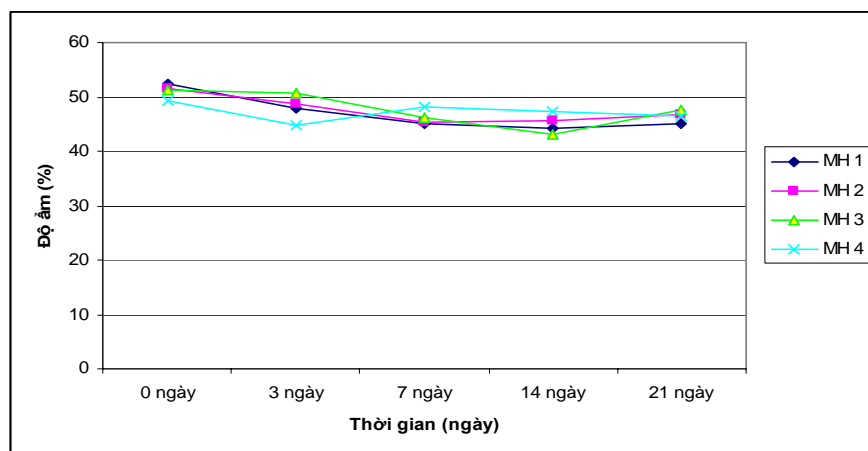
4.1.2.1. pH



Hình 4.1: Kết quả phân tích pH mô hình khô

Xu hướng pH trong cả 4 mô hình đều giảm trong khoảng thời gian 21 ngày, pH ban đầu của 4 mô hình thích hợp cho vi khuẩn phân hủy dầu, ở giai đoạn này vi khuẩn đóng vai trò chủ yếu, sau thời gian 3 ngày khi vi sinh vật bắt đầu thực hiện phân hủy dầu thì pH cũng bắt đầu giảm. Chứng tỏ có sự tạo thành acid hữu cơ từ quá trình phân hủy các hydrocarbon trong bùn ô nhiễm dầu, sự phân hủy hydrocarbon xảy ra trong cả 4 mô hình. Sau 21 ngày, quá trình phân hủy dầu bởi vi sinh vật diễn ra khá tốt, pH của 3 mô hình MH1, MH2, và MH4 giảm còn dưới 5, nhưng pH của MH2 còn khá cao khoảng 6. Sau khoảng thời gian này vai trò của vi khuẩn phân hủy dầu sẽ giảm dần và vai trò của vi nấm và nấm đảm tăng dần đến một lúc nào đó chúng sẽ đóng vai trò chủ yếu thay thế vi khuẩn, pH thấp (môi trường acid phù hợp với nấm).

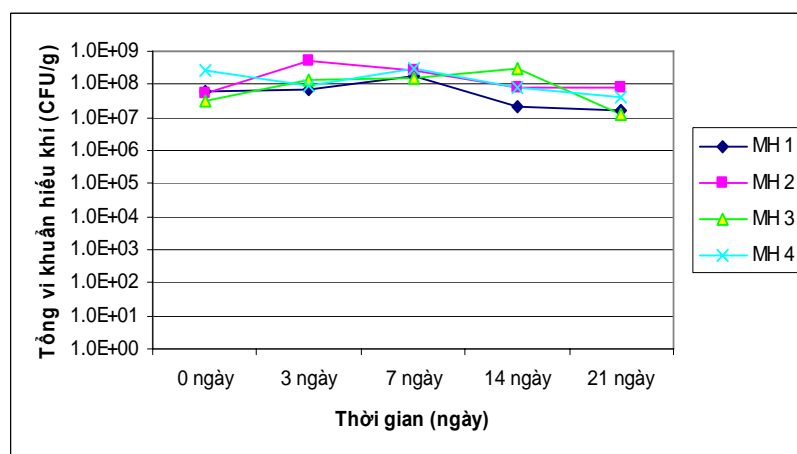
4.1.2.2. Độ ẩm



Hình 4.2: Kết quả phân tích độ ẩm mô hình khô

Cả 4 mô hình được duy trì độ ẩm khá tốt, khoảng 45-55% phù hợp cho vi khuẩn và nhất là vi nấm (có sự xuất hiện nấm mục gỗ và nấm mũ trong các mô hình) phân hủy dầu sinh trưởng và phát triển.

4.1.2.3. Tổng vi khuẩn hiếu khí (TVKHK)



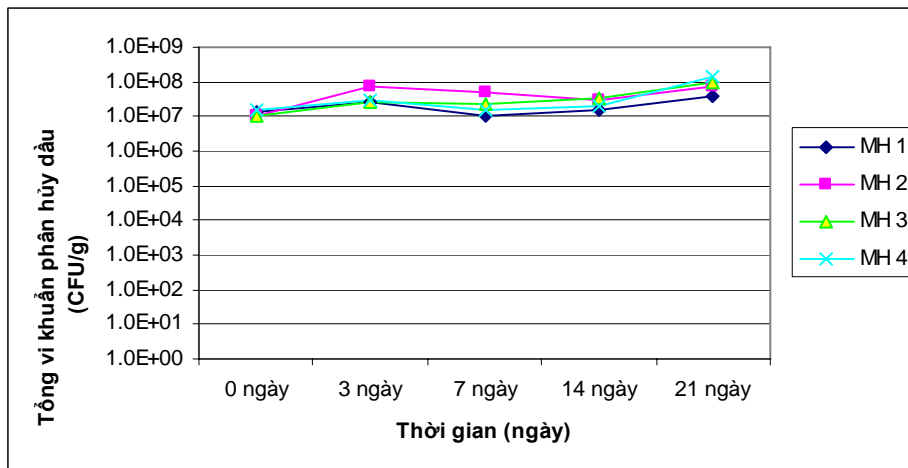
Hình 4.3: Kết quả phân tích TVKHK mô hình khô

TVKHK trong 4 mô hình đều có biến động tăng giảm nhưng vẫn duy trì số lượng khoảng 10^8 CFU/g trong khoảng thời gian 21 ngày. Có thể trong giai đoạn đầu được kích

hoạt (oxy, dinh dưỡng, CHĐBMSH) hay được tăng cường (vật liệu xốp và dịch nuôi tế bào) nên số lượng VKHK tăng lên. pH và độ ẩm thích hợp (45 – 55%) nên VKHK có khả năng phân hủy dầu bắt đầu thực hiện chức năng của chúng. pH giảm thể hiện quá trình phân hủy dầu đang diễn ra, sản phẩm chính là các axit hữu cơ. Sau đó, chính vì pH giảm nên ức chế lại sự sinh trưởng và phát triển của chúng. TVKHK giảm chứng tỏ do pH trong các mô hình giảm.

4.1.2.4. Tổng vi khuẩn hiếu khí phân hủy dầu (TVKHKPHD)

VKHKPHD trong cả 4 mô hình có xu hướng tăng từ 10^7 CFU/ml lên 10^8 CFU/ml. Sau 3 ngày, sau đó lại biến động giảm nhẹ đến 14 ngày thì số lượng vi khuẩn lại tăng lên. Trong khoảng 21 ngày VKHKPHD có xu hướng tăng lên gần đạt 10^8 .

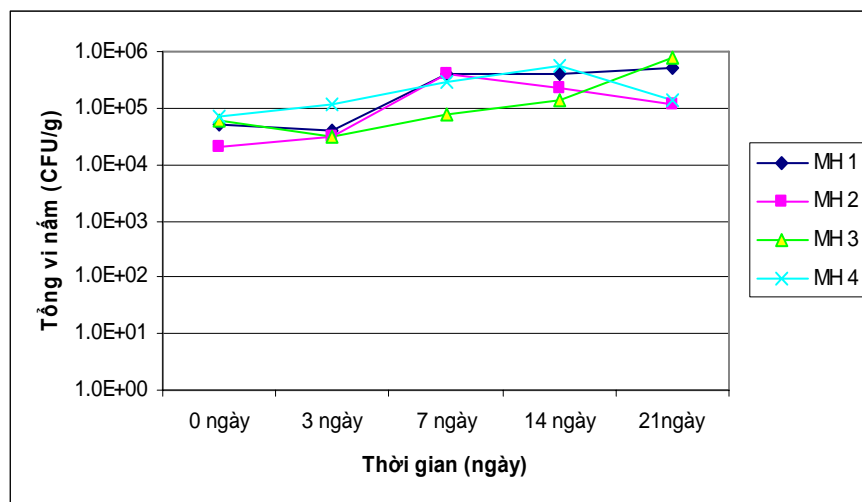


Hình 4.4: Kết quả phân tích TVKHKPHD mô hình khô

Tuy số lượng TVKHK có giảm nhưng VKHKPHD trong cả 4 mô hình lại có xu hướng tăng lên có thể do phân hủy các dạng hydrocacbon dễ phân hủy. Trong khoảng thời gian 14-21 ngày, VKHKPHD tăng từ 10^7 lên 10^8 CFU/ml, có thể do vi khuẩn phân hủy dầu càng về sau càng hoạt động mạnh hơn do độ ẩm môi trường thích hợp và nguồn dinh dưỡng bổ sung được sử dụng hay có thể bắt đầu quá trình phân hủy hydrocacbon. Sản phẩm phân hủy của hydrocacbon xuất hiện là các acid béo hữu cơ làm pH giảm.

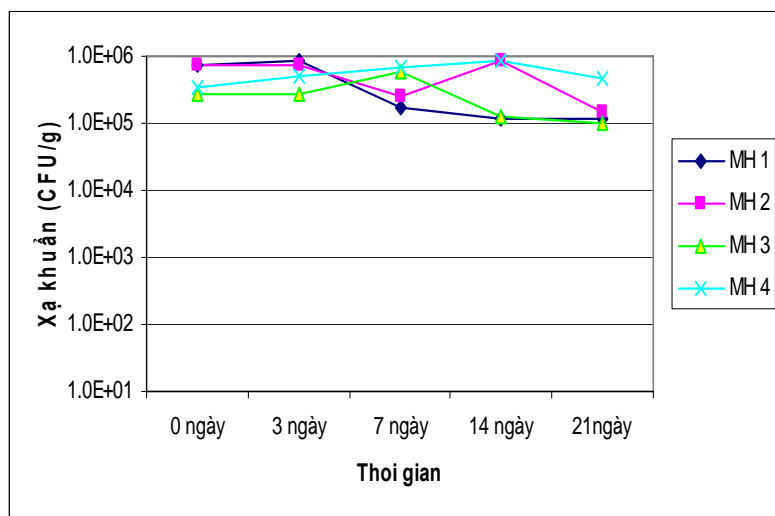
4.1.2.5. Tổng vi nấm

Tổng vi nấm cũng có xu hướng gia tăng số lượng ở khoảng thời gian 7 ngày trong cả 4 mô hình từ 10^5 lên 10^6 CFU/g. Sau đó, số lượng tổng vi nấm gần như không có sự biến đổi lớn, vẫn giữ ở mức 10^6 CFU/g.



Hình 4.5: Kết quả phân tích tổng vi nấm mô hình khô

4.1.2.6. Tổng xạ khuẩn

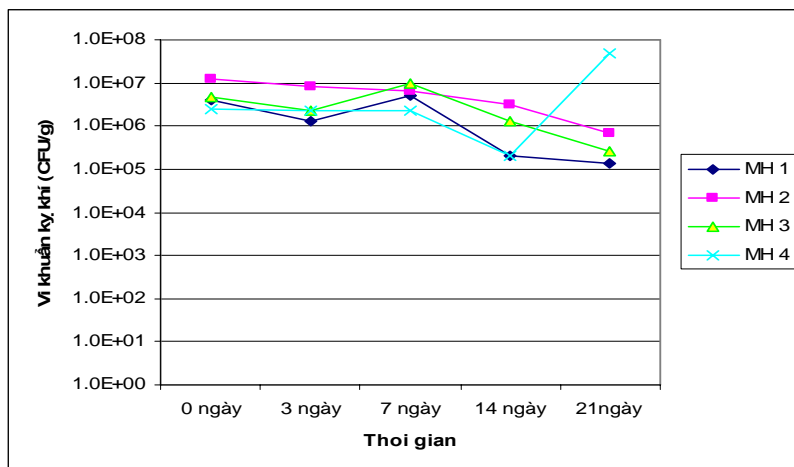


Hình 4.6: Kết quả phân tích tổng xạ khuẩn mô hình khô

Số lượng xạ khuẩn có xu hướng giảm dần, nhưng vẫn trong khoảng 10^5 - 10^6 CFU/ml. Xạ khuẩn đóng vai trò phân hủy dầu khá quan trọng trong phân hủy dầu,

hydrocacbon chúng tham gia phân hủy chủ yếu là PAHs. Tổng xạ khuẩn được duy trì có thể hạn chế thời gian xử lý.

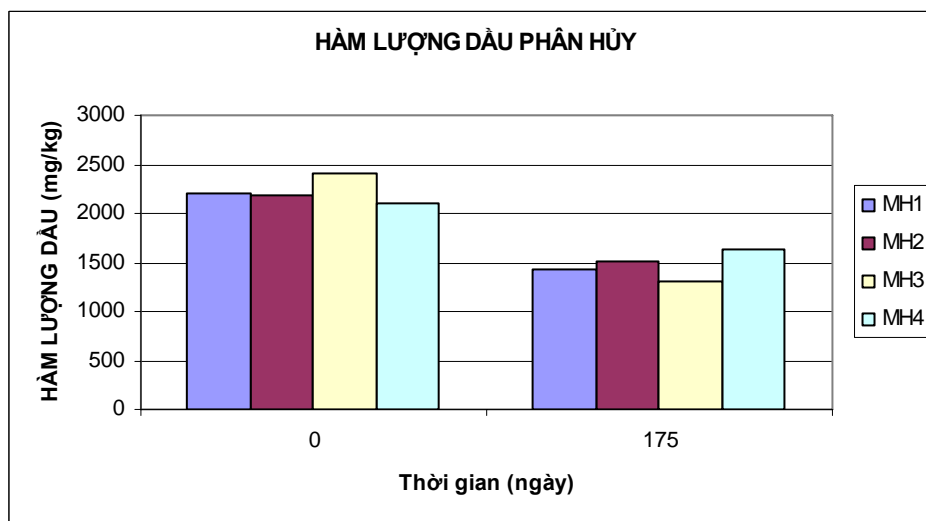
4.1.2.7. Tổng vi khuẩn kỵ khí (TVKKK)



Hình 4.7: Kết quả phân tích TVKKK mô hình khô

Cả 4 mô hình cho thấy TVKKK có xu hướng giảm theo thời gian. Giá trị ngày thứ 21 của mô hình MH4 thể do sai số khi lấy mẫu. Kết quả này cho thấy, sự tấn công của vi khuẩn hiếu khí vào bùn kỵ khí khá mạnh. Vi khuẩn kỵ khí trong bùn bị cản trở hoạt động, điều này cũng có nghĩa là oxy có thể đã được cung cấp tốt hơn.

4.1.2.8. Hàm lượng dầu



Hình 4.8: Kết quả phân tích hàm lượng dầu mô hình khô

Hàm lượng dầu khoáng trong bùn có xu hướng giảm ở cả 4 mô hình. Chứng tỏ, có sự phân hủy dầu đã xảy ra trong khoảng thời gian 175 ngày.

Bảng 4.1: Phần trăm hydrocacbon trong dầu đã bị phân hủy so với thời điểm ban đầu.

Các loại hydrocacbon phân tích trong bùn ô nhiễm dầu	Phần trăm hydrocacbon bị phân hủy so với mẫu ban đầu			
	MH1	MH2	MH3	MH4
UCM	34%	28%	42%	19%
C13-35	68%	80%	89%	73%
THC	36%	31%	46%	22%

Hàm lượng hydrocacbon bị phân hủy được tính dựa trên 3 trị số:

THC-total hydrocacbon: Tổng hydrocacbon

UCM-unresolved complex mixture: Hydrocacbon khó phân hủy

C₁₃-C₃₅: hydrocacbon mạch thẳng

Hiệu quả xử lý đạt 46% THC trong MH4 thời gian 175 ngày là thành công bước đầu nghiên cứu của đề tài. Khẳng định vai trò phân hủy dầu của VSV trong bùn, vật liệu xốp và CHĐBMSH tích cực giúp VSV tiếp cận dầu và phân hủy dầu tốt hơn. Vật liệu xốp tích cực tham gia vai trò kích hoạt và tăng cường VSV phân hủy dầu, hiệu quả xử lý dầu đạt 36% (MH1). Chất dinh dưỡng và dịch nuôi vi khuẩn *Pseudomonas aeruginosa* (SG7) chưa thể hiện rõ vai trò trong mô hình khô (THC giảm 31% MH2 và 22% MH4) nhưng nguồn dinh dưỡng cho VSV rất quan trọng cần phải quan tâm theo dõi nhằm bổ sung đầy đủ và kịp thời. Hệ VSV phân hủy hầu hết các hydrocacbon mạch thẳng (68-89%) và phân hủy UCM (19-42%).

Tóm lại, mô hình khô vẫn chưa thể hiện hết khả năng xử lý dầu của VSV. Vì thế, cần phải mở rộng các điều kiện thí nghiệm ở mô hình ướt như: cung cấp thêm oxy, ổn định pH và loại bỏ yếu tố gây độc cho hệ VSV phân hủy dầu...

4.2. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH MÔ HÌNH ƯỚT

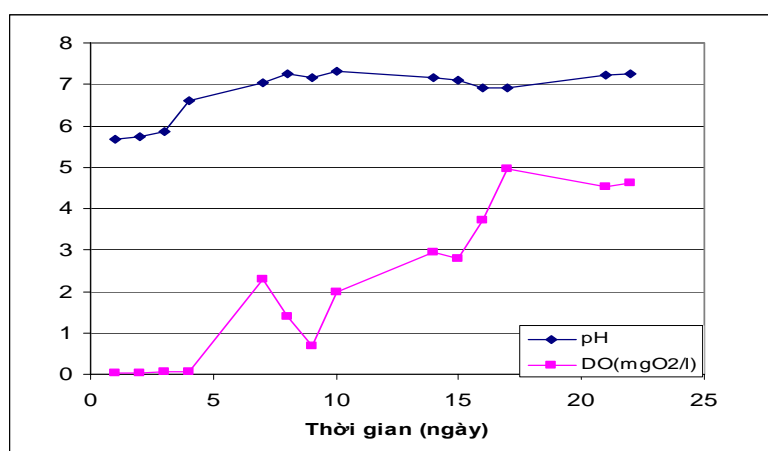
4.2.1. Bùn đầu vào

Hàm lượng dầu: 14400mg/kg bùn

4.2.2. Kết quả mô hình thí nghiệm

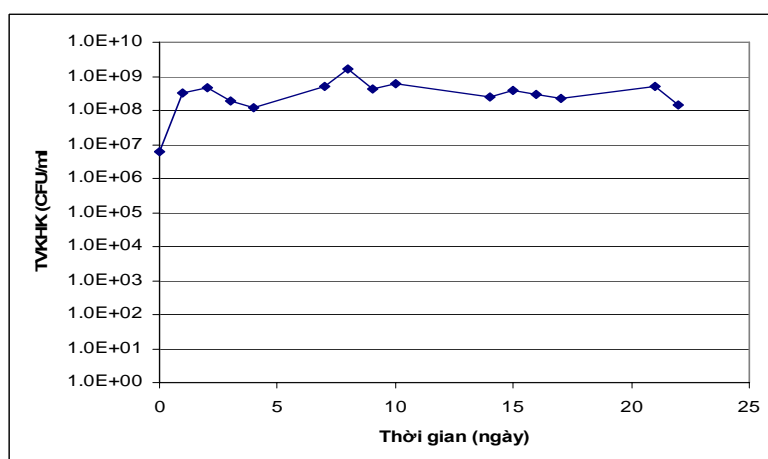
4.2.2.1. pH và DO

Qua thời gian thí nghiệm 20 ngày, nhờ cho thêm CaCO_3 pH tăng từ 5.7 lên 7 trong 7 ngày đầu. Sau đó, pH ổn định ở khoảng $7,0 \leq \text{pH} \leq 7.3$, phù hợp cho VSV phân hủy dầu sinh trưởng và phát triển. DO tăng từ gần bằng 0 mgO_2/ml lên gần 5 mgO_2/ml .



Hình 4.9: Kết quả phân tích pH và DO mô hình ướn.

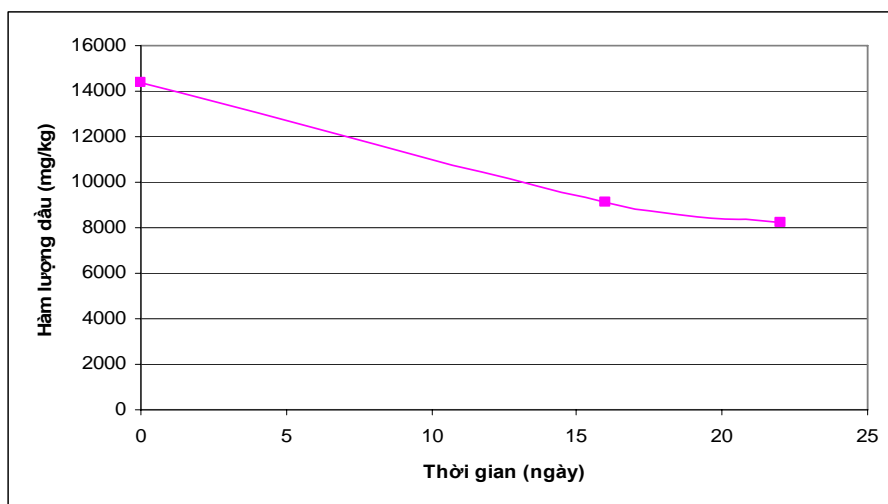
4.2.2.2. Tổng vi khuẩn hiếu khí



Hình 4.10: Kết quả phân tích TVKHK mô hình ướn.

Nhìn chung, TVKHK có xu hướng tăng khi sục khí, từ dưới 10^7 CFU/ml lên 10^8 đến 10^9 CFU/ml sau 24 giờ sục khí. Sau đó, TVKHK được duy trì 10^8 - 10^9 CFU/ml trong 21 ngày sục khí. TVKHK tăng nhưng pH ổn định (≥ 7) không đổi và DO tăng (nhu cầu oxy cho VKHK đủ) có thể đây là vai trò phân hủy dầu của VKHK hơn vì nằm trong mô hình này.

4.2.2.3. Hàm lượng dầu



Hình 4.11: Kết quả phân tích hàm lượng dầu mô hình ướt.

Tổng hydrocacbon giảm 43%, trong khoảng thời gian 22 ngày, chứng tỏ phương pháp kích hoạt vi sinh hiệu quả trong xử lý bùn ô nhiễm dầu khoáng. Các yếu tố kích hoạt: CHĐBMSH, oxy (sục khí), pH ổn định (thêm CaCO_3), dinh dưỡng và loại bỏ sulfite (thêm $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).

Vai trò của các vật liệu được thể hiện ở kết quả nghiên cứu là hàm lượng dầu khoáng giảm. CaCO_3 duy trì ổn định pH khoảng 7, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ vừa là nguồn dinh dưỡng nitơ vừa là chất oxy hóa sulfite trong bùn, số lượng TVKHK có sự thay đổi khi bổ sung hai chất này trong các thời điểm nghiên cứu. CHĐBMSH được bổ sung trong mô hình như chất xúc tác, thúc đẩy quá trình phân hủy dầu diễn ra nhanh hơn khi vi khuẩn có thể tiếp cận được nguồn hydrocacbon trong bùn.

Tuy nhiên, mô hình thực hiện ngoài hiện trường với một số lượng bùn lớn khó đạt được hiệu quả cao như trong phòng thí nghiệm. Qua 2 mô hình khô và mô hình ướt thì mô hình bán ướt được thử nghiệm.

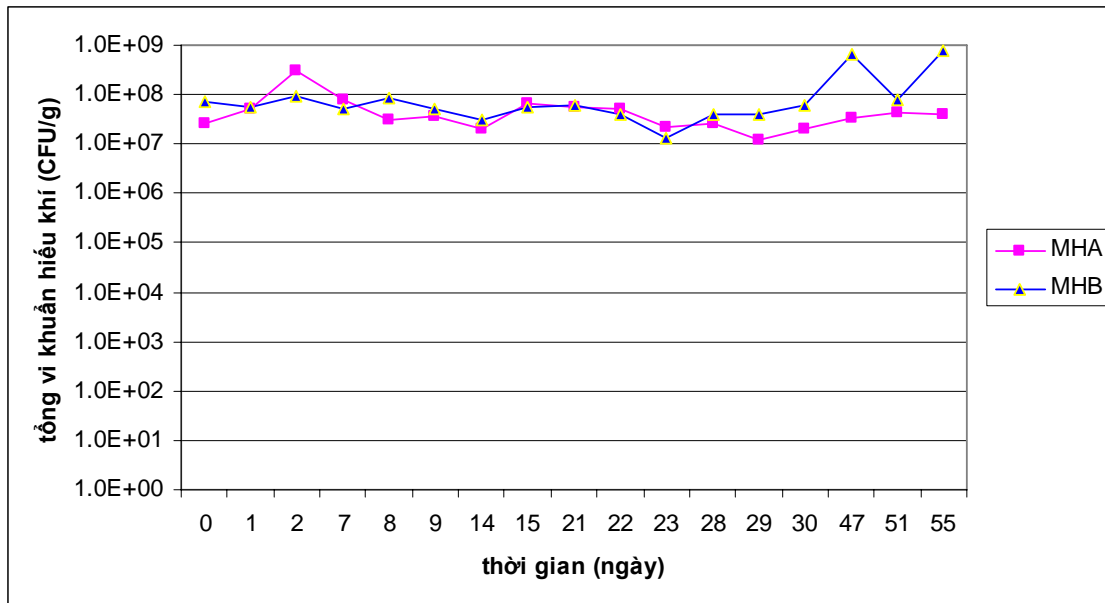
4.3. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH MÔ HÌNH BÁN ƯỚT

4.3.1. Bùn đầu vào

Hàm lượng dầu trong bùn thực hiện mô hình bán ướt 15600mg/kg

4.3.2. Kết quả phân tích mô hình bán ướt

4.3.2.1. Tổng vi khuẩn hiếu khí



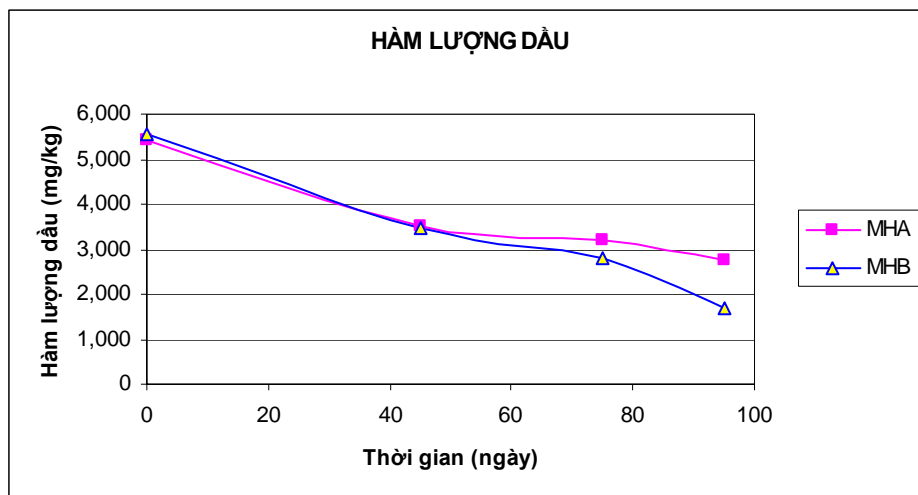
Hình 4.12: Kết quả phân tích TVKHK mô hình bán ướt.

TVKHK ở MHA (vật liệu xốp + phân vi sinh) không có sự thay đổi đáng kể duy trì mức độ ổn định 10^7 - 10^8 CFU/g. MHB (vật liệu xốp + phân vi sinh + CHĐBMSH) TVKHK giai đoạn đầu duy trì khoảng 10^7 - 10^8 CFU/g, sau 30 ngày tăng lên khoảng 10^8 - 10^9 CFU/g.

Nhìn chung mô hình bán ướt giai đoạn đầu, TVKHK duy trì mức độ ổn định, độ ẩm cao (khoảng 80%), pH ổn định khoảng 7 và có cấp khí (đảo trộn hàng ngày), cho thấy VKHK phân hủy dầu đóng vai trò quan trọng trong giai đoạn này. Giai đoạn sau 30 ngày

độ ẩm giảm dần (khoảng 50%), TVKHK ở MHA vẫn duy trì ổn định, TVKHK ở MHB lại tăng lên có thể đây là giai đoạn vi khuẩn thực hiện phân hủy dầu ngày càng mạnh.

4.3.2.2. Hàm lượng dầu



Hình 4.13: Kết quả phân tích hàm lượng dầu mô hình bán ướt.

Mô hình bán ướt có đảo trộn, ổn định pH, oxy hóa sulfite và có bổ sung CHĐBM cho hiệu quả xử lý THC 70% (MHB) sau 95 ngày, như vậy có hiệu quả cao hơn mô hình khô 46% (MH3) sau 175 ngày không đảo trộn và không ổn định pH. Nếu mô hình này được duy trì ổn định như trong giai đoạn này thì hiệu quả xử lý có thể đạt trên 90%. Trong khi đó, bùn không xử lý chỉ giảm 14% THC trong 1 năm, hay 13% sau 56 ngày hay 6-13% sau 42 ngày. Lượng dầu mất đi khoảng 13% có thể là những hydrocarbon dễ phân hủy, chúng mất đi khi đưa ra khỏi điều kiện kỵ khí trong kênh rạch, trong thời gian chỉ vài tuần, những hydrocarbon còn lại là khó phân hủy. [29],[26],[30]

Tóm lại, mô hình khô và bán ướt có thể áp dụng xử lý dầu khoáng trong bùn với quy mô lớn hơn hoặc quy mô hiện trường, nhưng cần đảm bảo thông khí, ổn định pH, cung cấp đủ nguồn dinh dưỡng và bổ sung thêm CHĐBMSH. Trong điều kiện có thể thì bổ sung nguồn phân vi sinh (compost) cũng có giá trị tăng cường quá trình phân hủy dầu khoáng trong bùn.

CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

5.1. KẾT LUẬN

Bùn Kênh Tân Hóa-Lò Gốm bị ô nhiễm dầu khoáng hàm lượng cao, từ 4000 đến 15600 mg/kg. Hydrocacbon trong bùn ô nhiễm dầu khoáng có 4 nhóm: thẳng, vòng, resin và asphatenes.

Công nghệ sinh học xử lý bùn ô nhiễm dầu chủ yếu là sử dụng hệ VSV có khả năng sử dụng nguồn hydrocacbon làm nguồn dinh dưỡng, năng lượng. Bùn kênh Tân Hóa-Lò Gốm xử lý sinh học nhằm kích thích hệ VSV phân hủy dầu bằng hai phương pháp: tăng cường và kích hoạt vi sinh.

Mô hình khô: Độ ẩm khoảng 50%, dạng trái đất, bùn được phối trộn với vật liệu xốp (rơm và mùn cưa) và bổ sung CHĐBMSH. Hiệu quả xử lý cao nhất đạt 46% THC, trong đó hydrocacbon mạch thẳng C_{13-35} giảm 89%, UCM giảm 42%. Hydrocacbon dễ phân hủy (mạch thẳng) thường được phân hủy bởi VKHK. UCM- dạng hydrocarbon khó phân huỷ thường được hệ nấm (nấm men và nấm mốc) phân hủy. Mô hình khô xử lý bùn với ưu điểm là kinh tế và hiệu quả nhưng thời gian khá lâu (175 ngày). Vì thế, để hạn chế thời gian xử lý thì vấn đề cần quan tâm là tăng cường kích hoạt VSV phân hủy dầu với các điều kiện như: ổn định pH, và tăng cường thông khí...

Mô hình ướt: Kích hoạt vi khuẩn hiếu khí phân hủy dầu bằng cách sục khí, ổn định pH, loại bỏ độc tính sulfite và tăng cường dinh dưỡng nitơ bằng $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, CHĐBMSH... Hiệu quả xử lý đạt 43% THC, thời gian xử lý 22 ngày. Mô hình sục khí với ưu điểm là hiệu quả xử lý cao trong thời gian ngắn nhưng nhược điểm cũng lớn vì phải sục khí liên tục và phải đảm bảo nhu cầu dinh dưỡng cho VSV sinh trưởng và phát triển tốt. Oxy và ổn định pH góp phần nâng cao hiệu quả xử lý dầu bằng hệ VKHK.

Mô hình bán ướt là sự kết hợp và kế thừa của mô hình khô và mô hình ướt. Bùn cũng được phối trộn với vật liệu xốp (rơm và phân vi sinh), CHĐBMSH và có bổ sung thêm $CaCO_3$ (ổn định pH) và $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ (nguồn dinh dưỡng nitơ và loại bỏ độc tính sulfite trong bùn). Mô hình dạng trái, độ ẩm giai đoạn đầu khoảng 60-80%, đảo trộn thường xuyên (thông khí).

Hiệu quả xử lý đạt 70% THC trong thời gian 95 ngày, mô hình bán ươm nhằm kéo dài thời gian phân hủy dầu của VKHK và sau đó tới vai trò phân hủy dầu của vi nấm.

Hệ VSV phân hủy dầu: Vi khuẩn, xạ khuẩn, vi nấm và nấm mốc... có nguồn gốc bản địa (trong bùn) và tăng cường (từ vật liệu xốp: rơm, mùn cưa, phân vi sinh...). Hydrocacbon dễ phân hủy (mạch thẳng) được phân hủy trước hết bởi VKHK và hydrocacbon khó phân hủy (UCM: PAHs, resin và asphatenes...) bị phân hủy sau bởi hệ vi nấm và nấm mốc là chủ yếu. Nếu điều kiện môi trường thuận lợi (oxy, ổn định pH, dinh dưỡng...) VKHK sẽ đóng vai trò phân hủy hầu hết các hydrocacbon trong dầu khoáng và hạn chế vai trò vi nấm. Nhìn chung, hệ vi sinh vật phân hủy dầu trong bùn kênh Tân Hóa-Lò Gốm, vị trí cầu Hậu Giang (bản địa và trong vật liệu xốp) là khá cao 10^5 - 10^8 , không cần phải bổ sung thêm VSV nuôi cấy trong phòng thí nghiệm (như MH4).

Vật liệu xốp (rơm, mùn cưa, phân vi sinh) đóng vai trò thông khí cho mô hình, bên cạnh đó tăng cường thêm hệ VSV ngoài tự nhiên và nguồn dinh dưỡng (phân vi sinh, chất mùn trong rơm và mùn cưa).

Chất dinh dưỡng (hữu cơ và vô cơ) được tăng cường thêm nhằm cân bằng dinh dưỡng C:N:P cho hệ VSV phân hủy dầu sử dụng khi nguồn dinh dưỡng nitơ và photpho bị hạn chế. Ngoài ra $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ còn oxy hóa sulfit làm giảm độc tính trong bùn.

Chất hoạt động bề mặt sinh học góp phần gia tăng hiệu quả xử lý dầu khoáng. CHĐBMSH làm tăng độ tan của dầu giúp hệ VSV phân hủy dầu tiếp cận dầu tốt hơn, tăng cường khả năng phân hủy dầu của VSV.

5.2. KIẾN NGHỊ

Công nghệ sinh học xử lý bùn kênh rạch ô nhiễm dầu khoáng đơn giản, hiệu quả kinh tế và làm giảm độ độc của bùn thải ra môi trường. Tuy nhiên hiệu quả xử lý còn tùy thuộc vào công nghệ thực hiện: kỹ thuật, vật liệu phối trộn và các điều kiện môi trường (oxy, độ ẩm, pH, nhiệt độ)...

Dầu khoáng trong bùn thải ngoài hiện trường không qua xử lý sẽ giảm từ 10% đến 20% THC là tối đa (từ 1 tháng đến 3 năm). Cần có nghiên cứu khảo sát mức độ phân hủy

dầu tự nhiên tại bãi thải bùn để xem xét khả năng ứng dụng kỹ thuật xử lý ô nhiễm và nghiên cứu thêm thành phần và hàm lượng các vật liệu phối trộn và điều kiện môi trường.

Trong trường hợp buộc phải xử lý hydrocarbon trong bùn thải thì kết quả nghiên cứu của đề tài đóng góp những vấn đề cơ sở và kỹ thuật cần thiết. Theo như tình hình bùn thải của thành phố hiện nay thì công nghệ xử lý phù hợp về điều thực tế và kinh tế là dạng khô và dạng bán ướt. Nếu bùn thải được phối trộn thêm với các vật liệu xốp (có nguồn gốc xenlulose) thì hiệu quả có thể đạt 36% THC và có bổ sung CHĐBM thì hiệu quả sẽ đạt cao hơn, giảm 46% THC trong thời gian 6 tháng (mô hình khô). Hay bùn thải được xử lý tốt hơn: thông khí tốt hơn (đảo trộn, chất nhả oxy chậm...), ổn định pH, giảm độc tính sulfite... thì hiệu quả hơn (70% trong thời gian 3 tháng, mô hình bán ướt).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng việt

1. Mai Tuấn Anh (1999), *Determination of PAH's contamination level in air and sediment of Hochiminh city*, luận văn thạc sĩ, Viện Môi Trường và Tài Nguyên.
2. Nguyễn Lâm Dũng, Nguyễn Đình Quyền, Phạm văn Ty, “*Vi sinh vật học*”, nxb Giáo Dục.
3. Đặng Thị Cẩm Hà (2004), “*nghiên cứu làm sạch ô nhiễm dầu mỏ ở vùng đất đá ven biển và cận dầu bằng phương pháp phân hủy sinh học quy mô pilot*”, đề tài Khoa học Công nghệ 04-02, Viện Công Nghệ Sinh Học.
4. Lê Phi Nga (2008), “*Chất hoạt động bề mặt sinh học sinh ra từ vi khuẩn phân hủy dầu SG7 và khả năng sử dụng trong xử lý bùn ô nhiễm dầu và kim loại nặng quy mô phòng thí nghiệm*”, Viện Môi trường và Tài Nguyên, chủ nhiệm đề tài cấp Đại học Quốc Gia - Thành phố Hồ Chí Minh 2006 – 2008.
5. Trần Thị Nga (2005), *Khả năng sử dụng vi khuẩn phân hủy dầu đồng thời tạo chất hoạt động bề mặt trong xử lý ô nhiễm dầu*, luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật Môi trường, Viện Môi trường và Tài Nguyên.
6. Trần Minh Ngọc (2007), “*Nghiên cứu sự phân bố vi khuẩn hiếu khí phân hủy dầu trong đất vùng Cần Giờ phục vụ cho công tác xử lý và phục hồi môi trường sau tai biến tràn dầu*”, luận văn thạc sĩ Công nghệ Môi trường, Viện Môi trường và Tài Nguyên.
7. Pgs.TS. Đinh Thị Ngọc (2006), *Hóa học dầu mỏ và khí*, nxb khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
8. Gs.Ts. Phạm Văn Ty, Ts. Vũ Nguyên Thành, “*Công nghệ sinh học tập năm*”, *Công nghệ vi sinh và môi trường*, nxb Giáo dục.
9. Trung tâm Chất lượng nước và Môi trường và Phân viện Quy hoạch các nguồn nước, *Đánh giá mức độ ô nhiễm kênh Tân Hóa – Lò Gốm*, Dự án nâng cấp đô thị & làm sạch Kênh Tân Hóa-Lò Gốm Tp.HCM (PMU 415).

Tiếng Anh

10. M. J. Ayotamuno, R. N. Okparanma, E. K. Nweneka, S. O. T. Ogaji and S. D. Probert (12/2007), *Bio-remediation of a sludge containing hydrocarbons*, Nigeria and United Kingdom, pages 936-943.

11. Shi De-qing, Zhang Jian, ... (2007), *Bioremediation Oil Sludge in shengli Oilfield*, pages 177–184.
12. T. Grotenhuis, M. Smit and W. Rulken, *Linking bioavailability to environmental technology*, Wageningen, the Netherlands.
13. JB Hughes, DM Beckles, SD Chandra and CH Ward, *Utilization of bioremediation processes for the treatment of PAH-contaminated sediments*, USA, pages 152-160.
14. S. Lewis Hutchinson, A. P. Schwab, and M. K. Banks, “Bioremediation and Biodegradation”, *Phytoremediation of Aged Petroleum Sludge: effect of Irrigation Techniques and Scheduling*.
15. Rodrigo J.S. Jacques, Benedict C. Okeke...(2007), *Microbial consortium bioaugmentation of a polycyclic aromatic hydrocarbons contaminated soil*, Brazil.
16. Anders R. Johnsen, Lukas Y. Wick, Hauke Harms (2004), *Principles of microbial PAH-degradation in soil*, Pages 71-84.
17. Hans – Joachim Jordening and Josef Winter Wiley (2005), *environment Biotechnology*,
18. **Christopher W. Kaplan and Christopher L. Kitts** (2003), *Bacterial Succession in a Petroleum Land Treatment Unit*, USA.
19. Man Yee Kin (2001), *The Potential for Bioremediation in Hong Kong Waters*, Degree of Master of Science in Environmental Management at the University of Hong Kong.
20. Holger Kirchmann & Wasiyahun Ewnetu (1998), *Biodegradation of petroleum-based oil wastes through composting*.
21. Naim Kosaric(2001), *Biosurfactants and Their Application for Soil Bioremediation*.
22. Kenneth Lee and Francois Xavier Merlin (1999), *Bioremediation of oil on shoreline environments: development of techniques and guidelines*, Canada, pages 161–171.

23. Mphekgo P. Maila & Thomas E. Cloete (2004), *Bioremediation of petroleum hydrocarbons through landfarming: Are simplicity and cost-effectiveness the only advantages?*, Pretoria, South Africa.

24. T. Murphy., A. Moller & H. Brouwer (1995), *In situ treatment of Hamilton Harbour sediment*, Canada.

25. Wei Ouyang, Hong Liu,... (2005), *Comparison of bio-augmentation and composting for remediation of oily sludge: A field-scale study in China*, China.

26. Leticia Pizzul (2007), *Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil by a two-step sequential treatment*.

27. L. Valentin, G. Feijoo, ...(2006), *Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in forest and salt marsh soils by white-rot fungi*, Spain.

28. Micky Vincent (2007), *Microbial Bioremediation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Oily Sludge Wastes*.

29. Xueqing Zhu, Albert D. Venosa, Makram T. Suidan, and Kenneth Lee (2001), *Guidelines for the bioremediation of marine shorelines and freshwater wetlands*, USA.

Tài liệu khác

30. <http://www.vnn.vn/khoahoc/trongnuoc/2005/06/454983/>, *Biến bùn thành... tiền!*

31. www.vnexpress.net/GL/Xa-hoi/2005/09/3B9E2217/, *Điều trị ‘bệnh bẩn’ của kênh Tân Hóa – Lò Gốm*.

32. www.sggp.org.vn/thoisu/2006/8/55785/, *Nạo vét kênh rạch tại TPHCM: Bùn đổ đi đâu?*

33. vietnamnet.vn/khoahoc/2008/06/790630/, *Nghiên cứu thành công quy trình xử lý bùn thải*

34. vietbao.vn/vi/Xa-hoi/, *TP-HCM: gần 3000 tấn bùn thải mỗi ngày chưa được xử lý*.

PHẦN 3: PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1: THÀNH PHẦN MÔI TRƯỜNG

PHỤ LỤC 2: SỐ LIỆU KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

PHỤ LỤC 3: KẾT QUẢ GỬI PHÂN TÍCH BÊN NGOÀI

PHỤ LỤC 1: THÀNH PHẦN MÔI TRƯỜNG

1. Thành phần môi trường khoáng (Benka–Coker), tổng vi khuẩn phân hủy dầu

TT	Thành phần	Nồng độ (g/l)
1	KH_2PO_4	0.56
2	K_2HPO_4	4.74
3	MgSO_4	1.025
4	NaCl	10
5	CaCl_2	0.148
6	NH_4NO_3	2.5g
7	Agar	20
8	Dầu	5%
9	Nước cất	1000 ml

- Sau khi khử trùng ở 121°C trong 15 phút, môi trường có pH 7.0 – 7.2
- Môi trường khoáng sau khi hấp khử trùng để nguội đến nhiệt độ $40\text{--}46^\circ\text{C}$, đổ đĩa và để nguội.

2. Thành phần môi trường Plate count agar (PCA) (môi trường đông khô Merck), tổng vi khuẩn hiếu khí.

TT	Thành phần	Nồng độ (g/l)
1	Trypton	5.0
2	Yeast extract	2.5
3	Glucose	1.0
4	Agar	15.0
5	Nước cất	1 lít

Môi trường PCA sau khi hấp khử trùng, để nguội đến nhiệt độ 40-46°C và đổ đĩa để đông thạch.

3. Thành phần môi trường Potato Glucose agar (PGA) (môi trường đông khô Merck), tổng vi nấm.

TT	Thành phần	Nồng độ (g/l)
1	Khoai tây	300
2	Glucose	2
3	Agar	15

Đun sôi kỹ khoai tây và lọc lấy dịch lọc, sau đó bổ sung đường và agar vào hấp khử trùng. Sử dụng acid lactic chỉnh pH đến 5,5 để ức chế sự phát triển của vi khuẩn. Khử trùng ở 121°C trong 15 phút.

Môi trường PGA sau khi hấp khử trùng để nguội đến nhiệt độ 40-46°C, đổ đĩa.

4. Thành phần môi trường tổng vi khuẩn kỵ khí

NH ₄ NO ₃	2g
KH ₂ PO ₄	1g
NaCl	10g
MgSO ₄ .7H ₂ O	3,3g
Glucose	1g
Pepton	5g

Cao men	0,5g
Agar	12g

Sau khi khử trùng ở 121°C trong 15 phút, môi trường có pH 7.0 – 7.2.

Cách pha hỗn hợp $\text{Na}_2\text{S} + \text{NaHCO}_3$: Cân 0,75g Na_2S và 0,3g NaHCO_3 pha trong 30ml nước cất.

Môi trường sau khi hấp khử trùng để nguội đến nhiệt độ 40-46°C. Bổ sung vài giọt $\text{Na}_2\text{S} + \text{NaHCO}_3$ để khử hết O_2 trong môi trường.

5. Thành phần môi trường Gause 1, tổng xạ khuẩn.

Tinh bột	20 g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1 g
NaCl	0,5 g
KNO_3	1 g
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,1 g
Agar	18 g
Nước	1 lít

Môi trường Gause 1 có bổ sung Chloramphenicol (25mg/l) để ức chế vi khuẩn.

Môi trường Gause - 1 sau khi hấp khử trùng để nguội đến nhiệt độ 40-46°C và đổ đĩa để nguội.

6. Môi trường tăng sinh và dịch nuôi chủng SG7- L/ĐN VÀ SG7-N/ĐN

Thành phần môi trường khoáng

TT	Thành phần	Nồng độ (g/l)
1	KH_2PO_4	3,4
2	K_2HPO_4	3,4
3	$\text{MgSO}_4.7\text{H}_2\text{O}$	0,5
4	NaCl	1,1
5	KCl	1,1
6	NaNO_3	15
7	$\text{FeSO}_4.7\text{H}_2\text{O}$	0,00028
8	Cao nấm men	0,5
9	Nước cất	1000 ml

Hấp khử trùng ở 121°C

Thành phần vi lượng (bổ sung 5ml/l môi trường khoáng)

TT	Thành phần	Nồng độ (g/l)
1	$\text{ZnSO}_4.7\text{H}_2\text{O}$	0,29
2	$\text{CaCl}_2.4\text{H}_2\text{O}$	0,24
3	$\text{CuSO}_4.5\text{H}_2\text{O}$	0,25
4	$\text{MnSO}_4.\text{H}_2\text{O}$	0,17

Nguồn cacbon: dầu đậu nành 10ml

Lắc môi trường khoáng + 1ml dịch tăng sinh vi khuẩn (SG7), 200 vòng/ giờ, thời gian 5 ngày, nhiệt độ phòng(30,8⁰C).

7. Thu hồi chất HĐBMSH

Dịch nuôi vi khuẩn (môi trường khoáng), sau 5 ngày nuôi lắc ở nhiệt độ phòng, chỉnh pH xuống khoảng 2 (diệt tế bào vi khuẩn), để qua đêm. Ngày sau, chỉnh pH lại khoảng 7, hỗn hợp dịch nuôi chỉ còn CHĐBMSH và xác VSV. CHĐBMSH được thử sức căng bề mặt trước khi sử dụng.

PHỤ LỤC 2: SỐ LIỆU KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

1. MÔ HÌNH KHÔ

1.1. Kết quả phân tích pH

Ngày	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
0 ngày	7.69	8.04	7.70	7.89
3 ngày	7.15	7.58	7.51	6.85
7 ngày	6.35	7.34	6.73	5.02
14 ngày	4.15	6.14	4.02	4.18
21 ngày	4.59	5.65	4.15	4.59

1.2. Kết quả phân tích độ ẩm

Ngày	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
0 ngày	52.3	51.5	51.3	49.3
3 ngày	48.0	48.7	50.8	44.7
7 ngày	45.1	45.4	46.1	48.3
14 ngày	44.2	45.5	43.1	47.4
21 ngày	45.1	46.8	47.7	46.3

1.3. Kết quả phân tích tổng vi khuẩn hiếu khí

Ngày	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
0 ngày	6.2E+07	5.3E+07	3.0E+07	2.5E+08
3 ngày	7.4E+07	5.2E+08	1.3E+08	9.5E+07
7 ngày	1.9E+08	2.7E+08	1.6E+08	2.9E+08
14 ngày	2.0E+07	8.0E+07	2.9E+08	8.0E+07
21 ngày	1.7E+07	8.5E+07	1.3E+07	4.2E+07

1.4. Kết quả phân tích tổng vi sinh vật phân hủy dầu

Ngày	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
0 ngày	1.4E+07	1.0E+07	1.0E+07	1.5E+07
3 ngày	2.7E+07	7.2E+07	2.6E+07	3.0E+07
7 ngày	1.1E+07	5.1E+07	2.3E+07	1.5E+07
14 ngày	1.5E+07	2.9E+07	3.5E+07	2.1E+07
21 ngày	3.8E+07	7.0E+07	9.0E+07	1.5E+08

1.5. Kết quả phân tích tổng vi nấm

Ngày	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
0 ngày	5.0E+04	2.0E+04	6.0E+04	7.0E+04
3 ngày	4.0E+04	3.0E+04	3.0E+04	1.2E+05
7 ngày	4.0E+05	4.0E+05	8.0E+04	3.0E+05

14 ngày	4.0E+05	2.2E+05	1.4E+05	5.4E+05
21 ngày	5.0E+05	1.2E+05	8.1E+05	1.4E+05

1.6. Kết quả phân tích tổng xạ khuẩn

Ngày	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
0 ngày	7.5E+05	7.6E+05	2.8E+05	3.5E+05
3 ngày	8.3E+05	7.6E+05	2.7E+05	5.0E+05
7 ngày	1.7E+05	2.5E+05	5.8E+05	6.7E+05
14 ngày	1.2E+05	8.3E+05	1.3E+05	8.3E+05
21 ngày	1.2E+05	1.5E+05	1.0E+05	4.5E+05

1.7. Kết quả phân tích tổng vi khuẩn kỵ khí

Ngày	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
0 ngày	3.9E+06	1.2E+07	4.7E+06	2.4E+06
3 ngày	1.3E+06	8.2E+06	2.2E+06	2.3E+06
7 ngày	5.2E+06	6.7E+06	9.5E+06	2.2E+06
14 ngày	2.0E+05	3.1E+06	1.3E+06	2.0E+05
21 ngày	1.4E+05	6.7E+05	2.7E+05	4.8E+07

1.8. Kết quả phân tích hàm lượng dầu

Thời gian (ngày)	MH1	MH2	MH3	MH4
0	2202	2188	2418	2097
175	1421	1503	1304	1637

2. MÔ HÌNH SỤC KHÍ

THỜI GIAN (ngày)	pH	DO (mgO ₂ /l)	TVKHK (CFU/ml)	DẦU TỔNG (mg/kg)
0			6.2E+06	14433
1	5.68	0.02	3.1E+08	
2	5.75	0.04	4.6E+08	
3	5.86	0.06	1.8E+08	
4	6.59	0.06	1.2E+08	
7	7.03	2.29	5.0E+08	
8	7.27	1.4	1.6E+09	
9	7.17	0.69	4.4E+08	
10	7.31	1.97	6.0E+08	
14	7.16	2.95	2.4E+08	
15	7.1	2.78	4.0E+08	
16	6.91	3.72	3.0E+08	9101
17	6.92	4.97	2.2E+08	
21	7.24	4.53	5.2E+08	
22	7.26	4.63	1.5E+08	8209

3. MÔ HÌNH ƯỚT

3.1. Kết quả phân tích tổng vi khuẩn hiếu khí

ngày	MHA	MHB
5.8	2.7E+07	7.2E+07
6.8	5.2E+07	5.6E+07
7.8	3.0E+08	9.0E+07
12.8	8.0E+07	5.0E+07
13.8	3.2E+07	8.8E+07
14.8	3.6E+07	5.2E+07
19.8	2.0E+07	3.0E+07
20.8	6.4E+07	5.4E+07
26.8	5.6E+07	5.9E+07
27.8	5.0E+07	4.0E+07
28.8	2.1E+07	1.3E+07
3.9	2.5E+07	4.0E+07
4.9	1.2E+07	4.0E+07
5.9	2.0E+07	6.0E+07
22.9	3.4E+07	6.4E+08
26.9	4.2E+07	7.5E+07
30.9	4.0E+07	8.0E+08

3.2. Hàm lượng dầu

Ký hiệu mẫu	Thời gian (ngày)	độ ẩm (%)	kl bn (g)	kl bình+dầu (g)	kl bn (g)	hl dầu (mg/kg)
M58A	0	66.7	40.3439	40.3982	30	5,435
M58B	0	70.13	40.0297	40.0796	30	5,569
M159A	40	62.82	40.3372	40.3762	30	3,496
M159B	40	60.92	40.6109	40.6473	26.7	3,488
M2010A	75	39.33	40.3446	40.4032	30	3,220
M2010B	75	50.45	40.033	40.0745	30	2,792
11A	95	38.52	40.0312	40.0832	30.56	2,768
11B	95	43.6	40.6095	40.6387	30.85	1,678

3.3. Kết quả đo pH

Ngày	MHA	MHB
5.8	7,3	7,5
6.8	7,2	7,4
7.8	7,2	7,4
12.8	7,1	7,2
19.8	7,2	7,3
27.8	7,1	7,3
28.8	7,2	7,3

PHỤ LỤC 3: KẾT QUẢ PHÂN TÍCH MẪU BÊN NGOÀI