

ẢNH HƯỞNG CỦA NỒNG ĐỘ ĐẠM VÀ ĐỘ MẶN TRONG NƯỚC ĐỐI VỚI MẬT SỐ VI KHUẨN DỊ DƯỠNG BẮM TRÊN LÁ ĐƯỚC (*RHIZOPHORA APICULATA*)

Bùi Thị Nga¹, Đinh Ngô Mỹ Liên² và Nguyễn Hữu Hiệp³

ABSTRACT

Decomposed heterotrophic bacteria attached on Rhizophora apiculata leaves was investigated in range of salinities 5‰ and 25‰ with 3 levels of nitrogen concentration 0ppm, 5ppm, and 10ppm; and different leaf amounts of 0g/L, 10g/L and 30g/L in laboratory condition. The bacterial density was higher in decomposed leaves than incubated water. The number of bacteria was significant higher at the salinity of 5‰ than at the salinity of 25‰. The highest bacteria number was recorded at the incubated leaves amount of 30g/L with the salinity of 5‰. There was the correlation between attached bacteria and total nitrogen concentration in the incubated water. The bacterial population was abundant in number and diversified in metabolic ability. Bacteria attached on the decayed leaves increased their density considerably. The present study indicated that attached bacteria could be nutritious food source in the decomposed food web in the shrimp-mangrove system.

Keywords: *decomposed Rhizophora apiculata leaves, bacteria density, nitrogen concentration*

Title: *Effects of nitrogen and salinity levels in water on density of heterotrophic bacteria attached on Rhizophora apiculata leaves*

TÓM TẮT

Vi khuẩn dị dưỡng phân hủy lá đước (Rhizophora apiculata) được khảo sát ở 2 độ mặn là 5‰ và 25‰; với 3 mức độ đạm là 0ppm, 5ppm và 10ppm; và lượng lá khác nhau là 0g/L, 10g/L, 30g/L (nước biển với các độ mặn tương ứng) trong điều kiện phòng thí nghiệm. Vi khuẩn phân hủy bám trên lá có mật số phong phú hơn vi khuẩn trong nước ngâm ủ. Mật số vi khuẩn phân hủy lá đước ở độ mặn 5‰ cao hơn có ý nghĩa so với độ mặn 25‰. Mật số vi khuẩn dị dưỡng tham gia phân hủy lá đước đạt giá trị cao nhất ở lượng lá 30g/L và độ mặn 5‰. Có sự tương tác giữa mật số vi khuẩn trên lá đước phân hủy với hàm lượng đạm trong môi trường ngâm ủ. Sự hiện diện của quần thể vi khuẩn phong phú về số lượng, đa dạng về khả năng trao đổi chất. Kết quả nghiên cứu cho thấy có thể vi khuẩn bám trên lá đước là nguồn thức ăn giàu dinh dưỡng trong chuỗi thức ăn phân hủy trong hệ thống nuôi tôm-rừng.

Từ khóa: *lá đước phân hủy, mật số vi khuẩn, nồng độ đạm*

1 GIỚI THIỆU

Rừng ngập mặn là rừng nhiệt đới ven biển có giá trị sử dụng đa dạng và có vai trò quan trọng trong bảo vệ bờ biển. Chúng là nguồn cung cấp năng lượng và vật chất

¹ Khoa môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

² Học viên Cao học Khoa Học Môi Trường, Đại học Cần Thơ

³ Viện Nghiên Cứu & Phát Triển Công Nghệ Sinh Học, Trường Đại học Cần Thơ

cho môi trường biển và ven biển từ sự phân hủy của vật rơi rụng (Mackey & Smail, 1996; Nga *et al.*, 2005). Sản phẩm của quá trình phân hủy hữu cơ được nước triều mang ra các vùng cửa sông, ven biển làm phong phú thêm nguồn thức ăn cho sinh vật. Những mẫu vụn của lá cây ngập mặn, vật chất hữu cơ từ thực vật không chỉ là nguồn dinh dưỡng cho ấu trùng mà còn là nguồn thức ăn quan trọng cho tôm, cua, cá trưởng thành. Sự phóng thích hoặc hấp thu các chất dinh dưỡng nhờ vào quá trình phân hủy của các vật rụng rùng ngập mặn nhờ hoạt động của vi sinh vật (O'Connell, 1988).

Sự gia tăng hàm lượng đạm trong lá đước phân hủy có thể là do sự cố định đạm bởi các vi khuẩn bám trên lá đước (Chale, 1993; Holmer & Olsen, 2002). Tuy nhiên, vi khuẩn tham gia vào quá trình phân hủy lá cây ngập mặn cũng như các nhân tố trong môi trường ảnh hưởng đến hoạt động của vi sinh vật phân hủy thì chưa được nghiên cứu nhiều. Do vậy, đề tài “Ảnh hưởng của các nồng độ đạm, độ mặn và lượng lá ngâm ủ đến mật số vi khuẩn dị dưỡng phân hủy lá đước *Rhizophora apiculata* trong điều kiện phòng thí nghiệm” được thực hiện nhằm xác định ảnh hưởng của độ mặn, nồng độ đạm trong nước và lượng lá ủ đến vi khuẩn dị dưỡng phân hủy lá đước. Đề tài nhằm cung cấp dữ liệu về vi khuẩn phân hủy lá đước, và cũng là cơ sở cho các nghiên cứu về sử dụng lá đước để làm giảm nồng độ dinh dưỡng trong nước.

2 PHƯƠNG TIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Bố trí thí nghiệm

Lá đước già (có màu vàng) còn trên cây, được hái tại RNM ở Vĩnh Châu – Sóc Trăng, cho vào túi nylon và đem về phòng thí nghiệm trong vòng 12 giờ. Sau đó, lá đước cắt bỏ phần cuống, rửa sạch để loại bỏ những vật bám trên bề mặt và rửa lại bằng nước đun sôi để nguội

Lá đước sau khi rửa sạch được làm khô nước trong điều kiện phòng. Lượng lá đước dùng cho thí nghiệm gồm có 3 mức độ: 0g lá/lít; 10g lá/lít; 30g lá/lít và ngâm trong các chậu sứ với 3 mức độ đạm là 0 ppm; 5 ppm; 10 ppm, các nồng độ đạm này được cung cấp từ thức ăn CP có hàm lượng protein thô chiếm 40% (đạm 6.25%), và 2 độ mặn là 5 và 25 ppt của nước biển lấy tại hệ thống tôm - rừng ở Vĩnh Châu – Sóc Trăng. Nước biển được thêm nước đun sôi để nguội cho đến khi đạt độ mặn cần thiết để bố trí thí nghiệm.

Thí nghiệm được bố trí theo kiểu thừa số 3 nhân tố hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 lần lặp lại. Ba nhân tố trong thí nghiệm là độ mặn, nồng độ đạm và lượng lá ngâm ủ (Hình 1).

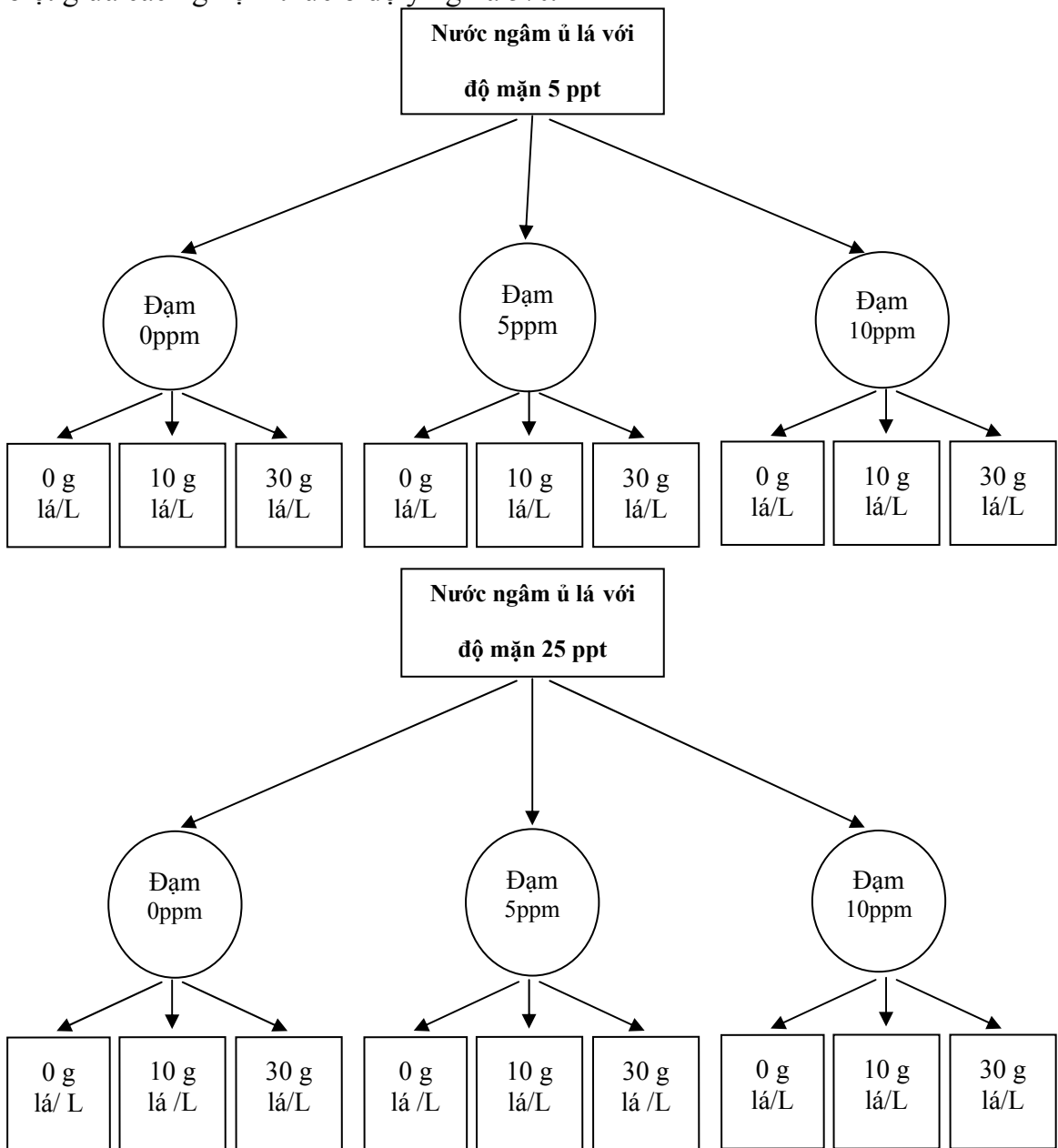
2.2 Phương pháp thu và phân tích mẫu

- Thu mẫu lá để phân tích vi sinh vật: Dùng kẹp đã tiệt trùng lấy ngẫu nhiên một lá ở mỗi chậu. Sau khi chờ khoảng 1 phút cho lá đước khô nước thì cho lá vào túi nylon sạch, đem cân và trừ đi trọng lượng túi nylon thì được trọng lượng tươi của mẫu phân tích vi sinh.

- Thu mẫu nước phân tích vi sinh: Chai thu mẫu được khử trùng sạch bằng nồi autoclave. Chai thu mẫu được nhúng vào chậu sâu 3 – 4 cm và thu 50 – 60 ml nước ở mỗi chậu dùng cho phân tích.
- Mật số vi khuẩn dị dưỡng được phân tích theo phương pháp đếm khuẩn lạc. Các chỉ tiêu trong môi trường nước ngâm ủ lá được như pH, nhiệt độ, DO và BOD₅ được đo bằng máy đo tương ứng (bảng 1)

2.3 Xử lý số liệu

Số liệu thu thập được lưu trữ trên phần mềm Excel và được xử lý thống kê bằng phần mềm SPSS 10.0. Phép thử DUNCAN được dùng để kiểm tra mức độ khác biệt giữa các nghiệm thức ở độ ý nghĩa 5%.



Hình 1: Sơ đồ bố trí các nghiệm thức

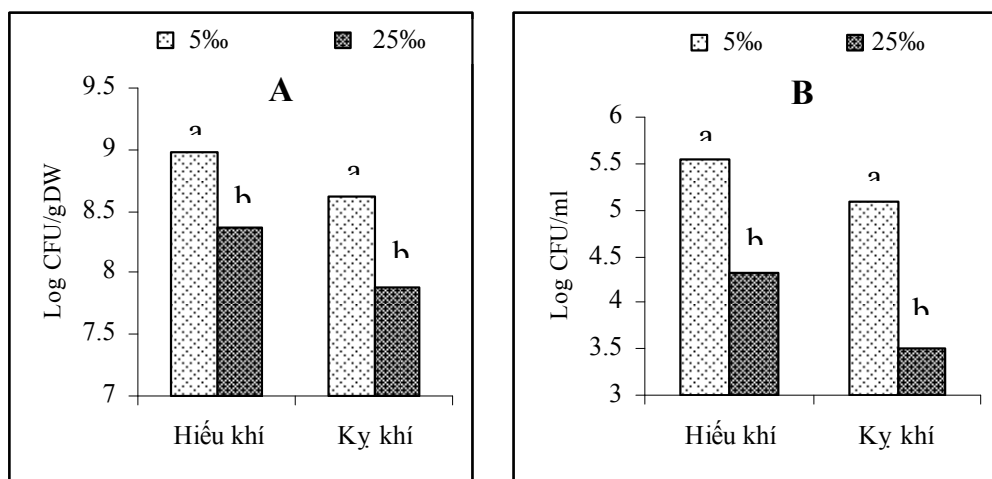
Bảng 1: Các chỉ tiêu phân tích, thiết bị và phương pháp phân tích

Chỉ tiêu phân tích	Vật liệu / Thiết bị	Phương pháp phân tích
Mật số vi khuẩn dị dưỡng	Nước muối sinh lý 8,5% Nước cất. Môi trường R2A agar. Dầu khoáng.	Phương pháp đếm khuẩn lạc
pH	Máy đo piONner 10	Đo bằng máy
Nhiệt độ, DO	Máy đo piONner 30	Đo bằng máy
BOD ₅	Thiết bị WTW TS 606 – G/2	Đo bằng máy

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Ảnh hưởng của độ mặn nước ngầm lá đến vi khuẩn phân hủy lá đước

Mật số vi khuẩn trên lá đước phân hủy cao hơn có ý nghĩa thống kê ở độ mặn 5‰ so với độ mặn 25‰ ($p < 0,01$). Kết quả nghiên cứu của đề tài phù hợp với nghiên cứu của Nguyễn Như Thanh *et al.* (1990) cho rằng đa số vi khuẩn thích ứng ở dung dịch có nồng độ muối < 20‰. Vi khuẩn dị dưỡng sống được trong nước biển vì có khả năng thích nghi với điều kiện độ mặn trong nước, chúng cần Na^+ để phát triển vì đây là yếu tố cần thiết để duy trì áp suất thẩm thấu trong tế bào (Das *et al.*, 2006). Tuy nhiên nồng độ muối tối ưu cho sự phát triển của vi khuẩn trong các vùng ven biển nước lợ ở khoảng 5-20‰ (Mai Thị Hằng & Trần Thị Mỹ Hạnh, 2004). Theo nghiên cứu của Kiều Hữu Ánh & Ngô Tự Thành (1985) cho rằng khi hàm lượng muối cao vượt quá mức độ sinh trưởng tối ưu, thời gian phân cắt của một số nhóm vi khuẩn có thể bị kéo dài, trong điều kiện này, vi khuẩn có xu hướng cố gắng tồn tại hơn là phát triển.



Hình 2: Mật số vi khuẩn hiếu khí và kỵ khí trên lá đước (A) và trong nước (B)

Những mẫu tự khác nhau trên mỗi đầu cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,01$).

Kết quả hình 2 cho thấy mật số vi khuẩn dị dưỡng (kỵ khí và hiếu khí) ở môi trường nước phân hủy với độ mặn 5‰ cao hơn so với độ mặn 25‰, điều này là do mật số vi khuẩn cao thì tốc độ phân hủy của lá đước ở độ mặn 5‰ cao hơn so với

ở độ mặn 25‰. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với kết quả nghiên cứu của Bùi Thị Nga *et al.* (2004a) cho thấy tốc độ phân hủy của lá đước ở độ mặn 5‰ cao hơn tốc độ phân hủy lá đước ở độ mặn 25‰. Kết quả tương tự cũng được tìm thấy đối với vi khuẩn trong môi trường nước ngầm ở nồng độ muối 5‰ có số lượng nhiều hơn so với nồng độ muối 25‰ ($p < 0,01$).

3.2 Ảnh hưởng của nồng độ đạm đến vi khuẩn dị dưỡng phân hủy lá đước

Kết quả mật số vi khuẩn hiếu khí và kỵ khí trên lá (CFU/gDW) và trong nước (CFU/mL) ở các nồng độ đạm khác nhau 0ppm, 5ppm và 10ppm khác biệt không có ý nghĩa (Bảng 2). Ở các nồng độ đạm khác nhau vi khuẩn trên lá dao động từ $4,2 \times 10^8 - 5,1 \times 10^8$ CFU/g DW đối với nhóm hiếu khí, từ $1,7 \times 10^8 - 1,8 \times 10^8$ CFU/g DW đối với nhóm kỵ khí. So với vi khuẩn trên lá đước phân hủy, mật số vi khuẩn trong nước ngầm ở lá đước biến động lớn hơn và dao động từ $7,9 \times 10^4 - 9,2 \times 10^4$ CFU/mL đối với nhóm hiếu khí và từ $1,6 \times 10^4 - 2,3 \times 10^4$ CFU/ml đối với nhóm vi khuẩn kỵ khí vì các vi khuẩn sống tự do trong nước thường chịu ảnh hưởng của sự biến động các yếu tố môi trường lớn hơn so với vi khuẩn bám vào các giá thể trong thủy vực (Haglund, 2004).

Theo Alavandi (1990), sự phân bố của vi khuẩn trong môi trường phụ thuộc vào sự thay đổi của nhiệt độ nước, độ mặn và một số yếu tố hóa lý. Trong đó, nguồn thức ăn của vi khuẩn cũng là nhân tố không kém phần quan trọng ảnh hưởng đến mật số vi khuẩn dị dưỡng trong môi trường nước.

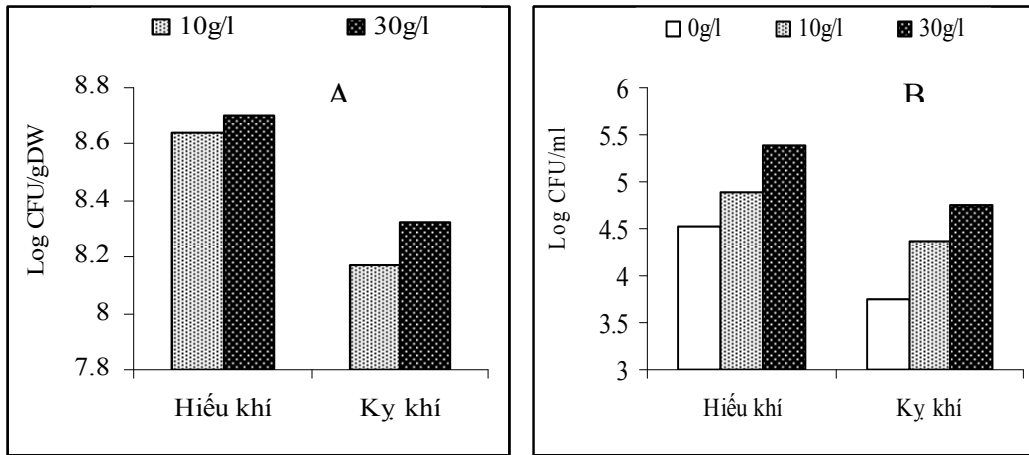
Bảng 2: Trung bình mật số vi khuẩn hiếu khí và kỵ khí trên lá (CFU/gDW) và trong nước (CFU/mL) ở các nồng độ đạm khác nhau

Nhóm vi khuẩn	Nồng độ đạm			CV %
	0ppm	5ppm	10ppm	
Hiếu khí trên lá	$4,2 \times 10^8$	$4,8 \times 10^8$	$5,1 \times 10^8$	11,0
Kỵ khí trên lá	$1,7 \times 10^8$	$1,8 \times 10^8$	$1,8 \times 10^8$	11,6
Hiếu khí trong nước	$9,2 \times 10^4$	$8,5 \times 10^4$	$7,9 \times 10^4$	20,7
Kỵ khí trong nước	$2,1 \times 10^4$	$1,6 \times 10^4$	$2,3 \times 10^4$	33,3

3.3 Ảnh hưởng của khối lượng lá ngâm ủ đến vi khuẩn dị dưỡng trong môi trường phân hủy lá đước

Kết quả mật số vi khuẩn hiếu khí và kỵ khí trên lá (A) và trong nước (B) ở các lượng lá ngâm ủ khác nhau cho thấy vi khuẩn dị dưỡng trên lá đước phân hủy ở 10g/L và 30g/L có mật số trung bình tính theo hệ số log lần lượt là 8,6 CFU/gDW và 8,7 CFU/gDW đối với nhóm hiếu khí; ở nhóm kỵ khí là 8,2 CFU/gDW và 8,3 CFU/gDW. Qua đó cho thấy ở 2 lượng lá ngâm ủ 10g/L và 30g/L, mật số vi khuẩn hiếu khí cũng như kỵ khí bám trên lá đước khác biệt không có ý nghĩa. Ngược lại với nhóm vi khuẩn dị dưỡng bám trên lá đước, số lượng vi khuẩn dị dưỡng hiếu khí, kỵ khí sống trong nước ngầm ở lá đước ở các mức độ lá 0g/L, 10g/L và 30g/L khác biệt rất có ý nghĩa ($p < 0,01$). Vi khuẩn hiếu khí trong nước ngầm ở lá đước ở các lượng lá 0g/L, 10g/L và 30g/L có mật số trung bình tính theo hệ số log lần lượt là 4,5 CFU/mL; 4,9 CFU/mL và 5,4 CFU/mL; vi khuẩn kỵ khí trong nước ngầm ở các lượng lá 0g/L, 10g/L và 30g/L có mật số trung bình tính theo hệ số log lần lượt là 3,8 CFU/mL; 4,4 CFU/mL và 4,8 CFU/mL (Hình 3).

Theo nghiên cứu của Haglund (2004), có nhiều xác thực vật trong thủy vực sẽ tạo ra nhiều bề mặt cho vi khuẩn bám vào giúp chúng phát triển nhanh và có số lượng cao trong môi trường, đây cũng là nhóm vi khuẩn có tầm quan trọng đối với sự tuần hoàn carbon của thủy vực. Theo Rath *et al.*, (1993) và del Gior & Scarborough (1995) cho rằng tỉ lệ vi khuẩn hoạt động tăng theo nồng độ chất dinh dưỡng, sự cung cấp các dưỡng chất vào môi trường có tầm quan trọng đối với sự phát triển mật số của vi khuẩn trong thủy vực.



Hình 3: Mật số vi khuẩn hiếu khí và kỵ khí trên lá (A) và trong nước (B)

3.4 Mối quan hệ giữa nồng độ đạm, khối lượng lá ngâm ủ khác nhau với mật độ vi khuẩn dị dưỡng trong nước ngâm ủ

Kết quả nghiên cứu của đề tài cho thấy có sự tương tác giữa lượng lá và nồng độ đạm làm ảnh hưởng đến số lượng vi khuẩn dị dưỡng trong nước ủ lá được. Bảng 3 cho thấy trung bình mật số vi khuẩn trong nước ngâm ủ ở nghiệm thức có lượng lá 30g/L nhiều hơn so với ở lượng lá 10g/L và thấp nhất là ở nghiệm thức không có ngâm lá. Tuy nhiên ở nồng độ đạm cao (10ppm) thì mật số vi khuẩn trong nước ở nghiệm thức có lượng lá 10g/L và nghiệm thức không có ngâm lá khác biệt không đáng kể, ngược lại ở nghiệm thức có nồng độ đạm thí nghiệm 0ppm và 5ppm thì vi khuẩn có mật số càng cao ở nghiệm thức có lượng lá ngâm ủ càng nhiều.

Tóm lại, lượng lá được ngâm ủ càng nhiều thì vi khuẩn trong môi trường ngâm ủ có mật số càng cao, kể cả khi môi trường ngâm ủ không có bổ sung đạm. Mật số vi khuẩn cao có thể là yếu tố làm tăng tốc độ phân hủy lá được ở nghiệm thức có lượng lá ngâm ủ nhiều.

Bảng 3: Trung bình mật số vi khuẩn trong nước ngâm ủ lá được (CFU/ml) ở các nồng độ đạm và khối lượng lá ngâm ủ khác nhau

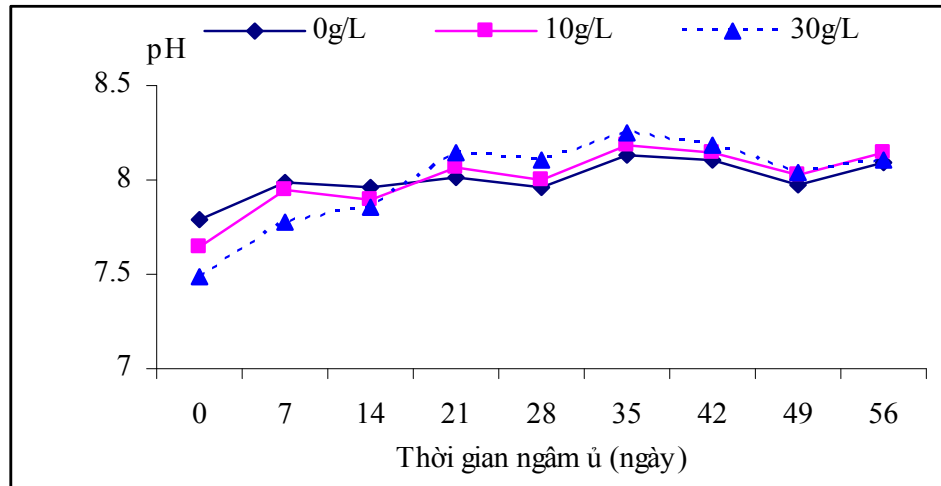
Nồng độ đạm	Khối lượng lá ngâm ủ			CV %
	0g/L	10g/L	30g/L	
0ppm	1,3 x 10 ^{4c}	4,2 x 10 ^{4b}	1,5 x 10 ^{5a}	26,9
5ppm	9,9 x 10 ^{3c}	4,6 x 10 ^{4b}	1,1 x 10 ^{5a}	27,5
10ppm	2,1 x 10 ^{4b}	3,7 x 10 ^{4b}	9,9 x 10 ^{4a}	24,9

Những giá trị có mẫu tự khác nhau thì khác biệt nhau về mặt thống kê ở mức ý nghĩa 5% theo phép thử Duncan.

3.5 Một số đặc điểm lý-hóa học của nước ngâm ủ lá đước

3.5.1 pH

Quá trình phân hủy lá cây ngập mặn làm tăng pH trong môi trường nước phân hủy (Steinke & Charles, 1986). Kết quả thí nghiệm cũng tìm thấy giá trị pH tăng theo thời gian phân hủy lá đước. Khối lượng lá ngâm ủ nhiều thì pH tăng nhiều, thể hiện ở hình 4. Trong thời gian phân hủy lá đước, giá trị pH trong nước ngâm ủ dao động từ 7,48-8,25, khoảng giá trị này phù hợp cho sự phát triển của vi khuẩn trong môi trường nước (Nguyễn Đức Lượng & Nguyễn Thị Thùy Dương, 2003).



Hình 4: Biến động giá trị pH theo thời gian phân hủy lá đước ở các khối lượng lá ngâm ủ khác nhau

3.5.2 Nồng độ oxy hòa tan, nhiệt độ

Qua bảng 5 cho thấy nồng độ oxy hòa tan trong nước khá ổn định theo thời gian. Tuy nhiên, DO ở độ mặn 25‰ luôn thấp hơn DO ở độ mặn 5‰. Nhiệt độ trong môi trường phân hủy lá đước biến động không nhiều và dao động trong khoảng từ 27,6-29,3°C. Nhiệt độ trong môi trường ngâm ủ nằm trong khoảng nhiệt độ thuận lợi cho sự phát triển của đa số vi khuẩn phân hủy lá đước (Nguyễn Đức Lượng & Nguyễn Thị Thùy Dương, 2003).

Bảng 5: Giá trị trung bình nồng độ oxy hòa tan và nhiệt độ ở các độ mặn khác nhau

Thời gian ngâm ủ (ngày)	Oxy hòa tan (mg/L)		Nhiệt độ (°C)	
	Độ mặn 5‰	Độ mặn 25‰	Độ mặn 5‰	Độ mặn 25‰
0	5,7	5,0	29,3	29,2
7	5,3	4,4	28,7	28,7
14	3,8	3,3	27,8	27,8
21	4,9	4,5	29,0	29,0
28	4,7	4,3	28,4	28,3
35	4,6	4,1	27,9	27,9
42	4,9	4,4	27,6	27,6
49	5,0	4,4	28,2	28,2
56	5,6	4,8	27,6	27,6

Nhìn chung các giá trị BOD₅; pH; DO và nhiệt độ điều ổn định trong suốt thời gian thí nghiệm và phù hợp với sự phát triển của vi khuẩn dị dưỡng.

3.5.3 Nhu cầu oxy sinh hóa – BOD (mg/L)

BOD ở ngày đầu thí nghiệm có giá trị rất cao vì có từ nguồn đạm bổ sung. Lượng đạm bổ sung càng nhiều thì lượng oxy cần thiết để vi khuẩn phân hủy các chất hữu cơ càng cao. Sau 56 ngày ngâm ủ, BOD ở các nghiệm thức có nồng độ đạm khác nhau trở về những giá trị gần bằng nhau, dao động từ 6,5-9,3 mg/L. Giá trị BOD ở các nghiệm thức có khối lượng lá ngâm ủ khác nhau sau 56 ngày phân hủy dao động từ 7,2-9,3mg/L (bảng 4).

Bảng 4: Giá trị trung bình của BOD (mg/L) trong ngày đầu và ngày cuối thí nghiệm ở các nồng độ đạm và lượng lá ngâm ủ khác nhau

Thời gian ngâm ủ	Nồng độ đạm			Khối lượng lá ngâm ủ		
	0ppm	5ppm	10ppm	0g/L	10g/L	30g/L
Ngày đầu	2,8	55,0	104,6	54,1	54,1	54,1
Ngày cuối	9,0	8,6	6,5	7,2	7,6	9,3

CV = 33,9%

4 KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1 Kết luận

Vi khuẩn dị dưỡng tham gia phân hủy lá đước trên lá và trong nước ở độ mặn 5‰ có mật số cao hơn ở độ mặn 25‰. Điều này cho thấy khi lá đước được ngâm ở độ mặn cao (25‰) gây ảnh hưởng đến hoạt động của vi khuẩn. Ngoài ra, lượng lá đước ngâm ủ càng nhiều thì vi khuẩn dị dưỡng trong nước ngâm ủ có mật số càng cao.

Các nồng độ đạm trong nước ngâm lá đước không ảnh hưởng đến sự khác biệt về mật số vi khuẩn trong môi trường ngâm ủ lá đước, nhưng độ mặn của nước ngâm và lượng lá đước khác nhau thì vi khuẩn có mật số khác nhau.

4.2 Kiến nghị

- Khảo sát mật số vi khuẩn dị dưỡng phân hủy lá đước với thời gian dài hơn để tìm hiểu sự biến động của quần thể vi khuẩn trong toàn bộ quá trình phân hủy lá đước.
- Cần tiến hành các thí nghiệm tiếp theo để xác định cụ thể thành phần chủng loại các loại vi khuẩn có trong môi trường phân hủy lá đước.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Alavandi S. V. (1990), Relationship between heterotrophic bacteria and suspended particulate matter in the Arabian Sea (Cochin), Indian J Mar Sci 30, pp. 89-92.
- Bùi Thị Nga, R. Roijackers và Đ. T. Tâm (2004), “Sự phân hủy và cung cấp dưỡng chất của lá đước (*Rhizophora apiculata*)”, Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, (01), tr.30-39.
- Bùi Thị Nga, M. Scheffer và Trương Trọng Nghĩa (2005), “Ảnh hưởng của lá đước đang phân hủy đối với tôm sú giống *Penaeus monodon*”, Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, (03), tr.18-25.
- Chale F. M. M. (1993), Degradation of mangrove leaf litter under aerobic conditions, Hydrobiology 257, pp.177-183.
- Das S., P. S. Lyla and S. A. Khan (2006), Marine microbial diversity and ecology: importance and future perspectives, Current science 90, pp.1325-1335.
- Haglund A-L. (2004), Attached Bacterial Communities in Lakes – Habitat-Specific Differences, PhD thesis, Acta Universitatis Upsaliensis.
- Holmer M. and A. B. Olsen (2002), Role of decomposition of mangrove and seagrass detritus in sediment carbon and nitrogen cycling in a tropical mangrove forest, Marine ecology progress series 230, pp. 87-101.
- Kiều Hữu Ánh và Ngô Tự Thành (1985), Vi sinh vật học của các nguồn nước, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
- Mai Thị Hằng và Trần Thị Mỹ Hạnh (2004), “Khảo sát nguồn gen *Bacillus thuringiensis* diệt côn trùng từ một số rừng ngập mặn Việt Nam”, *Hệ sinh thái rừng ngập mặn vùng ven biển đồng bằng sông Hồng*, Trường Đại học Quốc gia Hà Nội.
- Như Thanh, Nguyễn Đường, Nguyễn Khắc Tuấn, Nguyễn Thị Bích Lộc và Nguyễn Bá Hiên (1990), Vi sinh vật học đại cương, Trường Đại học Nông Nghiệp Hà Nội, Bộ Giáo dục và Đào tạo.
- O’Connell A. M. (1988), Nutrients dynamics in decomposing litter in karri (*Eucalyptus diversicolor*) forest of South-western Australia, Journal of Ecology 76, pp. 1186-1203.
- Rath J., C. Schiller and G. J. Herndl (1993), Ectoenzymatic activity and bacterial dynamics along a trophic gradient in the Caribbean Sea, Mar Ecol Prog Ser 102, pp. 89-96.
- Siuda W. and R. J. Chróst (2002), Decomposition and Utilization of Particulate Organic Matter by Bacteria in Lakes of Different Trophic Status, Polish Journal of Environmental Studies 1, pp. 53-65.