

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT CỦA MỘT SỐ LOẠI THỰC SINH THỰC VẬT

Nguyễn Thành Lộc¹, Võ Thị Cẩm Thu², Nguyễn Trúc Linh², Đặng Cường Thịnh¹, Phùng Thị Hằng² và Nguyễn Võ Châu Ngân¹

¹ Khoa Môi trường & Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

² Khoa Sư phạm, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 08/08/2015

Ngày chấp nhận: 17/09/2015

Title:

Evaluation of treatment efficiency of domestic wastewater by aquatic plants

Từ khóa:

Cây Bèo Tai tượng, cây Lục bình, cây Thủy trúc, nước thải sinh hoạt

Keywords:

Water cabbage, water hyacinth, umbrella papyrus, domestic wastewater

ABSTRACT

The study on “Evaluation of treatment efficiency of domestic wastewater by aquatic plants” was processed on a lab-scale artificial wetland system. Three aquatic plant varieties were chosen for this study, including: water cabbage, water hyacinth, and umbrella papyrus. The results showed that all three plant varieties were of high treatment efficiency on domestic wastewater showing through different parameters values (pH, EC, DO, turbidity, COD, BOD₅, TKN, TP and total Coliforms). Umbrella papyrus had the greatest ratio (22.15%) of air cells/sectioning roots while water hyacinth and Water cabbage were lower at 19.63% and 10.47%, respectively. The establishment and increasing the air cell area offered the most importance mechanism that helped aquatic plants adapt to domestic wastewater.

TÓM TẮT

Nghiên cứu “Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt của một số loại thực sinh thực vật” thực hiện trên hệ thống đất ngập nước nhân tạo ở quy mô phòng thí nghiệm. Có ba loại thực vật thủy sinh được chọn là cây Thủy trúc, Lục bình và Bèo Tai tượng. Kết quả nghiên cứu cho thấy cả ba loại thực vật thủy sinh đều xử lý tốt hầu hết các chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt thông qua các chỉ tiêu pH, EC, DO, độ đục, COD, BOD₅, TKN, TP và tổng Coliform. Tỷ lệ diện tích khoang khí/diện tích lát cắt rễ cây Thủy trúc tăng nhiều nhất 22,15%, Lục bình tăng 19,63%, thấp nhất là Bèo Tai tượng tăng 10,47%. Sự thành lập và gia tăng diện tích khoang khí được xem là một trong những cơ chế quan trọng giúp thực vật thủy sinh thích nghi với nước thải sinh hoạt.

1 GIỚI THIỆU

Hiện nay, phần lớn nước thải sinh hoạt ở các khu đô thị đều chưa được xử lý đúng mức, đây có thể là nguyên nhân gây ô nhiễm môi trường, lan truyền dịch bệnh và ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng. Đã có nhiều nghiên cứu về giải pháp giảm thiểu mức độ ô nhiễm của nước thải sinh hoạt, trong đó xử lý nước thải tại các hộ gia đình hay khu dân cư bằng thực vật được đánh giá là một trong những công nghệ phù hợp, đơn giản, chi phí xây dựng và vận hành thấp; đảm bảo vệ sinh môi trường, vừa tạo cảnh quan (Phạm Khánh Huy và

ctv., 2012). Tuy nhiên trong một hệ thống cây trồng ngoài trời, có nhiều yếu tố khác nhau có thể ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý của hệ thống. Các giá trị về hiệu quả xử lý được ghi nhận chỉ là đánh giá cho cả hệ thống chứ không đánh giá được cho từng loại cây riêng biệt.

Vì thế, nghiên cứu “Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt của một số loại thực sinh thực vật” được thực hiện nhằm đánh giá khả năng xử lý nước thải sinh hoạt tại hộ gia đình trên hệ thống đất ngập nước trồng ba loại cây thủy sinh gồm Bèo Tai tượng (*Pistia stratiotes* L.), Lục bình (*Eichhornia*

crassipes) và Thủy trúc (*Cyperus involucratus*) đều là những loài cây phổ biến ở Đồng bằng sông Cửu Long. Thông qua khảo sát hiệu suất xử lý và giải phẫu thực vật theo từng thời đoạn tăng trưởng, nghiên cứu nhằm đánh giá hiệu suất xử lý ô nhiễm, cơ chế hút và loại bỏ các chất gây ô nhiễm có trong nước thải của các loại thực vật thủy sinh.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Thời gian nghiên cứu: từ tháng 8/2013 đến tháng 12/2013.

Thí nghiệm được bố trí tại khu thí nghiệm ngoài trời - Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ. Đây cũng là nơi tiến hành đo đạc các chỉ tiêu lý học (chiều dài thân, rễ, sinh khối) của cây trồng.

Các chỉ tiêu hóa lý được phân tích tại các phòng thí nghiệm (PTN) thuộc Bộ môn Kỹ thuật Môi trường - Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên. Phần giải phẫu thực vật tiến hành tại PTN Thực vật, Bộ môn Sinh học, Khoa Sư phạm.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Chuẩn bị bố trí thí nghiệm

a. Chuẩn bị thùng trồng cây

Thùng nhựa hình chữ nhật thể tích 60 L có chiều dài 0,6 m, rộng 0,4 m, cao 0,25 m. Hai thùng được nối với nhau bởi ống PVC (φ21) tạo thành một hệ thống đất ngập nước với tổng thể tích khoảng 120 L.

Đối với hệ thống trồng cây Lục bình (loại cây thân ngắn) và Bèo tai tượng, nước được đưa vào thùng nhựa ngập đến 10 cm. Riêng đối với hệ thống trồng Thủy trúc bố trí đá 1×2 cm vào thùng, chiều dày lớp đá đạt 25 cm.

b. Chuẩn bị cây trồng

Các loài cây nghiên cứu được chọn là loại tự nhiên và thu thập từ các vùng ven nội ô thành phố Cần Thơ.

– Lục bình chọn có chiều dài từ cuốn lá đến đỉnh lá khoảng 20 cm, số lá trên mỗi cây từ 4 - 5 lá. Lục bình giống đem về cắt rễ, loại bỏ các phần thân, lá hư và chuyển vào nước sạch nuôi dưỡng 7 ngày trước khi đưa vào các chậu trồng bố trí thí nghiệm.

– Thủy trúc thu về tiến hành cắt ngang phần thân cây, vị trí cắt cách gốc 40 cm. Tách bụi và cắt đều rễ, mỗi bụi khoảng 10 thân và đem trồng trực tiếp vào bể thí nghiệm. Để cây thích nghi dần với

môi trường nước thải có nồng độ ô nhiễm thấp cho đến lúc Thủy trúc sống tốt và mọc chồi.

– Bèo Tai tượng được chọn làm giống là những cây phát triển khỏe mạnh, không bị sâu bệnh và tương đối đồng đều nhau về chiều cao và trong cùng giai đoạn sinh trưởng, cắt bỏ rễ cách gốc 0,5 cm và cắt bỏ cây con để trong môi trường nước 2 ngày.

Nước thải sinh hoạt được lấy từ cống thoát nước tập trung của kí túc xá sinh viên khu B - Đại học Cần Thơ. Vị trí lấy mẫu là ngay miệng cống có dòng chảy mạnh để đảm bảo độ pha trộn tốt. Nước thải được thu vào khoảng 8h30 sáng. Bằng cảm quan có thể nhận thấy nước thải có màu xám nâu, mùi tanh hôi, chứa nhiều dầu mỡ và cặn lơ lửng. Sau khi lấy về nước thải được đưa trực tiếp vào hệ thống xử lý mà không qua bất kỳ công đoạn tiền xử lý nào.

2.2.2 Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên với 3 nghiệm thức (NT) tương ứng với 3 loại thực vật thủy sinh nghiên cứu, mỗi NT được bố trí 3 lần lặp lại với tải lượng nạp nước 12 L/ngày. Đồng thời 3 NT đối chứng cũng được bố trí tương tự, nhưng nước đưa vào là dung dịch Hoagland. Mật độ cây trồng trong mỗi nghiệm thức được chọn đảm bảo khả năng sinh trưởng và sinh sản của cây.

- NT1: nước thải + đá 1×2 + 8 bụi Thủy trúc
- NT1': dung dịch Hoagland + đá 1×2 + 8 bụi Thủy trúc
- NT2: nước thải + 10 cây Lục bình
- NT2': dung dịch Hoagland + 10 cây Lục bình
- NT3: nước thải + 20 cây Bèo Tai tượng
- NT3': dung dịch Hoagland + 20 cây Bèo Tai tượng

Bảng 1: Thành phần dung dịch dưỡng chất Hoagland

Thành phần	Dung dịch gốc
KNO ₃	202 g/L
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	236 g/0,5 L
MgSO ₄	403 g/L
NH ₄ NO ₃	80 g/L
H ₃ PO ₃	2,86 g/L
MnCl ₂ .4H ₂ O	1,81 g/L
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,22 g/L
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,051 g/L
Na ₂ MoO ₄	0,12 g/L
KH ₂ PO ₄	136 g/L
Fe-EDTA	15 g/L

2.2.3 Phương pháp thu mẫu và phân tích các chỉ tiêu

a. Phân tích mẫu nước

Hàng ngày, nhóm nghiên cứu đều lấy nước thải sinh hoạt tại cùng một cống thoát nước để nạp vào hệ thống thí nghiệm nên mẫu nước chỉ đánh giá chất lượng nước đầu vào một lần khi bắt đầu thí nghiệm và giả sử chất lượng nước thải đầu vào là như nhau trong suốt quá trình thí nghiệm. Chất lượng nước sau xử lý được thu ở 3 thời điểm khác nhau sau khi tiến hành thí nghiệm: ngày 10, ngày 20 và ngày 30.

Các mẫu nước thường tiến hành phân tích ngay sau khi thu thập; trường hợp chưa phân tích được thì bảo quản mẫu theo đúng quy cách trong tủ lạnh 4°C. Các chỉ tiêu phân tích mẫu nước gồm DO, pH, EC, độ đục, BOD₅, COD, TKN, TP, tổng Coliform. Trong đó pH và DO được đo tại hiện trường, các chỉ tiêu kim loại được đo đặc bằng máy cực phổ ion CPA-HH3, các chỉ tiêu còn lại được phân tích tại PTN Xử lý nước, Khoa Môi trường và TNTN, Đại học Cần Thơ theo hướng dẫn của APHA, AWWA, WEF (1995).

b. Phân tích mẫu thực vật

Mẫu thủy sinh thực vật thí nghiệm được thu sau khi thu mẫu nước thải. Sau đó thực vật được đặt vào bao nhựa, giữ nguyên dạng, buộc miệng bao và chuyển đến PTN Thực vật, Bộ môn Sinh học, Khoa Sư phạm để tiến hành phân giải phẫu thực vật.

b1. Phương pháp giải phẫu thực vật

Thực hiện tiêu bản tạm thời bằng phương pháp cắt lát vi mẫu và nhuộm hai màu với các cơ quan được cắt thành từng lát mỏng khoảng 40 μm (phẫu thức) trước khi quan sát. Cách nhuộm hai màu theo phương pháp son phen - lục iod (Hà Thị Lệ Ánh, 2006).

Nguyên tắc của phương pháp nhuộm hai màu: khi vi mẫu được nhuộm bằng dung dịch phẩm nhuộm hai màu son phen - lục iod (Carmin alone - vert d'iod), son phen nhuộm màu hồng vách tế bào bằng cellulose và lục iod nhuộm xanh vách tế bào tằm mộc tố. Vi mẫu sau khi nhuộm sẽ được đưa lên máy chụp hình kỹ thuật số Olympus 7.2 mega pixels kết nối với kính hiển vi Olympus để tăng độ phóng đại.

Chọn 3 hình có độ phóng đại X4 và 3 hình có

độ phóng đại X10 đối với mỗi mẫu để tính toán diện tích khoang khí (Bùi Trường Thọ, 2010):

– Làm tăng độ tương phản, đánh dấu thước đo bằng phần mềm Photoshop CS3.

– Dùng phần mềm miễn phí Image J để tính toán diện tích.

b2. Phương pháp xác định hàm lượng diệp lục trong lá

Hàm lượng diệp lục tố a, b và carotenoids tổng số được tính theo công thức của Wellburn (1994) có bổ sung.

$$C_a = (12,21A_{663,2} - 2,81A_{646,8})(10 \times 5)/2$$

$$C_b = (20,13A_{646,8} - 5,03A_{663,2})(10 \times 5)/2$$

$$C_{x+b} = (1000A_{470} - 3,27C_a + 104C_b)/198(10 \times 5)/2$$

Trong đó:

C_a: hàm lượng diệp lục tố a trong lá (μg/g lá tươi)

C_b: hàm lượng diệp lục tố b trong lá (μg/g lá tươi)

C_{x+b}: hàm lượng carotene và xanthophyll trong lá (μg/g lá tươi)

2.2.4 Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu được tổng hợp bằng phần mềm MS Excel, phân tích phương sai sau đó kiểm định Duncan bằng phần mềm SPSS 13.0 để đánh giá hiệu suất xử lý của từng loại cây thí nghiệm.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Đặc điểm nước thải sinh hoạt đầu vào

Kết quả phân tích nước thải sinh hoạt đầu vào cho thấy nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt khá cao thể hiện qua Bảng 2.

Các chỉ tiêu TKN, TP lần lượt là 7,16 mg/L và 1,78 mg/L thấp hơn tiêu chuẩn quốc gia về nước thải sinh hoạt, nhưng hàm lượng BOD₅, COD và tổng Coliform đều cao hơn so với QCVN 14:2008/BTNMT cột A. Như vậy, nguồn nước thải sinh hoạt này chưa đạt tiêu chuẩn xả thải và cần phải xử lý trước khi thải ra nguồn tiếp nhận. Bên cạnh đó chỉ tiêu DO chỉ đạt 1,74 mg/L, gây bất lợi cho quá trình phân hủy các chất hữu cơ của các vi sinh vật hiếu khí nếu so sánh với QCVN 39:2011/BTNMT.

Bảng 2: Đặc điểm nước thải sinh hoạt sử dụng trong thí nghiệm

Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị	QCVN 14:2008/ BTNMT (cột A)
pH	-	7,13	5 - 9
DO	mg/L	1,74	≥ 2**
EC	mS/cm	0,90	-
Độ đục	NTU	45,27	-
COD	mg/L	250,17	75*
BOD ₅	mg/L	132,57	30
TKN	mg/L	7,16	20*
TP	mg/L	1,78	4*
Tổng Coliform	MPN/100mL	4600000	3.000
Fe	mg/L	0,13	1*
Cu	mg/L	-	2*
Zn	mg/L	-	3*
Pb	mg/L	-	0,1*

(*) So sánh theo QCVN 40:2011/BTNMT (cột A)

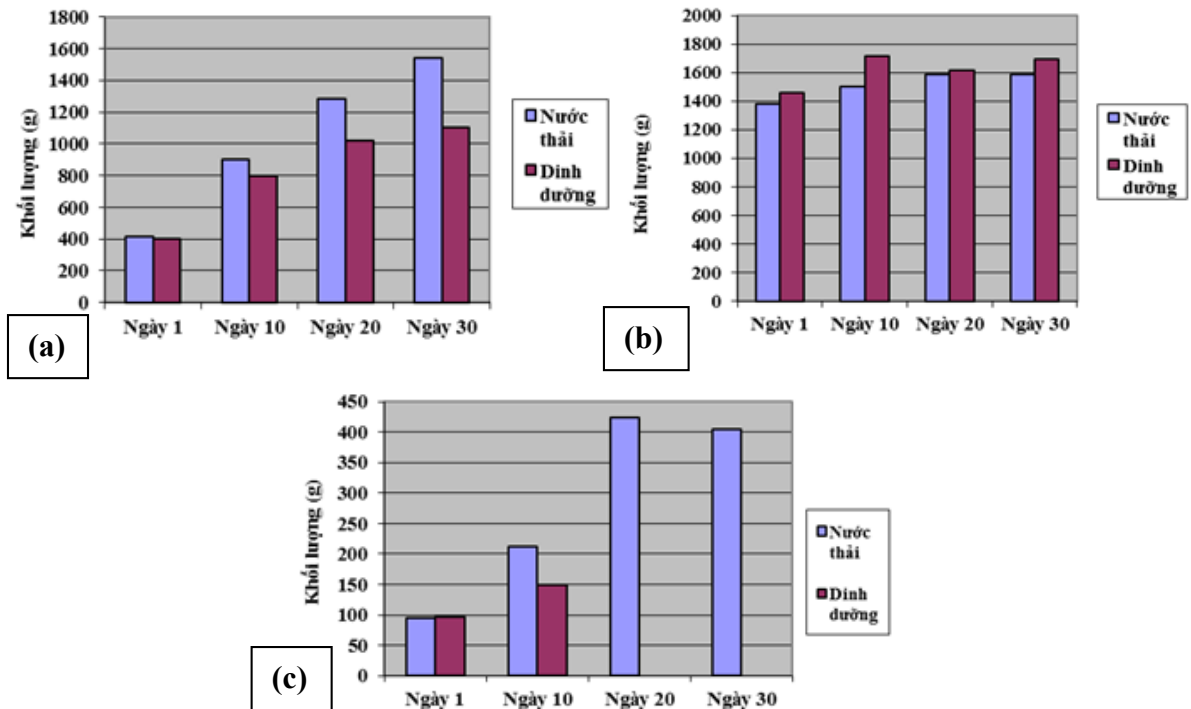
(**) So sánh theo QCVN 39:2011/BTNMT

3.2 Tăng trưởng của các đối tượng thí nghiệm

3.2.1 Tăng trưởng khối lượng cây

Việc gia tăng khối lượng của thực vật thủy sinh trong hệ thống xử lý nước thải có ý nghĩa quan trọng về mặt kỹ thuật lẫn kinh tế. Thực vật phát triển càng nhanh sẽ lấy càng nhiều chất dinh dưỡng trong nước thải.

Kết quả đo đạc cho thấy khối lượng của Lục bình, Thủy trúc và Bèo Tai tượng trong nước thải tăng dần theo thời gian cho đến khi kết thúc thí nghiệm. Điều đó cho thấy các loài cây trong thí nghiệm đều có khả năng thích nghi, việc hấp thụ các chất trong nước thải để gia tăng khối lượng, góp phần xử lý chất hữu cơ trong nước thải sinh hoạt. Trong nước thải Lục bình và Bèo Tai tượng sinh trưởng và phát triển tốt hơn Thủy trúc. Các chỉ tiêu sinh trưởng của Lục bình và Bèo Tai tượng trong nước thải luôn lớn hơn trong dinh dưỡng Hoagland (đến ngày 10, sau ngày thứ 10 Bèo Tai tượng trồng trong dung dịch Hoagland chết đi).



Hình 1: Tăng trưởng khối lượng của các loài cây thí nghiệm theo thời gian

a: Lục bình; b: Bèo Tai tượng; c: Thủy trúc

3.2.2 Tăng trưởng mô xốp

Theo Phạm Hoàng Hộ (1999), mô xốp có vai trò quan trọng hơn cả tế bào nhu mô. Để hạn chế

sai số tính toán, việc nghiên cứu mô chuyên khí nên được xác định theo hệ số diện tích khoang khí/điện tích lát cắt ngang vì các mô này có cấu trúc quá nhỏ (Brix, 1992, trích dẫn bởi Bùi Trường

Thọ, 2010). Trong thí nghiệm này tiến hành giải phẫu và tính toán diện tích khoang khí/điện tích lát cắt ngang rễ của ba đối tượng nghiên cứu nhận thấy cả ba đối tượng có hệ số diện tích khoang khí/điện tích lát cắt ngang rễ đã tăng lên đáng kể sau thời gian trồng trong nước thải so với ban đầu.

Trước và sau thí nghiệm diện tích khoang khí/điện tích lát cắt rễ của cây Thủy trúc đã tăng lên 22,15%, tăng gần 1,5 lần so với mẫu đầu vào và cao nhất trong ba loại cây. Diện tích khoang khí/điện tích lát cắt rễ tăng từ 30,79% lên 50,42% đối với Lục bình. Diện tích khoang khí/điện tích lát cắt rễ Bèo tai tượng tăng 10,47%.

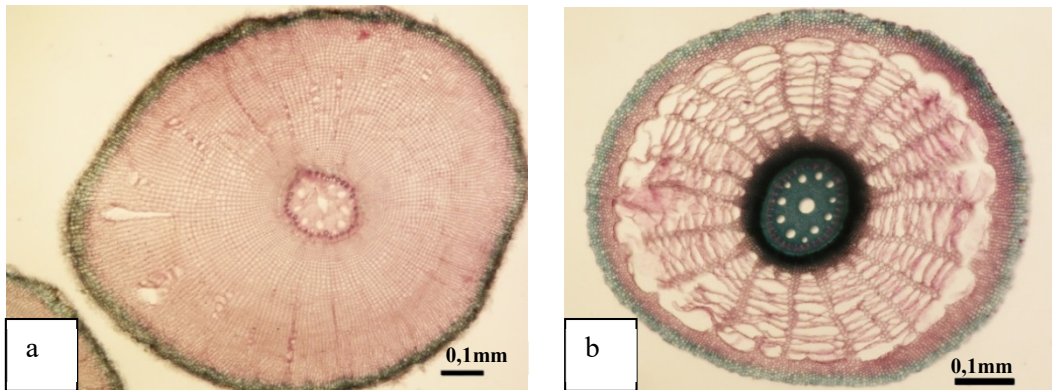
Bảng 3: Tỷ lệ diện tích khoang khí/điện tích lát cắt ngang rễ của đối tượng thí nghiệm (%)

Loại cây	Đầu vào		Ngày 15		Ngày 30	
	Nước thải	Nước thải	Hoagland	Nước thải	Hoagland	Hoagland
Thủy trúc	28,00 ± 1,16 bx	33,84 ± 1,89 by	34,58 ± 0,97 by	43,55 ± 1,72 bz	43,22 ± 1,72 bz	
Lục bình	37,99 ± 2,53ax	43,09 ± 0,53 ay	44,62 ± 0,77 ay	47,96 ± 0,37 az	46,55 ± 0,60 az	
Bèo Tai tượng	37,69 ± 1,67ax	43,54 ± 1,57 ay	44,10 ± 0,67 ay	-	-	-

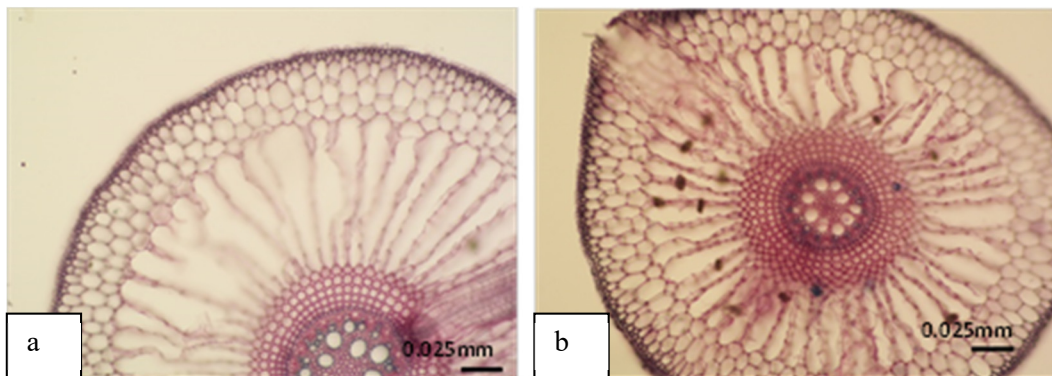
Ghi chú: Giá trị trung bình ± SE, n = 3

a, b: trong cùng cột, các số có chữ cái theo sau giống nhau không khác biệt ở mức ý nghĩa 5% qua phép thử Duncan

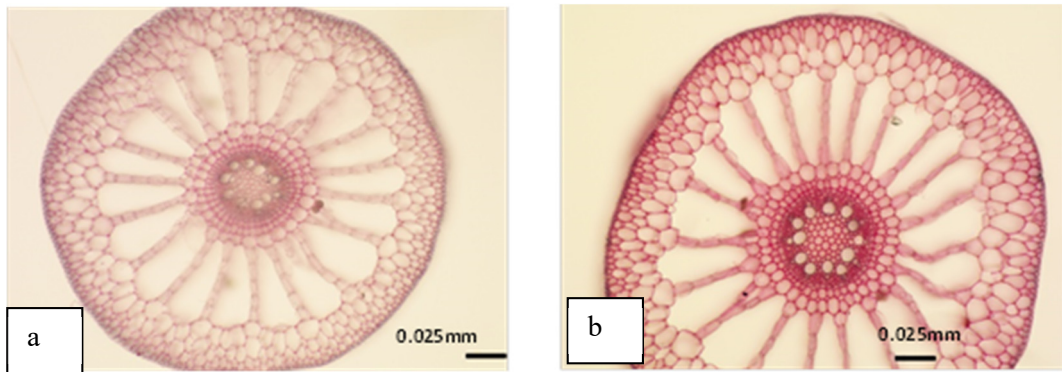
x, y, z: trong cùng hàng các số có chữ cái theo sau giống nhau không khác biệt ở mức ý nghĩa 5%



Hình 2: Lát cắt của rễ Thủy trúc (a) bắt đầu và (b) kết thúc thí nghiệm



Hình 3: Lát cắt của rễ Lục bình (a) bắt đầu và (b) kết thúc thí nghiệm

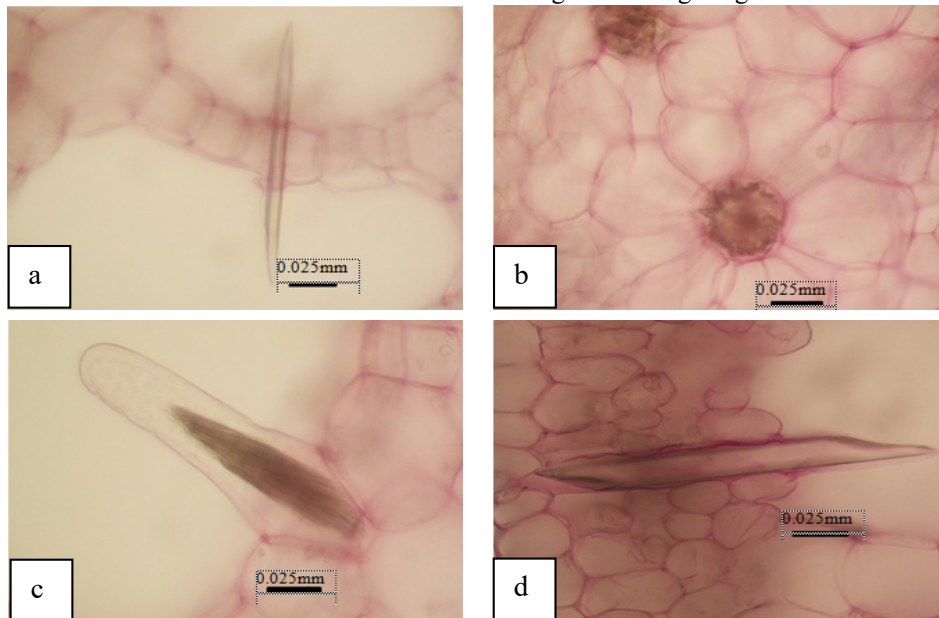


Hình 4: Lát cắt ngang rễ Bèo Tai trước (a) bắt đầu và (b) kết thúc thí nghiệm

3.2.3 Tăng trưởng tinh thể trong lá cây

Với phương pháp giải phẫu trong thí nghiệm chỉ quan sát được dạng tinh thể oxalate calci (CaC_2O_4) dạng bó hình kim và cầu gai. Tinh thể oxalate calci phân bố có tính quy luật, chủ yếu là các mô mà trong đó có sự trao đổi chất diễn ra tích cực (Kixeleva, 1977). Vai trò sinh lý của các tinh thể này là những sản phẩm trao đổi chất cuối cùng, kết tinh của ion Ca^{2+} với acid oxalic - vốn là acid gây độc đối với tế bào hình thành trong quá trình

trao đổi chất, nhưng ở dạng muối, những tinh thể này không gây độc nữa. Sự hình thành tinh thể cũng tùy theo loại cây, cách chống chịu của chúng với môi trường sống. Tinh thể được phát hiện nhiều hơn ở lá của cả Lục bình và Bèo Tai tượng, riêng lá Thủy trúc ít thấy tinh thể, có thể Thủy trúc loại bỏ chất độc theo một phương thức khác. Tinh thể được hình thành theo nhu cầu sinh lý của cây, giảm thành phần độc hại cho cây, giúp quá trình trao đổi chất diễn ra thuận lợi, giữ cây phát triển tốt trong môi trường sống của nó.



Hình 5: Các dạng tinh thể trong lá Bèo Tai tượng (a, b) và Lục bình (c, d) sau khi bố trí thí nghiệm

3.3 Hiệu suất xử lý nước thải của các loại thực vật thủy sinh

3.3.1 Diễn biến các chỉ tiêu hóa - lý của nước thải

a. Diễn biến pH theo thời gian

Giá trị pH của các NT có sự thay đổi theo thời

gian nhưng không khác biệt có ý nghĩa ($p > 0,05$). Nhìn chung, giá trị pH dao động ở mức trung tính và trong ngưỡng cho phép theo QCVN 14:2008/BTNMT và thích hợp cho sự phát triển của thực vật thủy sinh.

Bảng 4: Giá trị pH của các nghiệm thức theo thời gian

Nghiệm thức	Ngày 0	Ngày 10	Ngày 20	Ngày 30	QCVN 14:2008/BTNMT
NT1	7,13 ± 0,03	7,59 ± 0,07	7,31 ± 0,10	7,35 ± 0,07	
NT2	7,13 ± 0,03	7,49 ± 0,15	6,98 ± 0,04	7,03 ± 0,12	5,00 - 9,00
NT3	7,13 ± 0,03	7,50 ± 0,05	6,88 ± 0,04	7,27 ± 0,06	

Ghi chú: Giá trị trung bình ± SE, n=3

b. Diễn biến DO theo thời gian

Nước thải chưa xử lý có giá trị DO trung bình là 1,74 mg/L chứng tỏ nước thải bị ô nhiễm hữu cơ. Giá trị DO của các NT vào thời điểm kết thúc

thí nghiệm đều tăng so với giá trị DO đầu vào nhưng không có sự khác biệt có ý nghĩa ($p > 0,05$). Giá trị DO có xu hướng tăng dần theo thời gian đến ngày thứ 20, sau đó DO có chiều hướng giảm.

Bảng 5: Giá trị DO của các nghiệm thức theo thời gian

Nghiệm thức	Ngày 0	Ngày 10	Ngày 20	Ngày 30	QCVN 14:2008/BTNMT (cột A)
NT1	1,74 ± 0,05	3,50 ± 0,10	4,59 ± 0,87	4,05 ± 0,38	
NT2	1,74 ± 0,05	3,50 ± 0,18	4,98 ± 0,75	4,55 ± 0,38	≥ 2,00
NT3	1,74 ± 0,05	3,77 ± 0,48	4,57 ± 0,64	4,71 ± 0,14	

Ghi chú: Giá trị trung bình ± SE, n = 3

c. Diễn biến EC theo thời gian

Giá trị EC của các NT có xu hướng giảm dần theo thời gian. Các muối tan phân ly trong nước thành các anion và cation. Các ion như Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , NO_3^- ... được vận chuyển theo mạch gỗ của

cây, cung cấp cho các quá trình sinh trưởng, tổng hợp nên các thành phần tế bào, mô, giúp cây tăng sinh khối... hoặc được dự trữ dưới dạng các tinh thể muối trong không bào hoặc đôi khi nằm ở vách tế bào (Nguyễn Bá, 1977).

Bảng 6: Giá trị EC của các nghiệm thức theo thời gian

Nghiệm thức	Ngày 0	Ngày 10	Ngày 20	Ngày 30	Ghi chú
NT1	0,90 ± 0,00	0,58 ± 0,05	0,53 ± 0,03	0,56 ± 0,09	
NT2	0,90 ± 0,00	0,39 ± 0,01	0,32 ± 0,02	0,34 ± 0,03	
NT3	0,90 ± 0,00	0,53 ± 0,16	0,38 ± 0,03	0,38 ± 0,01	

Ghi chú: Giá trị trung bình ± S.E, n = 3

Qua kết quả phân tích kim loại ban đầu, không có mặt các kim loại như đồng, chì, kẽm, cho thấy giá trị EC chủ yếu thuộc về các muối tan. Do đó, cơ chế hấp thu kim loại để tăng sinh khối hoặc tích trữ kim loại dưới dạng muối của thực vật thủy sinh (Hình 5) góp phần làm giảm EC trong thí nghiệm này.

d. Diễn biến độ đục theo thời gian

Kết quả đo độ đục ở cả 3 NT đều thấp hơn rất nhiều so với nước thải đầu vào. Hiệu suất xử lý độ

đục của các NT tăng theo thời gian. Cụ thể, hiệu suất xử lý của NT1 đến ngày thứ 30 là 98,31%, của NT2 là 94,90% và NT3 là 93,10%. Sau khi kết thúc thí nghiệm khối lượng rễ ở NT1 là 99,16 g; NT2 là 259,09 g; NT3 là 48,93 g. Như vậy, sự gia tăng chiều dài rễ, khối lượng rễ của cả 3 loài thực vật thủy sinh trong thí nghiệm đều có vai trò làm giảm độ đục thông qua một trong những cơ chế đó là kết bám các chất hữu cơ lơ lửng bằng chất nhầy tiết ra.

Bảng 7: Độ đục của các nghiệm thức theo thời gian

Nghiệm thức	Ngày 0	Ngày 10	Ngày 20	Ngày 30	Ghi chú
NT1	45,27 ± 0,75	1,18 ± 0,26	0,98 ± 0,08	0,75 ± 0,11	
NT2	45,27 ± 0,75	3,50 ± 0,49	2,89 ± 0,42	2,33 ± 0,27	
NT3	45,27 ± 0,75	5,82 ± 0,74	5,04 ± 0,81	3,13 ± 0,43	

Ghi chú: Giá trị trung bình ± S.E, n = 3

e. *Diễn biến TKN theo thời gian*

Khi so sánh với kết quả trọng lượng của các NT cho thấy hàm lượng TKN giảm thì trọng lượng của các cây tăng theo thời gian thí nghiệm. Trong đó,

Thủy trúc tăng trọng lượng thấp nhất nhưng hiệu suất xử lý TKN cao nhất đến ngày thứ 30 là 71,37%, Lục bình trọng lượng tăng nhiều nhất và hiệu suất xử lý TKN đến ngày 30 là 58,38%, Bèo tai tượng hiệu suất xử lý TKN là 65,5%.

Bảng 8: Giá trị TKN của các nghiệm thức theo thời gian

Nghiệm thức	Ngày 0	Ngày 10	Ngày 20	Ngày 30	QCVN 40:2011/BTNMT
NT1	7,16 ± 0,02	6,49 ± 0,67	4,34 ± 1,75	2,02 ± 0,25	20,00
NT2	7,16 ± 0,02	5,47 ± 0,21	4,46 ± 0,45	3,06 ± 0,33	
NT3	7,16 ± 0,02	5,56 ± 0,37	4,26 ± 0,51	2,47 ± 0,49	

Ghi chú: Giá trị trung bình ± S.E, n = 3

Một trong những nhân tố liên quan mật thiết và quyết định khả năng tăng sinh khối của thực vật và tính chống chịu của thực vật là quá trình quang hợp. Cường độ quang hợp có mối liên quan chặt chẽ với hàm lượng các dạng sắc tố của cây mà chủ yếu là hàm lượng diệp lục. Kết quả phân tích hàm lượng diệp lục của lá cây trong các nghiệm thức vào giai đoạn kết thúc thí nghiệm cho thấy hàm

lượng sắc tố a, b của các NT cao nhất trong môi trường nước thải tạo điều kiện cho quá trình quang hợp diễn ra mạnh mẽ góp phần tăng sinh khối. Điều này đã chứng tỏ ba loài thực vật thí nghiệm có khả năng thích ứng cao đối với môi trường nước thải và có thể loại bỏ một phần chất dinh dưỡng trong nước thải sinh hoạt khi chúng được trồng trong hệ thống đất ngập nước.

Bảng 9: Hàm lượng sắc tố trong lá cây khi kết thúc thí nghiệm

Nghiệm thức	Ca (µg/g lá tươi)	Cb (µg/g lá tươi)	Cx+b (µg/g lá tươi)
Lá Bèo Tai tượng			
- Nước thải	312,33 a	142,32 a	1847,5 a
- Hoagland	111,95 b	46,77 b	615,36 b
Lá Lục bình			
- Nước thải	454,09 a	222,5 a	2924,8 a
- Hoagland	115,02 b	57,439 b	767,87 b
Lá Thủy trúc			
- Nước thải	237,44 a	115,47 a	1565,8 a
- Hoagland	264,42 a	118,09 a	1573,1 a

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ số theo sau giống nhau khác biệt không có ý nghĩa thống kê khi dùng phép kiểm định Duncan, mức ý nghĩa 5%

f. *Diễn biến hàm lượng TP theo thời gian*

Bảng 13 cho thấy sự thay đổi về hàm lượng lân tổng số trong nước thải đầu ra so với nước thải đầu vào chưa được xử lý. Điều này chứng tỏ thực vật thủy sinh đóng vai trò quan trọng trong việc loại bỏ phot-pho. Bên cạnh hiệu quả của quá trình lắng lọc, sự giảm hàm lượng phot-pho còn do sự hấp thụ

manh để phục vụ cho cây phát triển, thấy rõ nhất qua việc tăng số cây trong thí nghiệm. Hiệu suất xử lý TP của 3 NT ở ngày 30 rất cao NT1: 98,88%, kế đến là NT2: 97,75% và NT3: 95,81%. Như vậy, thực vật thủy sinh lấy các chất dinh dưỡng trong nước thải để phục vụ cho quá trình sinh trưởng và phát triển của chúng, đồng thời cũng góp phần làm sạch các chất ô nhiễm trong nước.

Bảng 10: Giá trị TP của các nghiệm thức theo thời gian

Nghiệm thức	Ngày 0	Ngày 10	Ngày 20	Ngày 30	QCVN 40:2011/BTNMT
NT1	1,78 ± 0,04	0,82 ± 0,03	0,70 ± 0,07	0,02 ± 0,01	4,00
NT2	1,78 ± 0,04	0,64 ± 0,04	0,46 ± 0,02	0,37 ± 0,04	
NT3	1,78 ± 0,04	0,61 ± 0,02	0,47 ± 0,03	0,07 ± 0,02	

Ghi chú: Giá trị trung bình ± S.E, n = 3

3.3.2 Diễn biến các chỉ tiêu sinh học của nước thải
a. Diễn biến hàm lượng BOD₅ theo thời gian

Hàm lượng BOD₅ giảm khi khối lượng của các

cây trong thí nghiệm tăng theo từng thời đoạn sinh trưởng. Hàm lượng BOD₅ ở NT1 ngày thứ 30 thấp hơn cột A, NT2 và NT3 đạt cột B theo QCVN 14:2008/BTNMT.

Bảng 11: Giá trị BOD₅ của các nghiệm thức theo thời gian

Nghiệm thức	Ngày 0	Ngày 10	Ngày 20	Ngày 30	QCVN 14:2008/ BTNMT (cột A)
NT1	132,57 ± 2,77	54,27 ± 1,45	27,00 ± 1,59	22,53 ± 1,75	30
NT2	132,57 ± 2,77	59,36 ± 1,20	38,34 ± 1,76	35,79 ± 1,46	
NT3	132,57 ± 2,77	68,73 ± 1,85	38,73 ± 1,45	43,47 ± 1,23	

Ghi chú: Giá trị trung bình ± S.E, n = 3

b. Diễn biến hàm lượng COD theo thời gian

Sau 20 ngày vận hành, hàm lượng COD của nước thải đầu ra so với QCVN 40:2011/BTNMT cho thấy tất cả các NT đều xử lý đạt loại A. Kết

quả cho thấy sinh khối tăng ở các NT do cây sử dụng chất hữu cơ được phân giải thành dạng ion dễ hấp thu cung cấp cho sự sinh trưởng của thực vật. Hiệu suất xử lý của ba NT dao động trong khoảng 61,19 - 83,17%.

Bảng 12: Giá trị COD của các nghiệm thức theo thời gian

Nghiệm thức	Ngày 0	Ngày 10	Ngày 20	Ngày 30	QCVN 40:2011/ BTNMT (cột A)
NT1	250,17 ± 1,61	75,10 ± 2,36	45,77 ± 2,71	41,06 ± 0,90	75,00
NT2	250,17 ± 1,61	68,68 ± 5,32	56,03 ± 3,34	61,03 ± 2,55	
NT3	250,17 ± 1,61	97,03 ± 2,28	58,47 ± 2,11	63,20 ± 2,66	

Ghi chú: Giá trị trung bình ± S.E, n = 3

c. Diễn biến tổng Coliform theo thời gian

Giá trị tổng Coliform của các NT giảm dần theo thời gian. Tốc độ giảm tổng Coliform của các NT nhanh, nhanh nhất là NT1. Khi nước thải đi vào hệ thống thì lượng Coliform sẽ được giữ lại qua hệ rễ

của cây, được các VSV sống quanh rễ cạnh tranh góp phần tiêu diệt nhóm vi khuẩn này và bị ion hóa bởi ánh sáng mặt trời. Tổng Coliform đầu ra ở NT1 và NT2 đạt loại A và NT3 đạt loại B theo QCVN 14:2008/BTNMT.

Bảng 13: Tổng Coliform của các nghiệm thức theo thời gian

Nghiệm thức	Ngày 0	Ngày 10	Ngày 20	Ngày 30	QCVN 14:2008/BTNMT
NT1	4,6 × 10 ⁶	3,1 × 10 ⁵	4,7 × 10 ³	1,8 × 10 ³	3000
NT2	4,6 × 10 ⁶	3,8 × 10 ⁴	2,4 × 10 ³	3,8 × 10 ³	
NT3	4,6 × 10 ⁶	2,3 × 10 ⁴	5,3 × 10 ³	2,2 × 10 ³	

Hiệu suất xử lý tổng Coliform của cả ba NT rất cao dao động từ 93,19 - 99,96%. NT1 có hiệu suất xử lý cao nhất với 99,96% ở ngày 30; hiệu suất của NT2 là 99,95% và NT3 là 99,92%. Với giá trị coliform đầu vào trong khoảng 4,6×10⁶ thì cả ba loại cây thí nghiệm đều có hiệu quả cao trong việc xử lý VSV gây bệnh trong nước thải.

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

4.1 Kết luận

Qua 30 ngày thí nghiệm, đầu ra của các NT có hiệu quả xử lý BOD₅ ở NT1 đạt loại A theo QCVN 14:2008/BTNMT; NT2 và NT3 đạt loại B theo

QCVN 14:2008/BTNMT. Hàm lượng COD của các NT đầu ra đều đạt QCVN 40:2011/BTNMT. Tổng Coliform đầu ra ở NT1 và NT2 đạt loại A và ở NT3 đạt loại B theo QCVN 14:2008/BTNMT. Hiệu suất xử lý tổng Coliform của cả 3 NT rất cao dao động từ 93,19 - 99,96%. Kết quả cho thấy 03 loại thủy sinh thực vật nghiên cứu có thể ứng dụng hiệu quả trong xử lý chất ô nhiễm hữu cơ trong nước thải sinh hoạt.

Diện tích khoang khí ở rễ các loại cây thí nghiệm đều tăng đáng kể sau thí nghiệm (Thủy trúc tăng 22,15%, Lục bình tăng 19,63%, Bèo Tai tượng tăng 10,47%).

4.2 Đề xuất

Cần nghiên cứu với thời gian dài hơn để đánh giá chính xác khả năng xử lý của những loài thực vật thủy sinh này ở môi trường nước thải sinh hoạt.

Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải Bèo Tai tượng, Lục bình và Thủy trúc với những loại nước thải đầu vào khác nhau bằng phương pháp giải phẫu kết hợp những phương pháp khác để xác định cơ chế loại bỏ chất thải rõ hơn.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí từ Quỹ nghiên cứu khoa học dành cho sinh viên của Trường Đại học Cần Thơ để thực hiện nghiên cứu này (TSV2013-43).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. APHA, AWWA, WPCF (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater (19ed.)*. WashingtonDC, USA: American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation.
2. Bùi Trường Thọ (2010). *Đặc điểm sinh học, khả năng hấp thu dinh dưỡng của Môn nước (Colosiaesculenta), Lục bình (Eichhorniacrassipes), Cỏ mồm (Hymenachneacutigluma) trong nước thải sinh hoạt*. Luận văn thạc sĩ Khoa học Môi trường. Trường Đại học Cần Thơ.
3. Hà Thị Lệ Ánh (2006). *Hình thái giải phẫu học thực vật*. Trường Đại học Cần Thơ.
4. Kixeleva (1977). *Giải phẫu và hình thái thực vật*. NXB Giáo dục.
5. Nguyễn Bá (1977). *Hình thái học thực vật, tập 1*. NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội.
6. Nguyễn Bá (2006). *Hình thái học thực vật*. NXB Giáo dục.
7. Phạm Hoàng Hộ (1999). *Cây cỏ Việt Nam*. NXB Trẻ.
8. Phạm Khánh Huy, Nguyễn Phạm Hồng Liên, Đỗ Cao Cường, Nguyễn Mai Hoa (2012). Nghiên cứu xử lý nước thải sinh hoạt bằng mô hình hồ thủy sinh nuôi bèo lục bình. Tạp chí KTKT Môi - Địa chất, số 40/10-2012, tr. 16-22.
9. Wellburn AR (1994). The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoid, using various solvent with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology* 144: 307-313.