

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG XỬ LÝ CHẤT Ô NHIỄM HỮU CƠ TRONG NƯỚC THẢI NUÔI TRỒNG THỦY SẢN CỦA CÂY RAU MUỐNG

RESEARCH ON THE ABILITY OF IPOMOEA AQUATICA TO TREAT ORGANIC POLLUTANTS IN AQUACULTURE WASTEWATER

Trần Ngọc Hạnh¹
Dương Thị Bích Huyền¹
Nguyễn Văn Tho²

¹Trường Đại học Bạc Liêu

²Khoa Kỹ thuật Hạ tầng đô thị – Trường ĐHXD Miền Tây

Email: tnhanh@blu.edu.vn

Ngày nhận bài: 14/9/2022

Ngày gửi phản biện: 22/9/2022

Ngày chấp nhận đăng: 03/10/2022

Tóm tắt:

Kết quả nghiên cứu cho thấy rau muống thích nghi và phát triển tốt trong môi trường nước thải nuôi lươn được đặc trưng bởi sự gia tăng các chỉ tiêu về sinh khối. Kết quả đạt được qua thí nghiệm như sau: Mật độ và sinh khối trung bình của rau muống tăng lần lượt là 1,32 lần và 4,9 lần sau 20 ngày thí nghiệm. pH nước thải sau xử lý dao động từ 7,5 ÷ 8. Tổng chất rắn lơ lửng (TSS) của nước thải sau xử lý giảm khoảng 78%. Nồng độ COD của nước thải sau xử lý giảm khoảng 83%. Kết quả này đã khẳng định: hoàn toàn có thể sử dụng rau muống để xử lý chất hữu cơ trong nước thải nuôi lươn. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu này mới chỉ là bước đầu đánh giá khả năng xử lý, để có thể áp dụng vào thực tế thì cần phải có những bước nghiên cứu tiếp theo nhằm đánh giá hiệu quả xử lý tốt nhất và hiệu quả kinh tế.

Từ khóa: chất hữu cơ dễ phân hủy, nước thải nuôi lươn, ô nhiễm hữu cơ, rau muống, xử lý nước thải bằng thực vật.

Abstract:

The research results showed that ipomoea aquatica could adapt and grow well in the eel farming wastewater, which was characterized by an increase in biomass parameters. The results were reached via experiment as follows: The average density and biomass of ipomoea aquatica were increased by 1,32 times and 4,9 times, respectively, after 20 days of experiment. The pH of wastewater after treatment was ranged from 7,5 to 8. Total suspended solids (TSS) of wastewater after treatment was reduced by about 78%. COD concentration of wastewater after treatment was decreased by about 83 %. This result was confirmed: it is possible to use ipomoea aquatica to treat organic matter in wastewater from eel farming. However, the results of this study is the first step to evaluate the processing ability; to apply on experience, we must have next studies to evaluate the best treatment efficiency and economic efficiency.

Keywords: *Decomposed organic matter, Ipomoea aquatica, Organic pollution, Wastewater of eel farming, Wastewater treatment with plants.*

1. Giới thiệu

Tỉnh Bạc Liêu là tỉnh ven biển thuộc vùng bán đảo Cà Mau, có thế mạnh về nuôi trồng thủy sản với diện tích nuôi khoảng 127.960 ha [1]. Hiện nay, ô nhiễm môi trường nước do nước thải từ các hoạt động nuôi trồng thủy sản đang là vấn đề cần được quan tâm. Thay vì phải xử lý với chi phí cao, nước thải được xả trực tiếp vào nguồn tiếp nhận. Chính vì thế, việc tìm kiếm những giải pháp thích hợp nhằm kiểm soát, hạn chế và xử lý ô nhiễm là vấn đề cần được quan tâm không chỉ riêng tỉnh Bạc Liêu mà là cả quốc gia.

Theo Trương Thị Nga (2007) việc sử dụng thực vật để xử lý nước thải đã được áp dụng rộng rãi trên thế giới và mang lại kết quả rất tốt [2]. Đặc biệt đối với các loại nước thải có chứa chất ô nhiễm hữu cơ dễ phân hủy với nồng độ vừa phải thì việc sử dụng thực vật để xử lý sẽ mang lại hiệu quả về môi trường lẫn hiệu quả về kinh tế.

Có rất nhiều nghiên cứu cho thấy thực vật đóng vai trò quan trọng trong xử lý nước thải, một số loại cây có khả năng làm sạch nước trong tự nhiên, làm thay đổi đặc điểm hóa học của nước thải như: cây sậy, thủy trúc, lục bình, rau ngổ, bèo, môn nước... Nghiên cứu của Vũ Thị Phương Thảo (2017) cho thấy 3 loài thực vật thủy trúc, rau muống, ngổ trâu có khả năng hấp thu các chất ô nhiễm có hàm lượng nitơ và photpho tổng cao trong nước sông Nhuệ [3]. Nghiên cứu của A. Enduta và cộng sự (2011) được thực hiện để đánh giá hiệu suất của hệ thống tuần hoàn aquaponics trong việc loại bỏ nitơ và photphat vô cơ từ nước thải nuôi trồng thủy sản sử dụng rau muống (*Ipomoea aquatica*) và cây cải xanh (*Brassica juncea*). Kết quả cho thấy rau muống và cây cải xanh có khả năng làm giảm đáng kể tổng nitơ amoniac, nitrit-N, nitrat-N và orthophosphat [4]. Nghiên cứu của Putu C. Delis và cộng

sự (2011) cho thấy cỏ vetiver (*Vetiveria zizanioides*) có khả năng hấp thu chất thải hữu cơ và chất dinh dưỡng từ nuôi cá rô phi trong hệ thống tuần hoàn aquaponics [5].

Đã có rất nhiều nghiên cứu sử dụng thực vật thủy sinh để xử lý nước thải trong nuôi trồng thủy sản; tuy nhiên đối với nước thải nuôi lươn vẫn chưa có nghiên cứu nào được thực hiện do mô hình nuôi lươn mới phát triển trong những năm gần đây. Trong nghiên cứu này, cây rau muống (*Ipomoea aquatica*) được sử dụng để xử lý chất hữu cơ có trong nước thải nuôi lươn do chúng có đặc điểm sinh trưởng là loài thực vật sống bán thủy sinh thuộc họ Bìm bìm (*Convolvulaceae*), phân bố ở các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới; cây mọc bò, ở mặt nước hoặc trên cạn; thân rỗng, dày, có rễ mắt, đặc biệt cây có chứa hàm lượng dinh dưỡng cao, rất tốt cho sức khỏe [6]. Hiệu quả của nghiên cứu sẽ được đánh giá thông qua việc theo dõi quá trình sinh trưởng của cây và sự giảm nồng độ chất ô nhiễm trong nước thải theo thời gian xử lý. Kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở để đưa ra những khuyến cáo hoặc đề xuất các giải pháp thích hợp và hiệu quả đối với việc xử lý nước thải ngành nuôi trồng thủy sản.

2. Phương pháp thực hiện

2.1 Vật liệu và mô hình thí nghiệm

2.1.1 Vật liệu thí nghiệm

Rau muống (*Ipomoea aquatica*) và nước thải nuôi lươn lấy tại nhà các hộ dân thuộc tỉnh Bạc Liêu; đất trong mô hình là đất thịt, lấy tại trại thực nghiệm trong

trường Đại học Bạc Liêu.

2.1.2 Mô hình thí nghiệm

Nghiên cứu được thực hiện trong thời gian từ 3/2021 đến 6/2022 tại nhà lưới của trại thực nghiệm trường Đại học Bạc Liêu. Việc bố trí thí nghiệm trong nhà lưới nhằm mục đích giảm thiểu tác động của môi trường (hạn chế nước mưa) và sâu bệnh. Mô hình trồng cây rau muống được làm bằng các thùng xốp có dạng hình chữ nhật với kích thước dài x rộng x cao tương ứng 60 x 40 x 30 (đv: cm); diện tích bề mặt thùng là 0,24m²; thể tích sử dụng là 60 lít, độ dày lớp đất là 10cm.

2.2 Các bước thực hiện thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 2 nghiệm thức (mỗi nghiệm thức lặp lại 3 lần):

- + Nghiệm thức thứ nhất hay nghiệm thức đối chứng (NT1): đất + nước thải
- + Nghiệm thức thứ hai (NT2): đất + rau muống + nước thải.

Bước 1: Thiết lập mô hình: các thùng xốp đem thí nghiệm có kích cỡ bằng nhau, được lắp các van lấy mẫu nước đầu ra và hệ thống ống dẫn, mỗi thùng chứa một lớp đất dày khoảng 10cm.

Bước 2: Trồng rau muống để tạo điều kiện cho rau thích nghi và phát triển trong mô hình. Rau muống được thu về với kích cỡ tương đối đồng đều nhau với chiều cao khoảng 10cm. Cây được chọn làm thí nghiệm là những cây khỏe mạnh, không bị sâu bệnh; được trồng với mật độ: 100 cây/m² trong một thùng xốp. Quá trình trồng không sử dụng phân bón, chỉ

dùng nước sinh hoạt tưới cho cây.

Bước 3: Tiến hành quá trình thí nghiệm: cho nước thải vào rau muống đã trồng thích nghi, theo dõi sự phát triển của rau trong 20 ngày, cách 5 ngày sẽ lấy mẫu nước thải trong mô hình đo các chỉ tiêu cho đến khi hoàn thành thí nghiệm.

2.3 Các chỉ tiêu và phương pháp phân tích

Nước thải nuôi lươn trong quá trình thí nghiệm sẽ được phân tích các chỉ tiêu: pH, nhiệt độ, DO, TSS, COD. Thời gian lấy mẫu nước thải vào khoảng 9 giờ sáng, cách 5 ngày lấy mẫu 1 lần. Rau muống đem thí nghiệm được đo chiều cao cây và cân sinh khối tươi trước và sau khi kết thúc thí nghiệm.

Bảng 1. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu [7]

Chỉ tiêu	Phương pháp
pH	Máy đo pH
Nhiệt độ	Nhiệt kế thủy ngân
TSS	TCVN 6625:2000 (ISO 11923:1997) APHA-2540.D
DO	Phương pháp Winkler (theo TCVN 5499:1995)
COD	Phương pháp hồi lưu kín- trắc quang TCVN 6491:1999 (ISO 6060:1989) APHA-5220 C/D

2.4. Xử lý số liệu

Xử lý bảng tính, vẽ biểu đồ được thực hiện bằng phần mềm Microsoft Excel và phương pháp kiểm định T-Test với mức ý nghĩa 5% của phần mềm thống kê SPSS.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả phân tích các chỉ tiêu đầu vào của nước thải nuôi lươn

Kết quả đo các chỉ tiêu của nước thải nuôi lươn trước khi đem vào thí nghiệm được trình bày qua bảng sau:

Bảng 2: Kết quả đo các chỉ tiêu nước thải nuôi lươn đầu vào

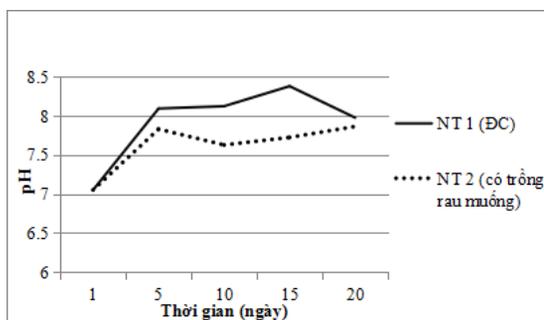
Chỉ tiêu	Nồng độ	QCVN 08-MT:2015/BTNMT (cột B1)
Nhiệt độ (°C)	28°C	-
pH	7,05	5,5-9
DO (mg/l)	1,99	≥ 4
TSS (mg/l)	946,7	50
COD (mg/l)	42,83	30

Từ kết quả phân tích chất lượng nước thải nuôi lươn ở bảng 2 cho thấy các thông số trong nước thải như: DO rất thấp (≤ 2); TSS rất cao, vượt tiêu chuẩn cho phép thải ra môi trường. Do đặc tính của lươn là loài thủy sản không vảy nhưng có nhiều chất nhớt trên cơ thể, điều này làm gia tăng hàm lượng chất rắn lơ lửng trong nước thải, làm giảm nồng độ oxy hòa tan trong nước mặc dù nồng độ COD trong nước không cao. Do nguồn nước thải sẽ được thải trực tiếp vào nguồn nước sông vì vậy mục tiêu của nghiên cứu là xử lý nước thải đạt chuẩn QCVN 08- MT:2015/ BTNMT Quy chuẩn kĩ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt trước khi thải vào nguồn tiếp nhận.

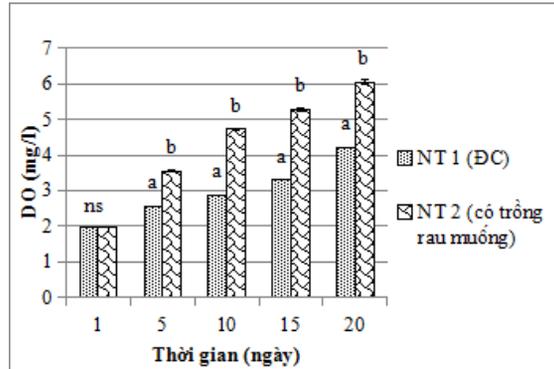
3.2. Kết quả phân tích các chỉ tiêu đầu ra của nước thải nuôi lươn sau xử lý

3.2.1. Kết quả đo pH và DO

Kết quả đo pH và nhiệt độ của nước thải trong 20 ngày thí nghiệm được thể hiện qua hình 1 và 2.



Hình 1. pH của nước thải theo thời gian.



Hình 2. DO của nước thải theo thời gian.

Ghi chú: Trên một cột trong hình những chữ khác nhau thì khác biệt ở mức ý nghĩa 5%; ns: không khác biệt ở mức ý nghĩa 5%.

Từ đồ thị hình 1 cho thấy giá trị pH của nước thải tăng theo thời gian xử lý, đặc biệt là tăng nhanh vào ngày thứ 1 đến ngày thứ 5 ở cả 2 nghiệm thức (nghiệm thức đối chứng từ 7,05 lên 8,09; nghiệm thức có trồng rau muống từ 7,05 lên 7,85). Từ ngày thứ 5 đến ngày thứ 20, giá trị pH của nước thải ở 2 nghiệm thức nhìn chung vẫn duy trì ổn định, không có sự dao động lớn. Ngoài ra, giá trị pH của nước thải ở nghiệm thức đối chứng cao hơn so với nghiệm thức có trồng rau muống. Điều này có thể lý giải do có sự xuất hiện của tảo trong các thùng thí nghiệm dẫn đến làm tăng nhanh giá trị pH ở 5 ngày đầu, sau đó giá trị pH được giữ ổn định vào những ngày tiếp theo. Đặc biệt ở nghiệm thức có trồng rau muống, sự hấp thu và trao đổi chất của thực vật làm cho pH của nước thải ổn định và thấp hơn so với nghiệm thức đối chứng.

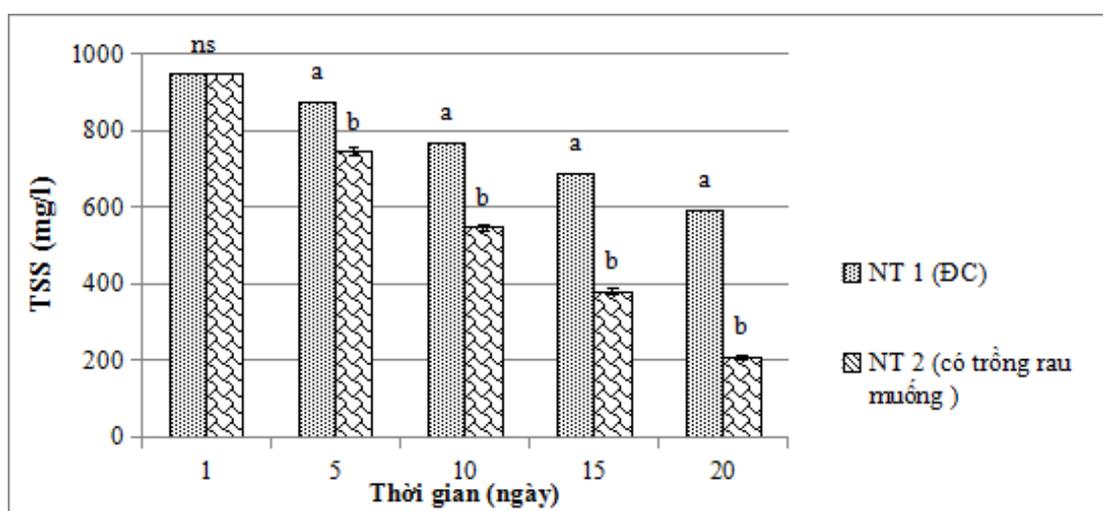
Qua biểu đồ hình 2 cho thấy nồng độ DO trong các thí nghiệm tăng theo thời gian xử lý; đặc biệt, kết quả phân tích

anova cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa của nồng độ oxy hòa tan giữa nghiệm thức có trồng rau muống với nghiệm thức đối chứng. Cụ thể từ ngày 1 đến ngày 20, nồng độ DO ở nghiệm thức có trồng rau muống tăng từ $1,99 \pm 0,12$ mg/l lên $6,04 \pm 0,07$ mg/l, còn ở nghiệm thức đối chứng tăng từ $1,99 \pm 0,12$ mg/l lên $4,2 \pm 0,16$ mg/l. Oxy hòa tan trong nước phụ thuộc vào các yếu tố như áp suất, nhiệt độ, đặc tính của nguồn nước bao gồm các thành phần hóa học, vi sinh, thủy sinh vật. Nồng độ oxy hòa tan trong nước giúp xác định chất lượng nước. Khi DO thấp đồng nghĩa với nước bị ô nhiễm, vi sinh vật phát triển nhiều, nhu cầu oxy hóa tăng, nên tiêu thụ nhiều oxy trong nước. Do đó nước thải khi mới đem về phân tích thì nồng độ DO rất thấp. Sau khi đưa nước thải vào mô hình xử lý thì nồng độ DO trong nước gia tăng đáng kể theo thời gian. Ở các thùng

có trồng rau muống, lượng oxy hòa tan tăng và cao hơn so với các thùng không trồng rau, điều này cho thấy rau muống giúp vận chuyển oxy trong không khí vào nước và sử dụng chất hữu cơ trong nước làm giảm nồng độ chất ô nhiễm dẫn đến oxy trong không khí dễ dàng khuếch tán vào nước làm cho nồng độ ôxy hòa tan trong nước thải tăng lên. Ngoài ra, nồng độ DO trong thùng đối chứng tăng theo thời gian có thể giải thích là do sự xuất hiện của tảo trong nước thải; trong suốt quá trình thí nghiệm, tảo quang hợp và hấp thu bớt chất dinh dưỡng trong nước thải, góp phần cung cấp và hòa tan oxy vào trong nước.

3.2.2. Kết quả đo TSS

Kết quả đo TSS của nước thải trong 20 ngày thí nghiệm được thể hiện qua hình 3.



Hình 3. Hàm lượng TSS của nước thải theo thời gian.

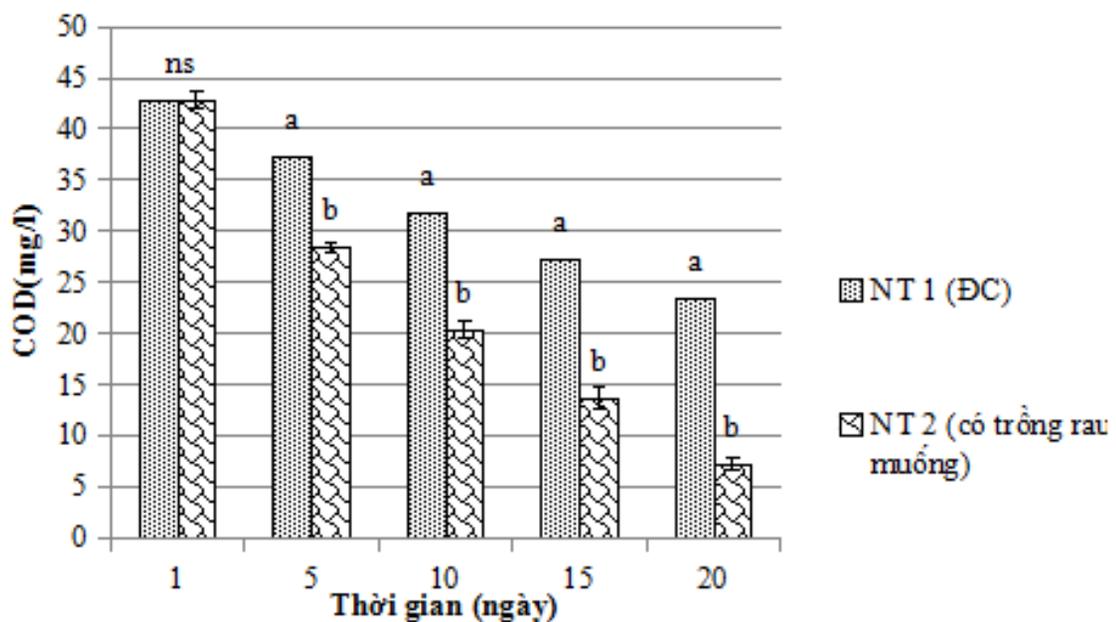
Ghi chú: Trên một cột trong hình những chữ khác nhau thì khác biệt ở mức ý nghĩa 5%; ns: không khác biệt ở mức ý nghĩa 5%.

Biểu đồ hình 3 thể hiện giá trị TSS trong nước thải giảm theo thời gian xử lý. Đặc biệt ở các thùng có trồng rau muống, hàm lượng TSS giảm rất nhiều so với thùng đối chứng. Cụ thể sau 20 ngày thí nghiệm: TSS ở nghiệm thức đối chứng giảm từ $946,7 \pm 11,54$ mg/l còn $593,3 \pm 6,7$ mg/l; trong khi đó ở nghiệm thức có trồng rau giảm từ $946,7 \pm 11,54$ mg/l còn $206,7 \pm 6,65$ mg/l. Kết quả phân tích anova cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa giữa nghiệm thức có trồng rau với nghiệm thức không trồng rau. Hiệu suất xử lý TSS trong nước thải nuôi trồng thủy sản ở cả ba thùng trồng rau muống đạt trung bình khoảng 78% so với thùng đối chứng là 37%. Điều này chứng tỏ rau muống đã góp phần

hấp thu các chất hữu cơ có trong nước thải, làm giảm hàm lượng chất rắn lơ lửng trong nước. Nếu trong nước hàm lượng TSS cao sẽ ảnh hưởng đến chất lượng nước, ngăn cản sự hòa tan của oxy vào nước, làm giảm các hoạt động sống của các nhóm thủy sinh vật trong môi trường. Vi sinh vật trong nước và đất đã góp phần phân hủy và chuyển hóa các chất hữu cơ trong nước thải vì thế ở các nghiệm thức đối chứng thì hàm lượng TSS giảm theo thời gian mặc dù thấp hơn so với nghiệm thức có trồng rau muống.

3.2.3 Kết quả đo COD

Kết quả đo COD của nước thải trong 20 ngày thí nghiệm được thể hiện qua hình 4.



Hình 4. Nồng độ COD của nước thải theo thời gian.

Ghi chú: Trên một cột trong hình những chữ khác nhau thì khác biệt ở mức ý nghĩa 5%; ns: không khác biệt ở mức ý nghĩa 5%.

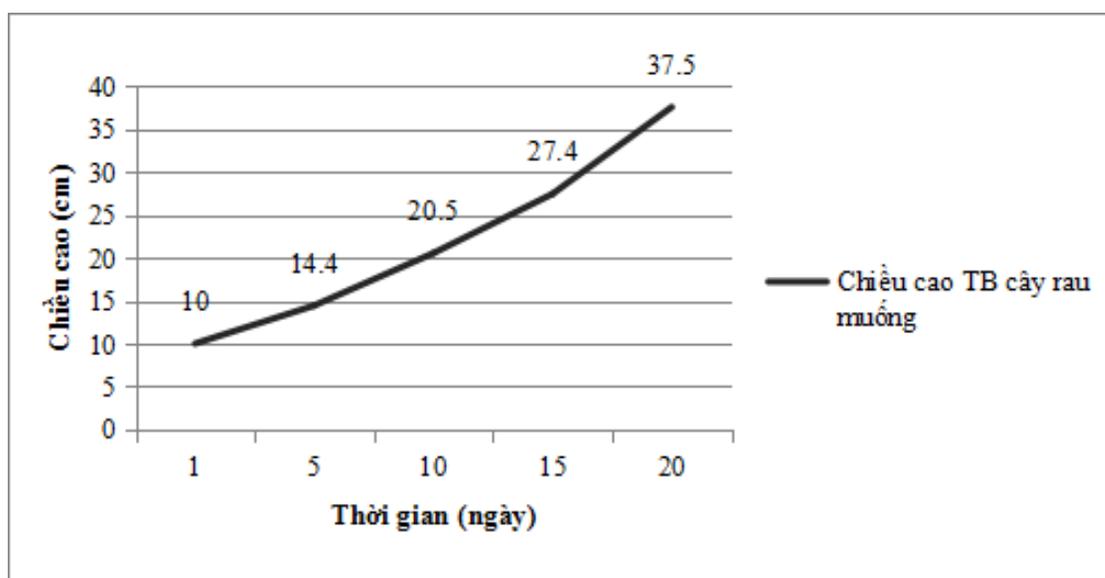
Đồ thị hình 4 thể hiện nồng độ COD trong nước thải giảm theo thời gian xử lý. Cụ thể sau 20 ngày thí nghiệm: COD ở nghiệm thức đối chứng giảm từ $42,83 \pm 0,84$ mg/l còn $23,38 \pm 0,96$ mg/l; ở nghiệm thức có trồng rau giảm $42,83 \pm 0,84$ mg/l xuống $7,18 \pm 0,59$ mg/l. Hiệu suất xử lý COD trong nước thải sau 20 ngày của nghiệm thức có trồng rau muống đạt 83%, trong khi ở thùng đối chứng chỉ đạt 45,4%. Kết quả phân tích anova cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa giữa nghiệm thức có trồng cây rau muống với nghiệm thức đối chứng. Kết quả đo COD cho thấy rau muống có tác dụng hấp thu các chất ô nhiễm hữu cơ trong nước thải. Ngoài ra, nồng độ oxy hòa tan DO trong nước thải tăng theo thời gian thí nghiệm cũng chứng tỏ hàm lượng COD được xử lý tốt. Rau muống góp phần làm giảm vận tốc dòng chảy, làm tăng khả năng lắng và giữ lại các chất

rắn trong nước thải. Bộ rễ cây phát triển theo chiều sâu và chiều ngang tạo thành một mạng lưới kết dính các hạt cát với nhau tạo thành một diện tích bề mặt lớn để hấp thu dưỡng chất và các ion. Các khí khổng trong cây giúp vận chuyển oxy từ lá xuống rễ, sau đó cung cấp chu các khu vực xung quanh vùng rễ tạo nguồn oxy để cho các hoạt động phân hủy các chất ô nhiễm của các vi sinh vật hiếu khí. Sau 20 ngày xử lý nước thải có nồng độ COD trong mô hình thí nghiệm đạt loại A của QCVN 08-MT:2015/BTNMT.

3.3. Kết quả theo dõi quá trình phát triển của cây rau muống

3.3.1. Kết quả đo chiều cao của rau muống theo thời gian

Kết quả đo chiều cao trung bình của rau muống trong quá trình thí nghiệm được thể hiện qua hình 5



Hình 5. Chiều cao trung bình của cây rau muống theo thời gian.

Đồ thị hình 5 cho thấy chiều cao của cây rau muống phát triển liên tục trong suốt quá trình thí nghiệm. Từ ngày thứ 1 đến ngày thứ 10, chiều cao của cây tăng chậm hơn so với giai đoạn còn lại, điều này có thể giải thích do rau muống mới thích nghi với điều kiện môi trường nước thải, khả năng hấp thu chất dinh dưỡng thấp dẫn đến sự gia tăng chiều cao ít. Từ ngày 10 trở đi, rau muống đã bắt đầu thích nghi nên chiều cao gia tăng nhanh; cụ thể từ ngày 10 đến 15, chiều cao tăng trung bình là 6,9 cm, từ ngày thứ 15 đến

20, chiều cao tăng trung bình là 10,1 cm. Sự gia tăng chiều cao của cây rau muống trong thí nghiệm cho thấy rau muống có khả năng hấp thu chất dinh dưỡng trong môi trường nước thải nuôi lươn, làm giảm nồng độ các chất ô nhiễm trong nước góp phần gia tăng hiệu quả xử lý nước thải.

3.3.2. Kết quả cân khối lượng và số lượng cây rau muống theo thời gian

Sinh khối và số lượng cây rau muống trong 20 ngày thí nghiệm được thể hiện qua bảng 3.

Bảng 3. Sinh khối và số lượng cây rau muống trước và sau thí nghiệm

Thời gian		Ngày 1	Ngày 20	Tăng thêm
Sinh khối cây (g)	Lần 1	30,52	136,71	4,5 lần
	Lần 2	25,78	132,17	5,1 lần
	Lần 3	27,13	140,75	5,2 lần
	TB	27,81 ± 2.44	136,54 ± 4,29	
Số lượng cây (cây)	Lần 1	26	34	8 cây
	Lần 2	25	33	8 cây
	Lần 3	27	36	9 cây
	TB	26 ± 0,99	34,33 ± 1,5	

Kết quả bảng 3 cho thấy, khối lượng rau muống đều tăng so với lúc mới trồng ở cả ba lần lặp lại (gấp 4,5 đến 5,2 lần); số lượng cây con được sinh ra ở cả 3 lần lặp lại dao động từ 8 - 9 cây, điều này chứng tỏ rau muống đã thích nghi và phát triển trong môi trường nước thải nuôi lươn. Rau muống đã hấp thu các chất hữu cơ bên trong nước thải chuyển hóa thành các chất dinh dưỡng cho sự phát triển của chúng.

4. Kết luận và kiến nghị

Thí nghiệm nghiên cứu khả năng xử lý chất ô nhiễm hữu cơ có trong nước thải nuôi lươn của cây rau muống bước đầu đã đạt được một số kết quả như sau: Mật độ và sinh khối trung bình của rau muống tăng lần lượt là 1,32 lần và 4,9 lần sau 20 ngày thí nghiệm. pH nước thải sau xử lý dao động từ 7,5 ÷ 8. Tổng chất rắn lơ lửng (TSS) của nước thải sau xử lý giảm khoảng 78%. Nồng độ COD của nước thải sau xử

lý giảm khoảng 83%. Nồng độ DO của nước thải sau xử lý tăng ≥ 6 mg/l. Với kết quả đạt được ở nghiên cứu này đã khẳng định được rằng: Hoàn toàn có thể sử dụng cây rau muống để xử lý chất hữu cơ trong nước thải nuôi lươn.

Tuy nhiên hiệu quả của quá trình xử lý còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố: hàm lượng chất hữu cơ có thể phân hủy, mật

độ cây rau ngổ, các điều kiện môi trường, mô hình phân hủy... Đồng thời, để có thể ứng dụng quy trình xử lý vào thực tế thì cần phải có những bước nghiên cứu tiếp theo như khảo sát nguồn nước thải của các hoạt động nuôi trồng thủy sản cũng như hiệu quả kinh tế về việc bán rau muống trong thực tế.

Tài liệu tham khảo

[1]. Trần Thanh Thiện, Bạc Liêu: Đầu tư cho phát triển kinh tế thủy sản, Báo online Thủy sản Việt Nam, 6/7/2020. Trang web: <https://www.thuysanvietnam.com.vn/>. [Ngày truy cập 12/9/2022].

[2]. Trương Thị Nga, Giáo trình Quản lý tài nguyên đất ngập nước. Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ, 2007.

[3]. Vũ Thị Phương Thảo, Luận án tiến sĩ “Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá vai trò của một số loài thực vật thủy sinh và đề xuất giải pháp sinh học nhằm cải thiện chất lượng môi trường nước sông Nhuệ”; Viện Khoa học khí tượng thủy văn và Biến đổi khí hậu, 2017.

[4]. A. Enduta, A. Jusoh, N. Ali & W.B. Wan Nik, “Nutrient removal from aquaculture wastewater by vegetable production in aquaponics recirculation system”, *Desalination and Water Treatment*, Volume 32, Issue 1-3, Pages 422-430, 2012. Trang web: ProQuest, <https://www.tandfonline.com/>. [Ngày truy cập 12/5/2022].

[5]. Putu C. Delis, Hefni Effendi, Majariana Krisanti, Sigid Hariyadi, “Treatment of aquaculture wastewater using *Vetiveria zizanioides* (Liliopsida, Poaceae)”, *Scholarly Journal; Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*; Vol. 8, Iss. 4: 616-625, 2015. Trang web: ProQuest, <https://www.proquest.com/openview/>. [Ngày truy cập 12/5/2022].

[6]. K. Nagendra Prasad, G.R. Sivamurthy, S.M. Aradhya, “*Ipomoea aquatica*, An Underutilized Green Leafy Vegetable: A Review”; *International Journal of Botany* 4 (1): 123-129, ISSN 1811-9700, 2008. Trang web: <https://www.researchgate.net/>. [Ngày truy cập 12/9/2022].

[7]. APHA, AWA and WEF., “Standard methods for the examination of water and wastewater”, 19th edition. American public Health Association 1015 Fifteenth Street, NW Washington, DC 20005, 1999.