

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT ĐÔ THỊ CỦA CÂY CHUỐI HOA (*Canna generalis*) VÀ BÁCH THỦY TIỀN (*Echinodorus cordifolius*)

Đào Hoàng Nam¹, Lâm Chí Khang¹, Lâm Nguyễn Ngọc Như¹,
Võ Thị Phương Thảo¹, Trần Thị Huỳnh Thơ¹, Nguyễn Thị Diễm My¹,
Trương Công Phát¹, Ngô Thụy Diễm Trang^{1,*}

TÓM TẮT

Các kênh trong nội ô đô thị đang bị ô nhiễm do nước thải sinh hoạt không được xử lý mà xả trực tiếp vào các kênh. Do đó, nước thải sinh hoạt cần phải xử lý để làm giảm hàm lượng các chất ô nhiễm đến mức cho phép trước khi thải ra môi trường. Giải pháp sử dụng thực vật là một lựa chọn phù hợp do thân thiện với môi trường, rẻ tiền, dễ thiết kế và vận hành. Hai loài cây Bách thủy tiên và Chuối hoa được trồng trên bè nổi thiết kế bằng các chai nhựa xử lý nước kênh đô thị. Các thông số môi trường nước được đánh giá mỗi ngày trong thời gian lưu nước mỗi mẻ là 7 ngày. Các giá trị của pH, độ kiềm, EC, TDS đều nằm trong giới hạn cho phép. Hàm lượng oxy hòa tan được cải thiện sau 7 ngày. Hàm lượng N-NH_4^+ và P-PO_4^{3-} trong nước sau xử lý giảm theo thời gian và giảm đáng kể sau 7 ngày xử lý, đạt QCVN 08: 2015/BTNMT cột B1, trong khi N-NO_2^- và N-NO_3^- đạt cột A1. Hiệu suất xử lý tổng đạm hòa tan (TIN), tổng lân và COD đạt cao nhất ở nghiệm thức trồng Chuối hoa (lần lượt là: 78,6-97,5%; 85,4-91,3% và 50,0-57,1%), tiếp theo là Bách thủy tiên (lần lượt là: 79,6-86,4%; 73,5-86,5% và 25,5-50,8%) và thấp nhất là nghiệm thức không cây (66,4-76,7%; 59,8-82,0% và 25,0-39,6%). Hai loài cây sinh trưởng và phát triển rất tốt trong nước có hàm lượng chất ô nhiễm cao thể hiện qua tăng chiều cao cây, chiều dài rễ và sinh khối cây. Kết quả cho thấy hai loài cây trồng trên bè nổi có tính khả thi trong giảm hàm lượng các chất ô nhiễm trong nước thải vừa tạo cảnh quan đẹp cho khu đô thị do chúng có hoa nhiều màu sắc. Ngoài ra, việc tái sử dụng chai nhựa làm bè nổi là giải pháp giảm phát thải nhựa ra môi trường hướng đến đô thị xanh và bền vững.

Từ khóa: Bách thủy tiên, bè nổi thực vật, chuối hoa, nước thải đô thị, tái sử dụng chai nhựa.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cùng với quá trình công nghiệp hóa, đô thị hóa là sự gia tăng tình trạng ô nhiễm, đặc biệt ở các thành phố lớn, khu đô thị, các trung tâm thương mại... nơi tập trung đông dân cư [1]. Thành phố Cần Thơ là một đô thị trung tâm vùng đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), là nơi tập trung đông dân cư. Kênh Búng Xáng nằm ở trung tâm thành phố Cần Thơ, đóng vai trò là nơi kiểm soát nước mưa chảy tràn và nơi chứa nước thải sinh hoạt các hộ dân đô thị, từ các cơ sở sản xuất... không qua xử lý, nên ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng nước mặt [2]. Tất cả các dòng thải này đã và đang tăng lên cùng với sự gia tăng dân số, khối lượng các chất ô nhiễm cũng như lưu lượng thải, mang đến cho con người những thách thức ngày càng lớn về môi trường bởi lượng nước mặt bị ô nhiễm là rất lớn.

Hiện nay có nhiều phương pháp xử lý nước đã được nghiên cứu và ứng dụng trong thực tế, trong đó, việc sử dụng thực vật để xử lý nước ô nhiễm có tính thân thiện cao với môi trường, chi phí rẻ, dễ vận hành [3]. Các bè nổi trồng cây ưu việt hơn hẳn so với phương pháp hóa-lý, không làm ảnh hưởng xấu tới hoạt tính sinh học của nước, tiến hành ngay tại nơi ô nhiễm và không cần thêm diện tích, giảm thiểu được mức độ xáo trộn nước, giảm mức độ phát tán ô nhiễm thông qua không khí và dòng chảy [4, 5]. Có nhiều loài thực vật thủy sinh đã được nghiên cứu có hiệu quả xử lý nước thải cao như: lục bình (*Eichhornia crassipes*), thủy trúc (*Cyperus involucratus*), cát lồi (*Costus speciosus*), bèo tây (*Eichhornia crassipes*), cỏ vertiver... Tuy nhiên, hiện tại việc thiết kế các bè nổi với các loài thủy sinh có khả năng xử lý ô nhiễm nước thải đô thị vừa mang lại giá trị cảnh quan chưa được nghiên cứu nhiều ở ĐBSCL nói riêng và Việt Nam nói chung.

Ngoài ra, lượng chất thải nhựa ở thành phố Cần Thơ hiện ở mức cao, chiếm khoảng 8 - 12% chất thải

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

*Email: ntdtrang@ctu.edu.vn

rắn sinh hoạt [6]. Chất thải nhựa đang hàng ngày tác động tiêu cực đến môi trường sống, sức khỏe con người, hệ sinh thái và sự phát triển bền vững của mỗi quốc gia [7]. Trong nghiên cứu này, bè nổi được làm bằng chai nhựa giúp giảm lượng rác thải tại các bãi tập kết rác và hạn chế được lượng thải các độc tố ra ngoài môi trường, hướng đến giảm chất thải nhựa và bảo vệ môi trường. Xuất phát từ thực tế đó nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá tính khả thi của bè nổi trong việc giảm ô nhiễm nước thải đô thị góp phần bảo vệ môi trường và tạo cảnh quan đô thị.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

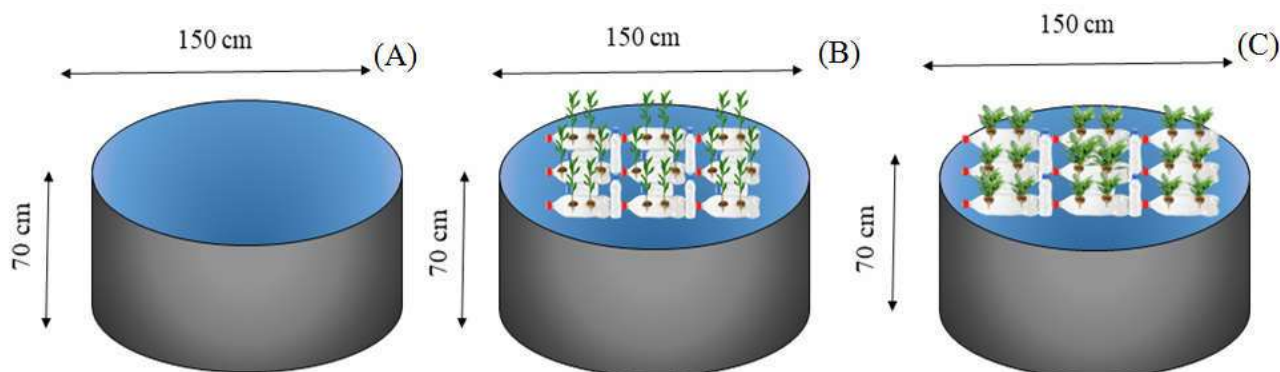
2.1. Bố trí thí nghiệm

Thời gian bố trí thí nghiệm từ tháng 6/2022 đến tháng 11/2022. Thí nghiệm được bố trí trong điều kiện ngoài trời không che chắn. Các bể xử lý đặt dọc theo bờ kênh Búng Xáng.

Bè nổi được thiết kế bằng chai nhựa 1,5 L thu thập xung quanh khuôn viên Trường Đại học Cần Thơ, được kết nối với nhau bằng keo nhựa PVC thành khung bè có dạng hình vuông tổng diện tích bè là 1 m². Mỗi chai nhựa được khoan 2 lỗ để trồng

cây, mỗi lỗ trồng 1 cây, với tổng mật độ cây là 18 cây/m² (Hình 1). Xơ dừa được sử dụng làm chất nền giữ cố định cây đứng trong lỗ chai. Xơ dừa được chọn vì có một số đặc tính sau: dễ tìm, thân thiện với môi trường; khối lượng riêng (tỉ trọng) thấp; độ bền cao; diện tích tiếp xúc bề mặt lớn; rẽ tiền và có sẵn trong tự nhiên. Giá thể là xơ dừa được ngâm và rửa sạch, phơi khô trước khi sử dụng.

Nước thải được lấy từ kênh Búng Xáng và bố trí trong bể composite 1.000 L (Hình 1). Bằng cảm quan có thể nhận thấy nước thải có màu đen, mùi hôi. Thu mẫu nước đầu vào để xác định các đặc tính lý-hóa nước. Cây Chuối hoa (*Canna generalis*), cây Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius*) được lấy ở xung quanh khuôn viên Trường Đại học Cần Thơ (khu II). Chọn những cây non khỏe mạnh và gần đồng dạng trong từng loài, với cây Chuối hoa có chiều cao trung bình 51,4±2,9 cm và cây Bách thủy tiên 24,1±2,7 cm. Cây được rửa kỹ bằng nước máy, cân khối lượng tươi, đo chiều cao cây, chiều dài rễ, đếm số lá, số nhánh và chụp hình cây trước khi bố trí thí nghiệm.



Hình 1. Mô phỏng thí nghiệm

Ghi chú: (A) Thí nghiệm thức đối chứng, (B) Thí nghiệm thức trồng cây bách thủy tiên, (C) Thí nghiệm thức trồng cây chuối hoa.

2.2. Phương pháp thu và phân tích mẫu

Mẫu nước được thu liên tục mỗi ngày và thu ở tuần thứ 11 và 12 của thí nghiệm, là giai đoạn cây trồng ổn định. Các chỉ tiêu pH, DO, EC và TDS được đo trực tiếp tại hiện trường bằng máy chuyên dụng (Bảng 1). Các chỉ tiêu hóa tính nước như: COD, N-

NO₂⁻, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻, TP và độ kiềm được phân tích trong Phòng thí nghiệm độc học môi trường, Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ theo quy trình tiêu chuẩn đánh giá nước và nước thải [8] (Bảng 1).

Bảng 1. Phương pháp phân tích mẫu nước

STT	Thông số	Đơn vị	Phương pháp phân tích
1	pH	-	Đo trực tiếp tại hiện trường bằng máy pH Hanna 8424 (Rumani)
2	EC	μS/cm	Đo trực tiếp tại hiện trường bằng máy pH Hanna 8424 (Rumani)
3	TDS	mg/L	Đo trực tiếp tại hiện trường bằng máy pH Hanna 8424 (Rumani)

4	Độ kiềm	mg CaCO ₃ /L	Chuẩn độ bằng H ₂ SO ₄ 0,01N [8]
5	DO	mg/L	Đo trực tiếp bằng máy DO Hanna 9146 (Rumani)
6	COD	mg/L	Phương pháp chuẩn độ bằng FAS [8]
7	N-NO ₂ ⁻	mg/L	Phương pháp Colorimetric [8]
8	N-NO ₃ ⁻	mg/L	Phương pháp Salycylate, 4500-B [8]
9	N-NH ₄ ⁺	mg/L	Phương pháp Indophenol blue [8]
10	P-PO ₄ ³⁻	mg/L	Phương pháp Acid ascorbic [8]

Các chỉ tiêu tăng trưởng của cây (chiều cao cây, chiều dài rễ) được theo dõi ghi nhận mỗi tuần. Cây được thu hoạch sau 56 ngày thí nghiệm và được cân, đo và ghi nhận những chỉ tiêu như trên. Cây được rửa sạch bằng nước máy và sấy ở 60 - 70°C đến khi khối lượng không đổi để xác định sinh khối khô thân và rễ.

2.3. Phương pháp tính toán và xử lý số liệu

- Hiệu suất xử lý (%) của nghiệm thức được xác định theo công thức: $H\% = (C_o - C_t / C_o) \times 100$

Trong đó: C_o và C_t lần lượt là lượng chất ô nhiễm (g/bể) trong nước thải ban đầu và trong nước sau xử lý ở thời gian t.

- Tốc độ tăng trưởng tương đối (RGR – mean relative growth rate):

$$RGR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \text{ (g/g/ngày)}$$

Trong đó: W₁, W₂ là khối lượng cây tại thời điểm bắt đầu bố trí thí nghiệm t₁ và thu hoạch t₂ (g).

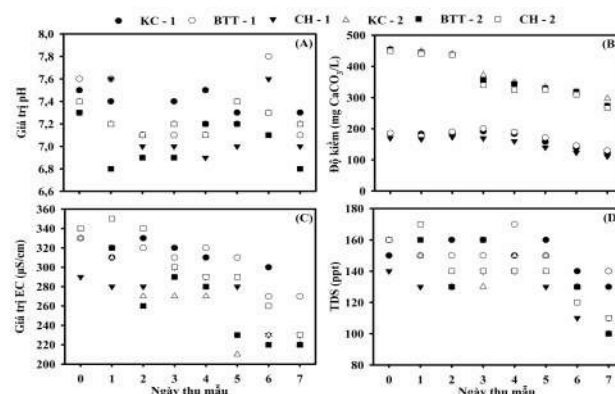
Tất cả số liệu được tổng hợp, tính toán bằng phần mềm Microsoft Excel 2013 và vẽ hình bằng phần mềm SigmaPlot phiên bản 14 (Systat Software, Inc., USA).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Diễn biến giá trị pH, độ kiềm, EC và TDS

Kết quả khảo sát cho thấy giá trị pH trung bình 2 đợt thu mẫu dao động trong khoảng 6,8 - 7,8 (Hình 2A) nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 08: 2015/BTNMT (Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt), đạt cột A1. Độ kiềm trong nước có xu hướng giảm dần qua các ngày thí nghiệm từ 170,0 - 185,5 mg CaCO₃/L sau 7 ngày thí nghiệm giảm còn 111,5-121,5 mg CaCO₃/L ở đợt 1 và 450 - 456 mg CaCO₃/L xuống còn 266,0 - 297,5 mg CaCO₃/L ở đợt 2 (Hình 2B). Trong đó, CaCO₃ được ghi nhận thấp nhất ở nghiệm thức Chuối hoa, tiếp theo là Bách thủy tiên và cao nhất là nghiệm thức không cây. Nhìn chung, giá trị pH và độ kiềm ở nghiệm thức có

cây có xu hướng giảm theo thời gian, đặc biệt khi có sự hiện diện của cây, có thể là do hai loài cây này tăng trưởng tốt, mật độ che phủ cao, phủ hết bề mặt bể trồng thí nghiệm, cản trở ánh sáng chiếu vào nước, giúp hạn chế tảo phát triển [9]. Độ dẫn điện (EC) và tổng chất rắn hòa tan (TDS) của các nghiệm thức có xu hướng giảm dần theo thời gian ở cả 2 đợt thu mẫu (Hình 2C, 2D). Giá trị EC và TDS trong nước đầu vào trung bình của 3 nghiệm thức ở 2 đợt lần lượt là 330 µS/cm và 160 mg/L ở đợt 1; 350 µS/cm và 170 mg/L ở đợt 2, đã giảm sau 7 ngày thí nghiệm còn 230 µS/cm và 110 mg/L ở đợt 1; µS/cm và 100 mg/L ở đợt 2. Điều này minh chứng có sự suy giảm các chất ô nhiễm trong nước thải. Ngô Thụy Diễm Trang và Hans Brix (2012) [10] ghi nhận các muối hòa tan có thể bị giữ lại bằng cơ chế hấp phụ bề mặt trên chất nền, hoặc do cây và vi sinh vật hấp thụ làm cho EC giảm, điều này phù hợp với kết quả giảm giá trị EC của thí nghiệm.



Hình 2. Diễn biến giá trị pH (A), độ kiềm (B), EC (C) và TDS (D) theo thời gian

Ghi chú: KC - 1: Không cây đợt 1; BTT - 1: Bách thủy tiên đợt 1; CH - 1: Chuối hoa đợt 1; KC - 2: Không cây đợt 2; BTT - 2: Bách thủy tiên đợt 2; CH - 2: Chuối hoa đợt 2.

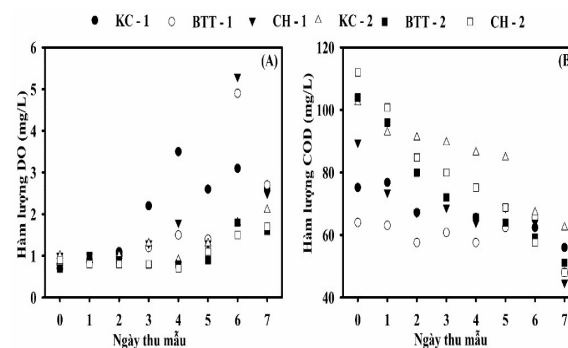
3.2. Diễn biến hàm lượng oxy hòa tan (DO) và nhu cầu oxy hóa học (COD)

Hàm lượng oxy hòa tan (DO) trong nước là chỉ tiêu cơ bản giữ vai trò quan trọng trong hệ sinh thái sông, hồ. Hàm lượng DO phụ thuộc rất nhiều vào

yếu tố như: nhiệt độ, quá trình khuếch tán oxy qua bề mặt, quá trình hô hấp, quang hợp của thực vật, quá trình phân hủy chất hữu cơ của vi sinh vật... [11], là một trong những thông số quan trọng để đánh giá chất lượng nước và thường được sử dụng để đánh giá mức độ ô nhiễm hữu cơ của nguồn nước [12]. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm lượng DO trong nước được cải thiện sau 7 ngày xử lý, cụ thể hàm lượng DO của nước thải đầu vào ở 2 đợt dao động trong khoảng 0,7 - 1,0 mg/L, sau đó tăng lên 2,5 - 2,7 mg/L ở đợt 1 và 1,6 - 2,1 mg/L ở đợt 2 (Hình 3A). Riêng ở đợt 1, hàm lượng DO được cải thiện đáng kể ở ngày thứ 6, đạt 5,3 mg/L ở nghiệm thức Chuối hoa và 4,9 mg/L ở nghiệm thức Bách thủy tiên. Hàm lượng DO cao hơn đầu vào là do quá trình quang hợp của tảo, khuếch tán oxy vào nước và cơ chế vận chuyển oxy qua lá xuống rễ của cây thủy sinh trong điều kiện rễ ngập nước [13].

Kết quả ghi nhận hàm lượng COD trong các nghiệm thức có xu hướng giảm dần theo thời gian cho cả 2 đợt thu mẫu (Hình 3B). Cụ thể ở đợt 1, hàm lượng COD đầu vào (64,0-89,6 mg/L) và sau 7 ngày xử lý ở nghiệm thức Chuối hoa giảm thấp nhất (44,8 mg/L) và cao nhất là nghiệm thức không cây (56,0 mg/L) với hiệu suất xử lý COD ở Chuối hoa, Bách thủy tiên và không cây lần lượt là 50,0; 25,5 và 25% (Bảng 2). Ở đợt 2, hàm lượng COD dao động từ 102,4 - 112,0 mg/L, sau 7 ngày xử lý giảm còn 48,0; 51,2 và 64,4 mg/L lần lượt ở nghiệm thức Chuối hoa, Bách thủy tiên và không cây, với hiệu suất xử lý tương ứng 57,1; 50,8 và 39,6% (Bảng 2). Hàm lượng COD ở các nghiệm thức biến động qua các lần thu mẫu phụ thuộc vào sự phát triển của thực vật thủy sinh và sự lắng tụ của các chất hữu cơ trong nước. Khi kết hợp

trồng thực vật để xử lý nước, các cây thủy sinh lấy CO_2 và O_2 mà chúng cần từ không khí; dưới điều kiện yếm khí, chúng có cơ chế thích nghi là vận chuyển O_2 xuống hệ rễ ngập nước cho mục đích trao đổi chất [14]. Khi rễ của cây nằm trong cột nước, chúng hoạt động như một chất nền sống cho sự tăng trưởng kèm theo của vi khuẩn hiếu khí, chúng sử dụng O_2 dư thừa để phân giải các hợp chất hữu cơ hòa tan trong nước [15]. Qua kết quả 2 tuần theo dõi ghi nhận nghiệm thức Chuối hoa luôn có hiệu suất xử lý COD cao nhất, đạt trên 50%, tuy nhiên, hàm lượng COD sau 7 ngày xử lý vẫn chưa đạt QCVN 08: 2015/BTNMT cột B1 (30 mg/L). Đây cũng là ghi nhận chung khả năng xử lý COD của bể nổi thực vật, do chỉ có bộ phận rễ cây tiếp xúc trong nước nên không có thêm phần chất nền để tăng hiệu quả lắng lọc chất rắn hữu cơ như các mô hình đất ngập nước kiến tạo có thiết kế chất nền [10, 13].



Hình 3. Diễn biến hàm lượng oxy hòa tan (A) và COD (B) theo thời gian

Ghi chú: KC - 1: Không cây đợt 1; BTT - 1: Bách thủy tiên đợt 1; CH - 1: Chuối hoa đợt 1; KC - 2: Không cây đợt 2; BTT - 2: Bách thủy tiên đợt 2; CH - 2: Chuối hoa đợt 2

Bảng 2. Hiệu suất xử lý (%) hàm lượng đạm, lân và COD

Chỉ tiêu	Không cây		Bách thủy tiên		Chuối hoa	
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2
Tổng đạm hòa tan (TIN)	76,7	66,5	86,4	79,6	97,5	78,6
Tổng lân (TP)	82,0	59,8	86,5	73,5	91,3	85,4
COD	25,0	39,6	25,5	50,8	50,0	57,1

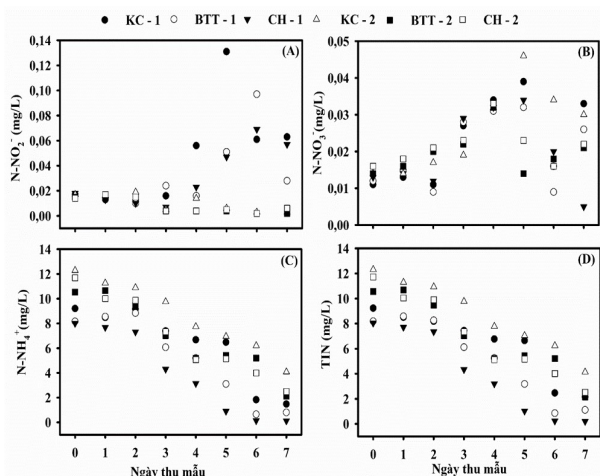
3.3. Diễn biến hàm lượng đạm hòa tan

Nhìn chung, hàm lượng N-NO_2^- ở đợt 1 không có diễn biến rõ ràng theo thời gian. Hàm lượng N-NO_2^- đầu vào ở 1 đợt theo dõi dao động từ 0,014 - 0,018 mg/L, sau 7 ngày xử lý tăng cao hơn đầu vào và cao nhất ở nghiệm thức không cây (0,063 mg/L), thấp nhất là ở Bách thủy tiên (0,028 mg/L). Riêng đợt 2 có xu hướng rõ ràng hơn, hàm lượng N-NO_2^- giảm so với

đầu vào và thấp nhất ở Bách thủy tiên (0,002 mg/L) và cao nhất ở Chuối hoa (0,006 mg/L) (Hình 4A). Hàm lượng N-NO_2^- ở đợt 2 đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 08: 2015/BTNMT cột A1 (0,05 mg/L). Tương tự, hàm lượng N-NO_3^- đầu vào dao động trong khoảng 0,011 - 0,016 mg/L và đầu ra cao hơn dao động từ 0,021 - 0,033 mg/L (Hình 4B). Kết quả ghi nhận hàm lượng N-NO_3^- trong suốt quá trình

theo dõi đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 08: 2015/BTNMT Cột A1 (2,0 mg/L). Nitrate là dạng oxy hóa cao nhất trong chu trình nitơ và thường đạt đến những nồng độ đáng kể trong các giai đoạn cuối cùng của quá trình oxy hóa sinh học [16]. Sự gia tăng oxy hòa tan trong nước sau 7 ngày xử lý (Hình 3A) thể hiện cho quá trình nitrate hóa xảy ra, tuy nhiên, có sự gia tăng đồng thời N-NO_2^- trong cột nước, chứng tỏ quá trình nitrate hóa không hoàn toàn.

Hàm lượng N-NH_4^+ trong nước thải đầu vào tương đối cao, dao động trong khoảng 8,01 - 12,28 mg/L, vượt 8,9 - 13,6 lần QCVN cột B1 (0,9 mg/L) (Hình 4C). Diễn biến hàm lượng N-NH_4^+ có xu hướng rất rõ ràng và giảm theo thời gian, cụ thể sau 7 ngày xử lý giảm rất nhiều và thấp nhất ở Chuối hoa (0,13 mg/L), tiếp theo là Bách thủy tiên (0,80 mg/L) và cao nhất là nghiệm thức không cây (1,48 mg/L) ở đợt 1 và đợt 2 lần lượt là Bách thủy tiên, Chuối hoa và không cây tương ứng 2,12; 2,48 và 4,07 mg/L. Kết quả cho thấy hàm lượng N-NH_4^+ đầu ra ở nghiệm thức có sự hiện diện của cây luôn thấp hơn nghiệm thức không cây, tuy nhiên, hàm lượng N-NH_4^+ đầu ra vẫn chưa đạt QCVN 08: 2015/BTNMT cột B1 (0,9 mg/L), ngoại trừ nghiệm thức Chuối hoa và Bách thủy tiên đợt 1. Hàm lượng N-NH_4^+ có xu hướng giảm thấp do quá trình nitrate hóa được thực hiện trong môi trường hiếu khí xung quanh hệ rễ cây, quá trình bay hơi và thực vật hấp thu [13, 17].



Hình 4. Diễn biến hàm lượng N-NO_2^- (A), N-NO_3^- (B), N-NH_4^+ (C) và TIN (D) theo thời gian

Ghi chú: KC - 1: Không cây đợt 1; BTT - 1: Bách thủy tiên đợt 1; CH - 1: Chuối hoa đợt 1; KC - 2: Không cây đợt 2; BTT - 2: Bách thủy tiên đợt 2; CH - 2: Chuối hoa đợt 2.

Do đạm có dạng bay hơi và chuyển hóa đạm xảy ra trong cột nước, nên để có nhận xét chung về quá trình xử lý đạm của thí nghiệm, hàm lượng tổng đạm hòa tan (TIN) được tính toán (Hình 4D). Hàm lượng TIN của các nghiệm thức đều giảm theo thời gian và giảm thấp nhất ở ngày thứ 7. Các nghiệm thức có cây thì TIN luôn giảm thấp hơn nghiệm thức không cây. Cụ thể, hàm lượng TIN đầu vào là 8,04 - 12,31 mg/L, sau 7 ngày xử lý hàm lượng TIN ở Chuối hoa, Bách thủy tiên lần lượt là 0,20 và 1,11 mg/L ở đợt 1 và đợt 2 là 2,51 và 2,5 mg/L, thấp hơn nghiệm thức không cây (2,15 và 4,13 mg/L). Hiệu suất xử lý TIN sau 7 ngày đạt cao nhất ở Chuối hoa (97,5 và 78,6% tương ứng của đợt 1 và 2), kế đến là Bách thủy tiên (86,4 và 79,6%) và thấp nhất là ở nghiệm thức không cây (76,7 và 66,5%) (Bảng 2). Như đã giải thích ở trên, sự hiện diện của cây đã góp phần làm giảm TIN trong nước thải là do cây hấp thu đạm để sinh trưởng và tạo sinh khối. Theo Lê Diễm Kiều và cs (2015) [17], cỏ mồm mễ có khả năng giúp giảm 69,7 - 96,9% N-NH_4^+ , 99,3 - 99,9% N-NO_3^- và 48,5 - 73,5% TKN.

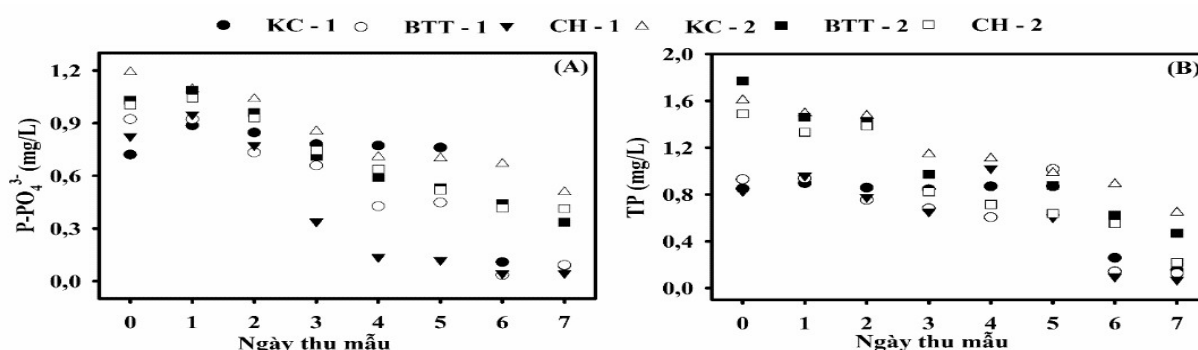
3.4. Diễn biến hàm lượng P-PO_4^{3-} và tổng lân (TP)

Nhìn chung, hàm lượng P-PO_4^{3-} và TP đầu ra đều có xu hướng giảm dần theo thời gian và thấp hơn so với đầu vào, ngoại trừ nghiệm thức không cây từ ngày 1 đến ngày 5 ở đợt 1. Hàm lượng P-PO_4^{3-} và TP sau 7 ngày xử lý đạt thấp nhất là ở Chuối hoa (0,046 và 0,072 mg/L), kế đến là ở Bách thủy tiên (0,088 và 0,13 mg/L) và cao nhất là nghiệm thức không cây (0,092 và 0,15 mg/L) ở đợt 1. Tương tự, hàm lượng P-PO_4^{3-} và TP ở đợt 2 của nghiệm thức Chuối hoa, Bách thủy tiên và không cây lần lượt là 0,22; 0,34 và 0,51 mg P-PO_4^{3-} /L và 0,41; 0,47 và 0,65 mg TP/L. Hàm lượng lân ở nghiệm thức có cây giảm đáng kể sau 7 ngày xử lý là do thực vật thủy sinh và vi sinh vật trong nước hấp thu lân để tồn tại và phát triển, vì lân cũng là chất dinh dưỡng cần thiết cho sự phát triển của chúng. Trong đó, photpho hữu cơ được chuyển hóa bởi hoạt động của các vi sinh vật thành photpho khoáng mà có thể được hấp thu bởi thực vật và tảo. Còn photpho dạng hạt sẽ được loại bỏ nhờ quá trình lọc hoặc hấp thu của hệ thống rễ [18, 19].

Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng lân có thể bị loại bỏ từ 30-60% trong đất ngập nước có trồng các loài cây *Scirpus* sp., *Phragmites* sp. và *Typha* sp. [13, 20]. Một số ít phosphorus (dưới 20%) được các loài vi khuẩn, nấm và tảo hấp thu [21]. Phần

phosphorus còn lại được giữ trong nền đất ngập nước và hệ thống rễ cây theo hai cơ chế: hấp phụ hóa học và kết tủa giữa các ion phosphate và các ion nhôm, sắt hoặc calcium [10]. Do đó, hiệu suất xử lý tổng lân (TP) ở các nghiệm thức trồng thực vật, cụ thể là nghiệm thức trồng Chuối hoa đạt 91,3% và Bách thủy tiên đạt 86,5%, cao hơn so với nghiệm thức không trồng thực vật (82,0%) ở đợt 1 và đợt 2 tương ứng là 85,4; 73,5 và 59,6% (Bảng 2). Hàm lượng $P-PO_4^{3-}$ sau 7 ngày xử lý ở các nghiệm thức có cây đều đạt QCVN

08: 2015/BTNMT cột B1 (0,3 mg/L), ngoại trừ nghiệm thức Bách thủy tiên ở đợt 2. Khả năng loại bỏ của cây Chuối hoa cao hơn do sự thích nghi tốt và sự phát triển nhanh của loài cây này trong môi trường bèo nổi, kèm theo đó là sự xuất hiện của tảo trong nghiệm thức Chuối hoa là ít nhất do mật độ che phủ cao của loài cây. Phần lớn lượng N mất đi được giải thích là do quá trình bay hơi đậm và phần P mất đi chủ yếu do tảo hấp thu và xác tảo bám dính trên phần thân cây và trên thành thùng thí nghiệm [22].



Hình 5. Diễn biến hàm lượng $P-PO_4^{3-}$ (A) và TP (B) theo thời gian

Ghi chú: KC - 1: Không cây đợt 1; BTT - 1: Bách thủy tiên đợt 1; CH - 1: Chuối hoa đợt 1; KC - 2: Không cây đợt 2; BTT - 2: Bách thủy tiên đợt 2; CH - 2: Chuối hoa đợt 2.

3.5. Sinh trưởng của thực vật

Chiều cao cây và chiều dài rễ là chỉ tiêu quan trọng trong đánh giá khả năng thích nghi và sinh trưởng của thực vật đối với môi trường (Hình 6). Kết quả thí nghiệm cho thấy chiều cao cây của 2 loài thực vật nghiên cứu sinh trưởng tốt và có sự tăng trưởng rõ rệt về chiều cao và cả chiều dài rễ trong điều kiện môi trường có hàm lượng chất ô nhiễm cao (Hình 6). Chiều cao cây Bách thủy tiên và cây Chuối hoa đầu vào lần lượt là 24,1 và 51,4 cm, sau 56 ngày thí nghiệm chiều cao tăng lên 57,3 và 74,2 cm, tăng gấp 2,4 và 1,4 lần so với chiều cao trung bình lúc bắt đầu thí nghiệm. Trong nghiên cứu này đánh giá định lượng sự tăng trưởng của rễ cây và quan sát định tính. Cả hai loại cây đều có bộ rễ tăng trưởng lớn

hơn, dài hơn so với thời điểm bắt đầu trồng (Hình 6). Rễ của cây Chuối hoa khi bắt đầu thí nghiệm có chiều dài trung bình là 8,7 cm, sau 56 ngày thì chiều dài rễ đạt 37,4 cm, tăng gấp 4,3 lần so với ban đầu. Cây Bách thủy tiên có sự tăng trưởng vượt trội hơn so với Chuối hoa, cụ thể tăng gấp 5,5 lần về chiều dài rễ (Hình 6). Trong tuần thứ 11 và 12 là thời gian đánh giá chất lượng nước, hai loài cây khảo sát cũng thể hiện sự sinh trưởng và tăng trưởng chiều cao cây và chiều dài rễ (Bảng 3). Cùng với sự gia tăng chiều cao cây và chiều dài rễ, hai loài cây còn tích lũy thêm sinh khối ngày càng nhiều (Bảng 4), qua đó, góp phần làm giảm hàm lượng các chất ô nhiễm trong nước thải (Bảng 2).

Bảng 3. Sinh khối và tốc độ tăng trưởng tương đối cây Bách thủy tiên và Chuối hoa

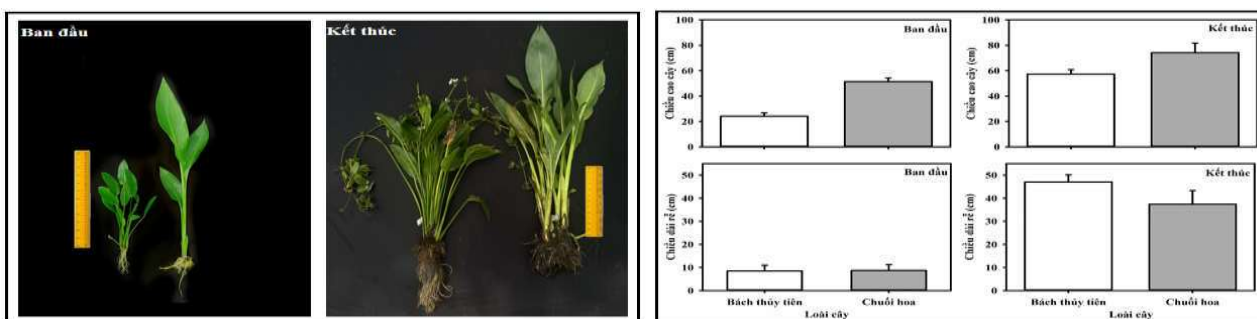
Chỉ tiêu	Tuần 11 (ngày thứ 77)	Tuần 12 (ngày thứ 84)	Tăng (lần)	Trung bình
Bách thủy tiên				
Cao cây (cm)	55,06±1,65	57,94±0,75	1,05	56,5±1,12
Tốc độ tăng cao cây (cm/ngày)	0,12±0,03	0,41±0,18	3,41	0,27±0,12
Dài rễ (cm)	39,39±1,18	40,44±1,19	1,03	39,92±1,19
Tốc độ tăng dài rễ (cm/ngày)	1,21±0,13	0,15±0,05	0,13	0,68±0,09
Chuối hoa				

Cao cây (ngày)	71,39±3,12	75,78±2,86	1,06	73,59±2,99
Tốc độ tăng cao cây (cm/ngày)	1,21±0,31	0,63±0,09	0,52	0,92±0,2
Dài rễ (cm)	33,72±1,77	35,11±1,70	1,04	34,42±1,74
Tốc độ tăng dài rễ (cm/ngày)	0,57±0,19	0,20±0,02	0,35	0,39±0,11

Ghi chú: Số liệu trung bình ± sai số chuẩn (n=9)

Sinh khối của hai loài cây tăng đáng kể khi kết thúc thí nghiệm, nhìn chung tốc độ tăng trưởng tương đối (RGR) của hai loài cây gần như nhau. Khi kết thúc thí nghiệm, cây Bách thủy tiên có RGR sinh khối rễ 0,03 g/g/ngày, còn Chuối hoa đạt 0,04 g/g/ngày. Sinh khối rễ có RGR cao hơn so với RGR của phần thân (Bảng 4), qua đó cho thấy bộ rễ của cả hai loài cây sinh trưởng và tăng trưởng rất tốt, góp phần vào khả năng hấp thu chất dinh dưỡng cho cây. Rễ cây càng nhiều sẽ cung cấp một diện tích lớn cho

vi khuẩn bám và phát triển thành các màng sinh học chịu trách nhiệm cho quá trình phân hủy sinh học trong hệ thống đất ngập nước nhân tạo, bao gồm giảm thiểu đạm lân [13]. Như đã phân tích ở phần trên thì thực vật sử dụng chất dinh dưỡng đạm lân trong hệ thống đất ngập nước để tạo sinh khối [4]. Điều đó cho thấy sự sinh trưởng của thực vật có liên quan đến hàm lượng dinh dưỡng trong hệ thống được thể hiện qua hiệu suất xử lý.



Hình 6. Hình thái và sinh trưởng cây Bách thủy tiên và Chuối hoa ban đầu và kết thúc thí nghiệm

Bảng 4. Sinh khối và tốc độ tăng trưởng tương đối cây Bách thủy tiên và Chuối hoa

Chỉ tiêu	Đơn vị	Bách thủy tiên		Chuối hoa	
		Ban đầu	Kết thúc	Ban đầu	Kết thúc
Sinh khối tươi thân	g/cây	9,0	226,4±57,7	34,7	340,2±21,8
RGR tươi thân	g/g/ngày		0,03±0,002		0,02±0,001
Sinh khối khô thân	g/cây	1,2	27,2±6,9	4,5	40,8±2,6
RGR khô thân	g/g/ngày		0,03±0,002		0,02±0,001
Sinh khối tươi rễ	g/cây	2,0	77,8±14,5	3,1	223,1±24,3
RGR tươi rễ	g/g/ngày		0,03±0,002		0,04±0,001
Sinh khối khô rễ	g/cây	0,3	9,3±1,7	0,4	26,7±2,9
RGR khô rễ	g/g/ngày		0,03±0,002		0,04±0,001

Ghi chú: Số liệu trung bình ± độ lệch chuẩn (n=9)

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Hàm lượng đạm, lân trong nước thải đều giảm theo thời gian lưu nước và giảm đáng kể sau 7 ngày xử lý. Hàm lượng $N-NH_4^+$ và $P-PO_4^{3-}$ trong nước sau xử lý đạt QCVN 08: 2015/BTNMT cột B1, trong khi $N-NO_2^-$ và $N-NO_3^-$ đạt cột A1. Hiệu suất xử lý tổng đạm hòa tan (TIN), tổng lân và COD đạt cao nhất ở nghiệm thức trồng Chuối hoa (lần lượt là: 78,6 - 97,5;

85,4 - 91,3 và 50,0 - 57,1%), tiếp theo là Bách thủy tiên (lần lượt là: 79,6 - 86,4; 73,5 - 86,5 và 25,5 - 50,8%) và thấp nhất là nghiệm thức không cây (66,4-76,7; 59,8-82,0 và 25,0-39,6%). Hai loài cây sinh trưởng và phát triển rất tốt trong điều kiện thí nghiệm, góp phần làm giảm đạm, lân trong nước thải, vừa tạo cảnh quan đẹp do hoa có nhiều màu sắc. Việc tái sử dụng chai nhựa làm bè nổi là giải pháp giảm phát thải nhựa ra môi trường hướng đến đô thị xanh và bền vững.

4.2. Kiến nghị

Có thể đánh giá thêm các vật liệu tái chế khác để thiết kế bè nổi, hoặc đánh giá cách gia cố bè nổi chai nhựa khi trồng cây Chuối hoa, vì cây phát triển nhanh và có khối lượng nặng.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ kinh phí từ đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp Cơ sở TSV2022-74.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vũ Thị Phương Thảo (2017). 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. Tóm tắt luận án tiến sĩ kiểm soát và bảo vệ môi trường. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. 25 trang.

2. Preisner, M. and Pirszheb, A. (2014). Surface water pollution by untreated municipal wastewater discharge due to a sewer failure. *Environmental Processes*. 7: 767-780.

3. Nguyễn Thị Kim Ngân và Phạm Thị Mỹ Trân (2017). Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải sinh hoạt của một số loài thực vật. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Thủ Dầu Một*. 80-87.

4. Kadlec, R. H. and R. L. Knight (1996). *Treatment Wetland*. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida, USA.

5. Nguyễn Minh Kỳ, Nguyễn Công Mạnh, Phạm Văn Minh, Nguyễn Trí Quang Hưng và Phạm Tài Sơn (2021). Nghiên cứu ứng dụng đất ngập nước kiến tạo sử dụng thực vật xử lý nguồn nước mặt ô nhiễm. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 57 (5A): 32-43.

6. Hoàng Quốc Trọng và Chu Thế Cường (2020). Xây dựng mô hình phù hợp để xử lý ô nhiễm nước mặt bằng thủy sinh thực vật tại đầm và đoạn chảy qua KCN Quang Minh- Mê Linh- Hà Nội. Luận văn Thạc sĩ Khoa học Môi trường. 81 trang.

7. Nguyễn Công Thuận, Nguyễn Trường Thành, Huỳnh Công Khánh và Nguyễn Xuân Hoàng (2021). Thực trạng phát sinh rác thải nhựa trong trường học - Nghiên cứu điển hình tại Trường Đại học Cần Thơ.

Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ: Số chuyên đề Biến đổi khí hậu (2): 126-137.

8. APHA, AWWA & WEF. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (20th ed.). American Public Health Association. Washington DC, USA.

9. Đặng Đình Bạch và Nguyễn Văn Hải (2006). *Giáo trình Hóa học môi trường*. Nxb Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, Hà Nội. 358 trang.

10. Ngô Thụy Diễm Trang và Hans Brix (2012). Hiệu suất xử lý nước thải sinh hoạt của hệ thống đất ngập nước kiến tạo nền cát vận hành với mức tải nạp thủy lực cao. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 161-171.

11. Lê Văn Khoa (2001). *Khoa học môi trường*. Nhà xuất bản Giáo dục. Hà Nội. 363 trang.

12. Hoàng Hưng (2000). *Con người và Môi trường*. Nhà xuất bản Trẻ. 364 trang.

13. Brix, H. (1997). Do macrophytes play a role in constructed wetlands?. *Water Science & Technology*. 35(5): 11-17. [https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(97\)00047-4](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(97)00047-4).

14. Reddy, K. R., D'Angelo, E. M., and DeBusk, T. A. (1990). Oxygen transport through aquatic macrophytes: The role in wastewater treatment. *Journal of Environmental Quality*. 19(2): 261-267. <https://doi.org/10.2134/jeq1990.00472425001900020011x>.

15. Lê Hoàng Việt, Lê Thị Chúc Ly, Cao Thị Kim Ngọc và Nguyễn Võ Châu Ngân (2017). Sử dụng đất ngập nước xử lý nước thải sinh hoạt và tạo cảnh quan. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Sư phạm TP. Hồ Chí Minh*. 14(3): 162-175.

16. Nguyễn Khắc Cường (2002). *Giáo trình Môi trường và bảo vệ môi trường*. Đại học Kỹ thuật thành phố Hồ Chí Minh, thành phố Hồ Chí Minh, 182 trang.

17. Lê Diễm Kiều, Phạm Quốc Nguyên, Trần Thị Huỳnh Như và Ngô Thụy Diễm Trang (2015). Diễn biến thành phần đạm của nước thải ao nuôi cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) thâm canh trong điều kiện thủy canh cỏ mồm mỡ (*Hymenachne acutigluma*). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, số chuyên đề Môi trường và biến đổi khí hậu*, 80-87.

18. Tanner, C. C., Kadlec, R. H., Gibbs, M. M., Sukizs, J. P. S., and Nguyen, M. L. (2002). Nitrogen processing gradients in subsurface-flow treatment wetlands – influence of wastewater characteristics. *Ecological Engineering*, 18(4): 499-520. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(02\)00011-3](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(02)00011-3).
19. Võ Trần Hoàng, Trương Phạm Khánh Duy, Trần Phạm Khánh Minh, Lê Hoàng Trung, Nguyễn Minh Trung và Phạm Thị Mỹ Trâm (2014). Khảo sát hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt của Lục bình và Ngổ trâu. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Thủ Dầu Một*. 1(14): 25-30.
20. EPA (2000). Nutrient criteria technical guidance manual-rivers & streams. EPA-822-B-00-002. Washington DC.
21. Moss, B. (1998). Ecology of freshwater: Man and Medium, Past to Future. Blackwell Science Publishers, Oxford.
22. Lê Diễm Kiều, Nguyễn Minh Đạt, Nguyễn Xuân Lộc, Phạm Quốc Nguyên, Nguyễn Văn Công và Ngô Thụy Diễm Trang (2017). Khả năng xử lý nước thải ao nuôi thâm canh cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) của hệ thống đất ngập nước kiến tạo dòng chảy mặt liên tục kết hợp với cỏ mồm mỡ (*Hymenachne acutigluma*). *Tạp chí Nông nghiệp và PTNT*. 5: 103-110.

STUDY ON ABILITY OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT OF *Canna generalis* AND *Echinodorus cordifolius*

Dao Hoang Nam, Lam Chi Khang, Lam Nguyen Ngoc Nhu,
Vo Thi Phuong Thao, Tran Thi Huynh Tho, Nguyen Thi Diem My,
Truong Cong Phat, Ngo Thuy Diem Trang

Summary

The inner-city canals are being polluted due to untreated domestic wastewater that is discharged directly into the canals. Therefore, domestic wastewater needs to be treated to reduce the concentration of pollutants to the allowable level before being discharged into the environment. Phytoremediation is an appropriate solution due to its environmentally friendly, inexpensive, simple design and operation. Two species of *Echinodorus cordifolius* and *Canna generalis* were grown on floating rafts, which designed using plastic bottles to treat urban canal water. The water parameters were evaluated daily during the retention period of each batch of 7 days. The values of pH, alkalinity, EC and TDS were within the allowable limits. Dissolved oxygen concentration was improved after 7 days. The concentrations of N-NH_4^+ and P-PO_4^{3-} in the treated water were decreased over time and significantly decreased after 7 days of treatment, which were within the Vietnamese standard (QCVN 08: 2015/BTNMT Column B1), while N-NO_2^- and N-NO_3^- were reached Column A1. The removal efficiency of total inorganic nitrogen (TIN), total phosphorus (TP) and COD was the highest in *C. generalis* (78.6-97.5, 85.4-91.3 and 50.0-57.1%, respectively), followed by *E. cordifolius* (79.6-86.4, 73.5-86.5 and 25.5-50.8%, respectively) and the lowest was in the unplanted treatment (66.4-76.7, 59.8-82.0 and 25.0-39.6%, respectively). The two plants grew and developed very well in water containing high pollutants concentration via increasing plant height, root length and biomass. The results indicated that two plants grown on floating rafts are feasible in reducing the concentration of pollutants in wastewater and in creating beautiful landscapes for urban areas, because they have colorful flowers. In addition, the reuse of plastic bottles making floating rafts is a sustainable solution to reduce plastic emissions into the environment towards a green and sustainable city.

Keywords: *Echinodorus cordifolius*, floating wetlands, *Canna generalis*, municipal wastewater, reuse plastic bottles.

Người phản biện: TS. Phạm Quốc Nguyên

Ngày nhận bài: 30/9/2022

Ngày thông qua phản biện: 13/10/2022

Ngày duyệt đăng: 20/10/2022