

ẢNH HƯỞNG CỦA MẬT ĐỘ CÂY BÁCH THỦY TIỀN (*Echinodorus cordifolius*) ĐẾN KHẢ NĂNG SINH TRƯỞNG VÀ HIỆU SUẤT XỬ LÝ NƯỚC THẢI ĐÔ THỊ

Nguyễn Tiến Đạt, Võ Thị Phương Thảo, Quách Ngọc Ngân Khánh,
Phan Văn Nhiệm, Trần Lê Minh Luân, Trần Hải Anh, Ngô Thụy Diễm Trang *

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

*Tác giả liên hệ: ntdtrang@ctu.edu.vn

Ngày nhận bài: 27.07.2024

Ngày chấp nhận đăng: 18.04.2025

TÓM TẮT

Cây Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius*) được trồng trên bè nổi xử lý nước thải đô thị với hai mật độ trồng: 1 cây/bè (NT1), 2 cây/bè (NT2) và không cây (đối chứng; NT0). Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 4 lần lặp lại trong điều kiện nhà lưới. Nước thải được thu trực tiếp tại kênh Búng Xáng, Thành phố Cần Thơ. Chiều cao cây và chiều dài rễ tăng 1,70 và 1,65 lần; 7,07 và 6,93 lần so với cây trồng ban đầu tương ứng NT1 và NT2. Tổng khối lượng cây phần tươi và khô tương ứng ở NT1 (319,9 và 22,8 g/cây) cao hơn NT2 (260,0 và 17,7 g/cây). Hiệu suất xử lý COD, tổng đạm hòa tan (TIN) và tổng lân (TP) đạt $54,2 > 49,7 > 37,3\%$; $88,3 > 71,8 > 60,5\%$ và $85,3 > 79,4 > 72,7\%$ tương ứng mật độ trồng 2 cây/bè > 1 cây/bè > không cây. Kết quả nghiên cứu cho thấy mật độ ảnh hưởng đáng kể đến sinh trưởng và hiệu suất xử lý nước thải của cây Bách thủy tiên, với mật độ 2 cây/bè mang lại hiệu quả xử lý cao hơn. Nghiên cứu mở ra triển vọng ứng dụng cây thủy sinh trong công việc xử lý nước thải và tạo cảnh quan đô thị, góp phần giải quyết vấn đề ô nhiễm nước một cách thân thiện với môi trường.

Từ khóa: Bè nổi thực vật, hiệu suất xử lý, nước thải đô thị, sinh trưởng.

Effect of Plant Density of Creeping Burhead (*Echinodorus cordifolius*) on its Growth and Municipal Wastewater Treatment Performance

ABSTRACT

Creeping burhead (*Echinodorus cordifolius*) was grown on floating raft to treat municipal wastewater with two densities: 1 plant/raft (NT1) and 2 plants/raft (NT2), and un-planted was considered as control treatment (NT0). The experiment was arranged in a completely randomized design with four replications in net house condition. The municipal wastewater was collected in Bung Xang canal, Can Tho city. The plant height and root length increased 1.7 and 1.65; and 7.07 and 6.93 times compared to the initial plants in the treatments of NT1 and NT2. The total plant fresh and dry weight in the TN1 (319.9 g/plant and 22.8 g/plant) were higher than those in the NT2 (260.0 g/plant and 17.7 g/plant), respectively. The treatment efficiency of COD, total inorganic nitrogen (TIN), and total phosphorus (TP) were $54.2 > 49.7 > 37.3\%$; $88.3 > 71.8 > 60.5\%$ and $85.3 > 79.4 > 72.7\%$ in 2 plants/raft > 1 plant/raft > 0 plant/raft, respectively. The results showed that plant density significantly affected the plant growth and wastewater treatment efficiency of *E. cordifolius*, especially the density of 2 plants/raft providing a higher treatment efficiency. The study opens up new opportunities for the application of aquatic plants in wastewater treatment and urban landscape creation, contributing to solving the problem of water pollution in an environmentally friendly direction.

Keywords: Creeping burhead (*Echinodorus cordifolius*), plant density, floating raft, growth, municipal wastewater, treatment efficiency.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chất lượng nước mặt trong các kênh đô thị bị suy giảm do ô nhiễm hữu cơ và giàu dinh

dưỡng từ các hoạt động xả nước thải và chất thải rắn sinh hoạt và hoạt động kinh doanh của các hộ sống dọc theo kênh (Trần Sỹ Nam & cs., 2022). Do đó, cần có giải pháp làm giảm nồng độ

các chất ô nhiễm trong các kênh đô thị. Mô hình bè nổi thủy sinh kết hợp trồng thực vật hứa hẹn là mô hình xử lý nước thải mang tính bền vững trong tương lai (Ngô Thụy Diễm Trang & cs., 2023). Vai trò của thực vật trong vùng ĐNN là cung cấp môi trường thích hợp cho vi sinh vật thực hiện quá trình phân hủy sinh học (hiếu khí) cư trú, vận chuyển oxy vào vùng rễ, hấp thu chất ô nhiễm (Brix, 1997). Có nhiều loại cây có thể sử dụng để làm sạch môi trường nước đã được tìm thấy ở Việt Nam như: Lục bình, Thủy trúc, Cát lồi, Bèo tây, Chuối hoa, Bách thủy tiên,... tùy theo loài khác nhau cho hiệu suất xử lý nước thải khác nhau. Mật độ cây là yếu tố quan trọng ảnh hưởng hiệu suất xử lý (Reddy & cs., 1995; Hu & cs., 2020). Panrre & cs. (2016) ghi nhận mật độ trồng cao hơn ở cây *Canna indica* L. sẽ cho hiệu suất tốt hơn trong việc loại bỏ COD và DO. Lê Diễm Kiều & cs. (2017) cũng ghi nhận khi trồng cỏ Mồm mỗ với mật độ 20-40 chồi/m², cây sinh trưởng và hấp thu đạm lân tốt hơn so với mật độ 10 chồi/m². Saenz-Reyes & cs. (2022) cho thấy tốc độ suy giảm COD của cây *Limonium perezzi* ở mật độ trồng 15,4 cây/m² cao hơn so với 10,27 cây/m². Cây Bách thủy tiên được ghi nhận là loài cây có tiềm năng trong xử lý nước thải (Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2022; Đào Hoàng Nam & cs., 2023; Võ Thị Phương Thảo, 2023); tuy nhiên, hiện tại chưa có nghiên cứu đánh giá mật độ của Bách thủy tiên lên sinh trưởng và hiệu suất xử lý ô nhiễm trong nước thải đô thị. Từ thực tế đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm chọn được mật độ cây thích hợp để áp dụng trong mô hình bè nổi xử lý nước thải đô thị góp phần bảo vệ môi trường và tạo cảnh quan đô thị.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Thiết kế bè nổi: Bè nổi được thiết kế bằng ống nhựa PVC đường kính Ø21mm, kết nối với nhau bằng ống co L đường kính Ø21mm thành khung bè nổi hình chữ nhật có chiều dài 0,4m × rộng 0,2m = 0,08m². Dùng lưới nhựa và dây rút cột quanh khung bè và cắt ba lỗ để ba ly nhựa trồng cây (Hình 1).

Chuẩn bị nước thải: Nước thải được thu vào thời điểm nước ròng cạn tại kênh Búng Xáng, thành phố Cần Thơ (10°01'38.6"N 105°45'50.8"E). Nước sau khi thu về chứa trong bể composite 1.000l để sử dụng cho thí nghiệm. Trước khi phân bố vào mỗi thùng 35 lít/thùng (Hình 1), nước được thu mẫu trộn để đánh giá một số đặc tính - lý - hóa trong nước đầu vào.

Chuẩn bị cây: Cây Bách thủy tiên được thu thập xung quanh khuôn viên trường Đại học Cần Thơ (khu II). Những cây non khỏe mạnh có chiều cao trung bình (27,6 ± 2,57cm), chiều dài rễ (5,83 ± 0,94cm) và khối lượng (10,3 ± 1,24cm) được chọn để trồng. Sử dụng xơ dừa làm giá thể cố định cây (10 g/cây).

2.2. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện từ tháng 12/2023 đến tháng 1/2024 trong điều kiện nhà lưới tại Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ. Thí nghiệm được bố trí theo thể thức hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 nghiệm thức (NT) mật độ cây và 4 lần lặp lại trong các thùng nhựa có kích thước D × R × C là 50 × 30 × 37cm (Hình 1). Cây được trồng với mật độ 1 cây/bè (NT1) (tương ứng 9 cây/m²); 2 cây/bè (NT2) (tương ứng 18 cây/m²) và NT đối chứng (không trồng cây; NT0) ở mức nước 25cm (tương ứng 35 lít/thùng). Bắt đầu thí nghiệm, cây được dưỡng trong điều kiện nước thải trong 2 tuần để cho cây thích nghi với môi trường. Nước thải được thay mới hoàn toàn với thời gian lưu nước là 7 ngày (Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2022).

2.3. Thu và phân tích mẫu

Các chỉ tiêu sinh trưởng của thực vật bao gồm chiều cao cây và chiều dài rễ được đánh giá hàng tuần. Khối lượng tươi, khô của cây được đánh giá khi kết thúc thí nghiệm. Mẫu cây được xác định khối lượng tại Phòng Thí nghiệm Sinh học môi trường và Sinh học môi trường tiên tiến (RLC).

Mẫu nước sau xử lý được thu từ 7-8 giờ sáng, thu theo 5 vị trí đường chéo ở độ sâu 10-15cm và không khuấy trộn nước. Các chỉ tiêu

Ảnh hưởng của mật độ cây Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius*) đến khả năng sinh trưởng và hiệu suất xử lý nước thải đô thị

pH, độ dẫn điện (EC), tổng chất rắn hòa tan (TDS), DO và nhiệt độ được đo trực tiếp tại hiện trường, trong khi COD, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻, và TP được phân tích trong phòng thí nghiệm của Bộ môn Khoa học Môi trường, Tòa nhà Phúc hợp phòng thí nghiệm (RLC) theo tiêu chuẩn APHA (1998) (Bảng 1).

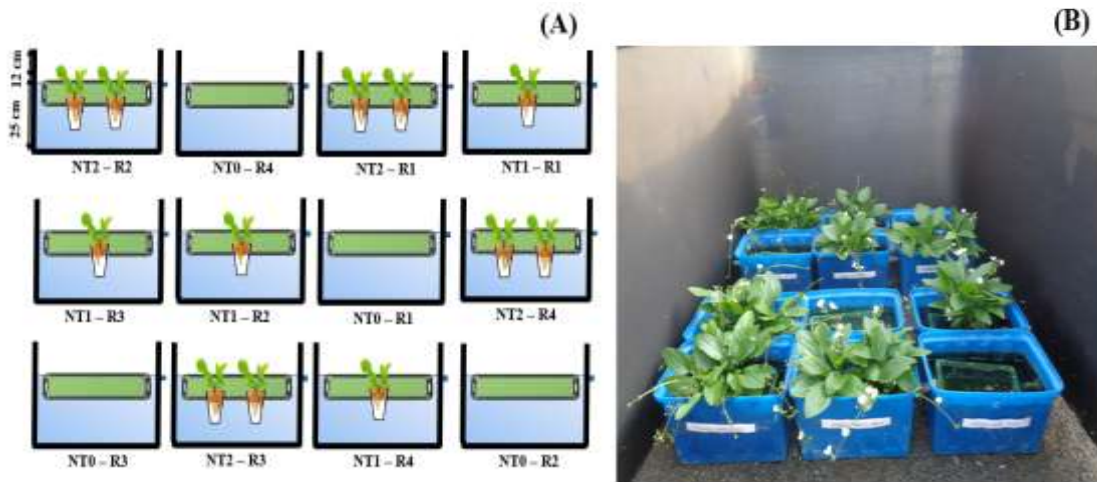
2.4. Xử lý số liệu

Tốc độ tăng trưởng tương đối (RGR) là mức tăng trưởng khối lượng khô trong một đơn vị thời gian (g/g/ngày), được tính dựa trên công thức của Fisher (1921): $RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / \Delta t$. Trong đó: W₁, W₂: khối lượng cây tại thời điểm bắt đầu bố

trí t₁ và thu hoạch t₂ (g) với $\Delta t = t_2 - t_1$.

Hiệu suất xử lý (%) 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 hàm lượng chất ô nhiễm (mg/l) trong nước thải ban đầu và trong nước sau xử lý ở thời gian t (7 ngày).

Số liệu được tổng hợp, tính toán bằng phần mềm Microsoft Excel 2013. Phần mềm thống kê Statgraphic Centurion XV (StatPoint, Inc., USA) để phân tích phương sai một nhân tố (One-way ANOVA) được sử dụng. Kiểm định Tukey ở mức 5% được áp dụng để so sánh trung bình các nghiệm thức.



Ghi chú: NT1: mật độ 1 cây/bè, NT2: mật độ 2 cây/bè, NT0: nghiệm thức đối chứng, R (replication): lặp lại.

Hình 1. Mô phỏng thí nghiệm (A) và khu thí nghiệm tại nhà lưới (B)

Bảng 1. Phương pháp phân tích mẫu nước

Thông số	Đơn vị	Phương pháp phân tích
pH	-	Đo trực tiếp tại hiện trường bằng máy HI99301 (Hanna, Rumania)
EC	µS/cm	Đo trực tiếp tại hiện trường bằng máy HI99301 (Hanna, Rumania)
TDS	mg/l	Đo trực tiếp tại hiện trường bằng máy HI99301 (Hanna, Rumania)
DO	mg/l	Đo trực tiếp bằng máy HI9417 (Hanna, Rumania)
Nhiệt độ	mg/l	Đo trực tiếp bằng máy HI9417 (Hanna, Rumania)
COD	mg/l	Phương pháp chuẩn độ bằng FAS (APHA & cs., 1998)
N-NO ₂ ⁻	mg/l	Phương pháp Colorimetric (APHA & cs., 1998)
N-NO ₃ ⁻	mg/l	Phương pháp Salicylate, 4500-B (APHA & cs., 1998)
N-NH ₄ ⁺	mg/l	Phương pháp Indophenol blue (APHA & cs., 1998)
P-PO ₄ ³⁻	mg/l	Phương pháp Acid ascorbic (APHA & cs., 1998)
TP	mg/l	Phương pháp Acid ascorbic (APHA & cs., 1998)

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sinh trưởng và khối lượng của cây Bách thủy tiên

3.1.1. Chiều cao cây và chiều dài rễ

Chiều cao cây và chiều dài rễ Bách thủy tiên có xu hướng tăng đều qua các tuần (Hình 2), cây đầu vào có chiều cao cây và dài rễ trung bình là $27,6 \pm 2,57$ và $5,83 \pm 0,94$ cm, sau 6 tuần cao cây đạt $46,8 \pm 1,25$ và $45,6 \pm 2,31$ cm, tăng gấp 1,70 và 1,65 lần; dài rễ đạt $41,2 \pm 3,05$ và $40,4 \pm 0,38$ cm tăng 7,07 và 6,93 lần so với cây ban đầu tương ứng NT1 và NT2.

3.1.2. Khối lượng và tốc độ tăng trưởng tương đối

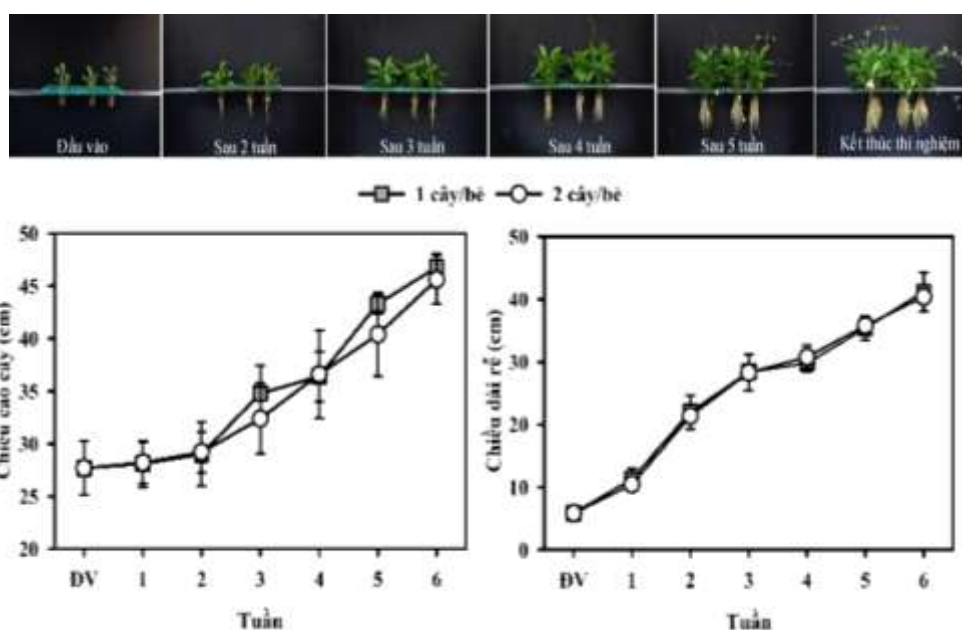
Theo Toirit & cs. (2012), cây Bách thủy tiên phát triển và tạo sinh khối mạnh mẽ khi được trồng trong nước thải sinh hoạt, tương tự kết quả của thí nghiệm hiện tại khối lượng của cây Bách thủy tiên tăng đáng kể (Bảng 2). Mật độ trồng ảnh hưởng đến khối lượng thân ($P < 0,05$; Bảng 2), tuy nhiên, chưa tác động đáng kể đến khối lượng rễ ($P > 0,05$; Bảng 2). RGR của hai mật độ trồng NT1 (9 cây/m²) và NT2 (18 cây/m²) cao hơn 1,4 lần so với mật độ 27 cây/m² của Võ Thị Phương Thảo (2023); cao hơn 2,1 lần so với

mật độ 18 cây/m² của Đào Hoàng Nam & cs. (2023). Dù thí nghiệm này có thời gian thực hiện ngắn hơn (42 ngày), nhưng RGR lại cao hơn, có thể do mật độ trồng cây ít hơn nên sự cạnh tranh dinh dưỡng đã không diễn ra gay gắt từ đó dẫn đến cây hấp thu dinh dưỡng để sinh trưởng tốt hơn.

3.2. Diễn biến chất lượng môi trường nước trước và sau xử lý

3.2.1. Giá trị nhiệt độ, pH, EC và TDS

Nhiệt độ trong nước sau xử lý giảm so với đầu vào dao động trong khoảng 25,3-30,0°C và không khác biệt giữa 3 mật độ cây ($P > 0,05$; Hình 3A), ngoại trừ ở đợt 2 và 3 ($P < 0,05$), do có sự hiện diện của cây sự che phủ của chúng đã giúp giảm nhiệt độ nước (Hình 3A). Panrare & cs. (2016) ghi nhận mật độ thực vật trong đất ngập nước (ĐNN) dẫn đến sự giảm nhiệt, mật độ cây trồng 0, 15, 20 và 25 cây/m² lần lượt mang lại 1,8; 2,7; 3,1 và 5,3°C giảm nhiệt. Trong QCVN 08: 2023/BTNMT (được gọi tắt QCVN 08 toàn bài viết) không quy định nhiệt độ, tuy nhiên, khoảng nhiệt độ ghi nhận trong nước sau xử lý nằm trong khoảng thích hợp cho sự sinh trưởng và phát triển thủy sinh vùng nhiệt đới, dao động từ 28-32°C (Boyd, 1998).



Hình 2. Chiều cao cây và chiều dài rễ cây Bách thủy tiên theo thời gian

Ảnh hưởng của mật độ cây Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius*) đến khả năng sinh trưởng và hiệu suất xử lý nước thải đô thị

Bảng 2. Khối lượng và RGR của cây Bách thủy tiên

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nghiệm thức		Giá trị P
		NT1	NT2	
Khối lượng tươi thân	g/cây	214,6 ± 6,75	173,3 ± 10,2	***
Khối lượng khô thân	g/cây	17,0 ± 1,23	13,3 ± 2,40	*
Khối lượng tươi rễ	g/cây	105,3 ± 16,1	86,7 ± 5,82	ns
Khối lượng khô rễ	g/cây	5,79 ± 1,105	4,37 ± 0,754	ns
Tốc độ tăng trưởng tương đối thân	g/g/ngày	0,067 ± 0,001	0,061 ± 0,004	ns
Tốc độ tăng trưởng tương đối rễ	g/g/ngày	0,067 ± 0,004	0,060 ± 0,003	ns

Ghi chú: Dấu (*) chỉ sự khác biệt có ý nghĩa thống kê dựa vào kiểm định Tukey ($P < 0,05$); *: $P < 0,05$; ***: $P < 0,001$; ns: $P > 0,05$.

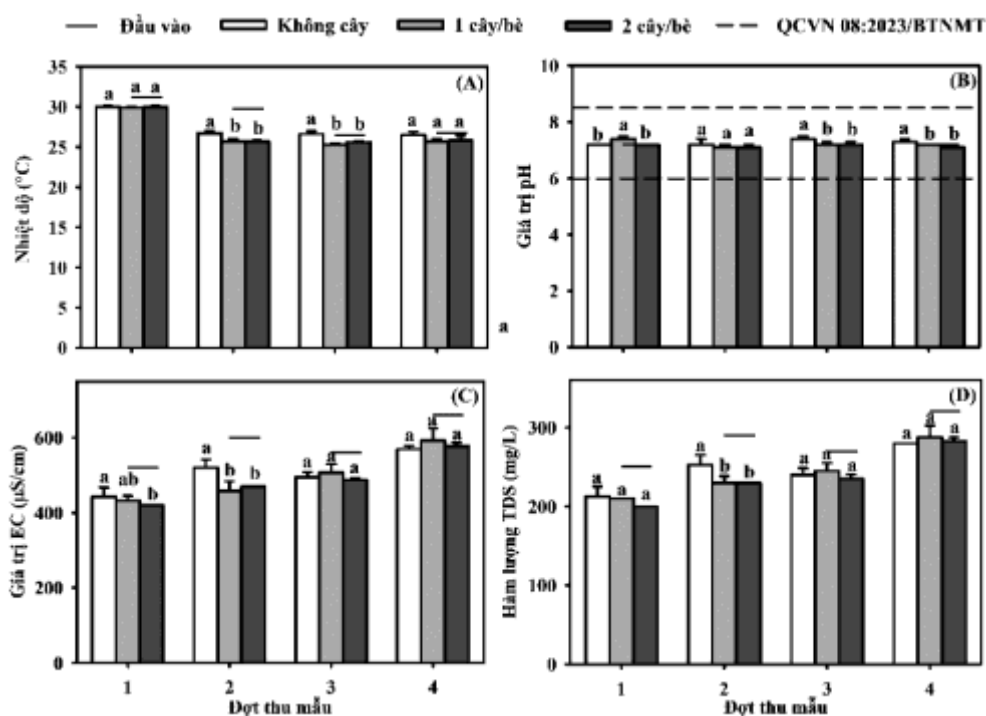
Giá trị pH trung bình 7,1-7,4 và có sự khác biệt giữa các NT ($P < 0,05$; Hình 3B), ngoại trừ đợt 2 ($P > 0,05$). Cụ thể, ở NT có cây giá trị pH thấp hơn so với NT không cây ở đợt 3 và 4, nguyên nhân do thời điểm thu mẫu vào buổi sáng (6-8 giờ) quá trình quang hợp trao đổi dưỡng chất, hấp thu dinh dưỡng của cây đã xảy ra, rễ cây đã phóng thích H^+ làm cho pH trong môi trường nước thấp hơn (Lâm Nguyễn Ngọc Như, 2023). Ngoài ra, pH giảm trong nước sau xử lý còn có thể là do quá trình nitrate hóa xảy ra trong hệ thống (Brix, 1997). Hoàng Thị Thúy (2010) cho rằng nhóm vi khuẩn nitrite hóa phát triển thuận lợi nhất với pH 4,8-8,8; vi khuẩn nitrate hóa phát triển thuận lợi nhất ở pH 6,5-9,3 góp phần thúc đẩy quá trình giảm nồng độ nitrite và nitrate. Qua đó cho thấy, giá trị pH nước sau xử lý nằm trong khoảng thuận lợi cho vi sinh vật phát triển và ở ngưỡng giới hạn cho phép (pH = 6-8,5) của mức B, bảng 2 của QCVN 08.

Sau 7 ngày xử lý giá trị EC và hàm lượng TDS trong nước giảm đáng kể so với giá trị đầu vào và không có sự khác biệt giữa các NT trong cùng đợt thu mẫu ($P > 0,05$; Hình 3C, 3D), ngoại trừ EC đợt 1, 2 và TDS đợt 2 ($P > 0,05$). Giá trị EC ở đợt 1 giảm nhiều nhất ở NT 2 cây/bè giảm từ 520 $\mu S/cm$ xuống còn 420 $\mu S/cm$. Đối với TDS ở đợt 2, giá trị TDS của đầu vào từ 290 mg/l đã giảm xuống còn 230 mg/l ở cả NT1 và NT2, đối với NT0 do không có sự hiện diện của cây hàm lượng TDS giảm ít hơn (252,5 mg/l) (Hình 3D). EC và TDS trong nước sau xử lý thấp hơn đầu vào là do các muối tan phân ly trong nước thành các anion và cation, được cây hấp thu và tăng sinh khối (Nguyễn Bá, 1977).

3.2.2. Hàm lượng DO và COD

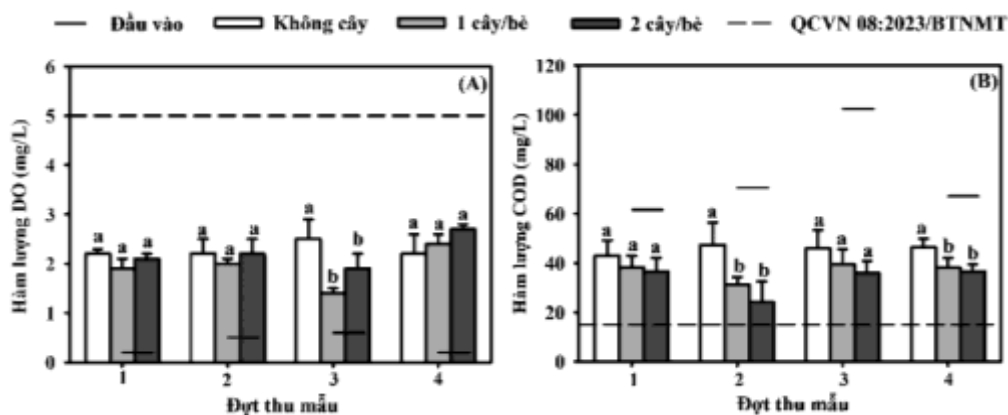
Hàm lượng DO trong nước sau xử lý tăng đáng kể so với giá trị đầu vào, từ 0,2-0,6 mg/l tăng lên 1,4-2,7 mg/l ở các đợt thu mẫu và không khác biệt giữa các NT trong cùng một đợt thu mẫu ($P > 0,05$; Hình 4A), ngoại trừ đợt 3 ($P < 0,05$). Theo Vũ Thị Phương Thảo (2017) cho rằng quá trình quang hợp tổng hợp các chất hữu cơ bởi diệp lục là một trong những tác nhân quan trọng nhất khiến lượng oxy trong các bể trồng thực vật cao hơn từ 66-200% so với các bể không trồng thực vật. Trong nghiên cứu hiện tại khi trồng cây với mật độ 2 cây/bè ở đợt thu mẫu thứ 4 hàm lượng DO đạt cao nhất (2,7 mg/l) tăng 13,5 lần so với đầu vào (0,2 mg/l). Hàm lượng DO được cải thiện sau 7 ngày xử lý, tuy nhiên, vẫn chưa đạt được mức B, bảng 2 trong QCVN 08 ($DO \geq 5$ mg/l).

Hàm lượng DO được cải thiện là yếu tố quan trọng giúp gia tăng nồng độ oxy trong nước thúc đẩy quá trình phân hủy chất hữu cơ được ghi nhận qua COD trong nước sau xử lý giảm đáng kể và ở NT có trồng cây giảm nhiều hơn NT không trồng cây (Hình 4B). Thể hiện rõ ràng nhất ở đợt thu mẫu 2 và 4, hàm lượng COD ở các NT NT2 < NT1 < NT0 là 30,4 < 34,6 < 46,8 mg/l. Tuy hàm lượng COD trong nước sau xử lý (24,2-47,7 mg/l) đã giảm so với đầu vào (61,6-102,4 mg/l), nhưng vẫn cao hơn 1,61-3,18 lần so với QCVN 08 ($COD \leq 15$ mg/l). Theo Nguyễn Thị Hồng Nho & cs. (2021), hàm lượng COD giảm đi phụ thuộc vào sự phát triển của thực vật thủy sinh và sự lắng tụ của các chất hữu cơ trong nước, do đó, cần có hướng xử lý triệt để hơn như tăng thời gian lưu nước hoặc tăng mật độ cây trồng trong hệ thống nhằm đảm bảo COD có thể giảm nhiều hơn trong quá trình xử lý.



Ghi chú: Trong cùng một đợt thu mẫu, các trung bình có các ký tự a,b khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa giữa ba mật độ cây dựa vào kiểm định Tukey ($P < 0,05$).

Hình 3. Giá trị nhiệt độ (A), pH (B), EC (C) và TDS (D) ở các đợt thu mẫu trong nước đầu vào và sau xử lý ở 3 mật độ trồng cây



Ghi chú: Trong cùng một đợt thu mẫu, các trung bình có các ký tự a,b khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa giữa ba mật độ cây dựa vào kiểm định Tukey ($P < 0,05$).

Hình 4. Hàm lượng DO (A) và COD (B) ở các đợt thu mẫu trong nước đầu vào và sau xử lý ở 3 mật độ trồng cây

3.2.3. Hàm lượng các dạng đạm hòa tan

Nhìn chung, hàm lượng $N-NO_2^-$ trong nước sau xử lý cao hơn giá trị đầu vào (Hình 5A), do hàm lượng DO tăng nhưng vẫn ở mức thấp, dẫn đến quá trình nitrate hóa không diễn ra hoàn

toàn. Nitrate và nitrite trong vùng ĐNN có thể được loại bỏ bằng thực vật hấp thụ (Brix, 1997). Theo Lai & cs. (2011), hệ thống rễ cây là nơi hấp thụ chất dinh dưỡng, khả năng hấp thụ chất dinh dưỡng tương quan với diện tích bề mặt rễ và

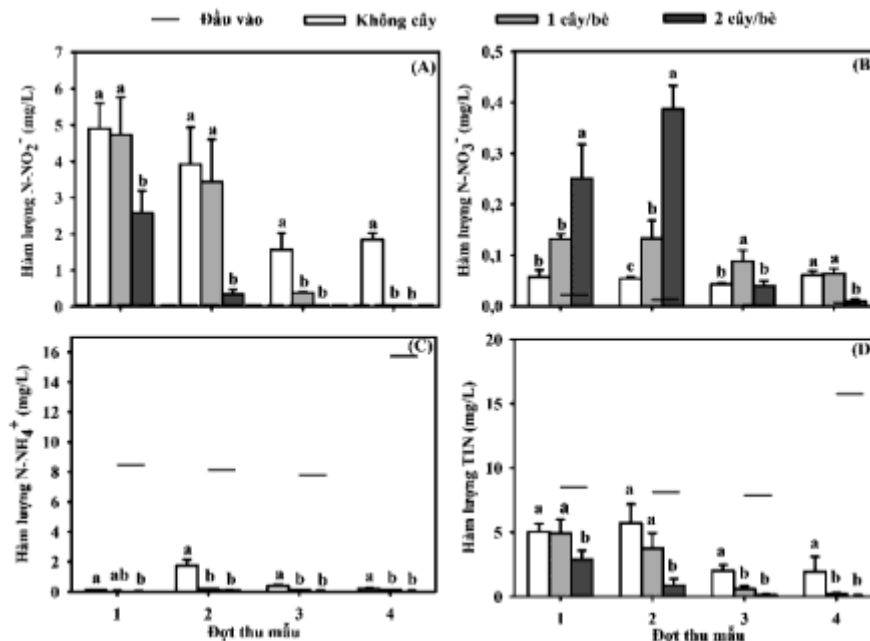
Ảnh hưởng của mật độ cây Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius*) đến khả năng sinh trưởng và hiệu suất xử lý nước thải đô thị

rễ cây cũng là môi trường sống thích hợp cho sinh trưởng và phát triển của các loài vi sinh vật. Lê Diễm Kiều & cs. (2017) ghi nhận mật độ cỏ Mồm mỗ càng cao lượng đạm và lân tích lũy trong cây càng nhiều. Do đó, ở 4 đợt thu mẫu hàm lượng $N-NO_2^-$ ở các NT có cây thấp hơn so với NT không cây, cụ thể hàm lượng $N-NO_2^-$ dao động từ $0,011-2,58 < 0,030-4,73 < 1,85-5,95$ mg/l tương ứng $NT2 < NT1 < NT0$ ($P < 0,05$). Tương tự, hàm lượng $N-NO_3^-$ đầu ra ($0,01-0,387$ mg/l) cũng cao hơn so với đầu vào ($0,002-0,022$ mg/l) (Hình 5B). Moore & Kröger (2011) ghi nhận Bách thủy tiên và đối chứng không có thảm thực vật loại bỏ tương ứng 63% và 60% NO_3^- . Hàm lượng $N-NO_3^-$ ở NT có cây cao hơn NT không cây vì sự hiện diện của tảo cùng với môi trường nhiều oxy ở NT có cây là điều kiện thuận lợi cho quá trình nitrate hóa xảy ra (Ngô Thụy Diễm Trang & Hans Brix, 2012). Quá trình chuyển hóa $N-NH_4^+$ sang $N-NO_3^-$ trong môi trường hiếu khí nhờ vi khuẩn *Nitrosomonas* và *Nitrobacter* nên hàm lượng $N-NH_4^+$ được suy giảm đáng kể, làm tăng hàm lượng $N-NO_3^-$ trong các NT.

Hàm lượng $N-NH_4^+$ đầu vào của thí nghiệm tương đối cao ($7,80-15,83$ mg/l) và giảm đáng kể

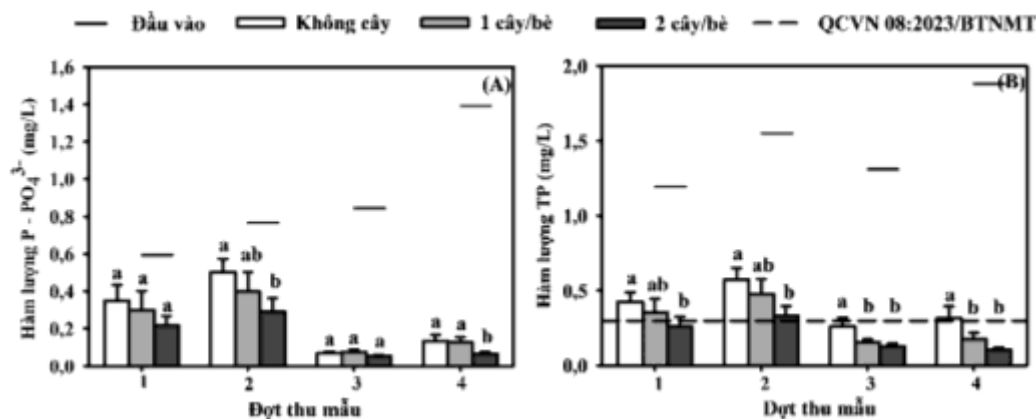
sau 7 ngày xử lý (Hình 5C). Cây Bách thủy tiên góp phần làm giảm nồng độ $N-NH_4^+$ trong nước nhiều hơn NT không cây ($P < 0,05$). $N-NH_4^+$ được loại bỏ thông qua quá trình nitrate hóa, khuếch tán trực tiếp vào khí quyển và một phần được thực vật hấp thu chất dinh dưỡng để phát triển. Hàm lượng $N-NH_4^+$ ở NT không cây luôn cao hơn, tương đồng với nghiên cứu của Panrre & cs. (2016).

TIN trong nước thải đầu vào rất cao ($5,76-7,86$ mg/l) và giảm mạnh sau xử lý ($0,11-1,97$ mg/l) (Hình 5D). Có sự khác biệt về TIN giữa 3 mật độ cây ($P < 0,05$), ngoại trừ ở đợt 1 và 2 NT1 và NT0 ($P > 0,05$). Qua đó cho thấy đến đợt 3 và 4 khi cây đã phát triển và đạt khối lượng nhất định thì NT1 có khả năng xử lý TIN hiệu quả hơn so với NT0. Trung bình hàm lượng TIN ở đợt 3 và 4 lần lượt là $1,968 > 0,398 > 0,108$ mg/l tương ứng $NT0 > NT1 > NT2$. Nhìn chung, các NT có cây xử lý TIN tốt hơn NT không cây, là do đối với NT không cây thì N sẽ được xử lý thông qua quá trình lắng cơ học và một phần sẽ bốc hơi, còn đối với NT có cây thì ngoài hai quá trình trên thì cây còn hấp thu N để tạo sinh khối.



Ghi chú: Trong cùng một đợt thu mẫu, các trung bình có các ký tự a, b khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa giữa ba mật độ cây dựa vào kiểm định Tukey ($P < 0,05$).

Hình 5. Hàm lượng $N-NO_2^-$ (A), $N-NO_3^-$ (B), $N-NH_4^+$ (C) và TIN (D) ở các đợt thu mẫu trong nước đầu vào và sau xử lý ở 3 mật độ trồng cây



Ghi chú: Trong cùng một đợt thu mẫu, các trung bình có các ký tự a, b khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa giữa ba mật độ cây dựa vào kiểm định Tukey ($P < 0,05$).

Hình 6. Diễn biến hàm lượng P- PO_4^{3-} (A) và TP (B) trong nước đầu vào và sau xử lý ở 3 mật độ trồng cây theo thời gian

Bảng 3. Hiệu suất xử lý (%) hàm lượng COD, TIN và TP

Nghiệm thức	Đợt thu mẫu				
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 3	Đợt 4	Trung bình
Hiệu suất xử lý COD (%)					
1 cây/bè (NT1)	38,0 ^{CA} ± 7,67	55,7 ^{abA} ± 4,35	61,5 ^{abA} ± 6,16	43,5 ^{bcA} ± 6,19	49,7 ± 10,8
2 cây/bè (NT2)	40,6 ^{bA} ± 8,96	65,6 ^{abA} ± 11,82	64,9 ^{abA} ± 4,86	45,5 ^{baA} ± 4,17	54,2 ± 12,9
0 cây/bè (NT0)	30,2 ^{ba} ± 10,14	32,7 ^{bb} ± 12,7	55,2 ^{abA} ± 7,27	31,1 ^{bb} ± 5,13	37,3 ± 11,9
Hiệu suất xử lý TIN (%)					
1 cây/bè (NT1)	42,1 ^{bb} ± 12,62	53,9 ^{bb} ± 14,5	92,6 ^{abA} ± 3,05	98,6 ^{abA} ± 0,54	71,8 ± 28,0
2 cây/bè (NT2)	66,0 ^{ba} ± 7,94	89,5 ^{abA} ± 6,48	98,5 ^{abA} ± 0,7	99,4 ^{abA} ± 0,08	88,3 ± 15,5
0 cây/bè (NT0)	40,7 ^{cb} ± 7,54	38,9 ^{cb} ± 1,57	74,4 ^{bb} ± 5,56	87,8 ^{abA} ± 7,47	60,5 ± 24,5
Hiệu suất xử lý TP (%)					
1 cây/bè (NT1)	70,1 ^{bab} ± 7,47	69,1 ^{bab} ± 6,35	88 ^{abA} ± 1,27	90,5 ^{abA} ± 2,21	79,4 ± 11,3
2 cây/bè (NT2)	77,9 ^{ba} ± 5,14	78,6 ^{ba} ± 4,04	90,2 ^{abA} ± 1,55	94,3 ^{abA} ± 0,8	85,3 ± 8,29
0 cây/bè (NT0)	64,3 ^{bb} ± 5,23	63,1 ^{bb} ± 4,95	80,2 ^{ab} ± 4,41	83,2 ^{ab} ± 4,27	72,7 ± 10,5

Ghi chú: Trong cùng một mật độ cây, các trung bình có các ký tự a, b khác nhau theo sau thì khác biệt có ý nghĩa giữa 4 đợt thu mẫu; và trong cùng một đợt thu mẫu có các ký tự A, B, C khác nhau theo sau thì khác biệt có ý nghĩa giữa 3 mật độ cây dựa vào kiểm định Tukey ($P < 0,05$).

3.2.4. Hàm lượng P- PO_4^{3-} và tổng lân

Toirit & cs. (2012) chỉ ra rằng trong số các loài thực vật được nghiên cứu, cây Bách thủy tiên là loài tốt nhất để loại bỏ P. Hàm lượng P- PO_4^{3-} và TP trong nước đầu vào tương ứng là 0,899 và 1,48 mg/l vượt 4,7 lần so với giới hạn cho phép của QCVN 08 ($\leq 0,3$ mg/l). Sau 7 ngày xử lý hàm lượng P- PO_4^{3-} và TP giảm thấp hơn so với đầu vào (Hình 6) và có sự khác biệt giữa 3 NT ($P < 0,05$), ngoại trừ P- PO_4^{3-} đợt 1 và 3 ($P > 0,05$). Hàm lượng lân trong nước ở NT không cây luôn ghi

nhận cao hơn ở NT có cây. Theo Kadlec & Knight (1996) cho rằng, quá trình chính loại bỏ lân trong ĐNN là quá trình kết tủa, hấp phụ, hấp thu của thực vật và vi sinh vật. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng P có thể bị loại bỏ từ 30-60% trong ĐNN có trồng các loài cây *Scirpus* sp., *Phragmites* sp. và *Typha* sp. (Reed & Brown, 1995; Brix, 1997; Billore & cs., 1999).

Tóm lại, chất lượng nước sau khi được xử lý bằng hệ thống bè nổi có trồng cây Bách thủy tiên sau 7 ngày được đánh giá đạt cho mục đích

Ảnh hưởng của mật độ cây Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius*) đến khả năng sinh trưởng và hiệu suất xử lý nước thải đô thị

dùng cho tưới tiêu, thủy lợi (được quy định trong QCVN 08: 2015/BTNMT cột B1), cụ thể pH = 5,5-9,0; COD \leq 30 mg/l; N-NH₄⁺ \leq 0,9 mg/l; N-NO₃⁻ \leq 10 mg/l; và P-PO₄³⁻ \leq 0,3 mg/l. Qua đó cho thấy vai trò của cây Bách thủy tiên trong việc giúp làm giảm nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải đô thị và nước thải sau xử lý có thể tái sử dụng cho mục đích tưới tiêu.

3.3. Hiệu suất xử lý

Nhìn chung, hiệu suất xử lý COD, TIN và TP ở NT có cây luôn đạt cao hơn NT0 (Bảng 3). Hiệu suất xử lý COD, TIN và TP ở 3 mật độ cây đều giảm rõ rệt đạt 54,2 > 49,7 > 37,3% COD; 88,3 > 71,8 > 60,5% TIN và 85,3 > 79,4 > 72,7% TP tương ứng NT2 > NT1 > NT0, đạt hiệu quả cao nhất tại đợt 3 và 4 vì lúc này cây đã sinh trưởng và phát triển mạnh, khả năng trao đổi chất diễn ra mạnh mẽ hơn ở đợt 1 và 2. Hiệu suất xử lý COD, TIN và TP trong nghiên cứu này đạt thấp hơn so ghi nhận của Võ Thị Phương Thảo (2023) với mật độ trồng dày hơn (3 cây/bè tương ứng 27 cây/m²) lần lượt là 94,3% COD; 98,2% TIN và 87,3% TP; nhưng cao hơn nghiên cứu của Đào Hoàng Nam & cs. (2023) với mật độ trồng 18 cây/m² đạt 38,2% COD; 83% TIN và 80% TP. Qua đó cho thấy mật độ trồng ảnh hưởng đến hiệu suất xử lý chất dinh dưỡng và chất hữu cơ trong hệ thống xử lý nước thải với mật độ cây càng nhiều hiệu suất xử lý càng cao. Hiệu suất xử lý COD đạt giá trị cao; tuy nhiên, hàm lượng COD trong nước sau xử lý vẫn chưa đạt QCVN 08. Nguyên nhân do hàm lượng DO trong hệ thống xử lý tuy được cải thiện nhưng không đủ để góp phần giảm COD, ngoài ra, hệ thống bè nổi không có chất nền chỉ là hệ thống rẽ trôi nổi tự do trong cột nước thải, trong khi cơ chế loại bỏ chính của COD là quá trình lắng lọc và giữ lại chất rắn bởi chất nền (Ngô Thụy Diễm Trang & Hans Brix, 2012).

Panrare & cs. (2016) khẳng định mật độ trồng cao hơn mang lại hiệu suất tốt hơn để loại bỏ COD và tăng DO đáng kể. Saenz-Reyes & cs. (2022) cũng ghi nhận COD giảm nhiều hơn khi trồng mật độ 15,4 cây/m² so với 10,27 cây/m². Sự khác biệt này có thể được giải thích bởi vì việc tăng số lượng cây cũng làm tăng lượng thực vật chất hữu cơ. Tuy nhiên, trong nghiên cứu hiện tại ghi nhận mật độ trồng chưa ảnh hưởng đến

hiệu suất xử lý, điều này có thể do trong nghiên cứu chỉ thực hiện hai mật độ trồng do đó chưa thấy rõ sự khác biệt. Vì vậy, các nghiên cứu tiếp theo có thể thực hiện thêm với nhiều mật độ trồng hơn để thấy rõ ảnh hưởng của mật độ đến hiệu suất xử lý của loài cây này.

Tóm lại, kết quả nghiên cứu cho thấy cây Bách thủy tiên sinh trưởng, phát triển tốt trong điều kiện nước thải đô thị, góp phần làm giảm chất ô nhiễm trong nước thải thông qua việc hấp thu chất ô nhiễm, cụ thể là đạm và lân. Cây hấp thu chất ô nhiễm để tạo sinh khối, do đó, mật độ cây càng nhiều sẽ giúp hấp thu càng nhiều chất ô nhiễm, tuy vậy vẫn còn tùy thuộc vào diện tích bề cần thiết kế và điều kiện thực tiễn mà mật độ cây được lựa chọn cho phù hợp.

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Hệ thống bè nổi trồng cây Bách thủy tiên sinh trưởng và phát triển tốt trong điều kiện nước thải đô thị ở cả hai mật độ trồng, đồng thời góp phần giảm đạm, lân, COD và cải thiện điều kiện oxy trong nước sau 7 ngày xử lý. Tuy nhiên, hàm lượng DO và COD vẫn chưa đạt QCVN 08: 2023/BTNMT bảng 2 cột B. Hiệu suất xử lý đạt 54,2 > 49,7 > 37,3% COD; 88,3 > 71,8 > 60,5% TIN và 85,3 > 79,4 > 72,7% TP tương ứng ở mật độ 2 cây/bè > 1 cây/bè > không cây. Do đó, các nghiên cứu kế tiếp cần tập trung vào việc cải thiện nồng độ DO và hiệu suất xử lý COD nhằm mở ra hướng ứng dụng hiệu quả hơn mô hình này trong việc xử lý nước thải đô thị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) & Water Pollution Control Federation (WPCF) (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th ed. Washington D.C., USA. 1085p.
- Billore S.K., Singh N., Sharma J.K., Dass P. & Nelson R.M. (1999). Horizontal subsurface flow gravel bed constructed wetland with *Phragmites karka* in Central India. Water Sci. & Technol. 40(3): 163-171.
- Boyd C.E. (1998). Water quality for pond aquaculture. No. 43. International center for aquaculture and aquatic environments Alabama quaculture experient station Auburn University.
- Brix H. (1997). Do macrophytes play a role in constructed wetlands. Water Sci. & Technol. 35: 11-17.

- Đào Hoàng Nam, Lâm Chí Khang, Lâm Nguyễn Ngọc Như, Võ Thị Phương Thảo, Trần Thị Huỳnh Thơ, Nguyễn Thị Diễm My, Trương Công Phát & Ngô Thụy Diễm Trang (2023). Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải sinh hoạt đô thị của cây Chuối hoa (*Canna generalis*) và Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius*). Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. 445: 78-86.
- Fisher R.A. (1921). Some remarks on the methods formulated in a recent article on the quantitative analysis of plant growth. *Annals of Applied Biology*. (7): 367-372.
- Hoàng Thị Thúy (2010). Nghiên cứu xử lý nước thải sinh hoạt bằng bãi lọc ngầm trồng cây dòng chảy ngang. Đề tài nghiên cứu khoa học Khoa Môi trường, Trường Đại học Dân lập Hải Phòng.
- Hu H., Li X., Wu S., Yang C. (2020). Sustainable livestock wastewater treatment via phytoremediation: Current status and future perspectives. *Bioresour. Technol.* 315: 123809.
- Kadlec R.H. & Knight R.L. (1996). *Treatment Wetland*. Lewis Publishers. Boca Raton, FL.
- Lai W.L., Wang S.Q., Peng C.L. & Chen Z.H. (2011). Root features related to plant growth and nutrient removal of 35 wetland plants. *Water Research*. 45(3): 3941-3950.
- Lâm Nguyễn Ngọc Như (2023). Ảnh hưởng của nồng độ nước kênh Búng Xáng lên sinh trưởng và hiệu suất xử lý đạm hòa tan của cây Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius*). Luận văn Tốt nghiệp Đại học ngành Khoa học Môi trường. Trường Đại học Cần Thơ.
- Lê Diễm Kiều, Nguyễn Văn Na, Nguyễn Thị Trúc Linh, Phạm Quốc Nguyên, Hans Brix & Ngô Thụy Diễm Trang (2017). Ảnh hưởng của mật độ trồng đến sinh trưởng và khả năng hấp thụ đạm, lân của cỏ Mồm mỡ (*Hymenachne acutigluma*). Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu. (1): 13-21.
- Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân (2022). Hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt của mô hình đất ngập nước nhân tạo trồng cây Bách Thủy Tiên (*Echinodorus cordifolius* L.) ở các thời gian lưu nước khác nhau. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. (6A): 59-67.
- Moore M.T. & Kröger R. (2011). Evaluating plant species-specific contributions to nutrient mitigation in drainage ditch mesocosms. *Water, Air, Soil Pollut.* 217(1-4): 445- 454.
- Ngô Thụy Diễm Trang & 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. tr. 161-171.
- Ngô Thụy Diễm Trang, Võ Thị Phương Thảo, Nguyễn Châu Thanh Tùng, Nguyễn Phương Thịnh, Nigel K. Downes, Nevelina Pachova & Veeriah Jegatheesan (2023). Hướng dẫn thiết kế đất ngập nước nổi xử lý nước - Quan điểm của Việt Nam. *Asia-Pacific Network for Global Change Research*. 22tr.
- Nguyễn Bá (1977). *Hình thái học thực vật* (Tập 1). Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội.
- Nguyễn Thị Hồng Nho, Trương Quốc Phú & Phạm Thanh Liêm (2021). Hiệu quả xử lý nước thải nuôi cá trê vàng (*Clarias macrocephalus*) thâm canh bằng hệ thống thực vật thủy sinh. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Số chuyên đề Thủy sản. (57): 1-9.
- Panrere A., Tondée T. & Sohsalam P. (2016). Effect of plant density in constructed wetland on domestic wastewater treating efficiency. *International Journal of Applied and Physical Sciences*. 2(1): 7-12.
- Phạm Thị Minh Thu (2012). Nghiên cứu xử lý nước thải sinh hoạt bằng cây rau ngổ dại. Luận văn tốt nghiệp đại học, Đại học Dân lập Hải Phòng. 51tr.
- Reddy K.R., Diaz O.A., Scinto L.J. & Agami M. (1995). Phosphorus dynamics in selected wetlands and streams of the lake Okeechobee Basin. *Ecol. Eng.* 5: 183-207.
- Reed S.C. & Brown D. (1995). Subsurface flow wetlands - A performance evaluation. *Water Environ. Res.* 67: 244-248.
- Saenz-Reyes L.-M., Agudelo-Valencia R.-N., Ortiz-de-la-Hoz S.-R. & Garcés-Polo S.-I. (2022). Impact of planting density on the effectiveness of laboratory-scale artificial wetlands planted with *Limonium perezii* for tannery wastewater treatment. *Revista Facultad de Ingeniería*. 31(60): e13850.
- Toirit J., Siangdung W. & Thiravetyan P. (2012). Phosphorus removal from domestic wastewater by *Echinodorus cordifolius* L. *J. of Environ. Sci. Health*. 47 (A): 794-800.
- Trần Sỹ Nam, Võ Thị Phương Thảo, Trương Hoàng Mỹ, Nguyễn Thị Ngọc Diệu, Nguyễn Quốc Anh, Trần Thị Khánh Ly, Nguyễn Thạch Sanh, Trần Huỳnh Minh Ngọc, Hồ Thanh Long, Nguyễn Phương Thịnh & Ngô Thụy Diễm Trang (2022). Khảo sát chất lượng nước mặt đoạn kênh Búng Xáng, Quận Ninh Kiều, Thành phố Cần Thơ. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. 440: 92-99.
- Võ Thị Phương Thảo (2023). Đánh giá khả năng giảm ô nhiễm nước ở kênh Búng Xáng cho Thành phố Cần Thơ của một số loài thực vật thủy sinh. Luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ ngành Khoa học Môi trường, Trường Đại học Cần Thơ.
- 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. Bộ Tài nguyên và Môi trường.