

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ NƯỚC HỒ TIÊN NGÀ (THÀNH PHỐ HẢI PHÒNG) BẰNG CÂY BÁCH THỦY TIÊN (*ECHINODORUS CORDIFOLIUS* L.)

NGUYỄN VĂN BÁCH¹, LÊ XUÂN SINH^{1,2}, BÙI THỊ MINH HIỀN¹, HOÀNG HỮU LỢI³
NGUYỄN TUỆ TÂM^{3,4}, ĐINH VĂN HUY³, LÊ HẢI ANH³, ĐÀO THỊ ÁNH TUYẾT^{1,2}

¹ Viện Khoa học công nghệ Năng lượng và Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

² Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³ Viện nghiên cứu Môi trường biển Xanh, Hội Khoa học phát triển nguồn nhân lực nhân tài Hải Phòng

⁴ Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt

Hiện nay, tình trạng ô nhiễm hữu cơ và phú dưỡng tại các hồ đô thị ở Hải Phòng đòi hỏi phải có giải pháp xử lý kịp thời và bền vững. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá hiệu quả của cây Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius* L.) trong việc xử lý nước hồ Tiên Nga thông qua mô hình bè nổi. Kết quả cho thấy, hệ thống bè nổi đạt hiệu suất xử lý trung bình đối với BOD₅ (48,1%), COD (46,4%), tổng nitơ (TN) (70,8%), tổng photpho (TP) (68,5%), đồng thời cải thiện đáng kể các chỉ số vật lý (độ đục, pH), đưa nồng độ oxy hòa tan và TP sau xử lý đạt mức B của Quy chuẩn QCVN 08:2023/BTNMT. Mặc dù hàm lượng COD và TN sau xử lý vẫn còn cao, nhưng kết quả này đã chỉ ra cây Bách thủy tiên là một giải pháp tiềm năng và hiệu quả trong việc góp phần cải thiện chất lượng nước tại các hồ đô thị ô nhiễm.

Từ khóa: Bè nổi, Bách thủy tiên, hiệu suất xử lý, hồ Tiên Nga, Hải Phòng.

Ngày nhận bài: 20/7/2025; **Ngày sửa chữa:** 12/8/2025; **Ngày duyệt đăng:** 15/9/2025.

Evaluating the effectiveness of *Echinodorus cordifolius* L. for water treatment in Tien Nga lake, Hai Phong City

Abstract

Organic pollution and eutrophication in the urban lakes of Hai Phong City demand timely and sustainable remediation strategies. This study was conducted to evaluate the effectiveness of *Echinodorus cordifolius* L. in treating the water of Tien Nga Lake using a floating treatment wetland (FTW) model. The results revealed that the FTW system achieved average removal efficiencies for BOD₅ (48.1%), COD (46.4%), total nitrogen (TN) (70.8%), and total phosphorus (TP) (68.5%). The system also significantly improved physical parameters (turbidity, pH), bringing the post-treatment concentrations of dissolved oxygen (DO) and TP to meet the Level B standard of the Vietnamese National Technical Regulation (QCVN 08:2023/BTNMT). Although the post-treatment concentrations of COD and TN remained high, these findings indicate that *E. cordifolius* is a promising and effective biological agent for improving water quality in polluted urban lakes.

Keywords: Floating treatment wetland, *Echinodorus cordifolius*, removal efficiency, Tien Nga Lake, Hai Phong.

JEL Classifications: O13, O44, Q56, P48.

1. GIỚI THIỆU

Quá trình đô thị hóa mạnh mẽ tại Việt Nam, đặc biệt ở các trung tâm kinh tế - xã hội như TP. Hải Phòng đã và đang tạo ra áp lực đáng kể lên môi trường tự nhiên. Một trong những hệ quả tất yếu là sự suy thoái chất lượng nước tại các thủy vực nội thành, nơi phải tiếp nhận một lượng lớn nước thải sinh hoạt chưa được xử lý triệt để (Lê Thị Hồng Vân và cs., 2022). Một số hồ đô thị của TP. Hải Phòng như An Biên, Tiên Nga, Dư Hàng, Sen... vốn đóng vai trò thiết yếu trong việc dự trữ nước, điều hòa khí hậu, giảm ngập úng và tạo dựng cảnh quan cho các khu đô thị, nhưng đang dần trở thành "điểm nóng" về ô nhiễm hữu cơ và phú dưỡng, trong đó hồ Tiên Nga được xem là minh chứng cho thấy sự suy giảm chất lượng nước ở hồ đô thị, khi các chỉ tiêu ô nhiễm hữu cơ (BOD₅, COD) và nồng

độ chất dinh dưỡng (nitơ, photpho) đã vượt quá giới hạn cho phép theo Quy chuẩn quốc gia về chất lượng nước mặt (Lê Thị Hồng Vân và cs., 2022), đòi hỏi sự can thiệp bằng những giải pháp cải tạo cấp bách.

Để giải quyết thách thức này, các giải pháp dựa vào tự nhiên, tiêu biểu là công nghệ xử lý bằng thực vật thủy sinh ngày càng được quan tâm, với nhiều ưu điểm nổi bật so với phương pháp hóa - lý truyền thống như chi phí thấp, thân thiện môi trường và dễ dàng tích hợp vào cảnh quan hiện hữu (Ahmad J et al., 2017). Công nghệ này hoạt động dựa trên một tổ hợp nhiều cơ chế, thực vật vừa trực tiếp hấp thu dinh dưỡng (N, P) để tăng sinh khối, vừa đóng vai trò như một màng lọc sinh học nhờ hệ rễ dày đặc giúp giữ lại cặn lơ lửng. Quan trọng hơn, vùng rễ còn kiến tạo một môi trường vi sinh độc đáo, thúc đẩy mạnh quá trình khoáng hóa



các chất hữu cơ bởi cộng đồng vi sinh vật (Arivukkarasu, D. & Sathyanathan, R., 2023). Chính những đặc tính này mang lại cho hệ thống bè nổi trồng thực vật thủy sinh tính linh hoạt vượt trội, cho phép xử lý nước tại chỗ và tích hợp hài hòa nhằm cải thiện cảnh quan đô thị.

Trong số các loài thực vật thủy sinh tiềm năng, cây Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius* L.) được lựa chọn làm đối tượng cho nghiên cứu này bởi những ưu điểm sau: Tốc độ sinh trưởng nhanh; khả năng tạo sinh khối lớn; hệ rễ phát triển mạnh mẽ và sức chống chịu tốt trong môi trường nước giàu dinh dưỡng; hứa hẹn khả năng hấp thu hiệu quả các chất ô nhiễm (Võ Thị Phương Thảo và cs., 2023; Nguyễn Tiến Đạt và cs., 2025).

Mặc dù cây Bách thủy tiên sở hữu nhiều ưu điểm như nguồn giống địa phương sẵn có và tiềm năng giá trị thẩm mỹ; hiệu quả xử lý ô nhiễm trên hệ thống bè nổi tại các hồ đô thị Việt Nam, nhất là khu vực Hải Phòng, nhưng đây vẫn là một khoảng trống cần được làm rõ. Do đó, nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá chi tiết khả năng xử lý các chỉ tiêu ô nhiễm chính trong nước hồ Tiên Nga bằng hệ thống bè nổi trồng cây Bách thủy tiên. Kết quả nghiên cứu sẽ góp phần bổ sung thêm luận cứ khoa học để phát triển, nhân rộng giải pháp xử lý nước bền vững cho các hồ đô thị ô nhiễm tại Hải Phòng và những khu vực có điều kiện tương tự.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Hệ thống bể thí nghiệm: Bao gồm 6 bể (3 bể trồng cây, 3 bể đối chứng) có cấu tạo đồng nhất: Khung inox 304 lót bạt PVC, kích thước 1,2 x 0,6 x 0,7 m (dài x rộng x cao); diện tích bề mặt 0,72 m² và được trang bị van xả đáy.

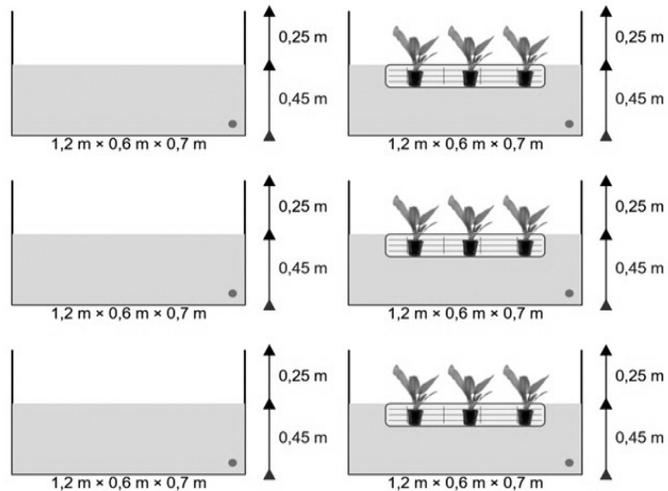
Bè nổi: Được tạo thành từ các ống nhựa PVC (Ø27 mm) liên kết bằng co L (Ø27 mm), tạo thành khung chữ nhật, kích thước 0,8 x 0,4 m (dài x rộng). Mỗi bè được cất ba lỗ để đặt chậu cây và cố định trong bể thí nghiệm bằng lưới nhựa cùng dây rút.

Nước thí nghiệm: Được lấy từ hồ Tiên Nga (TP. Hải Phòng) (tọa độ 20°51'32,8"N 106°41'47,7"E). Hồ Tiên Nga, một hồ điều hòa tại phường Gia Viên (Hải Phòng), có diện tích khoảng 3,2 ha và độ sâu trung bình 2,8 m.

Thực vật: Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius* L.), thuộc họ Alismataceae, là loài thực vật thủy sinh sinh trưởng nhanh, chiều cao có thể đạt 40 - 60 cm với lá hình tim (hoặc oval) cùng bộ rễ chùm phát triển mạnh trong nước. Trong nghiên cứu này, các cây Bách thủy tiên non, khỏe mạnh, đồng đều về hình thái, không sâu bệnh, được tuyển chọn từ nhà vườn Bảo Minh 89 (Hải Phòng) và trồng trên giá thể xơ dừa.

2.2. Bố trí thí nghiệm

Nghiên cứu được thực hiện trong giai đoạn từ tháng 10/2024 - 12/2024, tại khu thực nghiệm của Viện Nghiên cứu Môi trường biển Xanh. Thí nghiệm được bố trí 2 nghiệm thức với 3 lần lặp lại (tổng cộng 6 bè nổi) trong các bể thí nghiệm (Hình 1). Cây được trồng vào 3 chậu đặt trên mỗi bè, với số lượng 3 - 4 cây/chậu, đạt tổng số 10 cây/bè (tương ứng khoảng 14 cây/m² tính trên diện tích mặt bể) và duy trì mức nước ở 45 cm (tương ứng với thể tích khoảng 330 lít). Giai đoạn đầu của thí nghiệm, cây được dưỡng ở điều kiện nước hồ Tiên Nga trong 3 tuần để thích nghi với môi trường mới. Quá trình thí nghiệm chính thức được vận hành theo mô hình mẻ kế tiếp, bao gồm 4 chu kỳ xử lý liên tiếp (tổng cộng 40 ngày), với thời gian lưu nước của mỗi chu kỳ là 10 ngày. Cụ thể, vào ngày bắt đầu của mỗi chu kỳ (ngày 0, 10, 20, 30), toàn bộ nước trong các bể được thay mới bằng nước hồ Tiên Nga. Mẫu nước này được thu để xác định “nồng độ đầu vào”. Sau 10 ngày, mẫu nước được thu lần nữa để xác định “nồng độ đầu ra” ngay trước khi tiến hành thay nước cho chu kỳ xử lý tiếp theo.



Hình 1. Sơ đồ mô phỏng thiết kế thí nghiệm

2.3. Thu mẫu và phân tích

Mẫu nước sau quá trình xử lý được thu định kỳ 10 ngày/lần. Các thông số nhiệt độ, pH, DO, độ đục được đo trực tiếp tại hiện trường bằng thiết bị đo nhanh cầm tay, gồm máy đo pH HI8314-1, DO HI9146 và độ đục HI98703-02. Các chỉ tiêu hữu cơ và dinh dưỡng được xác định theo phương pháp tiêu chuẩn, cụ thể: BOD₅ (TCVN 6001-1:2021), COD (SMEWW 5220C:2023), NO₂⁻ (TCVN 6178:1996), NO₃⁻ (TCVN 6180:1996), NH₄⁺ (SMEWW 4500-NH3.B&F:2023), TN (SMEWW 4500-N.C:2017), và TP (TCVN 6202:2008).

2.4. Xử lý số liệu

Số liệu được xử lý bằng phần mềm Excel Microsoft Office 365 và Origin Pro. Hiệu suất xử lý của các nghiệm thức được tính theo công thức sau:

$$H\% = \frac{C_o - C_r}{C_o} * 100\%$$

Trong đó: H% là hiệu suất xử lý (%); Co là hàm lượng đầu vào của chất ô nhiễm (mg/L); Cr là hàm lượng đầu ra của chất ô nhiễm (mg/L).

Chất lượng nước được so sánh, đối chiếu với Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt QCVN 08:2023/BTNMT (cụ thể trong Bảng 3 - Giá trị giới hạn các thông số trong nước mặt phục vụ việc phân loại chất lượng nước hồ, ao, đầm và BVMT sống dưới nước - Mức B: Chất lượng nước trung bình).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

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

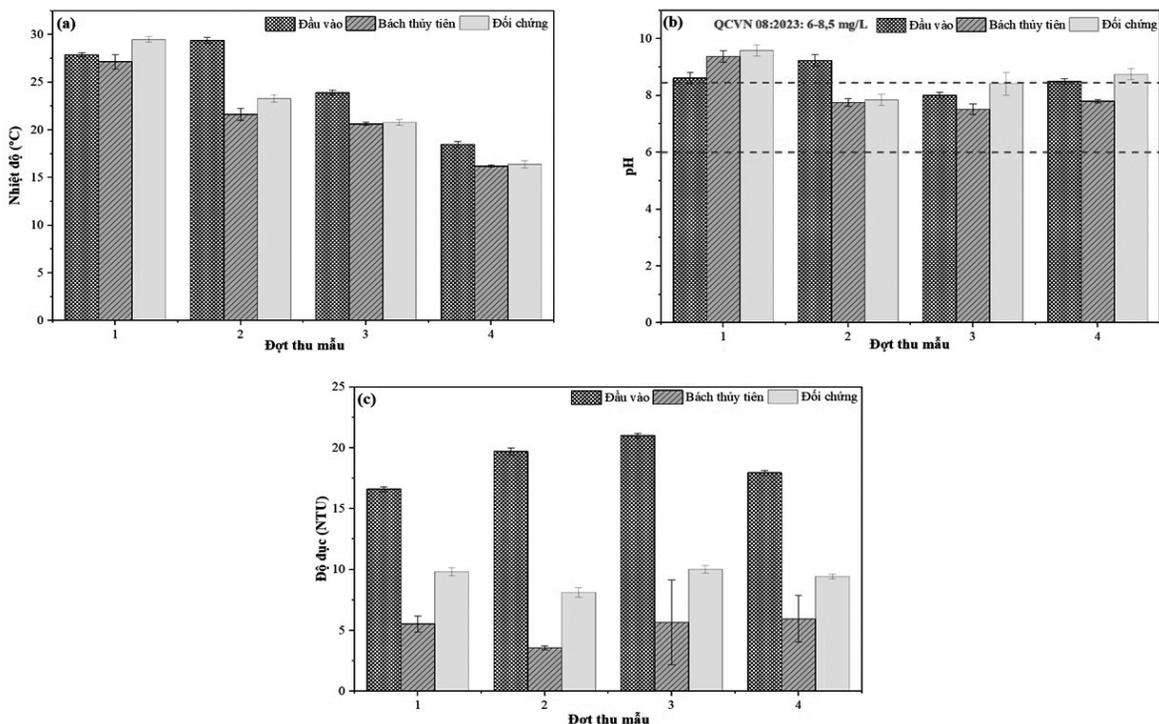
3.1.1. Giá trị nhiệt độ, pH và độ đục

Nhiệt độ: Kết quả quan trắc cho thấy, sự hiện diện của cây Bách thủy tiên có tác động điều hòa nhiệt độ nước một cách rõ rệt (Hình 2a). Nhiệt độ tại nghiệm thức trồng cây (dao động từ 16,2÷27,2°C) luôn thấp hơn so với nước đầu vào (18,5÷29,4°C) và lô đối chứng (16,4÷29,5°C) qua cả 4 đợt thu mẫu. Sự chênh lệch này chủ yếu là kết quả của hai cơ chế đồng thời: (1) Hiệu ứng che phủ của tán lá giúp hạn chế hấp thụ nhiệt từ bức

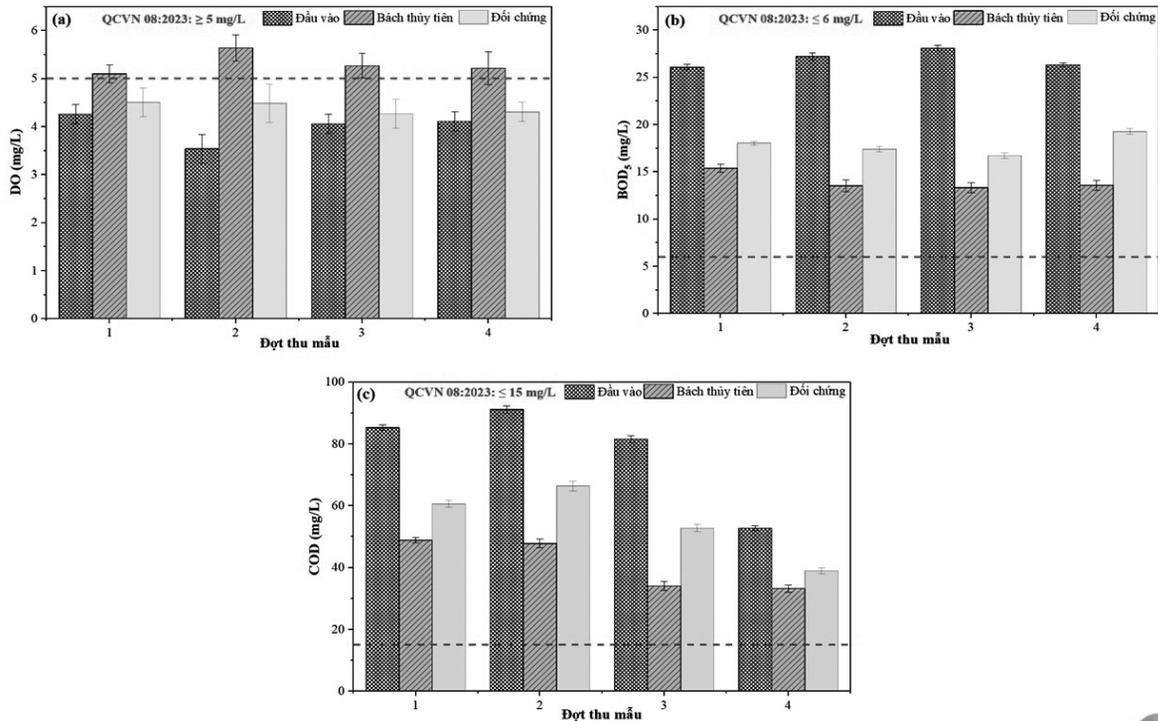
xạ mặt trời; (2) Quá trình thoát hơi nước của thực vật có tác dụng làm mát.

pH: Giá trị pH của nước đầu vào hồ Tiên Nga có xu hướng độ kiềm cao, dao động trong khoảng từ 8,0 - 9,2 và thường xuyên vượt ngưỡng cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT - mức B (6,0 - 8,5), ngoại trừ đợt 3 (Hình 2b). Diễn biến pH tại nghiệm thức trồng Bách thủy tiên phản ánh sự tương tác phức tạp của quá trình sinh - hóa. Tại các đợt thu mẫu 2, 3, 4, hệ thống thể hiện rõ khả năng điều hòa khi đưa pH từ mức kiềm cao xuống khoảng trung tính hơn (7,5÷7,8). Sự suy giảm pH chủ yếu do các quá trình axit hóa chiếm ưu thế, như giải phóng CO₂ từ hô hấp (rễ, vi sinh vật) và ion H⁺ từ quá trình nitrate hóa và hấp thụ dinh dưỡng của cây (Brix, 2003). Tuy nhiên, một ngoại lệ được ghi nhận ở đợt 1, khi pH tăng lên 9,4, được cho là do hoạt động quang hợp mạnh mẽ của cây và vi tảo đã tiêu thụ CO₂ hòa tan trong nước (Hình 2).

Độ đục: Hiệu quả loại bỏ chất rắn lơ lửng được thể hiện rõ nét qua sự suy giảm mạnh của độ đục tại nghiệm thức trồng cây Bách thủy tiên (Hình 2c). Từ mức độ đục rất cao ở đầu vào (dao động từ 16,6÷21,0 NTU), nước sau xử lý chỉ còn lại 3,6÷6,0 NTU. Mức giảm này cao hơn so với sự lắng đọng tự nhiên quan sát được ở lô đối chứng (8,1÷10,0 NTU). Cơ chế chính của sự cải thiện này có thể xuất phát từ hệ rễ phát triển dày đặc của cây Bách thủy tiên, đóng vai trò như một màng lọc vật lý hiệu quả, trực tiếp bẫy và giữ lại những hạt cặn lơ lửng trong nước, qua đó làm giảm độ đục của nước.



Hình 2. Giá trị nhiệt độ (a), pH (b), độ đục (c) trước và sau xử lý qua các đợt



Hình 3. Hàm lượng DO (a), BOD₅ (b), COD (c) trước và sau xử lý qua các đợt

3.1.2. Hàm lượng oxy hòa tan (DO), nhu cầu oxy sinh học (BOD₅) và nhu cầu oxy hóa học (COD)

Hàm lượng DO: Kết quả quan trắc hàm lượng DO cho thấy sự cải thiện tại nghiệm thức có trồng cây Bách thủy tiên qua 4 đợt thu mẫu (Hình 3a). Cụ thể, hàm lượng DO sau xử lý dao động trong khoảng 5,10÷5,64 mg/L, cao hơn so với nước đầu vào (3,54÷4,26 mg/L) và các bể đối chứng (4,27÷4,51 mg/L), được xếp loại mức B (chất lượng nước trung bình) khi so sánh với QCVN 08:2023/BTNMT (DO ≥ 5 mg/L). Sự gia tăng này được lý giải bởi khả năng vận chuyển oxy từ khí quyển qua thân, lá xuống hệ rễ và giải phóng vào vùng cận rễ, một cơ chế đặc trưng của hệ thống đất ngập nước (Brix, 1997; Likui Feng et al., 2022). Bên cạnh đó, sự gia tăng DO còn là kết quả tổng hợp từ quá trình quang hợp của cây Bách thủy tiên và cộng đồng vi tảo sẵn có trong môi trường nước, góp phần giải phóng oxy và duy trì trạng thái hiếu khí cho hệ thống xử lý.

Hàm lượng BOD₅: Chỉ thị cho ô nhiễm hữu cơ dễ phân hủy sinh học đã giảm đáng kể tại nghiệm thức Bách thủy tiên (Hình 3b). Từ mức đầu vào 26,1÷28,1 mg/L, giá trị này đã hạ xuống còn 13,3÷15,4 mg/L, cho thấy tác dụng hiệu quả xử lý nước bởi thực vật so với lô đối chứng. Cơ chế chính đến từ vai trò của cây Bách thủy tiên: Hệ rễ vừa giải phóng oxy tạo môi trường hiếu khí, vừa là giá thể để vi sinh vật phân giải chất hữu cơ, đồng thời cây còn trực tiếp hấp thụ dinh dưỡng từ quá trình khoáng hóa chất hữu cơ để sinh trưởng, phát triển. Tuy vậy, nồng độ BOD₅ sau xử lý vẫn cao hơn

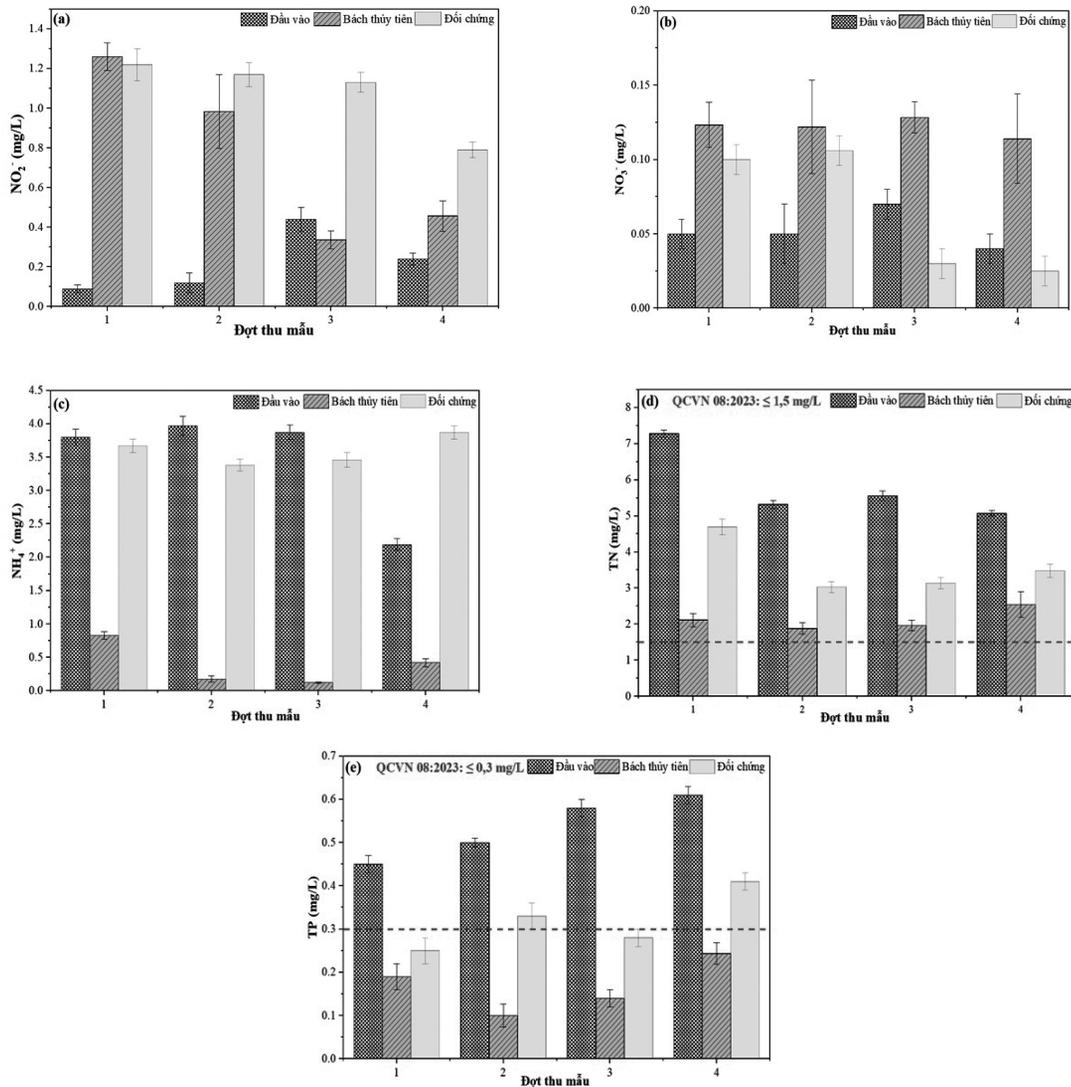
đáng kể so với yêu cầu của QCVN 08:2023/BTNMT - mức B (≤ 6 mg/L).

Nhu cầu oxy hóa học (COD): Tương tự BOD₅, hàm lượng COD cũng cho thấy sự suy giảm rõ rệt tại nghiệm thức trồng cây Bách thủy tiên (Hình 3c). Hàm lượng COD đầu vào ở mức khá cao (52,8÷91,2 mg/L) đã hạ xuống còn 33,3÷48,9 mg/L sau xử lý. Mặc dù có hiệu quả xử lý, nồng độ COD sau cùng vẫn vượt tiêu chuẩn QCVN 08:2023/BTNMT (cột B, ≤ 15 mg/L), cho thấy mức độ ô nhiễm hữu cơ ban đầu của hồ Tiên Nga rất cao.

3.1.3. Hàm lượng các muối dinh dưỡng

Nitrit (NO₂⁻): Diễn biến hàm lượng NO₂⁻ biểu hiện xu hướng nước sau xử lý cao hơn nước đầu vào (ngoại trừ đợt 3) (Hình 4a), cho thấy giai đoạn đầu của quá trình nitrate hóa (chuyển NH₄⁺ thành NO₂⁻) diễn ra rất mạnh. Tuy nhiên, tại đợt 3, nồng độ nitrit lại giảm từ 0,44 mg/L (nước đầu vào) xuống 0,34 mg/L (sau khi xử lý bằng thực vật). Sự biến động này do bản chất trung gian không ổn định của NO₂⁻, phụ thuộc vào cân bằng động giữa sự hình thành từ amoni và chuyển hóa thành nitrat.

Nitrat (NO₃⁻): Trong suốt 4 đợt quan trắc, nghiệm thức Bách thủy tiên cho thấy sự tích lũy nitrat rõ rệt, với nồng độ sau xử lý luôn cao hơn mức ban đầu và nghiệm thức đối chứng không trồng cây (Hình 4b). Hiện tượng này là kết quả của quá trình nitrat hóa diễn ra mạnh mẽ trong điều kiện hiếu khí, vốn được thúc đẩy bởi oxy giải phóng từ rễ cây và hoạt động quang hợp của vi tảo (Ngô Thụy Diễm Trang & Hans Brix, 2012).



Hình 4. Hàm lượng $N-NO_2^-$ (a), $N-NO_3^-$ (b), $N-NH_4^+$ (c), TN (d), TP (e) trước và sau xử lý qua các đợt

Amoni (NH_4^+): Nghiệm thức Bách thủy tiên cho thấy khả năng loại bỏ amoni vượt trội, làm giảm nồng độ từ mức ô nhiễm cao ($2,19 \div 3,97$ mg/L) xuống chỉ còn $0,12 \div 0,83$ mg/L, hiệu quả hơn hẳn so với nghiệm thức đối chứng (Hình 4c). Đây là kết quả của hai cơ chế đồng thời tại vùng rễ: (1) Quá trình nitrat hóa bởi vi khuẩn hiếu khí (Nitrosomonas, Nitrobacter), được thúc đẩy nhờ ôxy do rễ cây giải phóng; (2) Sự hấp thụ trực tiếp amoni để tổng hợp sinh khối (Yousaf, A. et al., 2021).

TN và TP: Nghiệm thức Bách thủy tiên đã giảm đáng kể hàm lượng TN từ $5,07 \div 7,28$ mg/L xuống còn $1,88 \div 2,54$ mg/L, thấp hơn so với nghiệm thức đối chứng ($3,03 \div 4,70$ mg/L) (Hình 4d). Đây là kết quả của hai cơ chế chính: Sự hấp thụ nitơ của cây để tạo sinh khối và quá trình khử nitrat ($NO_3^- \rightarrow N_2$) trong các vùng yếm khí. Dù vậy, hàm lượng TN sau xử lý vẫn vượt mức B của QCVN 08:2023/BTNMT ($\leq 1,5$ mg/L). Trong khi đó, hàm lượng TP cũng cho thấy

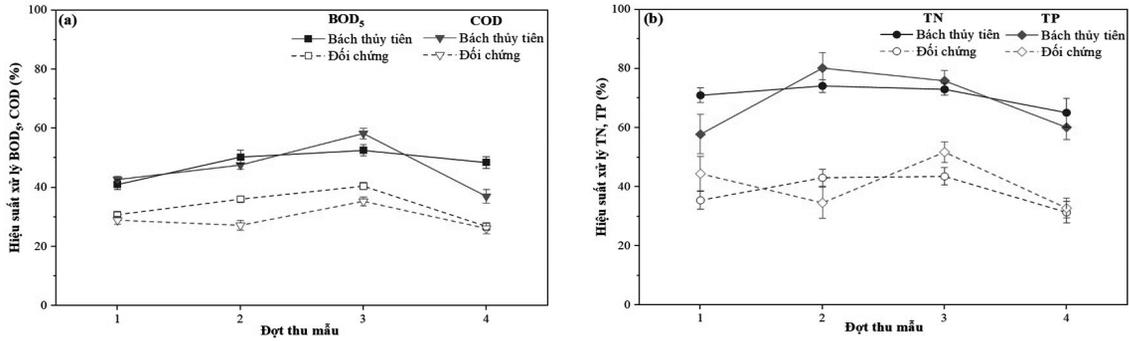
xu hướng giảm rõ rệt tại nghiệm thức có cây Bách thủy tiên, từ mức đầu vào $0,45 \div 0,61$ mg/L xuống còn $0,10 \div 0,24$ mg/L (Hình 4e). Đáng chú ý, hàm lượng TP sau xử lý tại nghiệm thức trồng cây luôn thấp hơn QCVN 08:2023/BTNMT - mức B ($\leq 0,3$ mg/L), cho thấy tiềm năng lớn của loài cây này trong việc xử lý ô nhiễm phốt pho. Trong một hệ thống đất ngập nước, cơ chế loại bỏ phốt pho chủ yếu là sự kết hợp giữa việc hấp thụ vào sinh khối thực vật và hấp phụ/kết tủa trên trầm tích, với quá trình lắng đọng, chôn vùi xuống bề mặt đáy (Reddy, K.R., 2008).

3.2. Hiệu suất xử lý chất hữu cơ và chất dinh dưỡng

3.2.1. Hiệu suất xử lý chất hữu cơ (BOD_5 và COD):

Hiệu quả xử lý các chất hữu cơ của hệ thống Bách thủy tiên thể hiện rõ ưu thế khi so sánh với lô đối chứng qua cả hai chỉ tiêu BOD_5 và COD (Hình 5a).

Đối với BOD_5 , hiệu suất xử lý dao động từ 41% - 52,5% (trung bình 48,1%), trong khi lô đối chứng chỉ đạt 26,8% - 40,5% (trung bình 33,5%). Tương tự, hiệu



Hình 5. Hiệu suất xử lý BOD₅, COD (a) và TN, TP (b) qua các đợt

suất loại bỏ COD của nghiệm thức Bách thủy tiên cũng duy trì ở mức khá và ổn định, dao động trong khoảng 37% - 58,3% (trung bình đạt 46,4%), cao hơn so với lô đối chứng (26,1%÷35,3%). Sự ổn định và hiệu quả này khẳng định vai trò quan trọng của hệ thống rễ - vi sinh vật trong việc phân hủy chất hữu cơ. Môi trường hiếu khí được duy trì liên tục quanh vùng rễ đã tạo điều kiện thuận lợi cho các quá trình ôxy hóa sinh học, đồng thời cây còn trực tiếp hấp thụ một phần sản phẩm phân hủy làm nguồn dinh dưỡng. So sánh với nghiên cứu trước đó, kết quả của nghiên cứu này khá tương đồng với kết quả nghiên cứu trước đây về loài cây Bách thủy tiên, đạt hiệu suất xử lý COD trong khoảng 38% - 65,6%, tùy thuộc vào mật độ cây/bè (Nguyễn Tiến Đạt & cs, 2025).

3.2.2. Hiệu suất xử lý chất dinh dưỡng (TN và TP):

Hiệu quả loại bỏ các chất dinh dưỡng của hệ thống Bách thủy tiên cho thấy tiềm năng rất lớn, với hiệu suất

xử lý TN dao động từ 65,1÷74,1 (trung bình 70,8%) và TP duy trì trong khoảng 57,8÷80,2% (trung bình 68,5%), cao hơn hẳn so với lô đối chứng có hiệu suất xử lý TN, TP trung bình đạt 38,3% và 40,9% (Hình 5b). Hiệu quả này đến từ hai cơ chế chính: Thứ nhất là sự hấp thụ trực tiếp của cây để tạo sinh khối, điều đó được thể hiện rõ qua mối tương quan thuận giữa mật độ trồng và hiệu suất xử lý. Cụ thể, với mật độ 14 cây/m², hiệu suất xử lý TP của nghiên cứu này là 68,5%, thấp hơn so với các nghiên cứu thí nghiệm có mật độ cây Bách thủy tiên dày hơn (18 cây/m²), lần lượt là 80% và 85% (Đào Hoàng Nam & cs., 2023; Nguyễn Tiến Đạt & cs., 2025). Thứ hai là quá trình sinh - hóa diễn ra trong môi trường nước, cụ thể là phản ứng nitrat hóa - khử nitrat và hấp phụ - kết tủa photpho. So sánh về hiệu quả xử lý giữa hai nhóm chất, trong nghiên cứu này, hiệu suất xử lý các chất dinh dưỡng luôn cao hơn đáng kể so với chất hữu cơ. Nguyên nhân chính là do trong thiết kế



Hồ Tiên Nga



thí nghiệm, hệ thống bè nổi không có chất nền, trong khi cơ chế loại bỏ COD chủ yếu là quá trình lọc và giữ lại chất rắn bởi chất nền (Ngô Thúy Diễm Trang & Hans Brix, 2012). Ngoài ra, một kết quả đáng chú ý từ Hình 5 là sự suy giảm hiệu suất xử lý của các chỉ tiêu trong đợt 4, xu hướng này xuất hiện đồng thời ở cả nghiệm thức trồng cây Bách thủy tiên và đối chứng. Nguyên nhân có thể do tác động của các yếu tố môi trường nói chung lên toàn hệ thống, bao gồm: (i) Sự xuất hiện của độ muối 4‰ của nước hồ đầu vào do ảnh hưởng của thủy triều; (ii) Nhiệt độ môi trường giảm thấp vào mùa đông. Tuy nhiên, giả thuyết trên cần được kiểm chứng bằng các thí nghiệm trong tương lai.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, hệ thống bè nổi trồng Bách thủy tiên (*Echinodorus cordifolius* L.) đã xử lý hiệu quả nước hồ Tiên Nga, giúp cải thiện các chỉ số như DO, pH, độ đục và đạt hiệu suất loại bỏ trung bình 48,1% BOD₅, 46,4% COD, 70,8% TN, 68,5% TP. Đáng chú ý, nồng độ TP sau xử lý đã đáp ứng chuẩn B của QCVN 08:2023/BTNMT (mức chất lượng nước trung bình), tuy nhiên, hiệu suất xử lý chất hữu cơ và TN vẫn cần được cải thiện hơn nữa. Do đó, những nghiên cứu trong tương lai cần tập trung vào việc tối ưu hóa các thông số vận hành (mật độ cây, thời gian lưu nước), đánh giá khả năng kết hợp với nhiều loài thực vật khác, đặc biệt là cần khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ, độ mặn đến hiệu quả xử lý nước hồ của cây Bách thủy tiên để đánh giá toàn diện tác động theo mùa và yếu tố thủy triều - một nét đặc trưng của nhiều hồ đô thị tại Hải Phòng.

Dù còn một số hạn chế, kết quả của nghiên cứu đã góp phần bổ sung thêm những luận cứ khoa học quan trọng, khẳng định tiềm năng ứng dụng của Bách thủy tiên trong việc cải tạo, phục hồi các thủy vực nội thành đang chịu áp lực ô nhiễm tương tự tại Hải Phòng cũng như các đô thị khác ở Việt Nam.

Lời cảm ơn: Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn tới Đề tài “Nghiên cứu và thử nghiệm mô hình xử lý nước và tạo cảnh quan sinh thái bằng hệ thống thực vật thủy sinh cho một số hồ tại TP. Hải Phòng”, ĐT.MT.2022.931 đã hỗ trợ thực hiện nghiên cứu này ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Thị Hồng Vân, Lê Thị Hường, Nguyễn Thị Kim Nga, Trịnh Thị Thu Thủy (2022). Đánh giá chất lượng nước mặt trên địa bàn TP. Hải Phòng năm 2021 bằng phương pháp tính toán chỉ số chất lượng nước. *Tạp chí Môi trường*, IV, trang 26 - 32.
2. Ahmad J et al. (2017). Screening of tropical native aquatic plants for polishing pulp and paper mill final effluent. *Malaysian J Anal Sci*;21(1):105-12.

3. Arivukkarasu, D., Sathyanathan, R., (2023). Floating wetland treatment an ecological approach for the treatment of water and wastewater-A review. *Mater. Today: Proc.* 77, 176-181.
4. Võ Thị Phương Thảo, Lâm Nguyễn Ngọc Như, Nguyễn Thị Diễm My, Trần Thị Huỳnh Thơ, Lâm Chí Khang, Trương Công Phát, Đào Hoàng Nam, Ngô Thụy Diễm Trang (2023). Đánh giá khả năng đáp ứng sinh trưởng của năm loài hoa kiểng trồng thủy canh trong nước thải đô thị. *Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn*. Số 2, trang 58 - 68.
5. Nguyễn Tiến Đạt, Võ Thị Phương Thảo, Quách Ngọc Ngân Khánh, Phạm Văn Nhiệm, Trần Lê Minh Luân, Trần Hải Anh, Ngô Thụy Diễm Trang (2025). 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. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 23 (4), trang 420 - 429.
6. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2023. QCVN 08:2023/BTNMT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt.
7. Brix, H. (2003). Plant used in constructed wetland and their function. *The 1st International Seminar on “The Use of Aquatic Macrophytes for Wastewater Treatment in Constructed Wetland”*. Hosted by ICN and INAG, Portugal, 81-02.
8. Brix, H. (1997). Do macrophytes play a role in constructed wetlands? *Water Science & Technology*, 35, 11-17.
9. Feng, L., He, S., Yu, H., Zhang, J., Guo, Z., Wei, L., Wu, H., (2022). A novel plant-girdling study in constructed wetland microcosms: insight into the role of plants in oxygen and greenhouse gas transport. *Chem. Eng. J.* 431, 133911.
10. 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*, trang 161 - 171.
11. Yousaf, A., Khalid, N., Aqeel, M., Noman, A., Naeem, N., Sarfraz, W., Ejaz, U., Qaiser, Z., & Khalid, A. (2021). Nitrogen Dynamics in Wetland Systems and Its Impact on Biodiversity. *Nitrogen*, 2(2), 196-217.
12. Reddy, K.R., (2008). *Biogeochemistry of Wetlands, Science and Applications. Phosphorus Cycling Processes.*
13. 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, trang 78 - 86.