Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ
Phần A: Khoa học tự nhiên, Công nghệ và Môi trường
ISSN 1859-2333 | e-ISSN 2815-5599

DOI:10.22144/ctujos.2024.425

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG XỬ LÝ CHẤT DINH DƯỠNG VÀ CHẤT HỮU CƠ TRONG NƯỚC MẶT CỦA MỘT SỐ LOÀI THỰC VẬT THỦY SINH

Hồ Ngô Anh Đào[1*], Nguyễn Thị Minh Trang[2] và Lê Quang Huy[1]
[1]Khoa Môi trường và Bảo hộ Lao động, Trường Đại học Tôn Đức Thắng, Việt Nam
[2]Khoa Kỹ thuật Hạ tầng Đô thị, Trường Đại học Kiến trúc Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
**Tác giả liên hệ (Corresponding author): hongoanhdao@tdtu.edu.vn*

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 20/02/2024
Sửa bài (Revised): 16/03/2024
Duyệt đăng (Accepted): 10/06/2024

Title: *Study on the removal of nutrients and organic matter in surface water by aquatic plants*

Author(s): *Ho Ngo Anh Dao[1*], Nguyen Thi Minh Trang[2] and Le Quang Huy[1]*

Affiliation(s): *[1]Faculty of Environment and Labour Safety, Ton Duc Thang University, Viet Nam; [2]Urban Infrastructure Engineering Department, University of Architecture Ho Chi Minh City, Viet Nam*

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, các thí nghiệm nuôi trồng riêng lẻ và kết hợp ba loài thực vật thủy sinh (TVTS), gồm dương xỉ lá hẹp, cú cơm và bèo tai chuột trong các mẫu nước mặt thu tại các hồ cảnh quan (quận 7, thành phố Hồ Chí Minh) được thực hiện nhằm mục tiêu cải thiện chất lượng nước hồ. Dựa trên phương pháp phân tích chất lượng các mẫu nước theo thời gian và sự sinh trưởng của 3 loài TVTS, nghiên cứu đã chứng minh vai trò của ba loài TVTS trong việc loại bỏ các thành phần hữu cơ và chất dinh dưỡng trong các mẫu nước. Trong đó, cú cơm có hiệu suất xử lý chất dinh dưỡng cao nhất với tổng nitơ (TN) (66,7 – 82,1%) và tổng phốt pho (TP) (86,9 – 92,3%). Dương xỉ lá hẹp có khả năng xử lý chất hữu cơ cao nhất (hiệu suất BOD đạt 3,9 – 14%) và bèo tai chuột có hiệu suất thấp nhất. Nghiên cứu cũng xác định được tỷ lệ nuôi trồng kết hợp tốt nhất giữa dương xỉ lá hẹp và cú cơm là 1:2 (theo khối lượng), với hiệu suất xử lý ở cả 2 mẫu nước: BOD5 (29,78%), TN (66,66%), TP (91,67%), Coliform (64,86%) đối với mẫu nước hồ cảnh quan nội vi; và BOD5 (32,08%), TN (60%), TP (92,85%), Coliform (16,67%) đối với mẫu nước hồ cảnh quan ngoại vi.

Từ khóa: *Bèo tai chuột, cú cơm, dương xỉ lá hẹp, thực vật thủy sinh, xử lý chất dinh dưỡng, xử lý chất hữu cơ*

ABSTRACT

In this study, individual and combined cultivation experiments of three aquatic plants, including Microsorum Pteropus "Narrow" (AQ1), Cyperus Haspan L (AQ2), and Salvinia Cucullata (AQ3), in different water samples collected from landscape lakes (District 7, Ho Chi Minh City), were conducted. Results showed that the highest removal efficiencies of nutrients and organic matter were obtained in the case of AQ2, which AQ1, and AQ3 followed. The combined cultivation ratio between AQ1 and AQ2 of 1:2 (% w.t.) was also determined as the most appropriate design since relatively similar removal efficiencies were found in both water samples: BOD_5 (29,78%), TN (66,66%), TP (91,67%), Coliform (64,86%) with internal landscape lake (TDT) and BOD_5 (32,08%), TN (60%), TP (92,85%), Coliform (16,67%) with external landscape lake (HBN).

Keywords: *Aquatic plant, Cyperus haspan L., Microsorum pteropus "Narrow", removal of nutrients, removal of organic matter, Salvinia cucullata*

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, quá trình đô thị hoá và công nghiệp hóa tăng nhanh đã tạo ra một lượng lớn chất thải ra môi trường, đặc biệt là thải ra các nguồn nước mặt. Các hoạt động như xả thải chất thải nguy hại ra môi trường, xả nước thải không đạt quy chuẩn xử lý, sử dụng chất hoá học phụ gia trong nông nghiệp đã làm ô nhiễm nguồn nước mặt nghiêm trọng (Nguyen et al., 2015). Vấn đề ô nhiễm nước mặt tại các thành phố lớn tại Việt Nam đã được chính phủ quan tâm và nhìn nhận tầm quan trọng của nó trong những thập kỷ gần đây. Chính phủ đã đưa ra các chính sách, quy định và hướng dẫn về quản lý và xử lý ô nhiễm môi trường nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực đến nguồn nước mặt. Tiêu biểu là Luật Bảo vệ môi trường đã được ban hành lần đầu năm 1993 liên tục cập nhật và sửa đổi đến năm 2020. Tuy nhiên, thực tế áp dụng việc thực hiện các biện pháp xử lý ô nhiễm nước mặt còn gặp nhiều khó khăn (Vu, 2017). Các hệ thống xử lý nước thải vẫn chưa được phát triển đồng bộ với cơ sở hạ tầng khu công nghiệp, khu dân cư. Vì vậy, việc xả thải nước thải chưa đạt tiêu chuẩn vào nguồn nước mặt tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm tại các đô thị lớn ở Việt Nam.

Thành phố Hồ Chí Minh (TP. HCM), một trong những thành phố lớn, cũng đang chịu tác động tiêu cực của ô nhiễm nước mặt. Với quy mô dân số khoảng 9 triệu người và đang nhanh chóng tăng nhanh, việc xử lý và tái tạo nguồn nước mặt trở thành một trong những ưu tiên cấp bách của thành phố. Các ao, hồ tại TP. HCM với vai trò ban đầu là điều tiết nước mưa và là nơi sinh sống của các loài động vật đang bị thu hẹp và ô nhiễm. Để cải thiện chất lượng nước mặt tại TP. HCM, đặc biệt là nước hồ tự nhiên và hồ cảnh quan, việc sử dụng thực vật thuỷ sinh (TVTS) là một trong những giải pháp hiệu quả và bền vững. Trong phương pháp này, các hợp chất hữu cơ và chất dinh dưỡng có thể được loại bỏ khỏi nguồn nước thông qua các quá trình lắng, lọc, phân hủy sinh học nhờ vi sinh vật, trong đó quá trình phân hủy sinh học đóng vai trò quan trọng (García et al., 2010). Bên cạnh khả năng cải thiện chất lượng nước mặt, TVTS còn đóng vai trò quan trọng trong bảo vệ môi trường và gia tăng mỹ quan đô thị (Amy & Jody, 2007; Kim et al., 2011; Nguyen et al., 2021; Bastian et al., 2022; Nguyen et al., 2023). TVTS tạo ra một môi trường sống lý tưởng cho các loài cá và động vật thủy sinh, tăng cường đa dạng sinh học và cân bằng hệ sinh thái (Nguyen et al., 2022). Bên cạnh đó, TVTS còn được chứng minh khả năng hấp thụ kim loại nặng trong môi trường nước mặt (Tatar & Obek, 2014; Le & Le., 2016).

Trong phạm vi nghiên cứu này, một số loài TVTS được nuôi trồng trong các mô hình thực nghiệm với mẫu nước thu được tại các hồ cảnh quan trong khu vực quận 7, TP. HCM nhằm đánh giá khả năng xử lý chất dinh dưỡng và chất hữu cơ trong các nguồn nước này, hướng đến mục tiêu cải thiện chất lượng nước bằng phương pháp sinh học tự nhiên, bền vững và không sử dụng hoá chất, đồng thời còn tạo ra môi trường sống cho sinh vật dưới nước. Bên cạnh các loài TVTS được ứng dụng phổ biến trong lĩnh vực xử lý ô nhiễm chất hữu cơ và chất dinh dưỡng trong các nguồn nước mặt, nguồn nước thải sinh hoạt và công nghiệp như lục bình *(Eichhorina crassipes)*, cỏ vetiver *(Vetiver zizanioides)*, cỏ sậy *(Phragmites australis)*,... thì một số loài TVTS khác như dương xỉ lá hẹp (Microsorum Pteropus "Narrow"), cú cơm (Cyperus haspan L) và bèo tai chuột (*Salvinia cucullata)* cũng có khả năng loại bỏ chất dinh dưỡng và chất hữu cơ có trong nguồn nước mặt (Amy & Jody, 2007; Bastian et al., 2022). Ngoài ra, dựa trên kết quả khảo sát thực tế các mô hình hồ thủy sinh nhân tạo được xây dựng và lắp đặt trên địa bàn TP. HCM cho thấy ba loài TVTS nói trên được trồng tương đối phổ biến. Tuy nhiên, do số lượng các công trình nghiên cứu khoa học liên quan đến khả năng xử lý ô nhiễm của 03 loài TVTS này trong nước mặt và nước thải tương đối hạn chế tại Việt Nam. Do đó, nghiên cứu này thực hiện quá trình nuôi trồng 03 loài TVTS thông qua các nghiệm thức đơn lẻ và kết hợp nhằm đánh giá khả năng hấp phụ, loại bỏ các chất dinh dưỡng và thành phần hữu cơ trong các mẫu nước thu thập tại hiện trường các hồ cảnh quan trên địa bàn quận 7, TP. HCM. Kết quả nghiên cứu về hiệu quả làm sạch nước mặt của các TVTS này sẽ đóng góp bổ sung cơ sở dữ liệu nghiên cứu về các thuỷ sinh trong lĩnh vực xử lý môi trường nước mặt.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

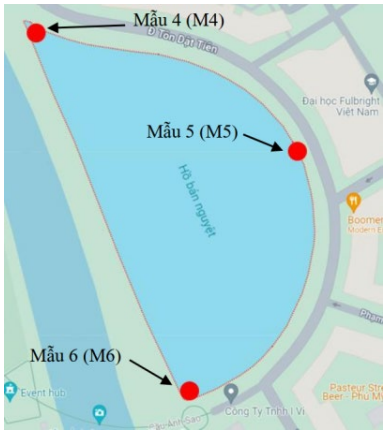
2.1. Vị trí lấy mẫu và phương pháp lấy mẫu

Ba mẫu nước thu được tại hồ cảnh quan trong khuôn viên Trường Đại học Tôn Đức Thắng (quận 7, TP. HCM) bao gồm: mẫu nước tại nơi tiếp giáp hệ thống xử lý nước thải nội bộ và hồ cảnh quan (10°43'59.2"N 106°41'57.5"E) – mẫu 1 (M1), mẫu nước tại nơi tiếp giáp giữa hồ cảnh quan và hệ thống kênh rạch khu vực (10°43'49.6"N 106°41'54.5"E) – mẫu 2 (M2) và mẫu nước thu giữa lòng hồ (10°43'53.9"N ; 106°41'54.0"E) – mẫu 3 (M3) (Hình 1).



Hình 1. Bản đồ vị trí lấy mẫu tại hồ cảnh quan trong khuôn viên Trường Đại học Tôn Đức Thắng

Tương tự, ba mẫu nước mặt thu tại Hồ Bán Nguyệt (quận 7, TP. HCM) - một hồ cảnh quan ngoại vi - nơi tiếp nhận nhiều dòng chảy. Các vị trí lấy mẫu nước này được bố trí dọc theo bờ hồ cảnh quan bao gồm: mẫu nước tại đầu hồ giáp với đại lộ Nguyễn Văn Linh (10°43'39.6"N; 106°43'04.6"E) – mẫu 4 (M4), nước hồ tại vị trí trước trường Đại học Quốc tế Fulbright (10°43'36.1"N; 106°43'12.0"E) – mẫu 5 (M5), và nước tại chân cầu Ánh Sao (10°43'29.6"N; 106°43'08.9"E) - mẫu 6 (M6) (Hình 2).



Hình 2. Bản đồ vị trí lấy mẫu tại hồ Bán Nguyệt

Mẫu nước được tiến hành thu 2 đợt để phục vụ cho 2 thí nghiệm khác nhau. Các mẫu được lấy trực tiếp bằng dụng cụ lấy mẫu nước ở độ sâu khoảng 0,5 m so với mực nước hồ và 1 m so với bờ hồ. Sau đó, các mẫu nước này được trộn lẫn vào nhau để tạo ra mẫu đại diện và lưu giữ trong các bình nhựa (PE) dung tích 1.500 ml, được bảo quản trong tủ lưu trữ mẫu ở nhiệt độ 4°C cho đến khi tiến hành các thí nghiệm. Quy trình lấy mẫu được thực hiện theo quy định của TCVN 5994:1995 – chất lượng nước, lấy mẫu, hướng dẫn lấy mẫu ở hồ ao tự nhiên và nhân tạo.

2.2. Phương pháp phân tích mẫu

Các chỉ số được phân tích trong nghiên cứu này bao gồm độ pH, hàm lượng BOD_5, tổng nitơ, tổng phốt pho và tổng Coliform. Quy trình phân tích mẫu được thực hiện tại Phòng thí nghiệm Khoa Môi trường và Bảo hộ Lao động, Trường Đại học Tôn Đức Thắng. Chi tiết được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Phương pháp phân tích các thông số chất lượng nước

STT	Thông số	Phương pháp phân tích	Thiết bị phân tích
1	pH	TCVN 6492:2011	Máy đo pH AD12 Adwa Instruments
2	DO	TCVN 7325:2015	Máy đo DO Extech DO600-K
3	BOD_5	SMEWW 5210 B : 2005	
5	Tổng Nitơ	TCVN 6638:2000	KjelMaster K-375, BUCHI
7	Tổng Phốt pho	SMEWW 4500 – P.D :20017	Máy đo quang phổ Genesys 10S UV-VIS
8	Coliform	AOAC Official Methode 991.14	Đĩa Petrifilm E.Coli/Coliform Count (EC) 3M, code: 6404

2.3. Phương pháp thực nghiệm nuôi trồng thực vật thủy sinh

2.3.1. Chuẩn bị bố trí thí nghiệm

a. Chuẩn bị trồng

Ba loài TVTS bao gồm dương xỉ lá hẹp, cú cơm và bèo tai chuột nghiên cứu được chọn là loại tự nhiên và thu thập từ các vùng ven nội ô TP. HCM. Các loài TVTS này sau khi được loại bỏ tạp chất dính bám trên toàn thân và các cành lá héo úa thì được trồng riêng lẻ trong 04 ngày tại các thùng chứa nước thủy cục nhằm loại bỏ các bẩn còn tồn đọng trong ra môi trường nước thông qua cơ chế ưu trương – nhược trương (các chất hữu cơ và kim loại bên trong có nồng độ cao hơn môi trường nước nên được thải ra ngoài). Tiếp sau đó, các TVTS này được thay nước và trồng tiếp tục trong môi trường nước thủy cục trong 03 ngày để tăng nhanh khả năng thích nghi với môi trường nước trước khi chuyển sang bước nuôi trồng thực nghiệm.

b. Chuẩn bị thùng trồng

Tại phòng thí nghiệm, 03 loài TVTS lần lượt được nuôi trồng trong các thùng nhựa có kích thước 53 x 37 x 29 cm, khối lượng 150 g và dung tích 25 lít với mẫu nước lấy từ các hồ cảnh quan như mô tả ở mục 2.1.

2.3.2. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí với 03 mô hình: đối chứng, thí nghiệm 1 (tương ứng với 03 loài TVTS nghiên cứu) và thí nghiệm 2 (02 loài TVTS được lựa chọn sau thí nghiệm 1). Mỗi mô hình thí nghiệm được thực hiện không lặp lại với tải lượng nạp nước là 23 lít/ ngày đầu tiên thí nghiệm. Trong suốt quá trình thí nghiệm, các mô hình không được bổ sung thêm nguồn nước lấy từ các khu vực nghiên cứu nhằm mục tiêu xác định chính xác được hiệu quả xử lý của các loài TVTS nghiên cứu theo thời gian thí nghiệm. Ngoại trừ mô hình đối chứng (không nuôi trồng TVTS) thì trong mô hình thí nghiệm 1 và 2, mật độ TVTS nuôi trồng trong mỗi mô hình được chọn đảm bảo khả năng sinh trưởng và sinh sản của TVTS.

Ở mô hình đối chứng, các mẫu nước mặt lấy từ khu vực nghiên cứu được chứa đầy trong thùng nhựa 25 lít ngay trong ngày thứ 1 thí nghiệm. Các thùng chứa mẫu đối chứng được đặt hở bề mặt ở trong phòng có điều kiện ánh sáng, nhiệt độ ổn định và thông thoáng. Mục đích của việc theo dõi và quan trắc sự thay đổi của chất lượng nước trong các mô hình đối chứng là nhằm thực hiện đối sánh chất lượng nguồn nước mặt ban đầu và chất lượng nguồn nước sau 30 ngày thực nghiệm trong phòng thí nghiệm, trên cơ sở phân tích nồng độ các chất ô nhiễm hữu cơ và dinh dưỡng trong các mô hình tương ứng của từng loài TVTS.

Ở mô hình thí nghiệm 1, nghiên cứu tiến hành nuôi trồng riêng lẻ từng loài TVTS: 03 loại TVTS được đưa vào nuôi trồng đồng thời điểm trong 03 thùng nhựa 25 lít riêng biệt chứa nguồn nước lấy từ các khu vực nghiên cứu trong thời gian 30 ngày, với mục đích là xác định khả năng xử lý các chất dinh dưỡng, chất hữu cơ trong 02 nguồn nước hồ, đồng thời đánh giá khả năng sinh trưởng, phát triển sinh khối của từng loài TVTS và xác định loài TVTS có hiệu quả nhất. Điều kiện môi trường trong phòng nuôi trồng TVTS được duy trì đồng nhất với mô hình đối chứng.

Tiếp theo đó, mô hình thí nghiệm 2 được tiến hành bằng cách nuôi trồng kết hợp các loài TVTS (được lựa chọn dựa trên kết quả phân tích thực nghiệm của thí nghiệm 1) theo các tỷ lệ khối lượng khác nhau trong các thùng nhựa 25 lít chứa nguồn nước lấy từ các khu vực nghiên cứu. Mục đích thực hiện thí nghiệm 2 nhằm đánh giá khả năng xử lý chất ô nhiễm trong nguồn nước mặt khi kết hợp các loài TVTS theo tỷ lệ khác nhau.

Trong suốt quá trình thực hiện các mô hình đối chứng, thí nghiệm 1 và thí nghiệm 2 thì việc lấy mẫu và phân tích các thông số chất lượng nước bao gồm pH, độ oxy hòa tan (DO), nồng độ BOD_5, tổng nitơ, tổng phốt pho và chỉ tiêu vi sinh Coliform được thực hiện tuần tự 03 lần / ngày vào các ngày thí nghiệm thứ 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30 với tổng lượng mẫu cho ba lần thử nghiệm là 1,5 lít. Các mẫu nước sau khi lấy được bảo quản trong môi trường lạnh có nhiệt độ 2 – 8^{o}C và tránh ánh sáng trực tiếp trước khi tiến hành phân tích mẫu.

2.3.3. Thống kê số lượng mẫu thí nghiệm

Số lượng mô hình thực nghiệm và các mẫu nước của 02 thí nghiệm được trình bày chi tiết tại Bảng 2.

2.3.4. Xác định khối lượng TVTS

Khối lượng các loài TVTS được xác định trong nghiên cứu là khối lượng tươi. Sau thời gian 05 phút nhấc TVTS ra khỏi thùng chứa và để ráo nước, TVTS được đo khối lượng trên cân điện tử Ej 1.200 g/0,01 g (hãng Bidica, Việt Nam). Công việc này được thực hiện lặp lại 03 lần/ngày tương ứng với các ngày thí nghiệm thứ 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30.

2.4. Phương pháp phân tích dữ liệu

Các số liệu phân tích trong nghiên cứu được xử lý bằng phương pháp xác suất thống kê để đảm bảo các số liệu được sàng lọc và đạt được độ tin cậy cao. Số liệu được trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn.

Hiệu suất xử lý của từng thông số ô nhiễm được xác định theo công thức sau:

$$H\ (\%) = (C_o - C)/C \times 100$$

Trong đó: C_o và C: Nồng độ ban đầu và sau xử lý của chất ô nhiễm, (mg/l) và H: hiệu suất xử lý chất ô nhiễm, (%).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sự thay đổi về chất lượng nước trong các mô hình đối chứng (không nuôi trồng TVTS)

Mục đích của theo dõi và quan trắc sự thay đổi của chất lượng nước trong các mô hình đối chứng (không nuôi trồng TVTS) là nhằm thực hiện đối sánh chất lượng nguồn nước mặt ban đầu và chất lượng nguồn nước sau 30 ngày thực nghiệm trong

phòng thí nghiệm, trên cơ sở phân tích nồng độ các chất ô nhiễm hữu cơ và dinh dưỡng trong các mô hình tương ứng của từng loài TVTS.

3.1.1. Mô hình đối chứng trong thí nghiệm 1

Kết quả phân tích chất lượng 02 mẫu đối chứng được trình bày ở Bảng 3. Chất lượng nước trong 02 mẫu (TDT10 và HBN10) có xu hướng giảm dần trong 30 ngày thí nghiệm. Đây là cơ sở nền minh chứng cho sự gia tăng nồng độ ô nhiễm hữu cơ tự nhiên trong nguồn nước mặt không có dòng chảy và thiếu sự xử lý sinh học của các loài TVTS. Cụ thể:

– Nồng độ DO có xu hướng giảm dần: DO trong TDT10 giảm từ 3,48 mg/l xuống 2,09 mg/l và từ 4,38 mg/l xuống 2,53 mg/l trong HBN10.

– Trong cả hai mẫu đối chứng của 02 hồ cảnh quan, thông số BOD_5 có xu hướng tăng lên. Đối với TDT10, BOD_5 tăng từ 8,96 mg/l lên 12,41 mg/l, và tăng từ 6,26 mg/l lên 10,02 mg/l đối với HBN10.

– Tổng nitơ trong các mô hình đối chứng có xu hướng tăng trong 30 ngày. Nồng độ tổng nitơ ở TDT10 tăng từ 3,36 mg/l lên 4,35 mg/l, đối với HBN10, tổng nitơ tăng từ 3,36 mg/l lên 4,23 mg/l.

– Tương tự, tổng phốt pho cũng có xu hướng tăng. Từ ngày thứ 1 đến ngày thứ 5, nồng độ tổng phốt pho không có sự biến động nhiều. Từ ngày 5 đến ngày 15, nồng độ tổng phốt pho có sự tăng nhẹ ở cả 02 mô hình. Từ ngày 15 đến ngày 20, có sự biến động cao nhất (TDT10: 0.4 mg/l và HBN10: 0,35 mg/l). Trong giai đoạn cuối, nồng độ tổng phốt pho có xu hướng giảm (TDT10: 0,35 mg/l và HBN10: 0,32 mg/l).

Bảng 2. Thống kê số lượng mẫu của thí nghiệm 1 và 2

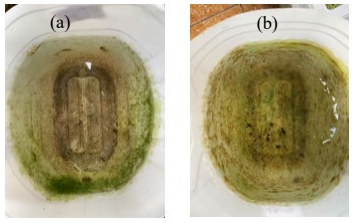
STT	Ký hiệu mẫu	Loại thủy sinh (Tổng khối lượng tươi, gram[(a)])	Loại nước mặt nghiên cứu	Ghi chú
Thí nghiệm 1 – Nuôi trồng riêng lẻ từng loài TVTS				
1	TDT1_0	Không trồng TVTS	Hồ cảnh quan nội vi (Mẫu hỗn hợp của M1, M2, M3_đợt 1	Mô hình đối chứng
2	TDT1_1	Dương xỉ lá hẹp (162,72 gram)		
3	TDT1_2	Cú cơm (164,82 gram)		
4	TDT1_3	Bèo tai chuột (153,0 gram)		
5	HBN1_0	Không trồng TVTS	Hồ Bán Nguyệt (Mẫu hỗn hợp của M4, M5, M6_đợt 1	Mô hình đối chứng
6	HBN1_1	Dương xỉ lá hẹp (157,62 gram)		
7	HBN1_2	Cú cơm (159,34 gram)		
8	HBN1_3	Bèo tai chuột (145,0 gram)		
Thí nghiệm 2 – Nuôi trồng kết hợp các loài TVTS theo tỷ lệ kết hợp khác nhau				
9	TDT2_0	Không trồng TVTS	Hồ cảnh quan trường nội vi (Mẫu hỗn hợp của M1, M2, M3_đợt 2)	Mô hình đối chứng
10	TDT2_1	Dương xỉ lá hẹp và cú cơm[(b)]		Tỷ lệ 2:1
11	TDT2_2			Tỷ lệ 1:2
12	TDT2_3			Tỷ lệ 1:1
13	HBN2_0	Không trồng TVTS	Hồ Bán Nguyệt (Mẫu hỗn hợp của M4, M5, M6_đợt 2	Mô hình đối chứng
14	HBN2_1	Dương xỉ lá hẹp và cú cơm[(b)]		Tỷ lệ 2:1
15	HBN2_2			Tỷ lệ 1:2
16	HBN2_3			Tỷ lệ 1:1

Ghi chú: (a) – Tổng khối lượng tươi của từng loài TVTS được xác định trong ngày đầu tiên thí nghiệm nuôi trồng.

(b) - Việc lựa chọn các loại kết hợp trong thí nghiệm 2 được xác định dựa trên kết quả của thí nghiệm 1

– Nguyên nhân gây ra sự suy giảm chất lượng nước trong 02 mẫu đối chứng của thí nghiệm 1 là sự phát triển của tảo lam kết hợp với quá trình lắng cặn và phân hủy hữu cơ kỵ khí ở tầng nước dưới đáy các mô hình đối chứng (Hình 3).

Xét về yếu tố vi sinh thì tổng Coliform của 02 mô hình đối chứng trong thí nghiệm 1 có sự gia tăng trong 30 ngày khảo sát. Tổng Coliform ở TDT10 tăng từ 8.600 CFU/100ml lên 15.6000 CFU/100ml và từ 5600 CFU/100ml lên 12000 CFU/100ml đối với HBN10.



Hình 3. Hiện tượng phú dưỡng hóa xuất hiện từ ngày thí nghiệm thứ 15 trong 02 mô hình đối chứng (a) TDT10 và (b) HBN10 sau 30 ngày theo dõi ở thí nghiệm

Bảng 3. Sự thay đổi của các thông số chất lượng nước trong 02 mô hình đối chứng – Thí nghiệm 1

Thông số	pH		DO (mg/l)		BOD_5 (mg/l)		Tổng nitơ (mg/l)		Tổng phốt pho (mg/l)		Coliform (CFU/100 ml)	
Ngày	TDT1_0	HBN1_0	TDT1_0	HBN1_0	TDT1_0	HBN1_0	TDT1_0	HBN1_0	TDT1_0	HBN1_0	TDT1_0	HBN1_0
1	7,48 ± 0,24	7,66 ± 0,13	3,48 ± 0,15	4,38 ± 0,11	8,96 ± 0,33	6,26 ± 0,45	3,36 ± 0,13	3,36 ± 0,11	0,27 ± 0,10	0,21 ± 0,04	8.600	5.600
2	7,56 ± 0,17	7,64 ± 0,20	3,50 ± 0,11	4,36 ± 0,17	8,94 ± 0,47	6,30 ± 0,54	3,62 ± 0,11	3,59 ± 0,08	0,26 ± 0,08	0,21 ± 0,06	8.500	5.700
3	7,63 ± 0,23	7,64 ± 0,21	3,42 ± 0,23	4,35 ± 0,19	8,92 ± 0,50	6,31 ± 0,51	3,92 ± 0,13	3,56 ± 0,15	0,28 ± 0,07	0,22 ± 0,06	8.600	5.800
4	7,63 ± 0,13	7,62 ± 0,14	3,42 ± 0,16	4,31 ± 0,14	9,06 ± 0,44	6,58 ± 0,28	3,72 ± 0,15	3,62 ± 0,13	0,28 ± 0,09	0,21 ± 0,03	8.700	5.700
5	7,51 ± 0,13	7,61 ± 0,19	3,46 ± 0,24	4,26 ± 0,28	9,04 ± 0,31	6,55 ± 0,29	3,64 ± 0,11	3,61 ± 0,06	0,28 ± 0,01	0,22 ± 0,09	8.800	5.800
10	7,54 ± 0,12	7,62 ± 0,10	3,14 ± 0,26	4,13 ± 0,29	9,59 ± 0,52	6,72 ± 0,32	3,78 ± 0,10	3,72 ± 0,09	0,30 ± 0,02	0,26 ± 0,01	9.500	6.900
15	7,60 ± 0,15	7,68 ± 0,17	2,69 ± 0,21	4,06 ± 0,23	10,77 ± 0,38	7,28 ± 0,55	3,92 ± 0,07	3,89 ± 0,08	0,32 ± 0,02	0,28 ± 0,02	10.800	8.700
20	7,65 ± 0,20	7,67 ± 0,20	2,31 ± 0,18	3,95 ± 0,28	11,57 ± 0,32	8,03 ± 0,23	4,02 ± 0,07	4,06 ± 0,12	0,40 ± 0,02	0,35 ± 0,01	12.400	10.600
30	7,70 ± 0,17	7,83 ± 0,21	2,09 ± 0,11	2,53 ± 0,15	12,41 ± 0,25	10,02 ± 0,34	4,35 ± 0,08	4,23 ± 0,12	0,35 ± 0,01	0,32 ± 0,02	15.600	12.000

Ghi chú: Các giá trị pH, DO, BOD_5, tổng nitơ, tổng phốt pho là giá trị trung bình của các lần đo. Riêng chỉ tiêu Coliform chỉ được phân tích 01 lần/ mẫu do số lượng đĩa Petrifilm có giới hạn nên không xác định được độ lệch chuẩn.

3.1.2. Mô hình đối chứng trong thí nghiệm 2

Các mẫu đối chứng của thí nghiệm 2 là mẫu hỗn hợp thu trong đợt lấy mẫu lần 2, từ các vị trí M1, M2, M3 và M4, M5, M6 tương ứng của 2 hồ cảnh quan. Mục đích của việc thu mẫu đợt 2 là nhằm tăng cơ sở biện luận về khả năng thích nghi với môi trường nước hồ và xử lý sinh học hiệu quả các chất hữu cơ và chất dinh dưỡng với sự biến động nồng độ của mẫu nước mặt trong tự nhiên của 03 loài TVTS trong nghiên cứu.

Kết quả phân tích chất lượng nước trong 02 mô hình đối chứng ở thí nghiệm 2 (TDT20 và HBN20) được trình bày ở Bảng 4. Nhìn chung, các thông số chất lượng nước không có sự biến động đáng kể so với các mẫu đối chứng đã phân tích ở thí nghiệm 1.

Cụ thể, nồng độ DO ban đầu của TDT20 và HBN20 thấp hơn giá trị đo được của TDT10 và HBN10; ngược lại nồng độ BOD_5 của TDT20 và HBN20 cao hơn so với giá trị tìm thấy ở TDT10 và HBN10; là do các mẫu nước trong thí nghiệm 2 bị ảnh hưởng bởi lượng mưa ngày trước đó. Việc một lượng lớn chất hữu cơ từ các khu vực xung quanh được rửa trôi nhờ lượng mưa xuống khu vực nghiên cứu làm cho BOD tăng lên.

Đối với thông số tổng nitơ, trong 03 ngày đầu, ở mô hình TDT20, không có sự biến động (3,36 mg/l). Trong khi đó, tổng nitơ trong HBN20 có sự chênh lệch đáng kể giữa thí nghiệm 1 và 2. Đối với thông số tổng phốt pho thì kết quả cho thấy các mẫu đối chứng TDT20, HBN20, đều có nồng độ tổng phốt pho cao hơn so với TDT10, HBN10.

Tương đồng về thành phần vi sinh trong 02 mô hình đối chứng của thí nghiệm 1, tổng Coliform ở cả 02 mô hình đối chứng của thí nghiệm 2 cũng gia tăng theo thời gian, từ 7.400 lên 16.000 CFU/100ml đối với TDT20, và từ 3.000 lên 10.800 CFU/100ml đối với HBN20.

Tuy nhiên, kết quả ghi nhận không có sự xuất hiện của hiện tượng phú dưỡng hóa trong cả 02 mô hình TDT20 và HBN20 tại thí nghiệm 2 (Hình 4), cho thấy sự khác biệt đối với thí nghiệm 1 (Hình 3).

Bảng 4. Sự thay đổi của các thông số chất lượng nước trong 02 mô hình đối chứng – Thí nghiệm 2

Thông số	pH		DO (mg/l)		BOD_5 (mg/l)		Tổng nitơ (mg/l)		Tổng phốt pho (mg/l)		Coliform (CFU/100 ml)	
Ngày	TDT2_0	HBN2_0	TDT2_0	HBN2_0	TDT2_0	HBN2_0	TDT2_0	HBN2_0	TDT2_0	HBN2_0	TDT2_0	HBN2_0
1	7,71 ± 0,17	7,43 ± 0,18	3,73 ± 0,25	4,67 ± 0,18	9,89 ± 0,36	7,21 ± 0,27	3,36 ± 0,04	2,80 ± 0,02	0,36 ± 0,01	0,28 ± 0,02	7.400	3.000
2	7,76 ± 0,19	7,36 ± 0,22	3,67 ± 0,17	4,53 ± 0,13	9,94 ± 0,47	7,26 ± 0,31	3,36 ± 0,03	2,80 ± 0,03	0,35 ± 0,01	0,27 ± 0,02	7.400	3.100
3	7,79 ± 0,17	7,45 ± 0,24	3,63 ± 0,26	4,47 ± 0,25	9,92 ± 0,17	7,24 ± 0,31	3,36 ± 0,04	2,80 ± 0,01	0,34 ± 0,03	0,28 ± 0,01	7.400	3.000
4	7,69 ± 0,17	7,40 ± 0,11	3,62 ± 0,14	4,41 ± 0,17	10,12 ± 0,29	7,31 ± 0,15	3,92 ± 0,05	3,06 ± 0,01	0,35 ± 0,02	0,28 ± 0,02	7.600	3.200
5	7,74 ± 0,28	7,37 ± 0,20	3,56 ± 0,19	4,34 ± 0,22	10,09 ± 0,132	7,29 ± 0,47	3,92 ± 0,03	3,36 ± 0,05	0,36 ± 0,03	0,27 ± 0,02	7.400	3.200
10	7,54 ± 0,11	7,26 ± 0,23	3,26 ± 0,27	4,13 ± 0,25	10,89 ± 0,47	7,73 ± 0,42	4,12 ± 0,04	3,68 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,31 ± 0,01	8.400	5.500
15	7,65 ± 0,22	7,47 ± 0,22	3,04 ± 0,23	3,92 ± 0,24	11,43 ± 0,39	8,16 ± 0,17	4,48 ± 0,02	3,86 ± 0,01	0,42 ± 0,02	0,35 ± 0,02	9.600	7.000
20	7,79 ± 0,28	7,56 ± 0,13	2,69 ± 0,16	3,63 ± 0,15	12,06 ± 0,46	8,88 ± 0,29	4,68 ± 0,01	4,24 ± 0,01	0,45 ± 0,02	0,38 ± 0,02	12.400	8.400
30	7,63 ± 0,24	7,61 ± 0,17	2,31 ± 0,20	3,29 ± 0,25	13,21 ± 0,14	9,63 ± 0,45	5,05 ± 0,04	4,48 ± 0,02	0,49 ± 0,02	0,40 ± 0,02	16.000	10.800

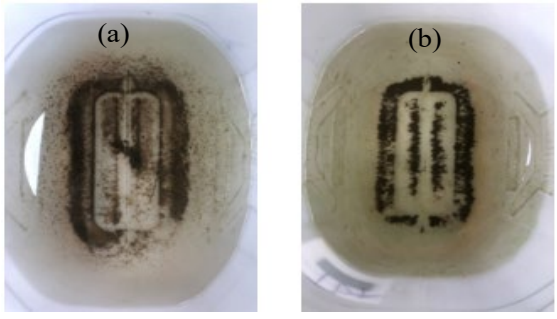
Ghi chú: Các giá trị pH, DO, BOD_5, tổng Nitơ, tổng phốt pho là giá trị trung bình của các lần đo. Riêng chỉ tiêu Coliform chỉ được phân tích 01 lần/ mẫu do số lượng đĩa Petrifilm có giới hạn nên không xác định được độ lệch chuẩn.

3.2. Sự thay đổi chất lượng nước trong các mô hình nuôi trồng 03 loài TVTS riêng lẻ (Thí nghiệm 1)

3.2.1. Chất dinh dưỡng và chất hữu cơ

Kết quả thực nghiệm nuôi trồng 03 loại TVTS bao gồm: dương xỉ lá hẹp, cú cơm, bèo tai chuột trong 30 ngày cho thấy có sự tham gia xử lý chất dinh dưỡng và chất hữu cơ khác nhau tuỳ vào đặc điểm sinh học mỗi loại. Hiệu quả xử lý chất hữu cơ, chất dinh dưỡng và Coliform của 03 loài TVTS ở các mô hình sau 30 ngày theo dõi của thí nghiệm 1, được trình bày ở Bảng 5 và các Hình 5 – 8. Cụ thể:

- Đối với chỉ tiêu chất hữu cơ (BOD_5): nhìn chung, 03 loài TVTS được chọn trong nghiên cứu không thể hiện hiệu suất cao trong xử lý chất hữu cơ. Sau 30 ngày khảo sát, hiệu suất loại bỏ BOD_5 cao nhất được tìm thấy trong mô hình nuôi trồng bèo tai chuột (13,9% - TDT1_3 và 14,0% - HBN1_3). Sự phân hủy sinh học các chất hữu cơ trong thí nghiệm nuôi trồng TVTS chủ yếu là loại bỏ các chất hữu cơ ở dạng hòa tan. Các chất hữu cơ còn lại cùng các chất rắn lắng được loại bỏ thông qua quá trình lắng. Cơ chế phân hủy sinh học này xảy ra khi các chất hữu cơ hòa tan được mang vào lớp màng vi sinh bám trên phần thân ngập nước của thực vật và được phân hủy bởi các vi sinh vật, chủ yếu là vi khuẩn và nấm, sống trong rễ. Bộ rễ với mật độ cao là giá thể bám dính của hệ vi sinh vật phát triển trong nước; tăng mật độ tiếp xúc giữa vi sinh vật và nguồn nước cần xử lý. Nhờ đó TVTS cung cấp môi trường thích hợp cho vi sinh vật thực hiện quá trình phân hủy sinh học. Chúng cũng giúp vận chuyển oxy vào vùng rễ thông qua quá trình khuếch tán (Chau et al., 2012; Nguyen et al., 2017).



Hình 4. Hình ảnh thực tế của 02 mô hình đối chứng (a) TDT20 và (b) HBN20 sau 30 ngày theo dõi ở thí nghiệm 2

- Đối với các chỉ tiêu chất dinh dưỡng (tổng nitơ và tổng phốt pho): cú cơm có hiệu suất xử lý chất dinh dưỡng cao nhất (82,1% - TDT12 và 66,7% – HBN12), tổng phốt pho đạt 92,3 % – TDT1_2 và 86,9% – HBN1_2. Hiệu quả xử lý chất dinh dưỡng

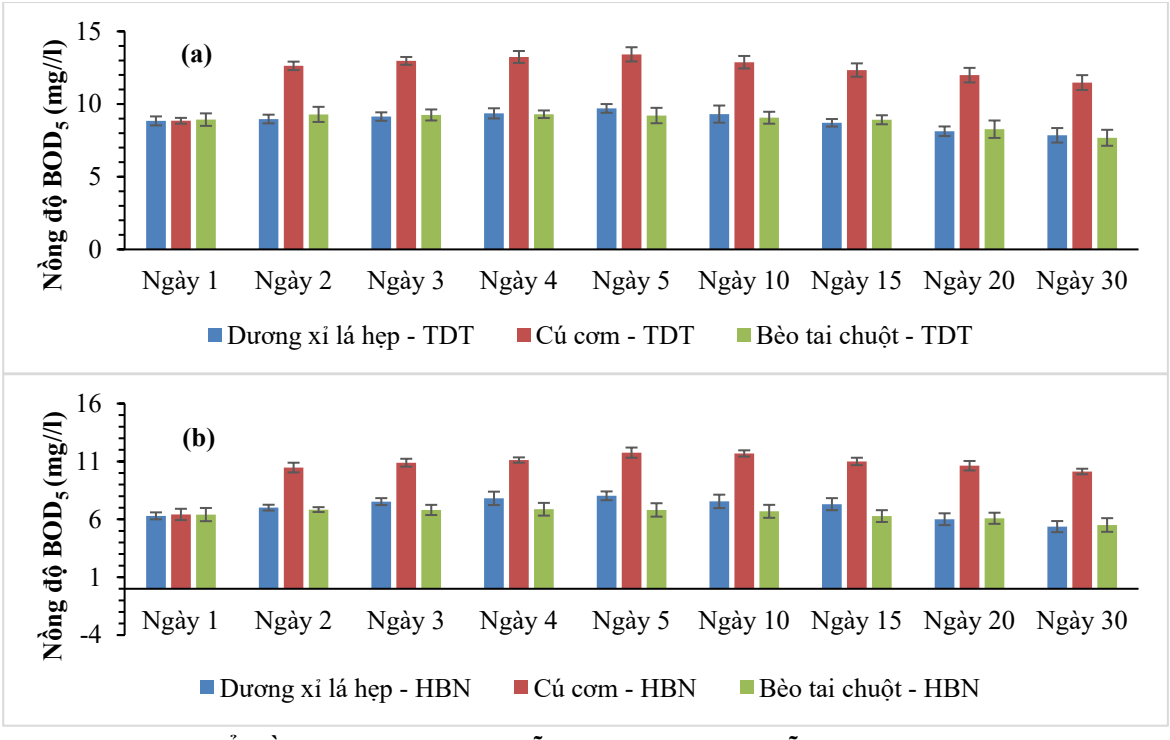
của TVTS trong các mẫu nước nghiên cứu có thể giải thích là do một hoặc tổng hợp các cơ chế sau: (i) các acid amin đơn giản có thể được hấp thu trực tiếp bởi rễ cây, (ii) do TVTS tiết ra một số enzyme đặc hiệu để phân cắt các hợp chất N, P hữu cơ thành các hợp chất đơn giản TVTS có thể hấp thụ được, hoặc (iii) cộng đồng vi sinh vật sống trong vùng rễ TVTS có khả năng khoáng hóa các hợp chất hữu cơ để cung cấp dinh dưỡng khoáng cho cây trồng. Richardson et al. (2000) nghiên cứu trồng cây lúa mì trong dung dịch dinh dưỡng chứa các hợp chất P hữu cơ đã chứng minh rằng lúa mì có khả năng tự đáp ứng nhu cầu P bằng cách phân hủy các hợp chất P hữu cơ thành ion phosphate hòa tan nhờ các enzyme phosphomonoesterase và phytase. Bên cạnh đó, Chau et al. (2012) nghiên cứu lục bình và cỏ Vertiver cũng chỉ rõ khả năng giúp giảm hàm lượng N, P của lục bình và cỏ Vertiver là do sự hấp thu trực tiếp hoặc có sự tham gia của các enzyme chuyên biệt và hoạt động khoáng hóa của vi sinh vật vùng rễ.

– Đối với chỉ tiêu Coliform: cơ chế xử lý Coliform của các loài TVTS là nhờ bộ rễ của chúng. Khi các TVTS hút nước trong thùng chứa thông qua bộ rễ thì Coliform sẽ được giữ lại tại hệ rễ của TVTS, bị các vi sinh vật sống quanh rễ cạnh tranh tiêu diệt và bị ion hóa bởi ánh sáng mặt trời (Nguyen et al., 2015). Kết quả xử lý tổng Coliform trong nghiên cứu cho thấy cú cơm đạt hiệu suất cao nhất là 92,8% – TDT1_2 và 88,8% – HBN1_2. Dương xỉ lá hẹp và bèo tai chuột có hiệu quả loại bỏ vi sinh trong nguồn nước không đạt yêu cầu. Kết quả xử lý Coliform không đạt yêu cầu được ghi nhận là do lượng Coliform trong các mô hình sau 30 ngày thí nghiệm tăng cao hơn giá trị ban đầu.

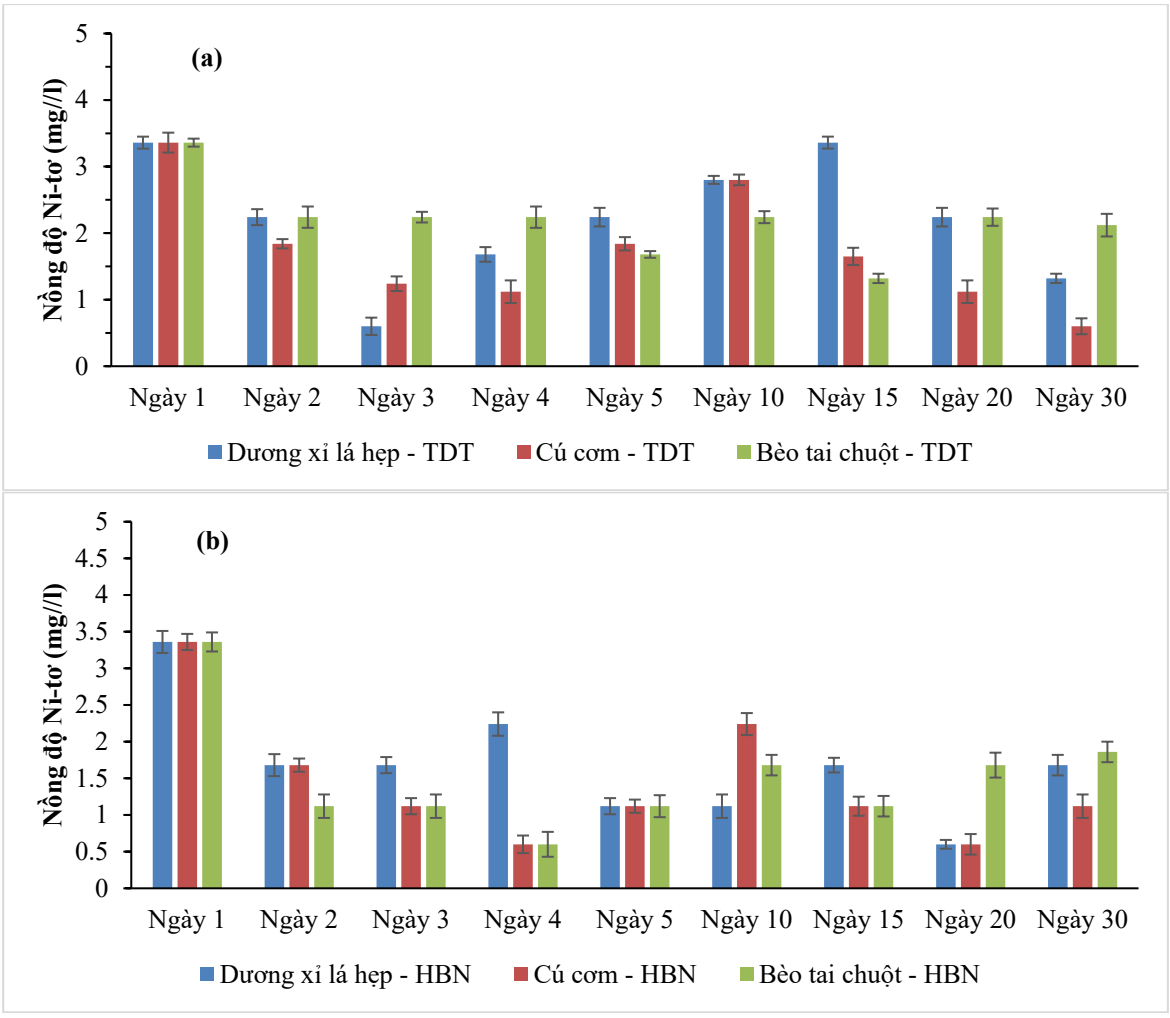
Bảng 5. Hiệu suất xử lý của 03 loài TVTS trong các mô hình nuôi trồng riêng lẻ của thí nghiệm 1

Thông số	Hiệu suất xử lý (%) của các mô hình tương ứng với các loài TVTS					
	Dương xỉ lá hẹp		Cú cơm		Bèo tai chuột	
	TDT1_1	HBN1_1	TDT1_2	HBN1_2	TDT1_3	HBN1_3
BOD_5	13,9%	14,0%	KĐ	KĐ	11,2 %	14,8 %
TN	60,7%	50 %	82,1 %	66,7%	36,9 %	44,4 %
TP	76 %	72,2 %	92,3%	86,9%	22 %	26 %
Coliform	KĐ	KĐ	92,8 %	88,8 %	KĐ	KĐ

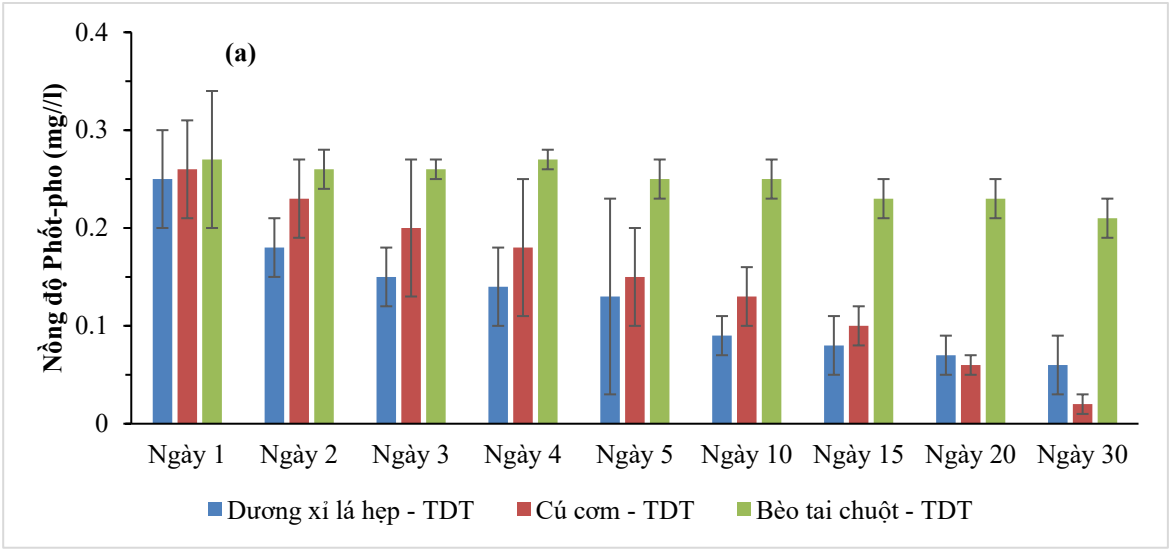
Ghi chú: KĐ – Không đạt.

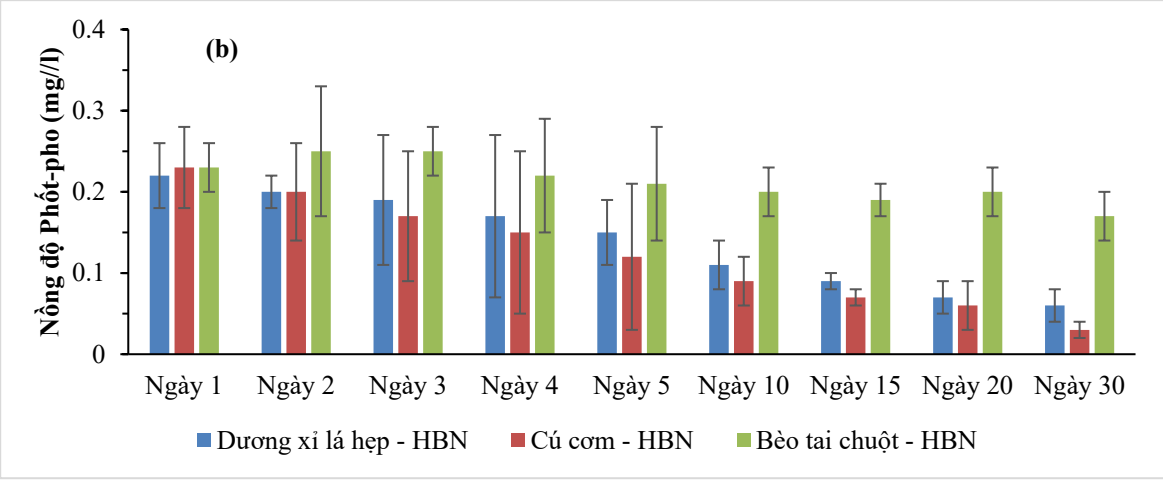


Hình 5. Sự thay đổi nồng độ BOD_5 của (a) mẫu nước TDT và (b) mẫu nước HBN trong 30 ngày thí nghiệm nuôi trồng riêng lẻ 03 loài TVTS

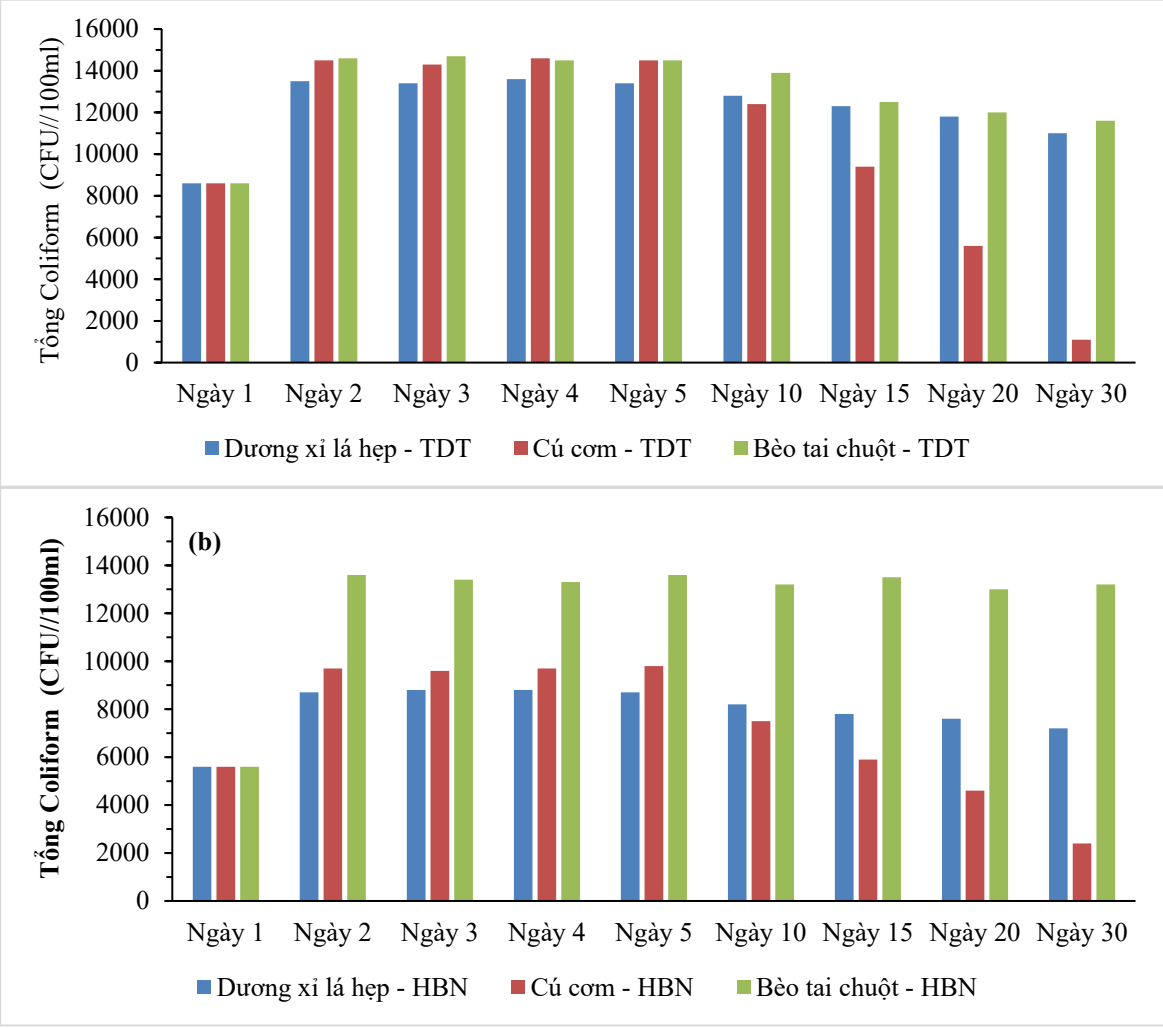


Hình 6. Sự thay đổi nồng độ tổng nitơ của (a) mẫu nước TDT và (b) mẫu nước HBN trong 30 ngày thí nghiệm nuôi trồng riêng lẻ 03 loài TVTS





Hình 7. Sự thay đổi nồng độ tổng phốt pho của (a) mẫu nước TDT và (b) mẫu nước HBN trong 30 ngày thí nghiệm nuôi trồng riêng lẻ 03 loài TVTS



Hình 8. Sự thay đổi nồng độ tổng Coliform của (a) mẫu nước TDT và (b) mẫu nước HBN trong 30 ngày thí nghiệm nuôi trồng riêng lẻ 03 loài TVTS

3.2.2. Đánh giá khả năng sinh trưởng và phát triển sinh khối của từng loài TVTS

Kết quả thí nghiệm 1 cho thấy khả năng thích ứng và sinh trưởng phát triển của 03 loài TVTS trong môi trường nước mặt có sự khác nhau rõ rệt.

– Dương xỉ lá hẹp thể hiện sự thích nghi và sinh trưởng nhanh với môi trường nước thực nghiệm. Khối lượng tươi tăng 14,63% trong mô hình HBN11 và tăng 15,50% đối với mô hình TDT11.

– Cú cơm cho thấy sự tăng trưởng rõ rệt trong 30 ngày thực nghiệm. Mặc dù khối lượng tươi không tăng đáng kể nhưng các bộ phận như độ dài thân – rễ – lá có sự tăng lên. Ghi nhận ban đầu trước khi nuôi trồng, tổng số cá thể khoảng 35 cây (TDT12) và 33 cây (HBN12). Sau 30 ngày, tổng số các thể ghi nhận là 48 cây (TDT12) và 51 cây (HBN12).

– Đối với bèo tai chuột, do đặc tính vòng đời ngắn, phát triển nhanh chóng trong 15 ngày đầu thí nghiệm, sau đó giảm dần cả số lượng cá thể đến khối lượng khi kết thúc thực nghiệm. Do đó, bèo tai chuột không thích hợp cho việc xử lý sinh học cho các nguồn nước mặt trong thời gian dài (> 30 ngày).

Việc gia tăng khối lượng tươi và phát triển sinh khối của ba loài TVTS trên có ý nghĩa quan trọng trong việc hấp thu và xử lý chất hữu cơ, chất dinh dưỡng trong trong nước. Từ cơ sở trên, nghiên cứu tiếp tục tiến hành thí nghiệm 2 – nuôi trồng phối trộn 02 loài TVTS: dương xỉ lá hẹp và cú cơm.

3.3. Sự thay đổi chất lượng nước trong các mô hình nuôi trồng kết hợp các loài TVTS (Thí nghiệm 2)

Kết quả thực nghiệm nuôi trồng 02 loại TVTS gồm dương xỉ lá hẹp và cú cơm trong 30 ngày với các tỷ lệ khối lượng là 1:2, 2:1 và 1:1 cho thấy mỗi tỷ lệ kết hợp có hiệu suất xử lý chất dinh dưỡng và chất hữu cơ khác nhau tuỳ vào đặc điểm sinh học của loài chiếm ưu thế trong tỷ lệ (Bảng 6). Cụ thể:

Bảng 6. Hiệu quả xử lý chất hữu cơ, chất dinh dưỡng và Coliform của tổ hợp nuôi trồng dương xỉ lá hẹp và cú cơm theo các tỷ lệ kết hợp khác nhau (theo khối lượng) – Thí nghiệm 2

Thông số	Hiệu suất xử lý, (%)					
	Tỷ lệ 2:1		Tỷ lệ 1:2		Tỷ lệ 1:1	
	TDT2_1	HBN2_1	TDT2_2	HBN2_2	TDT2_3	HBN2_3
BOD_5	19,57 %	17,89 %	29,78 %	32,08 %	17,99 %	0,52 %
TN	66,66 %	78,57 %	66,66 %	60,00 %	74,40 %	63,57 %
TP	69,94 %	75 %	91,67 %	92,85 %	86,11 %	85,71 %
Coliform	KĐ	KĐ	64,86 %	16,67 %	16,21 %	KĐ

Ghi chú: KĐ – Không đạt.

Bảng 7. Đánh giá chất lượng nước thực nghiệm sau 30 ngày nuôi trồng kết hợp 02 loài TVTS

Thông số	Nước hồ cảnh quan TDT			Nước hồ cảnh quan HBN		
	Tỷ lệ (2:1) TDT2_1	Tỷ lệ (1:2) TDT2_2	Tỷ lệ (1:1) TDT2_3	Tỷ lệ (2:1) HBN2_1	Tỷ lệ (1:2) HBN2_2	Tỷ lệ (1:1) HBN2_3
pH	7,07 ± 0,19	6,17 ± 0,16	7,61 ± 0,15	6,92 ± 0,12	6,24 ± 0,13	7,35 ± 0,16
BOD_5 (mg/l)	7,93 ± 0,42	6,72 ± 0,49	8,16 ± 0,58	6,01 ± 0,62	5,08 ± 0,46	7,23 ± 0,67
DO (mg/l)	5,86 ± 0,20	4,57 ± 0,20	4,97 ± 0,28	6,43 ± 0,21	5,41 ± 0,11	5,76 ± 0,13
Tổng Phốt pho (mg/l)	0,11 ± 0.01	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,02	0,07 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,04 ± 0,02
Tổng Nitơ (mg/l)	1,12 ± 0.05	1,12 ± 0,03	0,86 ± 0,02	0,60 ± 0,02	1,12 ± 0,02	1,02 ± 0,04
Tổng Coliform (CFU/100ml)	12.800	2.600	6.200	12.000	2.500	8.400
Xếp loại chất lượng nước theo QCVN 08:2023/ BTNMT	Mức D	Mức B	Mức C	Mức D	Mức B	Mức D

– Cả 03 tỷ lệ kết hợp đều có hiệu suất xử lý BOD_5 ở mức tương đối thấp (< 35%), trong đó, hiệu suất đạt dưới 20% đối với tỷ lệ kết hợp 2:1 cho cả 02 mẫu nước. Tỷ lệ kết hợp 1:2 có hiệu suất xử lý tốt nhất với 29,78% – TDT2_2 và 32,08% – HBN2_2. Với tỷ lệ kết hợp 1:1, có sự chênh lệch không đồng đều khi có hiệu suất đạt 17,99% đối với TDT2_3 và nhưng chỉ 0,52% đối với HBN2_3. Kết

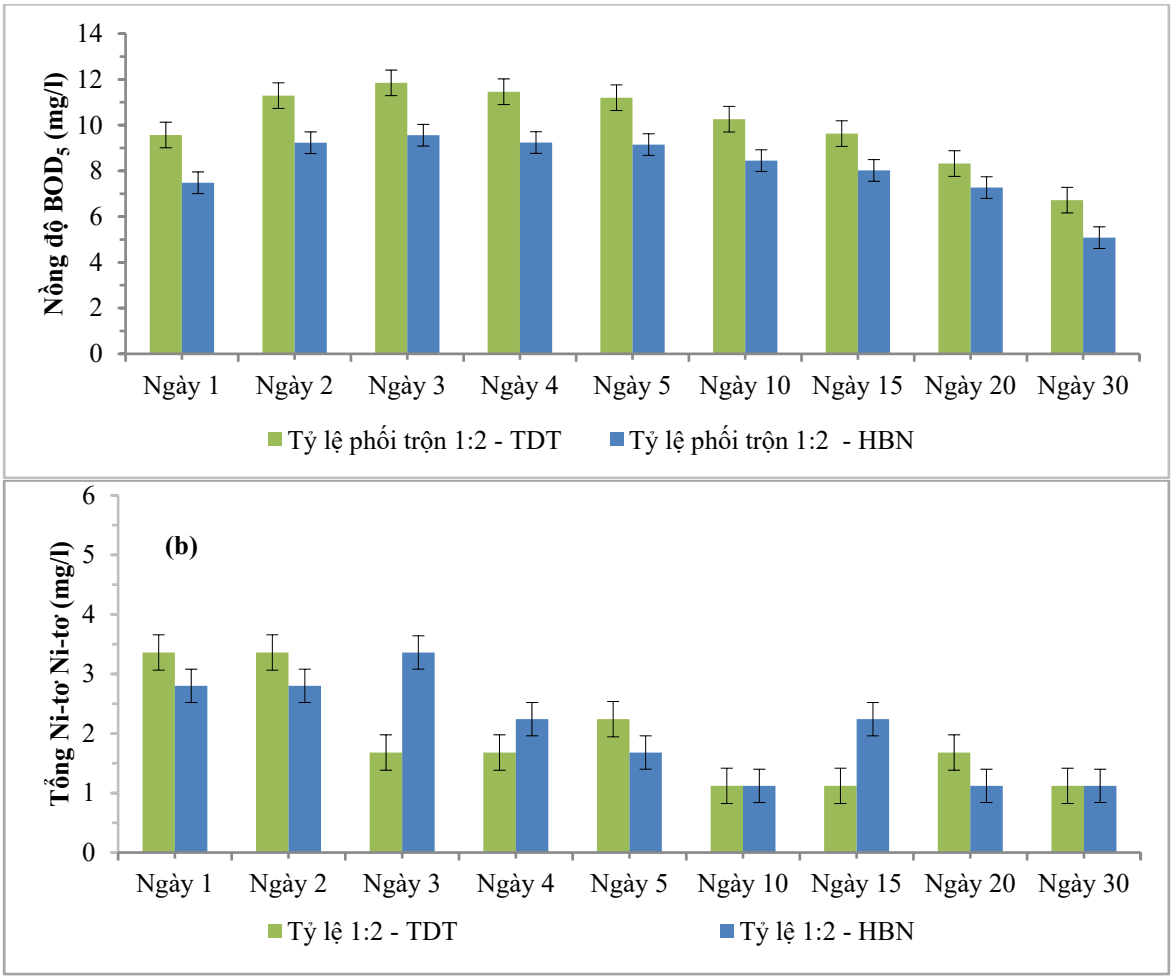
quả trong cả 02 thí nghiệm 1 cho thấy khả năng loại bỏ chất hữu cơ của dương xỉ lá hẹp và cú cơm là không cao.

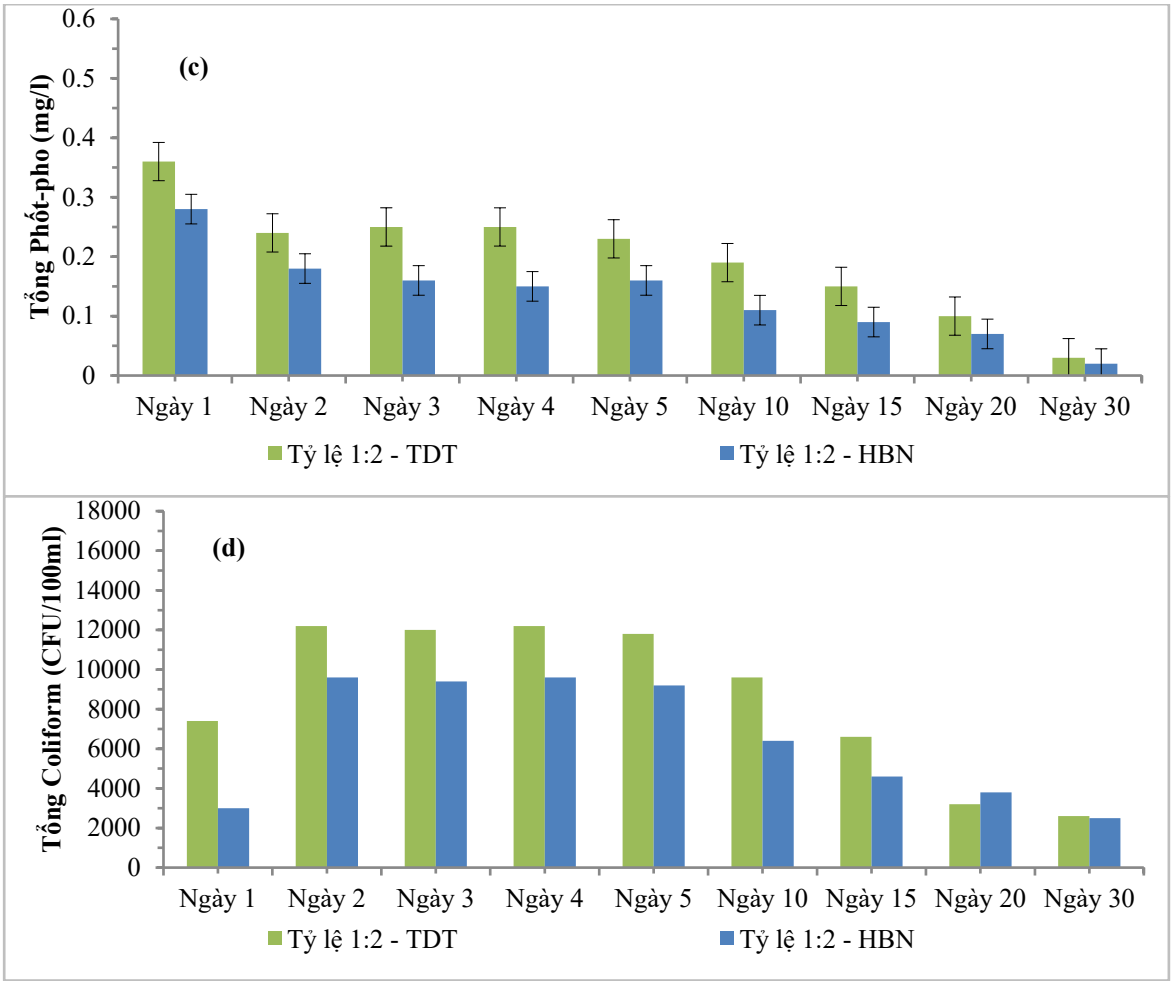
– Tuy nhiên đối với khả năng xử lý chất dinh dưỡng thì tất cả các mẫu kết hợp đều có hiệu suất xử lý tổng nồng độ nitơ và tổng nồng độ phốt pho đạt trên 60%. Đặc biệt, ở mô hình có tỷ lệ kết hợp là 1:2, hiệu suất xử lý nồng độ tổng phốt pho đạt trên 90% đối với cả 02 mẫu nước (TDT2_2 và HBN2_3).

– Kết quả xử lý chỉ tiêu tổng Coliform khả quan nhất được thể hiện ở các mô hình có tỷ lệ kết hợp theo khối lượng là 1:2 với hiệu suất đạt 64,86% (TDT2_2) và 16,66% (HBN2_2).

Chất lượng nước trong các mô hình nuôi trồng TVTS theo các tỷ lệ kết hợp khác nhau được so sánh với QCVN 08:2023/BTNMT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt. Kết quả cho thấy, mô hình nuôi trồng dương xỉ lá hẹp và cú cơm theo tỷ lệ kết hợp theo khối lượng 1:2 giúp cải thiện chất lượng mẫu nước hồ TDT và HBN tốt nhất (đạt mức B theo QCVN 08:2023/BTNMT - Bảng 7). Đây chính là cơ sở quan trọng để khẳng định khả năng áp dụng kết quả nghiên cứu vào thực tiễn nuôi trồng các TVST tại các hồ cảnh quan.

Sự thay đổi nồng độ các chất dinh dưỡng, chất hữu cơ và tổng Coliform theo thời gian trong hai mô hình nuôi trồng 02 loài TVTS theo tỷ lệ 1:2 (TDT2_2 và HBN2_2) được biểu diễn ở Hình 9.





Hình 9. Sự thay đổi (a) nồng độ BOD_5 , (b) tổng nitơ, (c) tổng phốt pho và (d) tổng Coliform trong 02 mô hình (TDT2_2 và HBN2_2) nuôi trồng phối hợp dương xỉ lá hẹp và cú cơm (tỷ lệ 1:2)

Hình 9 cho thấy xu hướng suy giảm khác nhau của cả nồng độ BOD_5, tổng nitơ, tổng phốt pho và tổng Coliform trong các mô hình thực nghiệm nuôi trồng kết hợp dương xỉ lá hẹp và cú cơm theo tỷ 1:2 đối với các mẫu nước TDT2_2 và HBN2_2 sau 30 ngày thực hiện thí nghiệm 2.

4. KẾT LUẬN

Kết quả thực nghiệm nuôi trồng 03 loại TVTS, gồm dương xỉ lá hẹp, cú cơm và bèo tai chuột trong môi trường nước hồ cảnh quan trong 30 ngày ở quy mô phòng thí nghiệm cho thấy, cú cơm có hiệu quả xử lý tốt nhất, tiếp đến là dương xỉ lá hẹp và cuối cùng là bèo tai chuột. Từ đây có thể bước đầu nhận định rằng, đối với các hồ nước mặt, cả mô hình nuôi trồng riêng lẻ ba loại TVTS nói trên và mô hình kết hợp nuôi trồng dương xỉ lá hẹp và cú cơm với tỷ lệ khối lượng là 1:2, đều có khả năng xử lý các chất dinh dưỡng, chất hữu cơ với hiệu quả đáng ghi nhận (đạt mức B theo QCVN 08:2023/BTNMT) và có thể đáp ứng tốt mục tiêu nghiên cứu là cải thiện chất lượng nước hồ và tạo điểm nhấn cảnh quan sinh thái cho các hồ cảnh quan nghiên cứu nói riêng hay các hồ cảnh quan trong đô thị TP. HCM.

Tuy nhiên, dựa trên kết quả thu thập và tổng hợp dữ liệu các công trình nghiên cứu hiện hữu về khả năng xử lý các chất ô nhiễm trong nguồn nước mặt (hoặc nước thải) của 03 loài TVTS được áp dụng trong nghiên cứu cho thấy kết quả nghiên cứu thực nghiệm cụ thể đối với 03 loài TVTS này chưa được tìm thấy. Đây là một trong những điểm hạn chế của nghiên cứu khi chưa trình bày được bảng so sánh hiệu quả xử lý chất hữu cơ và chất dinh dưỡng của 03 loài TVTS áp dụng trong nghiên cứu này với các công trình có liên quan. Ngoài ra, nghiên cứu được thực hiện trong quy mô phòng thí nghiệm nên kết quả thực nghiệm được trình bày trong bài báo có sự chênh lệch so với việc nuôi trồng các loài TVTS

trong môi trường tự nhiên. Do đó, nghiên cứu cũng đề xuất các hướng nghiên cứu mở rộng hơn trong quy mô hồ tự nhiên với dòng nước động và có sự bổ sung dòng chảy và tải lượng ô nhiễm bên ngoài nhằm xác định chính xác hơn khả năng xử lý ô nhiễm hữu cơ của các loài TVTS và qua đó hoàn thiện cơ sở áp dụng kết quả nghiên cứu vào thực tiễn các nguồn nước mặt trong đô thị.

LỜI CẢM TẠ

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Tôn Đức Thắng trong đề tài mã số FOSTECT.2023.55.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

Amy, P. S., & Jody, C. (2007). *Aquatic Plants and Algae of New Hampshire's Lakes and Ponds.* United States of America: New Hampshire Department of Environmental Services.

Aron, L., Botella, M., & Lubart, T. (2019). Aoi, T., & Hayashi, T. (1996). Nutrient removal by water lettuce (Pisitia Stratiotes). *Water Science and Technology, 34*, 407 – 412. https://doi.org/10.2166/wst.1996.0648

Bastian, S., Wright, S., Miller, Bryant, L. D., Kjeldsen, T. R., Maconachie, R., Gbanie, P., Bangura, K. S., and Kamara, A. J. (2022). Urban surface water quality and the potential of phytoremediation to improve water quality in peri-urban and urban areas in sub-Saharan Africa – a review. *Water supply, 22*(11), 8372 – 8404. https://doi.org/10.2166/ws.2022.352

Bhupinder, D. (2013). *Phytoremediation: Role of Aquatic Plants in Environmental Clean – Up*. Delhi, India: Springer.

Boyd, C. E., & Green, B. W. (2002*). Coastal Water Quality Monitoring in Shrimp Farming Areas: An Example form Honduras*. World Bank, USA.

Bui, T. K. A., Nguyen, V. T., Nguyen, H C., & Bui, Q. L. (2019). Analysis and evaluation of the application potential of artificial vegetation filter beds for treatment of pig farming wastewater after biogas unit. *Journal of Water Resource & Environmental Engineering, 66,* 10 – 15 (*in Vietnamese).*

Chau, M. K., Nguyen, V. C. D., & Chau, T. N. (2012). The ability of water hyacinth (*Eichhorina Crassipes*) and Vertiver grass (*Vertiver Zizanioides*) to remove organic nitrogen and phosphorus pollution in catfish pond wastewater. *Can Tho University Journal of Science, 21b*, 151 – 160 (*in Vietnamese).*

García, J., Rousseau, D. P. L., Morató, J., Lesage, E., Matamoros, V., Bayona, J. M. (2010). Contaminant Removal Processes in Subsurface-Flow Constructed Wetlands: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *7*(40), 2010, 561 – 661. https://doi.org/10.1080/10643380802471076

Kadlec, R. H., Knight, R. L., Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P., & Haberl, R. (2000). *Constructed wetlands for pollution.* IWA Publishing, London.

Dang, Đ. K., Le, D., Tran, V. T., Bui, T. K. A., & Dang, T. A. (2011). *Treatment of environmental pollution with plants (phytoremediation)*. Ha Noi. Agriculture Publisher (*in Vietnamese)*.

Mai, H. T. T., & Nguyen, T. D. C. (2017). Treatment of organic matter and ammonia in dairy processing wastewater by aerobic biological filtration combined with plants. *Vietnam National University Journal of Science, 2*(33), 74 – 80 (*in Vietnamese)*.

Nguyen, M. K., Nguyen, C. M., Pham, V. M., Nguyen, T. Q. H., & Phan, T. S. (2021). Application of constructed wetlands technology with common grasses to remove pollutants from surface water. *Can Tho University Journal of Science, 5A*, 32 – 43 (*in Vietnamese)*. https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2021.139

Nguyen, M. P., Nguyen, H. T, Tran, M. K., & Cung, P. H. (2023). Study on Aquaculture Wastewater Treatment by Aquatic Plants. *Vietnam National University Journal of Science: Earth and Environmental Science, 4*(39), 51 – 62 (*in Vietnamese)*. https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4995

Nguyen, T. K. N., & Pham, T. M. T. (2017). Research on the capacity of wastewater treatment of some type of plants. *Thu Dau Mot University Journal of Science, 4*(35)*,* 80 – 87 (*in Vietnamese)*.

Nguyen, T. L., Vo, T. C. T., Nguyen, T. L., Đang, C. T., Phung, T. H., & Nguyen, V. C. N. (2015). Evaluation of treatment efficiency of domestic wastewater by aquatic plants. *Can Tho University Journal of Science, special issue: Environment and Climate change*, 119 – 128 (*in Vietnamese)*.

Nguyen, T. M. T., Nguyen, T. T. H., To, N. N. N., Vo, M. Q., & Nguyen, T. H. (2023). Design of the bio-landscape raft for urban water-lake treatment in Ho Chi Minh city, Vietnam. *AIP Conf. Proc. 2560*.

Vu, T. N. (2018). *Study on the application of aquatic plants in the treatment of pig farming wastewater* (PhD thesis in environmental engineering). Graduate University of Sciences and Technology – Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam (*in Vietnamese)*.

Nguyen, V. T., Dương, T. H., Nguyen, T. T. T., Bui, T. K. A., & Tran, V. K. (2022). Evaluating the treatment efficiency of the subsurface constructed wetlands system and free-floating plants system for the wastewater from noodle handicraft village in Hiep Hoa commune, Quang Yen town, Quang Ninh province. *Thai Nguyen University Journal of Science and Technology*, *227*(8), 367 – 375 (*in Vietnamese)*. https://doi.org/10.34238/tnu-jst.5926

Nguyen, T. H. N., Truong, P. Q., & Pham, T. L. (2022). Wastewater treatment potential of *Pistia Stratiotes* in the recirculating aquaculture system for grow-out bighead catfish (*Clarias macrocephalus). Journal of Vietnam Agricultural Science and Technology, 6*(1)*,* 2769 – 2778 (*in Vietnamese)*. https://doi.org/10.46826/huaf-jasat.v6n1y2022.826

Osem, Y., Chen, Y., Levinson, D., & Hadar, Y. (2007). The effects of plant roots on microbial community structure in aerated wastewater-treatment reactors. *Ecological Engineering, 29*, 133–142. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.06.003

Pieterse A. H., & Murphy, K. J. (1990). *Aquatic Weeds: The Ecology and Management of Nuisance Aquatic Vegetation*. USA: Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780198541813.001.0001

Le, T. P., & Le, T. Đ. (2016). Study on the ability of water hyacinth to absorb lead Pb^{2+} in water. *Thu Dau Mot University Journal of Science, 3*(28), 42 – 49(*in Vietnamese)*.

Richardson, A. E., Hadobas, B. A., Hayes, J. E. (2000). Acid phosphomonoesterase and phytase activities of wheat (Triticum aestivum L.) roots and utilization of organic phosphorus substrates by seedling grown in sterile culture. *Plant, Cell, and Environment, 23*, 397 – 405. https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2000.00557.x

Rogers, H. H., & Davis, D. E. (1972). Nutrient Removal by Waterhyscinth. *Weed Science, 20*, 423 – 428. https://doi.org/10.1017/S0043174500036055

Tatar, S. Y., & Obek, E. (2014). Potential of Lemna gibba, L, and Lemna minor L, for accumulation of Boron from secondary. *Ecological Engineering, 70*, 332 – 336. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.06.033

Vu, T. P. T. (2017). *Experimental research, evaluating of the role of some aquatic plants and proposing biological solutions to improve the water quality of Nhue River* (PhD thesis). Institute of Hydrometeorology and Climate Change, Vietnam (*in Vietnamese)*.

Wu, S., Kuschk, P., Brix, H., Vymazal, J., & Dong, R. (2014). Development of Constructed Wetlands in Performance Intensifications for Wastewater Treatment: A Nitrogen and Organic Matter Targeted Review, *Water Research, 57*, 40 – 55. https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.03.020