

TREATMENT OF POLLUTED SURFACE WATER BY *Dracaena sanderiana* IN FLOATING CONSTRUCTED WETLAND

Le Thi Hoang Oanh, Nguyen Duc Ba, Luu Minh Loan, Nguyen Truong Quan, Cai Anh Tu*

University of Science - Vietnam National University, Hanoi

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	28/8/2023	Floating constructed wetland (FCW) is an ecological measure that is somewhat superior to surface water treatment compared to other types of wetlands because it can be applied in situ, is flexible to fluctuating water levels, and does not require additional land. Applying ornamental plants to FCW adds to its landscaping advantages and can create economic value. Therefore, the study evaluates the ability to treat polluted surface water of <i>Dracaena sanderiana</i> in the laboratory-scale FCW to provide a scientific basis for practical application. Experimental FCW is made of plastic carrier to support experimental plants floating on the surface of a 22 L water tank with a cross diameter of 300 mm. The changes of water quality parameters including COD, TSS, NH_4^+ , PO_4^{3-} , NO_3^- in two phases lasting for 13-17 days showed that the treatment efficiency of lucky bamboo plant did not have a big difference compared to the control system which was unvegetated (< 20%) and was significantly lower than that of <i>Cyperus alterfonius</i> (> 27%) in the FCW. Lucky bamboo plant is a beautiful ornamental plant with economic value but does not show its superiority in treating polluted surface water in FCW.
Revised:	28/9/2023	
Published:	28/9/2023	
KEYWORDS		
Floating constructed wetland		
Polluted surface water		
<i>Dracaena sanderiana</i>		
<i>Cyperus alterfonius</i>		
Nutrient removal		

KHẢ NĂNG XỬ LÝ NƯỚC MẶT BỊ Ô NHIỄM CỦA CÂY PHÁT LỘC (*Dracaena sanderiana*) TRONG HỆ ĐẤT NGẬP NƯỚC NỘI

Lê Thị Hoàng Oanh, Nguyễn Đức Bá, Lưu Minh Loan, Nguyễn Trường Quân, Cái Anh Tú*

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - ĐH Quốc gia Hà Nội

THÔNG TIN BÀI BÁO		TÓM TẮT
Ngày nhận bài:	28/8/2023	Đất ngập nước nội là một biện pháp sinh thái có phần ưu việt trong xử lý nước mặt so với các loại đất ngập nước khác do nó có thể áp dụng tại chỗ, linh hoạt với mực nước biến động và không đòi hỏi thêm diện tích đất đai. Áp dụng các loại cây cảnh cho đất ngập nước nội làm tăng thêm ưu điểm tạo cảnh quan của nó và có thể tạo ra giá trị kinh tế. Do vậy, nghiên cứu đánh giá khả năng xử lý nước mặt bị ô nhiễm của cây phát lộc (<i>Dracaena sanderiana</i>) trong hệ đất ngập nước nội quy mô phòng thí nghiệm nhằm cung cấp cơ sở khoa học cho việc áp dụng trong thực tiễn. Hệ đất ngập nước nội làm bằng giá nhựa để nâng đỡ thực vật thí nghiệm trên bề mặt của thùng nước chứa 22L với đường kính mặt 300 mm. Kết quả theo dõi các thông số chất lượng nước gồm COD, TSS, NH_4^+ , PO_4^{3-} , NO_3^- trong hai đợt kéo dài 13-17 ngày cho thấy hiệu quả xử lý của cây phát lộc không có chênh lệch lớn so với hệ đối chứng không trồng cây (< 20%) và thấp hơn rõ rệt so với cây thủy trúc (<i>Cyperus alterfonius</i>) (>27%) trong hệ đất ngập nước nội. Cây phát lộc là cây cảnh đẹp, có giá trị kinh tế nhưng không thể hiện tính ưu việt trong xử lý nước mặt bị ô nhiễm trong hệ đất ngập nước nội.
Ngày hoàn thiện:	28/9/2023	
Ngày đăng:	28/9/2023	
TỪ KHÓA		
Đất ngập nước nội		
Nước mặt ô nhiễm		
<i>Dracaena sanderiana</i>		
<i>Cyperus alterfonius</i>		
Xử lý dinh dưỡng		

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.8644>

* Corresponding author. Email: caianhtu@hus.edu.vn

1. Giới thiệu

Tại Việt Nam, tình hình ô nhiễm nước mặt ngày càng trở lên phổ biến do chúng tiếp nhận nước thải không qua xử lý từ các nguồn sinh hoạt, công nghiệp,... [1], [2]. Ô nhiễm nước mặt gây nhiều vấn đề như mất vệ sinh và mỹ quan (màu đen, mùi hôi thối), suy giảm chất lượng hệ sinh thái thủy sinh (phú dưỡng, độc chất) và từ đó ảnh hưởng đến sinh hoạt và sản xuất của con người. Xử lý ô nhiễm nước mặt đòi hỏi biện pháp quản lý tổng hợp, trong đó ứng dụng các biện pháp sinh thái ngày càng được chú ý.

Hệ đất ngập nước nổi (FCW - Floating Constructed Wetland) được hiểu theo nghĩa rộng là hệ nhân tạo có thực vật tồn tại ở dạng nổi nhờ hệ thống bè, cho phép bộ rễ phát triển trong nước phía dưới [3]. FCW được bắt đầu quan tâm ở đầu thế kỉ XX và được sử dụng lần đầu tiên bởi người dân ven biển Thổ Nhĩ Kỳ nhằm trồng cây thủy canh (cải, dưa chuột, hoa,...) [4]. Khả năng hấp thụ dinh dưỡng tốt và khả năng tăng cường xử lý chất ô nhiễm của thực vật và màng sinh học phát triển cùng bộ rễ của chúng đã khiến cho loại hệ đất ngập nước này được sử dụng làm công nghệ xử lý nước [5]. Năm 1979, người Đức đã chính thức chế tạo FCW để xử lý nước. Tiếp đến, các nước phát triển khác như Anh, Mỹ, Nhật và Canada đã áp dụng thành công FCW để xử lý thủy vực nước ô nhiễm như sông, hồ với hiệu quả tốt [6], [7]. Từ năm 1980, công nghệ này được sử dụng để phục hồi các thủy vực ô nhiễm tại Trung Quốc [8]. Hệ đất ngập nước nổi đặc biệt ưu việt đối với xử lý nước mặt do chúng không cần thêm diện tích như các hệ đất ngập nước khác và linh hoạt với sự thay đổi mực nước do khả năng nổi [3].

Cây phát lộc (*Dracaena sanderiana*) thuộc họ Agavaceae, là loài cây nhiệt đới, thân thảo, thường xanh được trồng làm cảnh trong nhà và ngoài trời [9]. Các cây cảnh nói chung thể hiện tiềm năng trong xử lý ô nhiễm và có chu kì sinh trưởng rất ngắn [10]. Bên cạnh đó, chúng lại có giá trị thẩm mỹ và kinh tế cao. *Dracaena* đã được nghiên cứu xử lý chất ô nhiễm, đặc biệt các chất hữu cơ bay hơi [9]. Nó cũng được nghiên cứu trong xử lý nước với vai trò cây nửa chìm nửa nổi trong hệ đất ngập nước dòng chảy mặt [11], [12], dòng chảy ngầm [13], [14].

Nghiên cứu này đánh giá khả năng xử lý nước mặt bị ô nhiễm của cây phát lộc trong hệ đất ngập nước nổi quy mô phòng thí nghiệm nhằm cung cấp cơ sở khoa học cho việc ứng dụng loại cây này trong thực tiễn.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu

Cây phát lộc (*Dracaena sanderiana*) được mua tại chợ dân sinh thuộc quận Thanh Xuân, Hà Nội. Tại phòng thí nghiệm, cây được rửa sạch, trồng trong nước máy 1 tuần sau đó trồng thích nghi trong nước mặt ô nhiễm 3 tuần trước khi cho vào hệ đất ngập nước nổi quy mô phòng thí nghiệm để tiến hành thí nghiệm.

Cây thủy trúc (*Cyperus alterfontius*) được lựa chọn làm thực vật so sánh, được uơng trồng từ lá thủy trúc và nuôi trong nước mặt bị ô nhiễm tại phòng thí nghiệm Bộ môn Công nghệ Môi trường, Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.

Nước mặt bị ô nhiễm được pha chế nhân tạo, mô phỏng đặc tính ô nhiễm của một số sông hồ tại Hà Nội từ nước máy, hoá chất Xylong Trung Quốc (KH_2PO_4 , KNO_3 , NH_4Cl , sucrose, pepton) và huyền phù đất đồi (5 g/L, để lắng 2 giờ).

2.2. Phương pháp đánh giá khả năng xử lý nước mặt bị ô nhiễm của cây phát lộc trong hệ đất ngập nước nổi quy mô phòng thí nghiệm

Hệ đất ngập nước nổi được cấu tạo bằng giá nhựa để nâng đỡ cây ở trên bề mặt của thùng nhựa thí nghiệm có thể tích hiệu dụng 22 L (chiều cao 375 mm, đường kính đáy 268 mm và đường kính miệng 300 mm). Một van lấy mẫu được đặt tại vị trí cách đáy thùng 10 cm, cách đều vị trí đáy của giá nhựa và đáy thùng. Cây phát lộc và thủy trúc được trồng với diện tích che phủ lá như nhau và tương đương 30% diện tích bề mặt thùng. 22 L nước mặt nhân tạo được cho vào

hệ để mô phỏng nước tại thủy vực. Ngoài 2 hệ trồng cây, một hệ không trồng cây được sử dụng để làm mẫu đối chứng về khả năng xử lý nước mặt bị ô nhiễm của các thực vật.

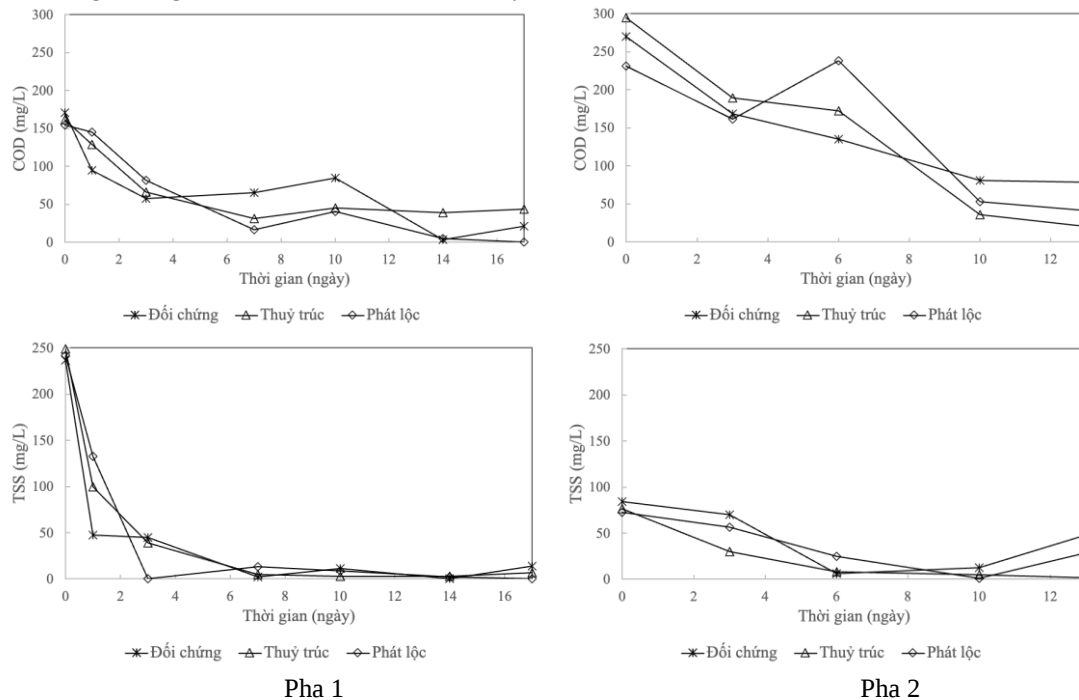
Nước trong hệ được lấy tại các thời điểm cách nhau 1-4 ngày trong 13-17 ngày để phân tích các chỉ tiêu về chất lượng như pH, COD, TSS, NH_4^+ , PO_4^{3-} , NO_3^- nhằm đánh giá khả năng xử lý chất ô nhiễm của thực vật trong hệ đất ngập nước nổi. Các chỉ tiêu chất lượng nước được phân tích theo các phương pháp tiêu chuẩn của Việt Nam và Hiệp hội Sức khỏe Cộng đồng Mỹ (APHA 2005).

Thí nghiệm được tiến hành theo 2 pha với chất lượng nước mặt bị ô nhiễm khác biệt (COD, TSS, NH_4^+ , NO_3^-).

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Khả năng xử lý COD và TSS

COD và TSS của nước mặt tại các hệ thí nghiệm được khảo sát trong khoảng thời gian 13-17 ngày (Hình 1). Có thể thấy rằng, COD và TSS trong các hệ suy giảm theo thời gian trong cả điều kiện đối chứng và điều kiện thí nghiệm ở cả 2 pha. Hiệu quả xử lý có thể đạt đến 92-100% đối với COD và 98-100% đối với TSS. Tuy vậy, hệ đối chứng và thí nghiệm không có sự khác biệt về COD và TSS khi hàm lượng ban đầu của chúng khác nhau ở 2 pha. Hai loại cây được nghiên cứu cũng không bộc lộ sự khác biệt khi xử lý COD và TSS của nước mặt bị ô nhiễm.

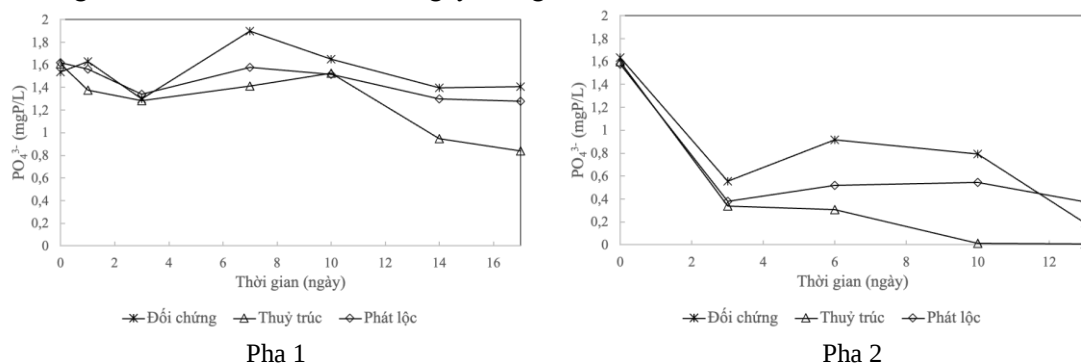


Hình 1. Sự thay đổi hàm lượng COD và TSS của nước mặt khi được xử lý bằng hệ đất ngập nước nổi

Khả năng xử lý TSS và COD của đất ngập nước cao hơn so với một số nghiên cứu nhưng không chênh lệch rõ giữa hệ thí nghiệm và hệ đối chứng. Với hệ đất ngập nước nổi tiếp gồm đất ngập nước dòng chảy mặt và dòng chảy ngầm, hiệu quả xử lý COD là -0,1-20,6%; Dòng ra của hệ dòng chảy mặt không thể hiện khả năng loại bỏ TSS mà thậm chí còn làm giá trị này tăng cao [13]. Trong nghiên cứu của Nguyễn & cs (2020), khả năng xử lý TSS của hệ dòng chảy mặt chỉ đạt 11-21% [12]. Hiệu quả xử lý TSS thấp hoặc hiện tượng TSS tăng được giải thích bởi sự phát triển của tảo, sự thiếu vắng của vật liệu lọc ở hệ đất ngập nước dòng chảy mặt hay hiệu ứng khuấy động của dòng chảy đầu vào [12], [13].

3.2. Khả năng xử lý PO_4^{3-}

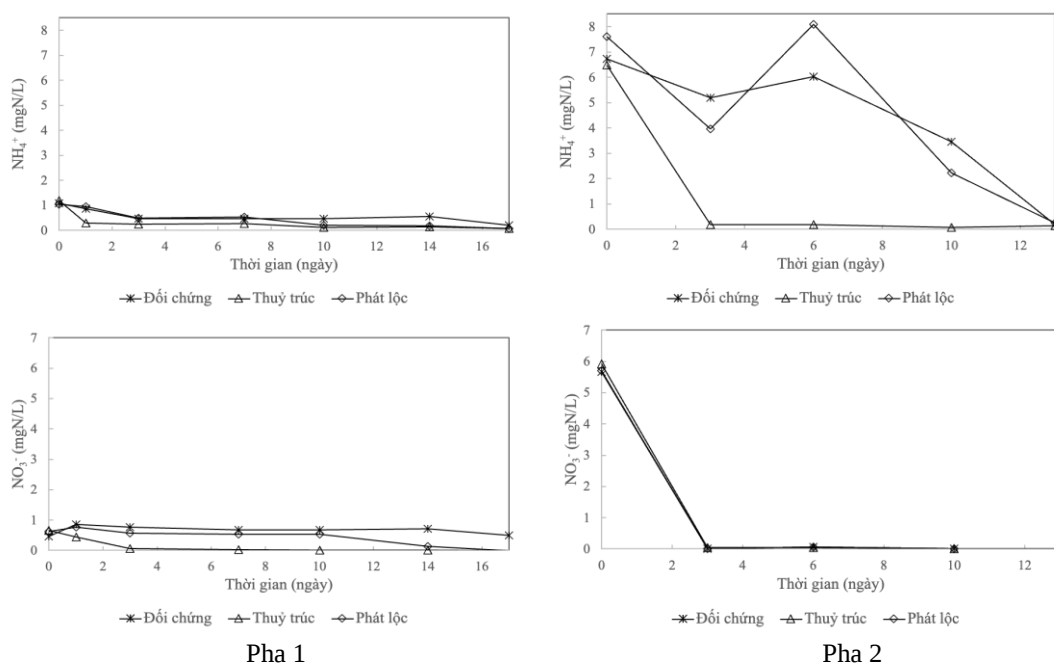
Theo diễn biến nồng độ PO_4^{3-} trong thí nghiệm ở 2 pha (Hình 2), với nồng độ PO_4^{3-} ban đầu tương đương là khoảng 1,6 mg P/mL, thì hiệu quả xử lý chất này ở pha 1 (18-47%) thấp hơn ở pha 2 (77-100%). Nồng độ PO_4^{3-} suy giảm theo thời gian và có xu hướng cao nhất ở hệ đối chứng và thấp nhất ở hệ trồng cây thủy trúc. Hiệu quả xử lý PO_4^{3-} của cây phát lộc (20-77%) thấp hơn đáng kể so với thủy trúc (47-100%). Ở pha 1, PO_4^{3-} giảm ít ở tất cả các hệ trong khi ở pha 2, nó giảm nhanh đến ~80% sau 3 ngày thí nghiệm.



Hình 2. Sự thay đổi nồng độ PO_4^{3-} của nước mặt khi được xử lý bằng hệ đất ngập nước nổi

Khả năng xử lý P của hệ đất ngập nước được lý giải bằng khả năng hấp thu của thực vật, khả năng đồng hoá của vi sinh vật và khả năng hấp phụ của các hạt rắn [11]. Hiệu quả xử lý P cao hơn ở pha 2 là hệ quả của sự tăng sinh của hệ sinh vật trong hệ thí nghiệm, đặc biệt là sự phát triển của tảo. Trong hệ đối chứng, sự phát triển của tảo mạnh mẽ nhất, do không bị ảnh hưởng bởi thực vật thí nghiệm, làm cho pH tăng cao đến trên 10 (giá trị pH ban đầu là 8,3). Điều này làm gia tăng sự hấp phụ và kết tủa PO_4^{3-} và khiến cho nồng độ ion này ngày càng giảm nhanh trong hệ đối chứng.

3.3. Khả năng xử lý NH_4^+ và NO_3^-



Hình 3. Sự thay đổi nồng độ NH_4^+ và NO_3^- của nước mặt khi được xử lý bằng hệ đất ngập nước nổi

Theo Hình 3, nồng độ NH_4^+ và NO_3^- đều giảm theo thời gian thí nghiệm và đạt được mức độ xử lý 100% ở hệ trồng cây. Ở pha 1, NO_3^- với nồng độ ban đầu $\sim 0,6$ mgN/L chỉ suy giảm 80% ở hệ đối chứng. Trong khi đó, ở pha 2, nồng độ $NO_3^- \sim 6$ mgN/L suy giảm 100% ở hệ này. Cây phát lộc có khả năng xử lý NH_4^+ không khác biệt nhiều so với mẫu đối chứng trong khi thủy trúc xử lý gần 100% ion này chỉ sau 1 ngày. Đối với NO_3^- , cây phát lộc có thể xử lý đến 100% nhưng khả năng xử lý vẫn thấp hơn so với thủy trúc và hầu như không thể hiện sự khác biệt với mẫu đối chứng.

N cũng được xử lý bởi quá trình hấp phụ, hấp thu của thực vật, và chuyển hoá của các vi sinh vật, đặc biệt quá trình đồng hoá và khử nitrat [11], [12]. Hệ đất ngập nước nổi, tương tự như hệ đất ngập nước dòng chảy mặt, có xu hướng tạo ra điều kiện thiếu khí làm thúc đẩy quá trình khử NO_3^- [12]. Khả năng xử lý NH_4^+ và NO_3^- đến 100% trong hệ thí nghiệm cho thấy hoạt động hiệu quả đồng thời của các quá trình chủ yếu như hấp thu, nitrat hoá và khử nitrat. Hiệu quả xử lý N và P thấp của cây phát lộc so với cây thủy trúc cũng được phát hiện trong thí nghiệm trồng cây thủy sinh theo mẻ của Iamchaturapatr & cs [11]. Thủy trúc là một trong vài loài thực vật được đánh giá có tốc độ loại bỏ dinh dưỡng cao nhất trong số 21 loài thực vật trong nghiên cứu và cao hơn so với 1 loài sậy (*Phragmites japonica*). Mặt khác, *Dracaena* lại có tốc độ quang hợp và hô hấp thấp hơn *Phragmites*, phản ánh tiềm năng sử dụng dinh dưỡng kém hơn [14].

4. Kết luận

Đánh giá khả năng xử lý nước mặt bị ô nhiễm của cây phát lộc trong hệ đất ngập nước nổi quy mô phòng thí nghiệm cho thấy cây này có hiệu quả xử lý thấp hơn hẳn so với cây thủy trúc. Hiệu quả xử lý NH_4^+ và NO_3^- hầu như không khác biệt so với mẫu đối chứng không trồng cây, trong khi sự khác biệt này là 10-23% đối với PO_4^{3-} . Tuy cây phát lộc là cây cảnh đẹp được nghiên cứu ứng dụng xử lý nước và khí ô nhiễm nhưng không ưu việt khi áp dụng trong hệ đất ngập nước nổi.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội trong đề tài mã số TN.22.15.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] N. D. Pham, "The West lake for rehabilitating lake water quality like in 60 years of the last century," (in Vietnamese), *The Builder*, vol. 9-10, pp. 7-10, 2014.
- [2] D. D. Nguyen, V. I. Telichenko, and M. Y. Slesarev, "Sources and causes of surface water pollution in Hanoi (Vietnam)," *Proceeding of Moscow State University of Civil Engineering*, vol. 10, pp. 1234–1242, 2018.
- [3] R. Sharma, J. Vymazal, and P. Malaviya, "Application of floating treatment wetlands for stormwater runoff: A critical review of the recent developments with emphasis on heavy metals and nutrient removal," *Science of the Total Environment*, vol. 777, 2021, Art. no. 146044.
- [4] I. Bulut, "Floating islands of Turkey," *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, vol. 19, pp. 526–531, 2011.
- [5] T. R. Headley and C. C. Tanner, "Constructed wetlands with floating emergent macrophytes: an innovative stormwater treatment technology," *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 42, no. 21, pp. 2261–2310, 2012.
- [6] S. Karstens, C. Nazzari, C. Baalon, M. Bielecka, Z. Grigaitis, J. Schumacher, N. Stybel, and A. Razinkovas-Baziukas, "Floating wetlands for nutrient removal in eutrophicated coastal lagoons: decision support for site selection and permit process," *Marine Policy*, vol. 97, pp. 51–60, 2018.
- [7] D. Ning, Y. Huang, R. Pan, F. Wang, and H. Wang, "Effect of eco-remediation using planted floating bed system on nutrients and heavy metals in urban river water and sediment: a field study in China," *Science of The Total Environment*, vol. 485–486, pp. 596–603, 2014.
- [8] W. Cao, Y. Wang, L. Sun, J. Jiang, and Y. Zhang, "Removal of nitrogenous compounds from polluted river water by floating constructed wetlands using rice straw and ceramsite as substrates under low temperature conditions," *Ecological Engineering*, vol. 88, pp. 77–81, 2016.

-
- [9] S. Saiyood, A. S. Vangnai, P. Thiravetyan, and D. Inthorn, "Bisphenol a removal by the *Dracaena* plant and the role of plant-associating bacteria," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 178, pp. 777-785, 2020.
- [10] J. Liu, X. Xin, and Q. Zhou, "Phytoremediation of contaminated soils using ornamental plants," *Environmental Reviews*, vol. 26, pp. 43-54, 2018.
- [11] J. Iamchaturapatr, S.W. Yi, and J. S. Rhee, "Nutrient removals by 21 aquatic plants for vertical free surface-flow (VFS) constructed wetland," *Ecological Engineering*, vol. 29, pp. 287-293, 2007.
- [12] X. C. Nguyen, D. D. Nguyen, Q. B. Tran, T. T. H. Nguyen, T. K. A. Tran, T. C. P. Tran, T. H. G. Nguyen, T. N. T. Tran, D. D. La, S. W. Chang, R. Balasubramani, W. J. Chung, Y. S. Yoon, and V. K. Nguyen, "Two-step system consisting of novel vertical flow and free water surface constructed wetland for effective sewage treatment and reuse," *Bioresource Technology*, vol. 306, 2020, Art. no. 123095.
- [13] L. Yang and K.Y. Tsai, "Treatment of aged landfill leachate by cascade constructed wetland systems," *Ecohydrology & Hydrobiology*, vol. 7, no. 3-4, pp. 353-359, 2007.
- [14] J. Huang, S. H. Wang, L. Yan, and Q. S. Zhong, "Plant photosynthesis and its influence on removal efficiencies in constructed wetlands," *Ecological Engineering*, vol. 36, pp. 1037-1043, 2010.
- [15] APHA, *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 23rd edition, American Public Health Association, Washington, 2005.