

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG HỆ THỐNG ĐẤT NGẬP NƯỚC KIẾN TẠO KẾT HỢP OXY HÓA BẬC CAO THEO HƯỚNG TÁI SỬ DỤNG NƯỚC

● NGUYỄN THỊ THU HIỀN - ĐẶNG THỊ THANH LÊ

TÓM TẮT:

Trong nghiên cứu này, mô hình đất ngập nước kiến tạo (ĐNNKT) dòng chảy đứng trồng cỏ vetiver có dòng ra tiếp xúc với oxy hóa bậc cao (UV kết hợp với H_2O_2) đạt hiệu quả xử lý: COD đạt 100%, Coliform đạt 84% - 88,4%, Nitơ tổng và P tổng đạt 40% - 60%. So với mô hình ĐNNKT dòng chảy đứng trồng cỏ vetiver có dòng ra không tiếp xúc với oxy hóa bậc cao thì hiệu quả xử lý COD tăng 10%, hiệu quả xử lý Coliform tăng gấp 2 lần và hiệu quả xử lý Nitơ tổng và P tổng không thay đổi.

Từ khóa: cỏ vetiver, đất ngập nước kiến tạo, oxy hóa bậc cao UV/ H_2O_2 , tái sử dụng nước.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, Việt Nam là một trong những nước có tốc độ đô thị hóa nhanh, với sự gia tăng dân số cao. Tuy nhiên, việc thiếu hụt hạ tầng xử lý nước thải, nhiều hệ thống xử lý công nghệ chưa phù hợp dẫn đến việc có tới 90% nước thải sinh hoạt đô thị xả ra môi trường không qua xử lý. Phần lớn nước thải sinh hoạt chỉ xử lý sơ bộ qua các bể tự hoại trước khi xả trực tiếp ra môi trường [1]. Đây là nguyên nhân cơ bản của ô nhiễm sông, kênh, hồ,... trong khu vực đô thị của Việt Nam, ảnh hưởng đến cảnh quan cũng như gây ô nhiễm nguồn cung cấp nước sạch cho những khu đô thị.

Nhược điểm của các phương án xử lý nước thải sinh hoạt hiện nay chủ yếu đó là: vốn đầu tư và chi phí vận hành cao, đầu ra không ổn định,... Ngoài ra, việc thu gom nước thải sinh hoạt từ các khu đô thị, dân cư cũng gặp nhiều khó khăn. Do

đó, tiếp cận theo hướng sử dụng các công trình tự nhiên - nhân tạo với quy mô linh động và có khả năng tái sử dụng nước thải để xử lý là cần thiết [2]. Bài báo này mô tả khả năng xử lý nước thải sinh hoạt không tập trung bằng hệ thống ĐNNKT kết hợp với quá trình oxy hóa nâng cao UV/ H_2O_2 theo hướng tái sử dụng nước. Hệ thống là công nghệ xử lý nước thải sinh hoạt trong điều kiện tự nhiên, thân thiện với môi trường, có chi phí xây dựng và vận hành thấp, đạt hiệu suất cao, có thể khử mùi và tiêu diệt được các vi khuẩn gây bệnh trong nước thải sinh hoạt. Ngoài ra, hệ thống còn góp phần làm tăng giá trị đa dạng sinh học, cải tạo cảnh quan môi trường, hệ sinh thái của địa phương và là một hướng giải quyết vô cùng hợp lý cho mục đích tái sử dụng nước như: rửa xe, chữa cháy, xả nhà vệ sinh,... và nhiều mục đích khác, trừ mục đích ăn uống [3].

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Mô tả hệ thống

Hệ thống bao gồm các bể liên tiếp: thùng nhựa chứa nước thải đầu vào thể tích 60 lít sẽ đặt trên cao để nước chảy tự nhiên theo trọng lực đến mô hình ĐNNKT dòng chảy đứng có trồng cỏ vetiver, thể tích 160 lít. Nước thải đầu ra mô hình ĐNNKT được cho tiếp xúc với đèn UV (JZ-UV 10W) và H_2O_2 trong các thùng nhựa thể tích 50 lít để khử trùng trước khi vào thùng chứa nước sạch đầu ra có thể tích 50 lít. (Hình 1)

Các lớp trong mô hình ĐNNKT (Hình 2) gồm: đá sỏi và cát lọc, được sắp xếp thành 4 lớp theo kích thước giảm dần từ dưới lên. Lớp dưới cùng là sỏi lớn có kích thước 20 - 30 mm, lớp thứ 2 là sỏi vừa có kích thước 10 - 20 mm, lớp thứ 3 là sỏi nhỏ có kích thước 5 - 10 mm và trên cùng là lớp cát lọc có kích thước 1 - 2 mm. Đất để trồng cây là đất thịt pha đất cát và đất dinh dưỡng.

2.2. Vận hành hệ thống

Hệ thống vận hành với các tải trọng COD khác nhau từ thấp đến cao lần lượt là 0,015; 0,03; 0,045; 0,06 kgCOD/m³. Nước thải đầu vào được điều chỉnh lưu lượng tương ứng với các tải trọng trước khi đưa vào hệ thống. Hệ thống được vận hành liên tục khoảng 15 ngày cho mỗi tải trọng nhằm ổn định trước khi lấy mẫu đầu ra để khảo sát hiệu suất xử lý khi có và không có tiếp xúc với UV/ H_2O_2 . Thời gian tiếp xúc của nước thải đầu ra với đèn UV là 30 phút, 60 phút, 90 phút và 120 phút cùng với 33 mL H_2O_2 được vào ở mỗi thời gian tiếp xúc.

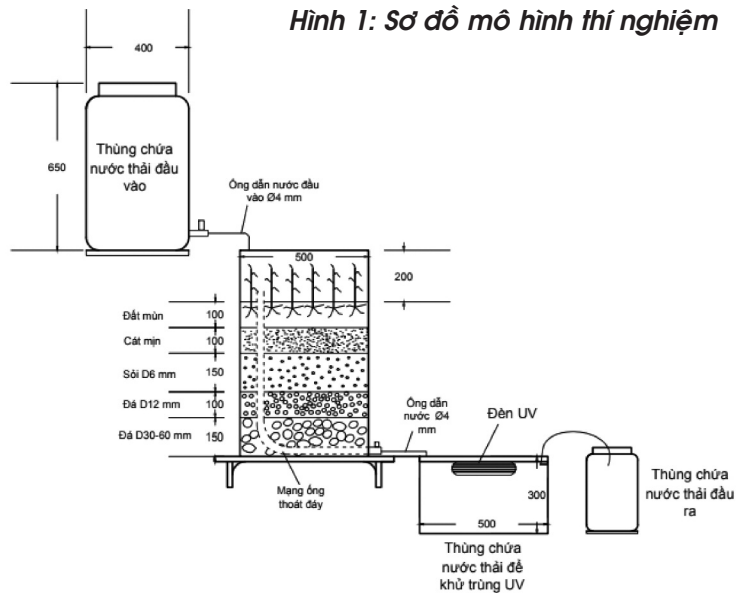
2.3. Các chỉ tiêu phân tích chất lượng nước (Bảng 1)

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Giai đoạn thích nghi

Ở giai đoạn này, nước thải sinh hoạt đầu vào đã được pha loãng 6 lần, 5 lần, 4 lần tương ứng với nồng độ COD là 75, 90, 113 mg/L, lần lượt cho qua hệ thống với lượng 1 lít/giờ, trong thời gian lưu 3 ngày (tương ứng với mỗi nồng độ) để cây thích nghi

Hình 1: Sơ đồ mô hình thí nghiệm



Hình 2: Các lớp vật liệu trong mô hình ĐNNKT



Nguồn: Nhóm tác giả thực hiện

dần với nồng độ nước thải từ thấp đến cao. Mẫu nước đầu ra được lấy và phân tích dựa theo tiêu chuẩn (APHA, 2012) [4] các chỉ tiêu COD, nitơ tổng, photpho tổng.

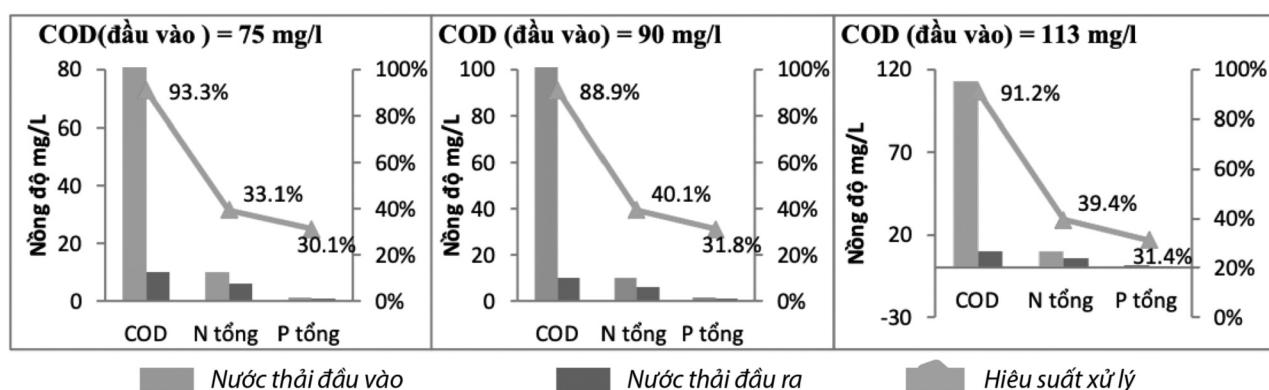
Trong Hình 3 cho thấy, hiệu quả xử lý COD tương đối cao từ 80% trở lên. Tuy nhiên, nitơ tổng và photpho tổng của nước đầu vào khá thấp, lượng photpho tổng được tìm thấy ở lượng vết, nên sự chuyển hóa và hấp thu của hệ sinh vật và thực vật tương đối thấp. Vì thế, hiệu suất xử lý Nitơ và photpho không cao (30,1% - 40,1%).

Bảng 1. Phân tích chất lượng nước

STT	Thông số	Phương pháp phân tích	Thiết bị phân tích
1	pH	TCVN 6492-1999 (ISO 10523-1994)	Máy đo pH cầm tay
2	COD	SMEWW 5220 C. 2012	Lò nung COD 1500C
3	N-NH ₃	TCVN 5988-1995 (ISO 5664-1984)	Bộ chưng cất
4	TSS	TCVN 6625-2000 (ISO 11923-1997)	Máy hút chân không, lò nung, cân phân tích
5	Nitrate	TCVN 6180-1996 (ISO 7890-3-1988)	Máy quang phổ UV- VIS (bước sóng 415nm)
6	TKN	TCVN 6638 : 2000 (ISO10048 : 1991)	Bộ chưng cất
7	Photpho tổng	TCVN 6202 : 2008 (ISO 6878 : 2004)	Máy quang phổ UV- VIS
8	Coliform	TCVN 6187-2 : 1996 (ISO 9308-2 : 1990)	Nồi hấp khử trùng, tủ ủ với nhiệt độ 37°C

Nguồn: Phân tích tại Phòng Thí nghiệm dây D, Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (cơ sở 2)

Hình 3: Hiệu suất xử lý của mô hình trong giai đoạn thích nghi



Nguồn: Nhóm tác giả thực hiện

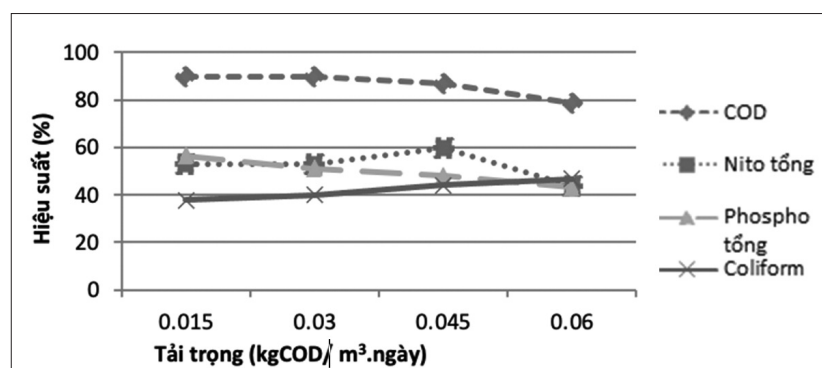
Trong giai đoạn này, pH thay đổi từ mức kiềm nhẹ đến mức trung tính. Điều đó chứng minh, hệ vi sinh và thực vật trong hệ thống ĐNNKT vẫn sinh trưởng và phát triển, khả năng xử lý ổn định, tạo điều kiện thích hợp để tăng nồng độ của nước đầu vào [5].

3.2. Hiệu quả xử lý của mô hình ở các tải trọng khác nhau khi dòng ra không tiếp xúc với UV/H₂O₂

Hình 4 cho thấy hiệu quả xử lý COD đạt 90%, hiệu quả xử lý tổng Nitơ tổng đạt 59,9%, nguyên nhân là do vi sinh vật và hệ thực vật trong mô hình ĐNNKT hoạt động. Kết quả

này cũng được ghi nhận tương tự ở báo cáo của Trang et al (2012) [6]. Hiệu quả xử lý photpho tổng là 56,5%, hiệu quả xử lý photpho chủ yếu là

Hình 4: Hiệu quả xử lý của mô hình qua các tải trọng khác nhau



Nguồn: Nhóm tác giả thực hiện

do sự hấp phụ và kết tủa với ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} và Mn^{2+} trong chất nền, đặc biệt là đất [7]. Ở tải trọng hữu cơ $0,06 \text{ kgCOD/m}^3/\text{ngày}$, hiệu suất xử lý COD và photpho giảm, do các chất hoạt động bề mặt trong nước thải đầu vào tăng, gây ảnh hưởng đến thực vật, làm cho thực vật có hiện tượng lá vàng và héo, hệ vi sinh bị suy yếu ức chế và bão hòa, khả năng phân hủy các chất hữu cơ giảm. Hiệu quả xử lý coliform khoảng 45%, nguyên nhân do nước thải dòng ra khi đi qua các lớp trong mô hình ĐNNKT bị ảnh hưởng bởi vi sinh vật có trong mô hình.

3.3. Hiệu quả xử lý của mô hình ở các tải trọng khác nhau khi dòng ra có tiếp xúc với $\text{UV/H}_2\text{O}_2$

Mặc dù hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt (nước thải xám) của mô hình ĐNNKT khá cao, nhưng cần phải loại bỏ các vi sinh vật gây hại để tái sử dụng. Trong thí nghiệm này, tiến hành cho nước thải dòng ra tiếp xúc với đèn UV trong những khoảng thời gian khác nhau và châm thêm H_2O_2 để tăng hiệu quả xử lý.

Mẫu nước thải đầu ra trong thí nghiệm này được lấy và phân tích sau thời gian tiếp xúc với đèn UV mỗi 30 phút. Trước khi phân tích, tiến hành loại bỏ H_2O_2 dư trong nước bằng cách khuấy và đun ở nhiệt độ 60°C đến 70°C nhằm đảm bảo kết quả phân tích không bị sai lệch.

Trong 2 tải trọng $\text{OLR} = 0,015 \text{ kg COD/m}^3/\text{ngày}$ và $\text{OLR} = 0,03 \text{ kg COD/m}^3/\text{ngày}$, nồng độ các chất ô nhiễm không cao nên hiệu suất xử lý khá cao.

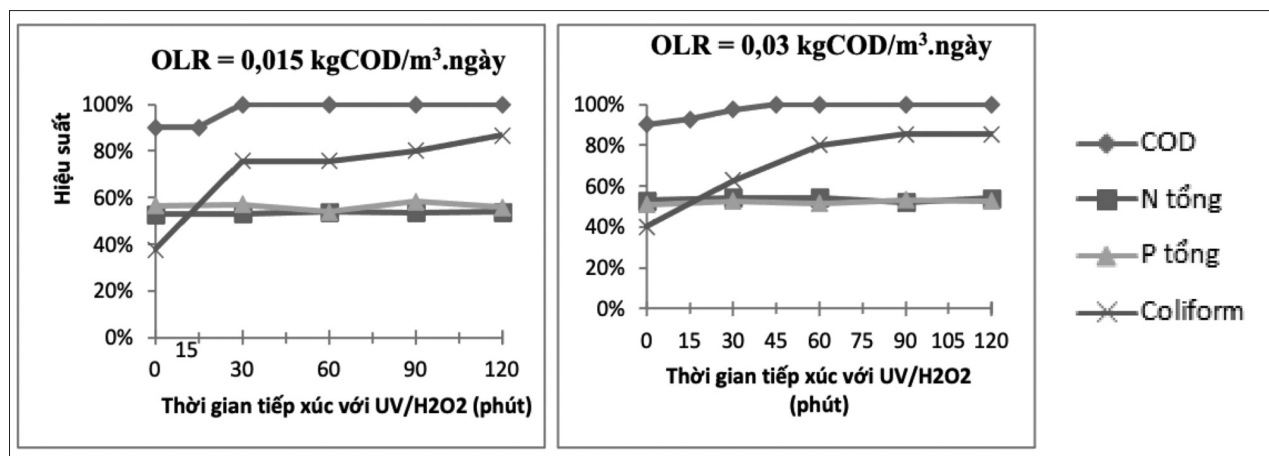
Hiệu suất xử lý COD đạt 88 - 100% (Hình 5) khi qua đèn $\text{UV/H}_2\text{O}_2$ được 30 phút. Hiệu suất xử lý COD cao do quá trình oxy hóa nâng cao $\text{UV/H}_2\text{O}_2$ sản sinh ra gốc OH có tác dụng khoáng hóa các chất hữu cơ thành sản phẩm cuối cùng là CO_2 và H_2O [8].

Hiệu suất xử lý Coliform cũng tăng lên trên 60% khi thời gian tiếp xúc với $\text{UV/H}_2\text{O}_2$ từ 30 phút trở lên (Hình 6). Khả năng xử lý Coliform chủ yếu là nhờ đèn $\text{UV/H}_2\text{O}_2$ có tác dụng khử trùng. Hiệu suất xử lý N tổng và P tổng không thay đổi nhiều so với khi nước thải sinh hoạt chỉ qua mô hình ĐNNKT (40% - 60%).

Khi tăng dần nồng độ các chất ô nhiễm, hiệu suất xử lý COD trong thời gian khảo sát vẫn cao nhưng để đạt hiệu suất xử lý 100% thì thời gian tiếp xúc với $\text{UV/H}_2\text{O}_2$ phải từ 75 phút trở lên (ở $\text{OLR} = 0,045 \text{ kgCOD/m}^3/\text{ngày}$). Tuy nhiên, khi tăng tải trọng đầu vào lên $0,06 \text{ kgCOD/m}^3/\text{ngày}$, thì hiệu suất xử lý COD giảm rõ rệt không đạt 100%, mặc dù thời gian tiếp xúc với $\text{UV/H}_2\text{O}_2$ lên đến 120 phút (Hình 6).

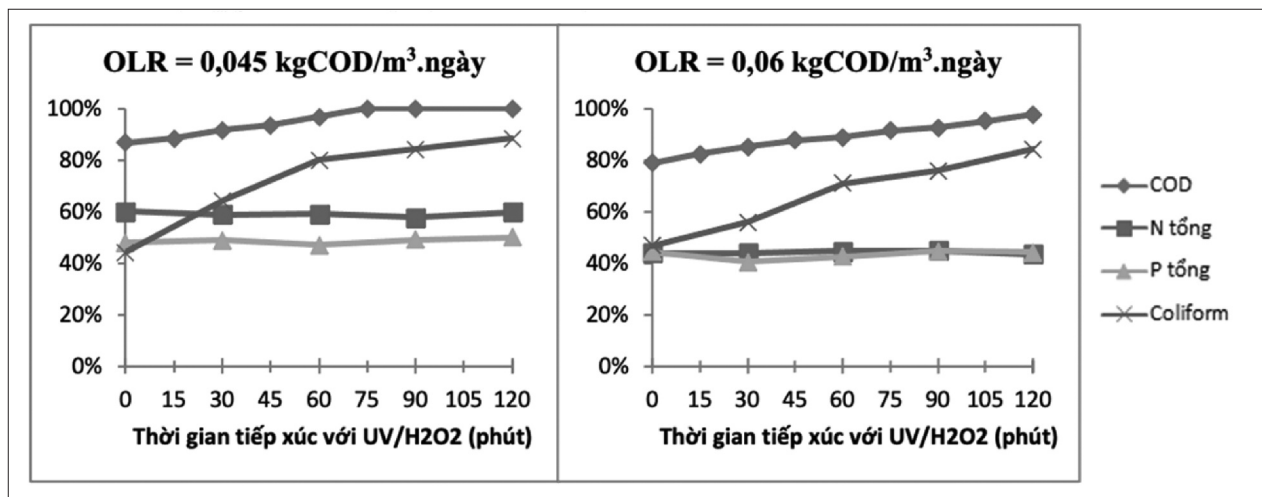
Hiệu quả xử lý Coliform ở cả 2 tải trọng này cao nhất vẫn ở 120 phút, hiệu suất đạt 87,5% - 88,4% (Hình 6). Hiệu suất xử lý tổng N và tổng P vẫn không có sự thay đổi gì so với những tải trọng phía trên. Điều này tương ứng với báo cáo của D. B. Rana, M. K. N. Yenkie, N. T. Khaty (2016) [3], hiệu suất xử lý COD ở thời gian tiếp xúc với $\text{UV/H}_2\text{O}_2$ 120 phút là 93%...

Hình 5: Hiệu suất xử lý của mô hình khi có $\text{UV/H}_2\text{O}_2$ ở tải trọng $0,015 \text{ kg COD/m}^3/\text{ngày}$ và $0,03 \text{ kgCOD/m}^3/\text{ngày}$



Nguồn: Nhóm tác giả thực hiện

Hình 6: Hiệu suất xử lý của mô hình khi có UV/H₂O₂ ở tải trọng 0,045 kg COD/m³/ngày và 0,06 kgCOD/m³/ngày



Nguồn: Nhóm tác giả thực hiện

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, hiệu quả xử lý COD và Coliform của mô hình thí nghiệm (ĐNNKT kết hợp với oxy hóa bậc cao UV/H₂O₂) luôn đạt hiệu quả xử lý cao. Hiệu quả xử lý COD của mô hình thí nghiệm có thể lên đến 100%, hiệu suất xử lý Coliform của mô hình thí nghiệm là 84% đến 88,4%.

Tải trọng hữu cơ tối ưu của mô hình là 0,045 kgCOD/m³/ngày và thời gian tối ưu để nước thải tiếp xúc với UV/H₂O₂ là 60 phút. pH được duy trì trung tính trong suốt quá trình nghiên cứu.

Xét về tổng thể, nghiên cứu này cho thấy mô hình ĐNNKT kết hợp UV/H₂O₂ có thể ứng dụng để xử lý nước thải xám với quy mô hộ gia đình cho mục đích tái sử dụng (trừ mục đích ăn uống) ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Trung tâm Nghiên cứu Môi trường và Cộng đồng (2018). Báo cáo nghiên cứu Ô nhiễm nước và sự cần thiết phải xây dựng Luật Kiểm soát ô nhiễm nước tại Việt Nam. Hà Nội, tháng 3/2018.
2. Nguyễn Xuân Cường, Nguyễn Thị Loan (2016). Hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt của hệ thống đất ngập nước nhân tạo tích hợp. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, tập 32, Số 1* (2016), 10 - 17.
3. D. B. Rana, M. K. N. Yenkie, N. T. Khaty (2016). Grey Water Treatment by Combine Processes Like Vertical Flow Constructed Wetland and H₂O₂/UV Photo Assisted Oxidation Process to Obtain Water of Suitable Quality that can be Reused Directly. *Journal of Chemistry and Chemical Sciences*, 6(4), 339-349.
4. APHA, AWWA, WEF (2012). *Standard Methods for examination of water and wastewater*. 22nd ed. Washington: American Public Health Association.
5. Lê Anh Tuấn, Guido Wyeure, Lê Hoàng Việt (2009). *Đất ngập nước kiến tạo*. Nxb. Nông nghiệp.
6. 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*, 21b, 161 - 171.
7. Arias, C.A., del Bubba, M., Brix, H. (2001). Phosphorus removal by sands for use as media in subsurface flow constructed reed beds. *Water Research*, 35, 1159 - 1168.

8. Machulek Jr., Amilcar, et al. (2013). *Applications of Different Advanced Oxidation Processes for the Degradation of Organic Pollutants. Environmental Sciences: Organic Pollutants - Monitoring, Risk and Treatments*. Croatia: In Tech.

Ngày nhận bài: 15/1/2022

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 15/2/2022

Ngày chấp nhận đăng bài: 25/2/2022

Thông tin tác giả:

1. NGUYỄN THỊ THU HIỀN

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh

2. ĐẶNG THỊ THANH LÊ

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên TP. Hồ Chí Minh

EVALUATING THE DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT EFFICIENCY OF THE VERTICAL FLOW CONSTRUCTED WETLAND PLANTED VETIVER

● **NGUYEN THI THU HIEN¹**

● **DANG THI THANH LE²**

¹University of Natural Resources and Environment Ho Chi Minh City

²University of Sciences, Vietnam National University - Ho Chi Minh City

ABSTRACT:

In this study, a pilot-scale the vertical flow constructed wetland planted vetiver with the outflow exposed to high oxidation (UV combined with H₂O₂) were proposed. This constructed wetland system had the treatment efficiency: 100% for COD, 84% - 88.4% for Coliform, and 40% - 60% for total nitrogen and total phosphorous. Meanwhile, the vertical flow constructed wetland planted vetiver which does not have the outflow exposed to high oxidation has the treatment efficiency for COD at 90 and for Coliform at 42% - 44.2%. The treatment efficiency for total nitrogen and total phosphorous is the same.

Keywords: vetiver, constructed wetland system, high oxidation, UV/H₂O₂, reuse water.