



SỬ DỤNG ĐẤT NGẬP NƯỚC XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT VÀ TẠO CẢNH QUAN

Lê Hoàng Việt, Lê Thị Chúc Ly, Cao Thị Kim Ngọc, Nguyễn Võ Châu Ngân*

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

Ngày Tòa soạn nhận được bài: 27-5-2016; ngày phân biên đánh giá: 03-3-2017; ngày chấp nhận đăng: 24-3-2017

TÓM TẮT

Nghiên cứu thực hiện trên khu đất ngập nước trồng Bồn bồn và Ngải hoa xử lý nước thải sinh hoạt. Ở thời gian lưu nước (HRT) 5 ngày, nước thải sau khi xử lý đạt quy chuẩn xả thải đối với các chỉ tiêu SS, BOD₅, N-NO₃⁻, P-PO₄³⁻, DO và TKN; riêng N-NH₄⁺ và tổng Coliforms đạt QCVN 14:2008/BTNMT cột B. Ở HRT 4 ngày chỉ có chỉ tiêu N-NH₄⁺ vượt ngưỡng xả thải của QCVN 14:2008/BTNMT cột B. Cần tiếp tục nghiên cứu xử lý nguồn nước thải đã qua khu đất ngập nước này hoặc tận dụng nước thải để tưới cây trồng giảm bớt nồng độ đạm thải ra môi trường.

Từ khóa: cây Bồn bồn (*Typha angustifolia*), cây Ngải hoa (*Canna indica*), đất ngập nước nhân tạo, nước thải sinh hoạt

ABSTRACT

The use of constructed wetland for domestic wastewater treatment and creating landscape

The study aims at surveying the operation parameters of the wetland which was planted with Cattails and Canna to treat domestic wastewater. At the HRT of 5 days, the effluent reached the discharge standard with parameters of SS, BOD₅, N-NO₃⁻, P-PO₄³⁻, DO and TKN; N-NH₄⁺ and total Coliforms only reached B column of QCVN 14:2008/BTNMT. At the HRT of 4 days, there were similar results except N-NH₄⁺ was higher than the discharge value of QCVN 14:2008/BTNMT column B. The effluent need further treatment to limit the residue nitrogen discharge to outside.

Keywords: Canna (*Canna indica*), Cattails (*Typha angustifolia*), constructed wetland, domestic wastewater.

1. Mở đầu

Nước thải sinh hoạt chủ yếu bị ô nhiễm chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học, các dưỡng chất và các loại mầm bệnh [1], do đó cần phải được xử lý trước khi thải ra nguồn tiếp nhận để không làm ô nhiễm nguồn nước cũng như lan truyền các dịch bệnh. Hiện nay ở nước ta, phần lớn nước thải sinh hoạt không được xử lý mà xả thải thẳng vào các nguồn tiếp nhận, gây nguy hiểm cho môi trường và sức khỏe cộng đồng. Theo nghiên cứu của các chuyên

* Email: nvcngan@ctu.edu.vn

gia Ngân hàng Thế giới, tính đến cuối năm 2012 các đô thị ở Việt Nam chỉ mới xử lý được 10% lượng nước thải so với nhu cầu thực tế [2]. Ở các vùng nông thôn, vấn đề xử lý nước thải sinh hoạt còn gặp nhiều khó khăn hơn do mật độ dân cư thưa thớt, việc đầu tư xây dựng hệ thống thu gom và xử lý nước thải tập trung ở các cộng đồng này rất tốn kém, không khả thi về mặt kinh tế. Để xử lý nước thải sinh hoạt cho các cộng đồng nhỏ, có thu nhập thấp người ta đã nghiên cứu các hệ thống xử lý nước thải phân tán, quy mô nhỏ, trong đó đất ngập nước nhân tạo là một loại hình xử lý nước thải sinh hoạt được đề xuất cho những vùng còn diện tích đất trống.

Đất ngập nước nhân tạo là các khu vực đất ngập nước được con người thiết kế để xử lý nước thải. Hệ thống đất ngập nước nhân tạo có chi phí vận hành và bảo trì thấp, ít tiêu thụ năng lượng, không đòi hỏi kỹ thuật vận hành cao và thân thiện với môi trường [1]. Bên cạnh đó, sinh khối của thực vật trong hệ thống có thể được dùng làm thức ăn cho vật nuôi, làm nguyên liệu sợi hoặc phân bón hữu cơ [3]. Tuy nhiên, diện tích đất để xây dựng khu đất ngập nước nhân tạo tương đối lớn, là trở ngại cho việc lựa chọn phương pháp xử lý này [4], do đó đất ngập nước nhân tạo chỉ có thể áp dụng ở những nơi giá đất còn thấp.

Ngải hoa (*Canna sp.*) và Bồn bồn (*Typha sp.*) là hai loại thực vật đất ngập nước thường được sử dụng để xử lý nước thải [5], [6], [7], [8], [9], [10]. Một số loại cây kiềng cũng đã được nghiên cứu trồng ở đất ngập nước nhân tạo để xử lý nước thải [11]. Khu đất ngập nước hình bướm và hoa đã được thiết kế để xử lý nước thải và tạo cảnh quan cho vùng Kon Phi Phi - Thái Lan [5].

Dựa vào các cơ sở khoa học trên, nghiên cứu “Sử dụng đất ngập nước xử lý nước thải sinh hoạt và tạo cảnh quan” được thực hiện nhằm khảo sát các thông số vận hành như thời gian lưu nước, tải nạp nước, tải nạp chất hữu cơ thích hợp của khu đất ngập nước nhân tạo trồng cây Ngải hoa và cây Bồn bồn để xử lý nước thải sinh hoạt. Kết quả có thể mở ra khả năng ứng dụng thiết kế khu đất ngập nước nhân tạo để xử lý nước thải sinh hoạt tại các khu du lịch sinh thái và hộ gia đình vùng nông thôn, đồng thời tạo cảnh quan môi trường cho khu vực.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nước thải sinh hoạt cho thí nghiệm được thu tại cống thoát nước chung ở hẻm 124, đường 3/2, phường Xuân Khánh, quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ.

Cây Bồn bồn (*Typha sp.*), cây Ngải hoa (*Canna sp.*) giống được thu thập trong khuôn viên Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên - Trường Đại học Cần Thơ.



Hình 1. Cây Bồn bồn (trái) và cây Ngải hoa (phải) dùng cho thí nghiệm

2.2. Các bước tiến hành thí nghiệm

a) Thiết kế mô hình đất ngập nước

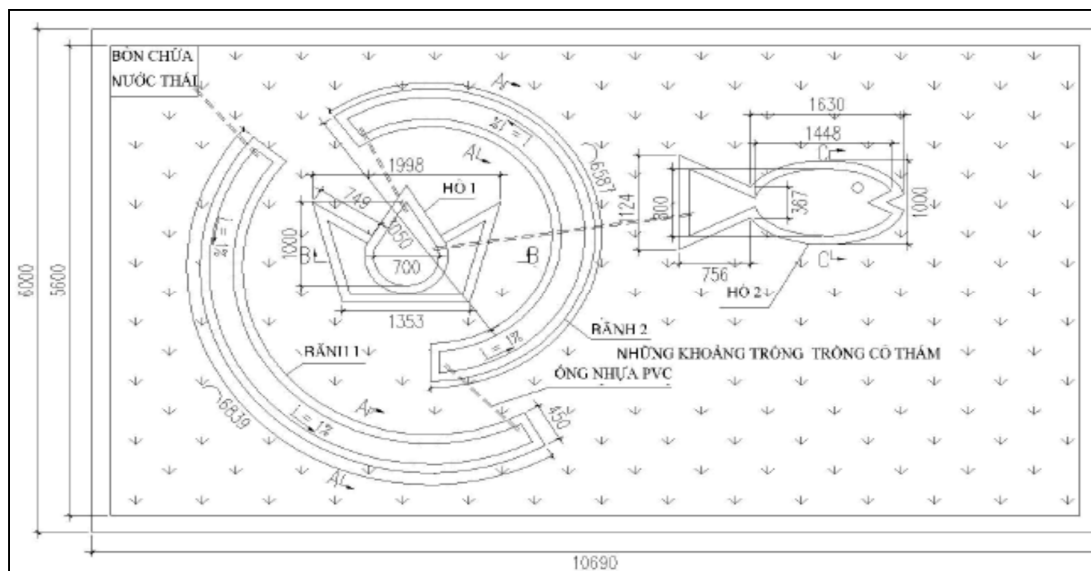
Mô hình xử lý nước thải sinh hoạt được thiết kế theo kiểu đất ngập nước có dòng chảy ngầm theo phương ngang. Mô hình được bố trí trong khuôn viên Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên. Bên cạnh khu đất ngập nước có một ao chứa nước thải sau xử lý, lượng nước ở đây sẽ được dùng để tưới cho thảm cỏ xung quanh mô hình. Các kích thước của mô hình được thiết kế thỏa điều kiện dòng chảy theo kiểu nút (plug flow), kiểu dòng chảy này sẽ cho nồng độ của chất phản ứng giảm dần dọc theo chiều dài của dòng chảy trong bể phản ứng. Mặt bằng tổng thể của mô hình khu đất ngập nước thí nghiệm được trình bày trong Hình 2.

Các thông số thiết kế chính của mô hình:

- Rãnh 1 dài 6,0 m, rộng 0,25 m, diện tích rãnh $1,6 \text{ m}^2$; tương ứng với tỉ lệ dài : rộng = $6 : 0,25 = 24 : 1$;
- Rãnh 2 dài 5,5 m, rộng 0,25 m, diện tích rãnh $1,1 \text{ m}^2$; tương ứng với tỉ lệ dài : rộng = $5,5 : 0,25 = 22 : 1$;
- Hồ 1 dài 1 m, rộng 0,5 m, diện tích hồ $0,5 \text{ m}^2$; tương ứng với tỉ lệ dài : rộng = $1 : 0,5 = 2 : 1$.

Tỉ lệ dài : rộng của mô hình đã thỏa điều kiện dòng chảy theo kiểu plug-flow, kiểu dòng chảy này làm giảm dần nồng độ của chất ô nhiễm theo chiều dài của dòng chảy trong bể phản ứng.

Diện tích bề mặt của mô hình: $S_{\text{bề mặt}} = 1,6 + 1,1 + 0,5 = 3,2 \text{ m}^2$



Hình 2. Mặt bằng tổng thể của mô hình nghiên cứu

Chiều sâu của rãnh 1, rãnh 2 và hồ lần lượt là: 0,65 m, 0,65 m, 0,7 m. Rãnh 1, rãnh 2 và hồ 1 đều được đổ một lớp vật liệu lọc dày 0,5 m bằng đá 1×2 cm. Mô hình được bố trí hệ thống ống PVC Ø42 để dẫn nước thông qua các rãnh và hồ và ống thu nước đầu ra.

Mức nước khống chế trong rãnh 1, rãnh 2 và hồ là 0,46 m. Giá trị này thỏa so với đề nghị từ US EPA với chiều sâu lớp nước từ 0,3 - 0,76 m [4]. Độ dốc đáy thiết kế của mô hình là 1%.

Thể tích chứa nước của mô hình:

$$V_{\text{chứanước}} = 3,2 \times 0,46 = 1,47 \text{ m}^3$$

Độ rỗng vật liệu lọc $\alpha = 0,49$, do đó thể tích rỗng của mô hình là:

$$V_{\text{tổng}} = 0,49 \times 1,47 = 0,72 \text{ m}^3$$



Hình 3. Mô hình thí nghiệm trước và sau khi trồng cây

Cây Ngải hoa có thể phát triển tốt trong nguồn nước có nồng độ ô nhiễm cao nên được trồng trực tiếp vào nền vật liệu lọc ở rãnh 1 và rãnh 2 với mật độ 35 - 45 cây/m². Tổng số cây Ngải hoa trồng trên rãnh 1 và rãnh 2 lần lượt là 46 cây và 41 cây. Đồng thời cây Bồn bồn cũng được trồng vào nền vật liệu lọc ở hồ 1 với mật độ 45 - 50 cây/m². Tổng số cây Bồn Bồn trồng trên hồ 1 là 25 cây.

Nghiên cứu này không đánh giá hiệu quả xử lý của từng loại cây riêng biệt mà chỉ đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt của toàn khu đất ngập nước.

b) Xác định thành phần nước thải và tạo thích nghi cho cây trồng

Nước thải sinh hoạt tại Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên được thu thập trong 3 ngày liên tiếp để đánh giá mức độ thích hợp của nước thải đối với biện pháp xử lý sinh học và có những điều chỉnh khi cần thiết; đồng thời tạo thích nghi cho cây trồng trong thời gian đầu của thí nghiệm.

Thời gian lưu nước (HRT) trong hệ thống đất ngập nước được đề xuất từ 4 - 15 ngày [9], trong thí nghiệm này chọn HRT = 5 ngày để xác định lưu lượng nạp nước thải cho mô hình nhằm tạo thích nghi cho cây trồng với nước thải.

Sau một tháng vận hành mô hình để cây trồng thích nghi, tiến hành thí nghiệm chính thức với nước thải thu tại cống thoát nước chung ở hẻm 124, đường 3/2, phường Xuân Khánh, quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ. Lưu lượng nước thải đưa vào mô hình thí nghiệm là 140 L/ngày.

Thí nghiệm không tiến hành lặp lại mà thực hiện lấy mẫu nước thải trong 3 ngày liên tục để phân tích các chỉ tiêu lý - hóa - sinh nhằm đánh giá hiệu quả xử lý của mô hình. Mẫu nước thải sau khi qua khu đất ngập nước được thu mỗi giờ, liên tục từ 7 giờ đến 16 giờ; được bảo quản và hòa trộn với nhau thành một mẫu đem phân tích (mẫu gộp).

c) Phương pháp phân tích

Mẫu nước thải được thu thập theo hướng dẫn của TCVN 5999:1995 - Chất lượng nước - Lấy mẫu - Hướng dẫn lấy mẫu ở hồ ao tự nhiên và nhân tạo.

Các chỉ tiêu ô nhiễm của nước thải được so sánh với QCVN 14:2008/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt. Đối với những thông số ô nhiễm chưa được quy định bởi QCVN 14:2008/BTNMT sẽ được so sánh với QCVN 40:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp (thông số COD và TKN), và QCVN 39:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước dùng cho tưới tiêu (thông số DO).

Các thông số ô nhiễm nước được phân tích tại các phòng thí nghiệm thuộc Bộ môn Kỹ thuật Môi trường, Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ. Quy trình phân tích tuân thủ theo các hướng dẫn được liệt kê trong Bảng 1.

Bảng 1. Phương pháp phân tích các thông số ô nhiễm của mẫu nước

Thông số	Phương pháp phân tích
pH	TCVN 6492:2011
DO	TCVN 5499:1995
SS	TCVN 6625:2000
BOD ₅	TCVN 6001-1:2008
COD	TCVN 6491:1999
TKN	TCVN 6638:2000
TP	TCVN 6202:2008
N-NO ₃ ⁻	ISO 10304-1:2007
N-NH ₄ ⁺	TCVN 5988:1995
Tổng Coliforms	TCVN 6187-2:1996

Trong quá trình thí nghiệm, các điều kiện môi trường như cường độ ánh sáng, lưu lượng nước thải ra và vào mô hình được đo đạc để đánh giá khả năng loại bỏ chất ô nhiễm. Đồng thời theo dõi sự sinh trưởng và phát triển của cây thông qua đo chiều cao cây trước và sau khi kết thúc thí nghiệm, đồng thời đếm số cây con mới mọc xung quanh cây giống.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Thành phần và tính chất của nước thải sinh hoạt

Nước thải sinh hoạt được thu thập có mùi hôi, màu xám đen và có cặn rắn lơ lửng. Các thông số ô nhiễm của nước thải trong thí nghiệm này trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Các chỉ tiêu ô nhiễm của nước thải sinh hoạt

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nồng độ ô nhiễm (n = 3)
pH	-	7,11 ± 0,04
DO	mg/L	1,67 ± 2,07
SS	mg/L	34,00 ± 6,08
COD	mg/L	145,67 ± 22,27
BOD ₅	mg/L	72,67 ± 26,1
TKN	mg/L	32,69 ± 9,01
N-NH ₄ ⁺	mg/L	16,74 ± 8,66
N-NO ₃ ⁻	mg/L	0,08 ± 0,05
P-PO ₄ ³⁻	mg/L	2,12 ± 0,55
Tổng Coliforms	MPN/100 mL	2,48×10 ⁵ ± 2,28×10 ⁵

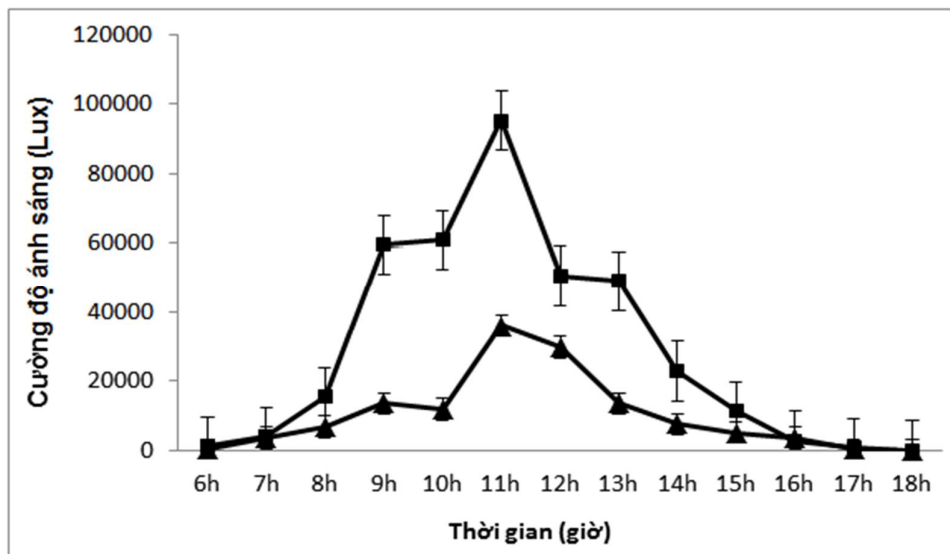
Các số liệu trong Bảng 2 cho thấy:

- pH nước nằm trong khoảng 6 - 8 thích hợp cho hoạt động của vi sinh vật và cây trồng trong khu đất ngập nước [12].
- Nồng độ SS tương đối thấp nằm trong khoảng cận dưới so với ghi nhận về mức độ ô nhiễm của nước thải sinh hoạt [2]. Nồng độ này tương đối thích hợp để đưa trực tiếp nước thải vào khu đất ngập nước mà không sợ bị nghẹt.
- Tỷ số BOD/COD $\approx 0,5$ phù hợp để áp dụng các biện pháp xử lý sinh học cho nguồn nước thải này [6].
- Tỷ số BOD : N : P $\approx 100 : 45 : 3$; so với mức giá trị 100 : 5 : 1 phù hợp cho chất hữu cơ chuyển hóa vào trong tế bào vi sinh vật [1] thì nguồn nước thải này có dư dưỡng chất cho hoạt động của vi sinh vật, không cần phải bổ sung thêm dưỡng chất cho quá trình xử lý. Tuy nhiên, lượng ni-tơ quá cao có thể dẫn đến ni-tơ trong nước thải đầu ra còn cao và vượt ngưỡng xả thải.
- Tổng Coliforms biến động và thấp hơn khoảng ghi nhận $10^6 - 10^8$ MPN/100 mL [13].

3.3. Thí nghiệm 1: Vận hành ở thời gian lưu nước 5 ngày

a) Cường độ ánh sáng trong quá trình thí nghiệm

Cường độ ánh sáng là một chỉ tiêu ảnh hưởng đến sự tăng trưởng của thực vật, từ đó ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý của khu đất ngập nước. Khu vực bố trí thí nghiệm có các nhà học bao xung quanh hạn chế ánh nắng trực tiếp chiếu vào. Trong thí nghiệm này, cường độ ánh sáng tại nơi bố trí khu đất ngập nước và ở môi trường bên ngoài được đo hàng giờ từ 6 giờ đến 18 giờ hàng ngày, liên tục trong 3 ngày thu mẫu nước thải.

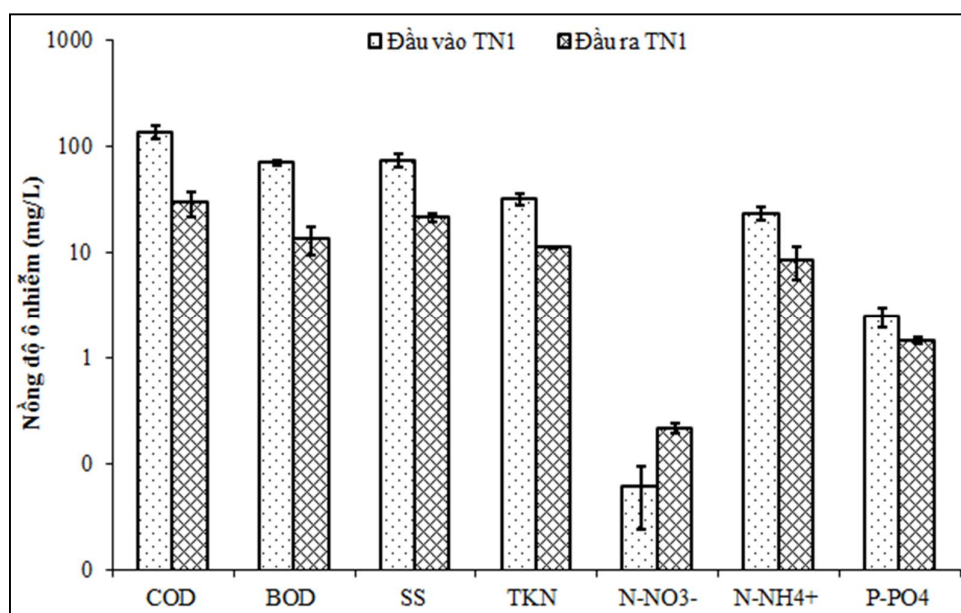


Hình 4. Cường độ ánh sáng trung bình tại khu đất ngập nước và ngoài trời

Hình 4 cho thấy cường độ ánh sáng tại khu thí nghiệm yếu hơn ở môi trường bên ngoài. Do ánh sáng yếu nên cây trồng trong khu đất ngập nước có xu hướng vươn cao để lấy sáng. Có thể trực tiếp quan sát được điều này qua việc cây trồng phát triển chiều cao nhưng thân cây bị đổ ngã, mặc dù khu vực thí nghiệm được bao bọc và khá kín gió.

b) Hiệu quả xử lý nước thải của mô hình ở HRT 5 ngày

Mẫu nước thải trước và sau khi qua khu đất ngập nước được thu thập để phân tích các chỉ tiêu lí - hóa - sinh nhằm đánh giá hiệu quả xử lý của mô hình thí nghiệm trong 3 ngày liên tục. Về cảm tính nước thải đầu vào có màu xám đen, mùi hôi, có cặn lơ lửng; nước thải đầu ra trong và không còn mùi hôi. Chi tiết các thông số ô nhiễm của mẫu nước được trình bày trong Hình 5.



Hình 5. Các thông số ô nhiễm trong nước thải thí nghiệm ở HRT 5 ngày

Từ kết quả phân tích có một số nhận xét như sau:

- Giá trị pH trong nước thải đầu ra có xu hướng tăng nhẹ so với đầu vào nhưng vẫn nằm trong khoảng cho phép của cột A theo QCVN 14:2008/BTNMT, thuận lợi cho sự phát triển của hệ vi sinh vật, không ảnh hưởng đến cây Ngải hoa và cây Bồn bồn (a-xít nhẹ đến trung tính). Nguyên nhân làm pH tăng nhẹ có thể là do quá trình trao đổi khí làm cho CO₂ trong nước thải và từ các quá trình sinh học phóng thích ra khỏi nước.

- Trong khu đất ngập nước khi cây quang hợp sẽ đưa ô-xy xuống vùng rễ, vi sinh vật xung quanh rễ cây sẽ sử dụng nguồn ô-xy này để phân hủy chất hữu cơ. DO trong nước thải đầu ra tăng hơn đầu vào chứng tỏ hệ thực vật cung cấp thừa ô-xy để duy trì tình trạng hiếu khí trong khu vực xử lý. Giá trị DO đạt yêu cầu theo QCVN 39:2011/BTNMT.

- Hiệu suất loại bỏ SS khá cao (71,26%) và hàm lượng SS trong nước thải đầu ra đạt loại A theo QCVN 14:2008/BTNMT. SS giảm là do các hạt chất rắn lơ lửng có kích thước lớn được lọc và giữ lại khi đi qua lớp vật liệu nền để trồng thực vật, cũng như được giữ lại bởi rễ của thực vật trong mô hình, các hạt keo sẽ bị loại bỏ một phần bởi quá trình hấp phụ của các màng sinh học và sau đó bị vi sinh vật trong màng sinh học phân hủy.

- Nồng độ chất hữu cơ trong nước thải sau xử lý (phản ánh qua chỉ tiêu COD và BOD₅) giảm đáng kể và đạt cột A của QCVN 40:2011/BTNMT và QCVN 14:2008/BTNMT. Hiệu suất xử lý COD và BOD₅ khá cao lần lượt là 78,17% và 80,77%. Nguyên nhân là do phần lớn các hạt hữu cơ có kích thước lớn được giữ lại khi đi qua lớp vật liệu lọc, thêm vào đó vi sinh vật trong hệ thống sẽ phân hủy các chất hữu cơ hòa tan trong nước thải. Trong quá trình đó, cây quang hợp đưa ô-xy xuống bộ rễ cung cấp ô-xy cho các vi sinh vật phân hủy các chất hữu cơ, làm giảm nồng độ chất hữu cơ có trong nước thải, tạo các chất khoáng như NH₄⁺, sau đó cây sẽ hấp thu các khoáng chất này để tạo sinh khối cho bản thân.

- Nồng độ TKN trong nước thải sau xử lý đạt QCVN 40:2011/BTNMT (cột A). TKN giảm là do các hạt chất rắn lơ lửng có chứa ni-tơ hữu cơ bị giữ lại khi đi qua lớp vật liệu lọc được vi sinh vật chuyển hóa thành dạng a-môn và được các vi khuẩn ô-xy hóa thành ni-trát rồi được cây hấp thu. Hàm lượng đạm được thực vật hấp thu và tích lũy sẽ loại bỏ hoàn toàn ra khỏi hệ thống thông qua việc thu hoạch thực vật. Phần thân ngập nước của thực vật, hệ thống rễ và phần vật liệu lọc xung quanh đóng vai trò cung cấp diện tích bề mặt làm giá bám cho các vi sinh vật tham gia vào các quá trình a-môn hóa, ni-trát hóa và khử ni-trat hóa trong quá trình chuyển hóa các dạng ni-tơ trong nước thải. Thành phần đạm N-NH₄⁺ trong nước thải được thực vật hấp thu để gia tăng sinh khối nên giảm đáng kể. Mặc dù hiệu suất xử lý đạt 63,98% nhưng nồng độ N-NH₄⁺ trong nước thải đầu ra chỉ đạt cột B theo QCVN 14:2008/ BTNMT. Nồng độ N-NO₃⁻ trong nước thải đầu ra có tăng nhưng không nhiều là do thực vật đã sử dụng một phần lượng ni-trát sinh ra từ quá trình ni-trát hóa. Giá trị này đạt so với ngưỡng cho phép xả thải của QCVN 14:2008/BTNMT.

- Nồng độ P-PO₄³⁻ trong nước thải đầu ra đạt QCVN 14:2008/BTNMT cột A nhưng hiệu suất xử lý P-PO₄³⁻ không cao chỉ đạt 41,54%. Nguyên nhân của hiệu suất xử lý không cao là do quá trình loại bỏ phốt-phát chủ yếu là do sự hấp thu của thực vật, vật liệu lọc trong thí nghiệm này là đá xây dựng không cung cấp can-xi để kết tủa phốt-phát.

- Tổng Coliforms trong nước thải đầu ra giảm đáng kể, hiệu suất xử lý rất cao đạt 99,84% nhưng giá trị tổng Coliforms sau xử lý chỉ đạt cột B theo QCVN 14:2008/BTNMT. Quá trình loại bỏ tổng Coliforms là do lượng Coliform trong nước thải bị giữ lại bởi lớp màng sinh học và do sự cạnh tranh với các vi sinh vật sống quanh rễ cây.

Tổng hợp các thông số theo dõi, nước sau xử lý đạt QCVN 14:2008/BTNMT cột B.

c) Các điều kiện vận hành hệ thống đất ngập nước

Từ những kết quả trên có thể tính toán các thông số sử dụng cho vận hành đất ngập nước nhân tạo trồng Bồn bôn và Ngải hoa để xử lý nước thải sinh hoạt có mức ô nhiễm nhẹ đạt loại B theo QCVN 14:2008/BTNMT như sau:

- Với lưu lượng cung cấp vào hệ thống $Q = 0,14 \text{ m}^3/\text{ngày}$, diện tích bề mặt khu đất ngập nước $S_{bm} = 3,2 \text{ m}^2$, tải nạp nước cho hệ thống ở HRT 5 ngày:

$$HLR = \frac{Q}{S_{bm}} = 437,5 \text{ m}^3 * \text{ha}^{-2} * \text{ngày}^{-1}$$

- Tải nạp BOD_5 ở HRT 5 ngày:

$$\frac{Q \times C_{BOD_v}}{S_{bm}} = 30,33 \text{ kg} * \text{ha}^{-2} * \text{ngày}^{-1}$$

- Với lượng nước đầu vào là $0,140 \text{ m}^3/\text{ngày}$, lượng nước đầu ra ghi nhận trung bình là $0,135 \text{ m}^3/\text{ngày}$ (phần mất đi do bốc thoát hơi), khả năng loại bỏ BOD_5 ở HRT 5 ngày là:

$$\frac{(Q_v \times C_{BOD_v}) - (Q_r \times C_{BOD_r})}{S_{bm}} = 24,71 \text{ kg} * \text{ha}^{-2} * \text{ngày}^{-1}$$

3.4. Thí nghiệm 2: Vận hành ở thời gian lưu nước 4 ngày

Kết quả vận hành mô hình với thời gian lưu nước 5 ngày cho thấy nồng độ đầu ra của các chất hữu cơ (COD, BOD_5) rất nhỏ so với quy chuẩn cho phép, trừ chỉ tiêu $N-NH_4^+$ và tổng Coliforms. Với mục đích tăng lưu lượng nước thải xử lý (hoặc giảm diện tích đất sử dụng), đồng thời xử lý nước thải đạt quy chuẩn xả thải về chất hữu cơ, nhưng giữ lại đạm để tận dụng nguồn dưỡng chất này, tiến hành thí nghiệm tiếp theo với thời gian lưu nước rút ngắn còn 4 ngày.

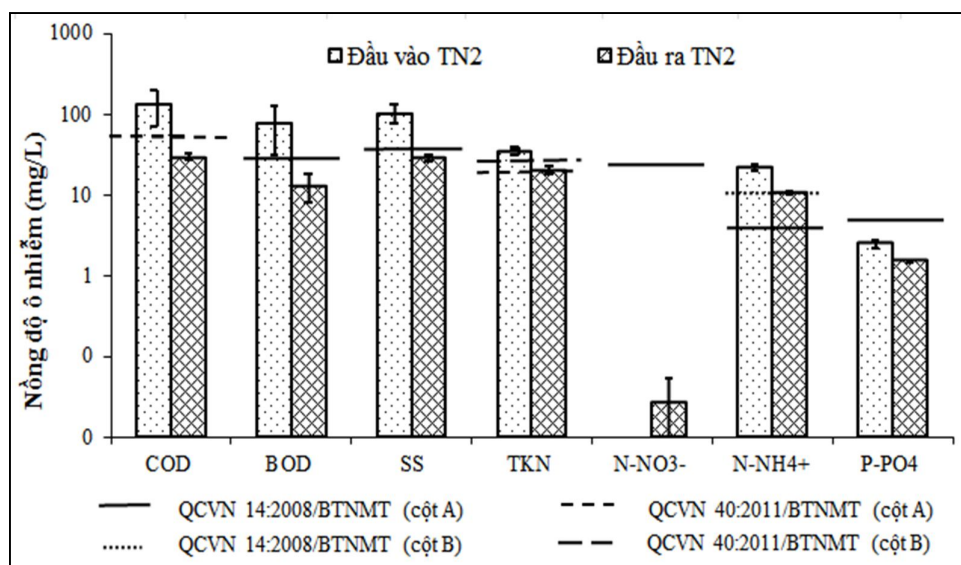
Thể tích rỗng của mô hình là 720 L, với thời gian lưu nước 4 ngày, lưu lượng tính toán để nạp vào mô hình là 180 L/ngày. Mẫu nước thải được thu trong 3 ngày liên tục nhằm đánh giá hiệu quả xử lý của mô hình; trong đó mẫu nước thải sau xử lý được thu theo hình thức mẫu gộp từ 7 giờ đến 16 giờ (cách 1 giờ lấy mẫu 1 lần). Xét về cảm quan nước thải đầu vào có màu xám đen, có mùi hôi, có cặn lơ lửng, nước thải đầu ra trong và không còn mùi hôi. Khuynh hướng tăng giảm và cơ chế loại bỏ của các chất ô nhiễm trong thí nghiệm này tương tự như thí nghiệm ở thời gian lưu nước 5 ngày.

Về đặc tính lý học, giá trị pH của nước thải đầu ra có xu hướng tăng nhẹ so với đầu vào (từ $6,83 \pm 0,09$ lên $7,30 \pm 0,11$). Giá trị này nằm trong khoảng cho phép của QCVN 14:2008/BTNMT (cột A). Hàm lượng DO khi đi qua khu đất ngập nước tăng đáng kể từ $3,32 \pm 0,67 \text{ mg/L}$ lên $4,74 \pm 0,16 \text{ mg/L}$, đạt yêu cầu của QCVN 39:2011/BTNMT.

Kết quả phân tích ở Hình 6 cho thấy nước thải sau xử lý có các thông số SS, BOD_5 , $N-NO_3^-$, $P-PO_4^{3-}$ đều đạt cột A của QCVN 14:2008/BTNMT; COD đạt cột A theo QCVN

40:2011/BTNMT; TKN đạt cột B của QCVN 40:2011/ BTNMT; tổng Coliforms đạt cột B theo QCVN 14:2008/BTNMT; riêng thông số N-NH₄⁺ vượt gấp đôi giá trị quy định bởi QCVN 14:2008/BTNMT (5 mg/L), chưa đạt tiêu chuẩn thải ra môi trường.

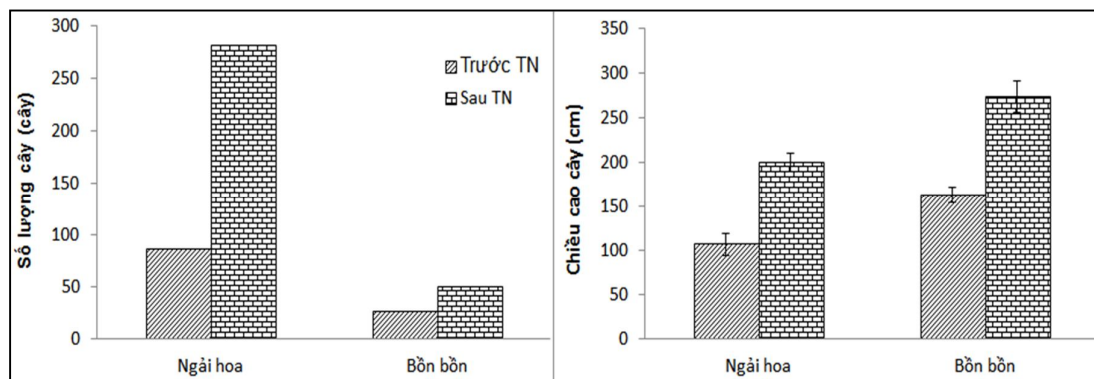
Nếu chỉ quan tâm đến xử lí chất hữu cơ và giữ lại đạm để tưới cho cây trồng thì có thể ứng dụng khu đất ngập nước với HRT 4 ngày để xử lí nước thải có mức ô nhiễm tương tự. Khi đó lượng nạp nước cho hệ thống là 562 m³×ha⁻¹×ngày⁻¹, ứng với tải nạp BOD₅ là 44,44 kg×ha⁻¹×ngày⁻¹, khả năng loại bỏ BOD₅ là 38,79 kg×ha⁻¹×ngày⁻¹.



Hình 6. Các thông số ô nhiễm của nước thải thí nghiệm ở HRT 4 ngày

3.5. Sự phát triển của cây trồng

Kết quả đo đạc cho thấy Ngải hoa và Bồn bồn phát triển tốt trên khu đất ngập nước. Hình 7 trình bày các thông số về chiều cao cây và số chồi tăng thêm thể hiện sự phát triển của cây trồng.



Hình 7. Các chỉ tiêu theo dõi sự phát triển của cây trồng thí nghiệm

Các chỉ tiêu theo dõi đều tăng trong quá trình vận hành mô hình. Sau 123 ngày thí nghiệm số chồi con mọc thêm là 195 chồi đối với cây Ngải hoa (tăng 324%) và 23 chồi đối với cây Bòn bòn (tăng 185%).

Chiều cao cây trồng cũng tăng đáng kể, chiều cao cây Ngải hoa trưởng thành đạt trung bình $200 \pm 9,17$ cm tăng 93,3 cm so với thời điểm trước khi tiến hành thí nghiệm; chiều cao cây Bòn bòn trưởng thành tăng 109,7 cm, đạt trung bình $273 \pm 17,52$ cm, so với thời điểm trước khi tiến hành thí nghiệm.



Trước thí nghiệm



Trước thí nghiệm



Sau thí nghiệm



Sau thí nghiệm

Hình 8: Sự phát triển của bộ rễ cây Ngải hoa (trái) và cây Bòn bòn (phải)

Trong nghiên cứu này không đánh giá định lượng sự phát triển của rễ cây mà chỉ quan sát định tính. Cả hai loại cây đều có bộ rễ phát triển lớn hơn, dài hơn so với thời điểm bắt đầu trồng (Hình 8). Rễ cây càng lớn sẽ cung cấp một diện tích lớn cho vi khuẩn bám và

phát triển thành các màng sinh học chịu trách nhiệm cho quá trình phân hủy sinh học trong hệ thống đất ngập nước nhân tạo, bao gồm giảm thiểu đạm [14]. Tuy nhiên, để quá trình phân hủy đạm được tiến hành với tốc độ tối đa đòi hỏi lượng ô-xy tối thiểu là 2 mg/L [15].

Trong số các loại cây thường trồng trong khu đất ngập nước, cây sậy được đánh giá là cây trồng loại bỏ đạm tốt do cây phân bỏ 50% sinh khối thực vật ở rễ và thân rễ [12]. Sinh khối rễ tăng giúp tăng lượng ô-xy vận chuyển vào chất nền, tạo môi trường hiếu khí cho phân hủy đạm. Quan sát cho thấy tỉ lệ % sinh khối của rễ và thân rễ so với cây trồng trong thí nghiệm này chưa cao. Đây có thể là nguyên nhân làm cho thông số N-NH₄⁺ chưa đạt QCVN 14:2008/BTNMT. Điều này cần được tiếp tục nghiên cứu thêm.

4. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu đã đạt được những kết quả cụ thể như sau:

- Có thể vận hành khu đất ngập nước nhân tạo trồng cây Ngải hoa kết hợp với cây Bồn bồn ở thời gian lưu nước 5 ngày, tải nạp nước 437,5 m³×ha⁻²× ngày⁻¹, tải nạp chất hữu cơ là 30,33 kg×ha⁻²×ngày⁻¹ để xử lý nước thải sinh hoạt có nồng độ ô nhiễm tương tự đạt QCVN 14:2008/BTNMT (cột B).

- Trường hợp thiếu diện tích đất có thể chọn thời gian lưu nước 4 ngày ứng với tải nạp nước 562 m³×ha⁻¹×ngày⁻¹, tải nạp BOD₅ là 44,44 kg×ha⁻¹×ngày⁻¹, tuy nhiên cần tái sử dụng nước thải đầu ra của khu đất ngập nước tưới cho cây trồng khác để loại bỏ ni-tơ, hoặc có thêm hệ thống xử lý phía sau. Nước sau xử lý có thông số N-NH₄⁺ chưa đạt QCVN 14:2008/BTNMT.

Để có thể ứng dụng kết quả nghiên cứu này vào thực tế cần:

- Tiến hành các nghiên cứu về hiệu quả xử lý nước thải bằng mô hình đất ngập nước nhân tạo với các chất nền trồng cây khác nhau giúp cây phát triển bộ rễ để có thể xử lý đạm tốt hơn.

- Tiến hành các nghiên cứu cắt tỉa cây trồng định kì để đảm bảo độ thoáng khí, tăng hàm lượng ô-xy trong vùng rễ cây giúp xử lý nước thải tốt hơn.

- Nghiên cứu khả năng tận dụng nước thải sinh hoạt sau khi xử lý bằng hệ thống đất ngập nước nhân tạo cho tưới cây hoặc nghiên cứu phương pháp xử lý đạm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Hoàng Việt, Nguyễn Võ Châu Ngân. *Giáo trình Kỹ thuật xử lý nước thải*, NXB Đại học Cần Thơ, 2014.
- [2] Ngân hàng Thế giới. *Đánh giá hoạt động quản lý nước thải đô thị Việt Nam*, The World Bank, 2013.
- [3] Lê Văn Cát. *Xử lý nước thải giàu hợp chất ni-tơ và phốt-pho*, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 2007.

- [4] US EPA. *Design Manual Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment*, US Environmental Protection Agency - Office of Research and Development, 1988.
- [5] Brix H., Koottatep T., Fryd O., Laugesen C. H. “The flower and the butterfly constructed wetland system at Kon Phi Phi-System design and lessons learned during implementation and operation,” in *Ecological Engineering*, 2010, 37(5), pp.729–735.
- [6] Gebremariam S. Y., Beutel M. W. “Nitrate removal and DO levels in batch wetland mesocosms: Cattail (*Typha spp.*) versus Bulrush (*Scirpus spp.*),” in *Ecological Engineering*, 2008, 34(1), pp.1–6.
- [7] Konerrup D., Koottatep T., Brix H. “Treatment of domestic wastewater in tropical, surface flow constructed wetlands planted with *Canna* and *Heliconia*,” in *Ecological Engineering*, 2009, 35(2), pp.248–257.
- [8] Lihua C., Ouyang Y., Qian L., Fengle Y., Ying C., Wenling Z., Shiming L. “Removal of nutrients from wastewater with *Canna indica* L. under different vertical-flow constructed wetland conditions,” in *Ecological Engineering*, 2010, 36(8), pp.1083–1088.
- [9] Selbo S. M., Snow A. A. “The potential for hybridization between *Typha angusti-folia* and *Typha latifolia* in a constructed wetland,” in *Aquatic Botany*, 2004, 78(4), pp.361–369.
- [10] Trương Thị Phương Thảo, Ngô Thụy Diễm Trang. “Ảnh hưởng nồng độ đạm lên sinh trưởng cây Bồn bồn trên hệ thống đất ngập nước kiến tạo,” *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 2013, 27: tr.116–121.
- [11] Zurita F., De Anda J., Belmont M. A. “Treatment of domestic wastewater and production of commercial flowers in vertical and horizontal subsurface-flow constructed wetlands,” *Ecological Engineering*, 2009, 35(5), pp.861–869.
- [12] Kadlec R. H., Knight R. L. *Treatment Wetland*. Lewis Publishers, 1996.
- [13] Metcalf & Eddy. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*, McGraw-Hill Inc, 1991.
- [14] Brix H. “Functions of macrophytes in constructed wetlands,” in *Water Science and Technology*, 1994, 29(4), pp.71–78.
- [15] Sikora F. J., Tong Z., Behrends L. L., Steinberg S. L., Coonrod H. S. “Ammonium removal in constructed wetlands with recirculating subsurface flow: removal rate and mechanisms,” in *Water Science and Technology*, 1995, 32(3), pp.193–202.