

Nghiên cứu vai trò của thực vật thủy sinh và hệ vi sinh vật vùng rễ trong hệ thống đất ngập nước nhân tạo xử lý nước thải sinh hoạt

Nguyễn Minh Phương*, Nguyễn Thị Loan, Đỗ Thị Hằng,
Đỗ Thị Mỹ Lương, Phạm Thị Lan, Nguyễn Thị Hồng Nhung

*Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN,
334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 27 tháng 9 năm 2017

Chỉnh sửa ngày 05 tháng 10 năm 2017; Chấp nhận đăng ngày 13 tháng 11 năm 2017

Tóm tắt: Phương pháp sinh học sử dụng thực vật thủy sinh để xử lý nước thải sinh hoạt đang có xu thế được áp dụng rộng rãi do hiệu quả xử lý cao với chi phí thấp. Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá vai trò của thực vật thủy sinh và hệ vi sinh vật (VSV) vùng rễ của các loài thực vật thủy sinh khác nhau (thủy trúc, phát lộc, bèo tấm, bèo cái và bèo lục bình) trong hệ thống đất ngập nước nhân tạo tiếp nhận cùng một nguồn nước thải sinh hoạt. Các chỉ tiêu hóa lý trong mẫu nước thải và số lượng VSV trong hệ rễ các thực vật thủy sinh được xác định qua các thời gian lưu khác nhau: 0, 7, 14, 21, 28 và 35 ngày. Kết quả cho thấy thực vật thủy sinh và VSV có khả năng xử lý tốt các chất ô nhiễm có trong nước thải. Số lượng vi khuẩn tăng dần theo thời gian lưu và cao nhất đạt 65×10^9 CFU/g trong mẫu rễ bèo cái ở thời gian lưu 35 ngày. Hiệu quả xử lý amoni của hệ bèo cái đạt cao nhất sau 35 ngày (99,1%).

Từ khóa: Đất ngập nước nhân tạo, VSV, thực vật thủy sinh.

1. Mở đầu

Hiện nay phương pháp xử lý nước thải bằng thực vật thủy sinh ngày càng được nhiều nhà khoa học quan tâm, mở ra triển vọng cho việc xử lý nước thải với chi phí thấp và thân thiện với môi trường [1, 2]. Mặc dù vai trò của các loài thực vật thủy sinh trong xử lý nước thải đã được chứng minh qua nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước, vai trò của hệ VSV, đặc biệt là VSV vùng rễ trong xử lý nước thải lại ít được quan tâm nghiên cứu dù mối quan hệ giữa thực

thực vật và VSV trong xử lý đất ô nhiễm đã được đề cập [3]. Sharma và cộng sự (2013) cũng tìm ra một số chủng VSV như có khả năng xử lý kim loại nặng trong vùng rễ của các loài thực vật thủy sinh như bèo tây, sậy,...[4]. Cũng có các nghiên cứu về VSV vùng rễ trước đây chú trọng vào mục đích sản xuất nông nghiệp (vi khuẩn cố định đạm, nấm rễ cộng sinh...) mà chưa đề cập đến vai trò của chúng trong các hệ thống xử lý nước thải sử dụng thực vật thủy sinh [5]. Theo các nghiên cứu trước đây, VSV vùng rễ của các loài thủy trúc, sậy và cỏ nền có khả năng cải thiện chất lượng nước thải đô thị [6] và các chủng VSV vùng rễ sậy trong hệ thống đất ngập nước nhân tạo xử lý nước thải thuộc da cũng được xác định [7]. Tuy nhiên, số lượng

* Tác giả liên hệ: ĐT: 84-966123284.

Email: nmphuong.hn@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4143>

các công trình nghiên cứu về VSV trong hệ rễ các loài thực vật thủy sinh được công bố nhìn chung còn rất ít, dữ liệu về số lượng các loài VSV vùng rễ thực vật thủy sinh trong các hệ thống xử lý nước thải còn chưa đầy đủ. Chính vì vậy, nghiên cứu về VSV vùng rễ của thực vật thủy sinh là một hướng nghiên cứu mới và triển vọng trong tương lai nhằm phát triển công nghệ đất ngập nước và công nghệ vi sinh vật trong xử lý nước thải. Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá vai trò của thực vật thủy sinh và hệ VSV vùng rễ của hệ thống đất ngập nước nhân tạo xử lý nước thải sinh hoạt. Nội dung nghiên cứu gồm: đánh giá hiện trạng và đặc trưng của nước thải sinh hoạt tại cống xả trên sông Tô Lịch (đoạn giao giữa đường Láng và Lê Văn Lương); xác định số lượng VSV trong hệ rễ thực vật thủy sinh qua các thời gian lưu khác nhau của hệ đất ngập nước nhân tạo và sự có mặt của một số nhóm VSV điển hình (nhóm vi khuẩn amon hóa, nitrat hóa và phản nitrat hóa); đánh giá hiệu quả xử lý nước thải của hệ đất ngập nước nhân tạo sử dụng các loại thực vật thủy sinh khác nhau.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

- Nước thải sinh hoạt được lấy tại cống xả trên sông Tô Lịch (đoạn giao giữa đường Láng và đường Lê Văn Lương). Các loài thực vật sử dụng trong nghiên cứu gồm: thủy trúc (*Cyperus*), bèo tấm (*Lemna minor*), phát lộc (*Dracaena sanderiana*), bèo lục bình (*Eichhornia crassipes*), bèo cái (*Pistia stratiotes*).

- Các hệ thí nghiệm bao gồm: i) hệ trồng thủy trúc (TT), ii) hệ trồng thủy trúc kết hợp với bèo tấm (TT + BT), hệ trồng phát lộc (PL), iv) hệ bèo lục bình (LB) và v) hệ bèo cái (BC). Mật độ sinh khối ban đầu của thủy trúc là 1348 g/m² và của phát lộc là 2035 g/m². Bèo tấm, bèo lục bình và bèo cái được thả chiếm 2/3 diện tích mặt nước với mật độ sinh khối tương ứng lần lượt là 35, 270 và 180 g/m². Các loại thực vật thủy sinh đều có đặc điểm sinh trưởng tốt. Với

các hệ thí nghiệm TT, TT + BT, PL, sử dụng vỏ bình Lavie dung tích 15 lít đã được cắt bỏ miệng, chiều cao lớp sỏi (kích cỡ sỏi 4 - 6 mm) trong hệ khoảng 10 cm, bổ sung nước thải vào hệ sao cho nước ngập lớp sỏi và cao trên mặt sỏi khoảng 2 cm. Đối với hệ LB và BC, không bổ sung sỏi. Trong quá trình thí nghiệm không bổ sung thêm nước thải.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Các phương pháp nghiên cứu gồm có: phương pháp phân tích các chỉ tiêu hóa lý trong nước: COD (phương pháp kali-đicromat, TCVN 6491:1999), amoni (phương pháp trắc phổ thao tác bằng tay, TCVN 6179-1:1996), nitrit (TCVN 6494-1:2011), nitrat (phương pháp trắc phổ dùng axit sunfosalixylic, TCVN 6180:1996), photphat (phương pháp đo phổ dùng amoni molipdat, TCVN 6202:2008); xác định số lượng VSV (vi khuẩn, xạ khuẩn, nấm mốc, nấm men, vi khuẩn nitrat hóa) theo phương pháp Kock [8, 9]. Các chỉ tiêu hóa lý được xác định tại Phòng phân tích của Trung tâm môi trường và Sản xuất sạch hơn (Bộ Công thương), số lượng VSV được xác định tại phòng thí nghiệm Khoa Môi trường (Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Hà Nội).

- Tiến hành xác định các chỉ tiêu hóa lý và số lượng VSV trong hệ rễ các thực vật thủy sinh qua các thời gian lưu khác nhau: 0, 7, 14, 21, 28 và 35 ngày. Do rễ của thủy trúc và phát lộc ngập sâu trong sỏi nên chỉ tiến hành xác định số lượng VSV trong rễ của thủy trúc và phát lộc ở thời điểm ban đầu và thời điểm kết thúc thí nghiệm (0 và 35 ngày).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả đánh giá các thông số đặc trưng của nước thải sinh hoạt

Kết quả phân tích các thông số đặc trưng của nước thải sinh hoạt tại miệng cống thải trên sông Tô Lịch được thể hiện trên bảng 1.

Bảng 1. Các thông số đặc trưng của nước thải sinh hoạt tại công thải trên sông Tô Lịch

Thông số	Đơn vị	Giá trị	QCVN 14: 2008/BTNMT Loại B
pH	-	7,44	5 - 9
Mùi	-	Hôi, tanh	Không khó chịu
COD	mg/L	192	-
NH ₄ ⁺ -N	mg/L	23,02	10
NO ₂ ⁻ -N	mg/L	0,015	-
NO ₃ ⁻ -N	mg/L	0,43	50
PO ₄ ³⁻ -P	mg/L	0,95	10

Ghi chú: QCVN 14:2008/BTNMT, loại B: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt, áp dụng cho nước thải sinh hoạt thải vào nguồn tiếp nhận không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt

Kết quả cho thấy nước thải sinh hoạt tại công thải trên sông Tô Lịch có pH đạt trung tính, nước thải bốc mùi hôi tanh, mang đặc trưng nước thải sinh hoạt. Nước thải có hàm lượng NH₄⁺-N cao gấp 2,3 lần so với QCVN 14:2008/BTNMT loại B.

3.2. Xác định số lượng vi sinh vật trong hệ rễ thực vật thủy sinh

Kết quả xác định số lượng VSV (CFU/g trọng lượng tươi) trong hệ rễ thực vật thủy sinh được thể hiện trên Bảng 2. Số lượng VSV trong rễ của các hệ TT, TT + BT, PL chỉ được xác định

ở thời điểm ban đầu (0) và thời điểm kết thúc thí nghiệm (35 ngày) do rễ của thủy trúc và phát lộc ngập sâu trong sỏi.

Kết quả thể hiện trên bảng 2 cho thấy VSV trong các mẫu rễ phong phú, bao gồm cả vi khuẩn, xạ khuẩn, nấm mốc và nấm men. Trong các VSV, vi khuẩn trong mẫu rễ chiếm đa số. Số lượng vi khuẩn trong rễ bèo cái đạt cao nhất (65x10⁹ CFU/g) sau 35 ngày, số lượng vi khuẩn nitrat hóa đạt 40,1x10⁹ CFU/g. Nhóm vi khuẩn nitrat hóa thực hiện quá trình oxy hóa amoni thành nitrat.

Bảng 2. Số lượng VSV trong hệ rễ thực vật thủy sinh (CFU/g)

Mẫu rễ trong các hệ	Thời gian lưu (ngày)	Vi khuẩn	Xạ khuẩn	Nấm mốc	Nấm men	Vi khuẩn nitrat hóa
TT	0	4 x 10 ⁹	2 x 10 ³	3,5 x 10 ⁶	6,8 x 10 ⁶	2,7 x 10 ⁹
	35	39 x 10 ⁹	10 x 10 ³	12 x 10 ⁶	26,8 x 10 ⁶	29,1 x 10 ⁹
TT + BT	0	5,1 x 10 ⁹	3,9 x 10 ³	4,3 x 10 ⁶	7,7 x 10 ⁶	3,3 x 10 ⁹
	35	49,8 x 10 ⁹	3,4 x 10 ³	24 x 10 ⁶	40 x 10 ⁶	38,9 x 10 ⁹
PL	0	2,8 x 10 ⁹	1,6 x 10 ³	2,7 x 10 ⁶	5,2 x 10 ⁶	0,81 x 10 ⁹
	35	37 x 10 ⁹	10,5 x 10 ³	10 x 10 ⁶	20,8 x 10 ⁶	10,9 x 10 ⁹
LB	0	4,3 x 10 ⁹	2,7 x 10 ³	5,6 x 10 ⁶	6,4 x 10 ⁶	1,7 x 10 ⁹
	7	9,1 x 10 ⁹	8 x 10 ³	7,1 x 10 ⁶	12,9 x 10 ⁶	5,9 x 10 ⁹
	14	19,5 x 10 ⁹	6,1 x 10 ³	11,4 x 10 ⁶	18 x 10 ⁶	14,7 x 10 ⁹
	21	24,4 x 10 ⁹	4,0 x 10 ³	18,3 x 10 ⁶	23,5 x 10 ⁶	20,1 x 10 ⁹
	28	30 x 10 ⁹	8,7 x 10 ³	20,4 x 10 ⁶	26,8 x 10 ⁶	27,5 x 10 ⁹
	35	40,2 x 10 ⁹	13,7 x 10 ³	21 x 10 ⁶	29,7 x 10 ⁶	29,3 x 10 ⁹
BC	0	5,1 x 10 ⁹	1,2 x 10 ³	5,3 x 10 ⁶	7,4 x 10 ⁶	2,6 x 10 ⁹
	7	8,4 x 10 ⁹	3,6 x 10 ³	9,5 x 10 ⁶	11,4 x 10 ⁶	5,8 x 10 ⁹
	14	20,2 x 10 ⁹	9,6 x 10 ³	12,3 x 10 ⁶	15,8 x 10 ⁶	18,9 x 10 ⁹
	21	26,7 x 10 ⁹	10,3 x 10 ³	16,7 x 10 ⁶	18,9 x 10 ⁶	20,6 x 10 ⁹
	28	32 x 10 ⁹	8,7 x 10 ³	20 x 10 ⁶	22 x 10 ⁶	30,5 x 10 ⁹
	35	65 x 10 ⁹	4 x 10 ³	28 x 10 ⁶	33 x 10 ⁶	40,1 x 10 ⁹

Ghi chú: CFU: colony-forming unit (đơn vị hình thành khuẩn lạc)

Nghiên cứu trước đây về VSV vùng rễ của một số loài thực vật cho kết quả số lượng vi khuẩn đạt khoảng $2,6 - 5,5 \times 10^6$ CFU/g trọng lượng khô [10] và khoảng $1,65 - 3,16 \times 10^9$ CFU/g trọng lượng tươi [11, 12]. Số lượng VSV trong các mẫu rễ đều tăng dần theo thời gian lưu. Kết quả cho thấy số lượng vi khuẩn dao động trong khoảng từ 9.6 đến $10.8 \log_{10}$ CFU/g. Giá trị này có thể so sánh với kết quả số lượng vi khuẩn trong vùng rễ một số loài thực vật đạt 8 - $14 \log_{10}$ CFU/g (trọng lượng tươi) [12]. Một số hình ảnh về VSV phân lập được từ hệ rễ thực vật thủy sinh được thể hiện trên hình 1. Sự biến động về số lượng vi khuẩn (\log_{10} CFU/g) theo thời gian lưu được thể hiện trên hình 2.

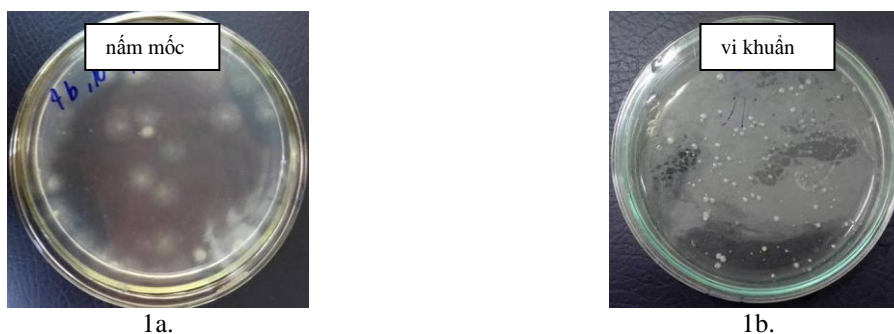
3.3. Xác định định tính sự có mặt của nhóm vi khuẩn amon hóa và phản nitrat hoá

Nhóm vi khuẩn amon hóa trong quá trình phân giải protein và các hợp chất hữu cơ chứa nitơ trong môi trường tạo ra NH_3 , NH_4^+ . Dấu hiệu của sự có mặt của các vi khuẩn amon hóa là môi trường trong ống nghiệm bị đục, giấy quỳ chuyển thành màu xanh sau khi VSV được

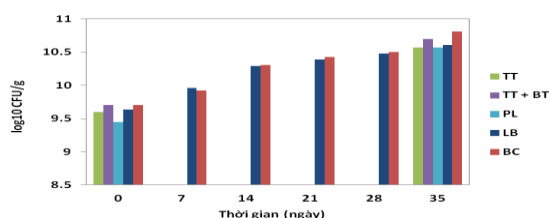
nuôi cấy trong môi trường thích hợp với nhiệt độ khoảng 30°C trong 5 ngày. Vi khuẩn phản nitrat hóa thực hiện quá trình khử nitrat thành nitơ phân tử. Dấu hiệu sự có mặt của nhóm vi khuẩn này là môi trường bị đục và bọt khí (N_2) tạo thành sau khi nuôi cấy VSV trong môi trường thích hợp ở 30°C trong 5 ngày. Ngoài ra, môi trường còn bị kiềm hóa làm giấy quỳ chuyển thành màu xanh. Kết quả xác định định tính cho thấy nhóm vi khuẩn amon hóa và phản nitrat hóa có mặt trong tất cả các hệ thí nghiệm.

3.4 Đánh giá hiệu quả xử lý của các hệ đất ngập nước nhân tạo sử dụng các loại thực vật thủy sinh khác nhau

Chúng tôi tiến hành xác định sự thay đổi các thông số đặc trưng của nước thải qua các thời gian lưu khác nhau: 7, 14, 21, 28 và 35 ngày. Hàm lượng các thông số này đều giảm theo thời gian lưu. Kết quả chi tiết về hiệu quả xử lý COD và amoni trong nước thải qua các thời gian lưu ở từng hệ thí nghiệm được thể hiện trên Bảng 3.



Hình 1. Khuẩn lạc nấm mốc trong mẫu rễ phát lộc (1a) và khuẩn lạc vi khuẩn trong mẫu rễ bèo cái (1b) sau 35 ngày.



Hình 2. Sự biến động về số lượng vi khuẩn (\log_{10} CFU/g) theo thời gian lưu.

Bảng 3. Hiệu quả xử lý COD và amoni của các hệ thí nghiệm qua các thời gian lưu

Thông số	Hệ thí nghiệm	Hàm lượng các thông số trong nước thải sau xử lý 35 ngày (mg/L)	Hiệu quả xử lý qua các thời gian lưu (%)				
			7 ngày	14 ngày	21 ngày	28 ngày	35 ngày
COD	TT	28,3	29,79	30,64	36,67	80,37	85,26
	TT + BT	39	20,47	25,67	32,01	68,73	79,69
	PL	57,8	22,98	32,53	35,00	50,05	69,90
	LB	32	50,76	60,74	66,67	81,25	83,33
	BC	64	39,79	45,90	50,43	65,78	66,67
NH ₄ ⁺ -N	TT	1,53	26,50	30,10	39,29	90,31	93,34
	TT + BT	1,98	48,70	50,32	65,46	89,64	91,38
	PL	5,68	23,67	25,48	25,30	50,09	75,33
	LB	0,23	59,50	70,63	80,07	90,52	98,99
	BC	0,21	72,43	80,54	89,65	93,46	99,11

Sau 35 ngày, hiệu quả xử lý COD của các hệ thí nghiệm đều đạt trên 66%, cao nhất ở hệ TT (85,26%). Hiệu quả xử lý amoni của các hệ TT, TT + BT, LB và BC đều đạt trên 90%. Trong các hệ thí nghiệm, hệ PL có hiệu quả xử lý amoni thấp nhất (đạt 75,33%) và hệ BC đạt hiệu quả xử lý amoni cao nhất (99,11%). Kết quả trong bảng 2 cũng chỉ ra rằng số lượng vi khuẩn nitrat hóa phân lập được đạt thấp nhất trong mẫu rễ phát lộc và đạt cao nhất trong mẫu rễ bèo cái. Nhóm vi khuẩn nitrat hóa thực hiện quá trình oxy hóa amoni thành nitrat và có thể góp phần làm giảm hàm lượng amoni trong nước thải, tuy nhiên cần phải có các nghiên cứu tiếp theo để xác định rõ vai trò của nhóm vi khuẩn này trong quá trình xử lý amoni.

4. Kết luận

Hàm lượng các thông số COD và amoni đều giảm đáng kể sau 35 ngày thí nghiệm. Các VSV vùng rễ phân lập được gồm tất cả các loài vi khuẩn, xạ khuẩn, nấm mốc, nấm men, trong đó vi khuẩn trong mẫu rễ bèo cái đạt lớn nhất. Số lượng vi khuẩn biến động tăng dần theo thời gian lưu. Kết quả cho thấy thực vật thủy sinh và quần thể VSV trong vùng rễ của trong các hệ thí nghiệm có khả năng xử lý COD và amoni trong nước thải.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Khoa học Tự nhiên trong đề tài mã số TN.17.21.

Tài liệu tham khảo

- [1] J.Vymazal, L.Kröpfelova, Wastewater treatment in constructed wetlands with horizontal subsurface Flow, Environmental Pollution 14, Springer, 2008.
- [2] S.Wu, P. Kusch, H. Brix, J. Vymazal, R. Dong, Development of constructed wetlands in performance intensifications for wastewater treatment: A nitrogen and organic matter targeted review, Water Research 57 (2014) 40.
- [3] E.A Lazcano, A. G Zúñiga, A. R. Tovar1, A. R. Dorantes, M.S.V Murrieta, Rhizospheric plant-microbe interactions that enhance the remediation of contaminated soils, Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology (2010) 251.
- [4] R. Sharma, K. Sharma, N. Singh, A. Kumar, Rhizosphere biology of aquatic microbes in order to access their bioremediation potential along with different aquatic macrophytes, Recent Research in Science and Technology 5 (2013) 29.
- [5] J.K. Srivastava, H.Chandra, S.J.S.Kalra, P. Mishra, H. Khan, P. Yadav, Plant-microbe interaction in aquatic system and their role in the management of water quality: a review, Applied Water Science 7 (2017) 1079.

- [6] L. I. Kruh, Y. Hadar, D. Milstein, A. Gasith, D. Minz, Microbial population and activity in wetland microcosms constructed for improving treated municipal wastewater, *Environmental Microbiology* 59 (2010) 700.
- [7] A.F.Desta, F. Assefa, S. Leta, F. Stomeo, M. Wamalwa, M. Njahira, D. Appolinaire, Microbial community structure and diversity in an integrated system of anaerobic-aerobic reactors and a constructed wetland for the treatment of tannery wastewater in Modjo, Ethiopia, *Plos one* 10 (2014): e0128053.
- [8] Trần Cẩm Vân, Giáo trình Vi sinh vật học môi trường, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, 2005.
- [9] Lương Đức Phâm, Đinh Thị Kim Nhung, Trần Cẩm Vân, Cơ sở khoa học trong công nghệ bảo vệ môi trường - Tập 2, Cơ sở vi sinh trong công nghệ bảo vệ môi trường, NXB Giáo dục Việt Nam, 2009.
- [10] Y. Ge, C. Zhang, Y. Jiang, C. Yue, Q. Jiang, H. Min, H. Fan, Q. Zeng, J. Chang, Soil microbial abundances and enzyme activities in different rhizospheres in an integrated vertical flow constructed wetland, *Clean Soil Air Water* 39 (2011) 206.
- [11] M. Shankar, P. Ponraj, D. Ilakkiam, P. Gunasekara, Root colonization of a rice growth promoting strain of *Enterobacter cloacae*, *Journal of Basic Microbiology* (2011) 523.
- [12] L. Cavaglieri, J. Orlando, M. Etcheverry, Rhizosphere microbial community structure at different maize plant growth stages and root locations, *Microbiological Research* 164 (2009) 39.

Study on the Role of Aquatic Plants and Rhizospheric Microorganisms in Constructed Wetlands in Domestic Wastewater Treatment

Nguyen Minh Phuong, Nguyen Thi Loan, Do Thi Hang,
Do Thi My Luong, Pham Thi Lan, Nguyen Thi Hong Nhung

*Faculty of Environmental Sciences, VNU University of Science,
334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

Abstract: Biological method using aquatic plants for domestic wastewater treatment is being applied widely due to high treatment efficiency and low cost. The aim of the study is to evaluate the role of aquatic plants and microorganisms associated with the roots of different wetland plants (*Cyperus*, *Dracaena sanderiana*, *Lemna minor*, *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes*) in constructed wetlands receiving the same domestic wastewater source. The physico-chemical parameters of the wastewater and the number of microorganisms were determined at different retention times: 0, 7, 14, 21, 28 and 35 days. The results showed that the aquatic plants and microorganisms were capable of reducing the concentrations of pollutants in the wastewater. Also, the number of bacteria increased according to the retention time and the highest number of bacteria was found in the roots of *Pistia stratiotes* at 65×10^9 CFU/g after 35 days of the experimental period. The ammonium treatment efficiency of the *Pistia stratiotes* system was highest after 35 days (99.1%).

Keywords: Constructed wetlands, microorganisms, aquatic plants.