

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT SAU BỂ TỰ HOẠI BẰNG TẢO BẨM KẾT HỢP TRONG BÃI LỌC NGẦM NHÂN TẠO

Nguyễn Ngọc Tú^{1*}, Nguyễn Thị Thu Hà¹, Hồ Thị Diệu Lành², Trịnh Quang Huy¹

TÓM TẮT

Mô hình đất ngập nước nhân tạo (CW) đã được nghiên cứu và áp dụng hiệu quả trong xử lý nước thải sinh hoạt. Tuy nhiên, để loại bỏ hiệu quả chất dinh dưỡng và tăng hiệu suất xử lý, cần sử dụng mô hình CW tích hợp được cả quá trình vật lý và quá trình sinh học. Nghiên cứu này đã kết hợp tảo bám (periphyton) vào hệ thống CW để đánh giá khả năng xử lý chất hữu cơ và dinh dưỡng trong nước thải sinh hoạt sau bể phốt ở quy mô phòng thí nghiệm. Quá trình tạo màng tảo bám trên vật liệu cho thấy, mật độ lớn nhất trên vật liệu tìm thấy ở ngày thứ 9-12, mật độ tảo vào khoảng $1 - 2 \times 10^7$ TB/cm². Kết quả nghiên cứu cho thấy sự có mặt của tảo bám trong hệ thống CW đã giúp nâng cao hiệu quả quá trình xử lý chất hữu cơ lên đến 86,74%, hiệu quả xử lý TSS đạt 56,67%, hiệu quả xử lý PO₄³⁻ đạt 83,69%. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng, phương pháp bãi lọc ngầm nhân tạo kết hợp tảo bám có khả năng xử lý đối với nước thải sinh hoạt sau bể tự hoại có thể thay thế cho một số phương pháp xử lý truyền thống, thân thiện với môi trường đồng thời mang lại hiệu quả cao, xây dựng đơn giản.

Từ khóa: Tảo bám, nước thải sinh hoạt, bãi lọc ngầm, bể tự hoại.

1. GIỚI THIỆU

Bãi lọc ngầm nhân tạo (Constructed Wetlands - CW) gần đây được biết đến trên thế giới như một giải pháp công nghệ sinh thái xử lý nước thải trong điều kiện tự nhiên (Nguyễn Việt Anh, 2005). Cơ chế xử lý của bãi lọc trồng cây chủ yếu dựa trên khả năng lắng, lọc, hấp thụ các chất trên vật liệu lọc, hoạt động phân hủy của vi sinh vật và thực vật. Các nghiên cứu nhằm mục tiêu nâng cao hiệu quả của hệ thống CW thường tập trung vào chế độ vận hành (Lê Thọ Bách và cs. 2014; Nguyễn Xuân Cường & Nguyễn Thị Loan, 2016), lựa chọn loại cây trồng thích hợp (Nguyễn Thị Kim Dung & Nguyễn Thị Mai Linh, 2016; Bùi Thị Kim Anh và cs. 2019) hay sử dụng các loại vật liệu lọc khác nhau (Lê Thọ Bách và cs. 2014; Cao Thị Kim Ngọc & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2017). Với hệ thống CW dòng chảy đứng, hiệu quả xử lý BOD có thể đạt hiệu suất 95%, quá trình nitrat hóa đạt 90%. Đặc biệt, hệ thống CW có thể được kết hợp với quá trình kết tủa hóa học để loại bỏ photpho với hiệu suất lên đến 90% (Brix & Arias, 2005).

Hiện tượng phú dưỡng do dư thừa dinh dưỡng (N và P) là một trong những nguyên nhân gây ô nhiễm môi trường nước. Tảo bám (periphyton) đóng một số vai trò trong quá trình xử lý dinh dưỡng trong nước, bao gồm hấp thụ, lắng đọng. Bên cạnh đó, hoạt động sinh trưởng của tảo bám còn làm tăng nhẹ giá trị pH trong nước dẫn đến quá trình lắng đọng P, quang hợp của tảo bám dẫn đến hiện tượng bão hòa oxy tại bề mặt bùn đáy có thể làm cho một số muối photphat kết tủa. Hệ thống CW sử dụng tảo bám tại Florida (Mỹ) cho thấy khoảng 50% lượng P đã được xử lý (Dodds, 2003). Nghiên cứu của Gao và cộng sự (2019) cho thấy, hiệu quả xử lý N tổng số của hệ CW có sử dụng tảo bám đạt từ 60,4% đến 65,3%. Hiệu quả xử lý P tổng số đạt từ 39,45% đến 83,7%. Tảo bám trong hệ thống CW đã hấp thụ 2,5 g N m⁻² và 0,85 g P m⁻². Quá trình lắng đọng đã xử lý được 71,3% lượng N và 56,1% lượng P (Gao *et al.*, 2019). Nghiên cứu của Tao và cộng sự (2011) về sử dụng hệ thống mương có tảo bám cho thấy sự gia tăng về hàm lượng oxy hòa tan (DO) trong nước đầu ra, đạt từ 4,41 – 7,91 mg L⁻¹, mức độ gia tăng DO tuyến tính với độ dài của mương. Khả năng xử lý NH₄⁺ và PO₄³⁻ trong hệ thống CW tương ứng lần lượt là 19,46% và 31,09%. Kết quả cho thấy mương sinh học có tảo bám có khả năng tăng hàm lượng DO và giảm nồng độ N, P trong dòng ra (Tao *et al.*, 2011).

¹ Bộ môn Công nghệ môi trường, Khoa Môi trường, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

² Sinh viên K60, Khoa Môi trường, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Email: nguyennngoctu@vnua.edu.vn

Mặc dù mô hình CW đã được ứng dụng tương đối phổ biến trong thực tế, nhưng kết hợp giữa vật liệu lọc và tảo bám nhằm nâng cao hiệu quả xử lý vẫn còn là hướng nghiên cứu mới. Nghiên cứu này kết hợp tảo bám trên vật liệu lọc ứng dụng trong bãi lọc ngầm nhân tạo để xử lý nước thải sinh hoạt sau bể tự hoại, góp phần đưa ra một giải pháp kỹ thuật mới trong mô hình bãi lọc ngầm nhân tạo - một mô hình đã và đang được áp dụng trong xử lý nước thải sinh hoạt nhằm giải quyết vấn đề nước thải sau bể tự hoại, đảm bảo môi trường sinh thái và bảo vệ môi trường.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

2.1.1. Vật liệu lọc sử dụng trong bãi lọc ngầm

Vật liệu lọc sử dụng trong hệ thống bãi lọc ngầm nhân tạo gồm đất sét nung, sỏi nhỏ, cát và than hoạt tính. Trong đó, vật liệu đất sét nung được sử dụng làm giá thể sinh trưởng của tảo bám. Một số đặc tính của vật liệu lọc là đất sét nung (có dạng hình cầu, bề mặt nhám được tạo thành từ đất sét phối trộn rom rạ nghiền nhỏ nung ở 500-700°C) làm giá thể cho tảo bám trong bãi lọc ngầm, có đặc điểm vật lý như sau: đường kính hạt $16 \pm 1,5$ mm; khối lượng riêng: 1.300 ± 150 kg m⁻³; diện tích bề mặt riêng: 340 ± 95 m² kg⁻¹.

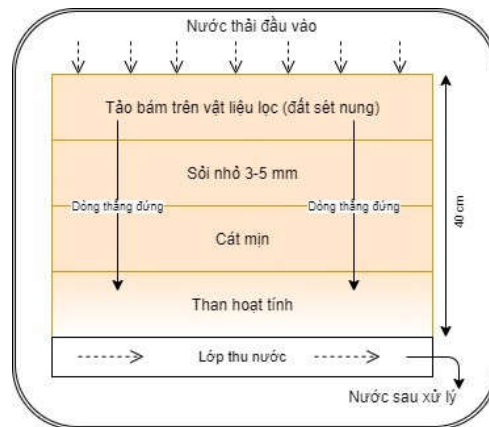
Vật liệu lọc đất sét nung được hình thành màng sinh học tảo bám bằng cách nuôi dưỡng trong thủy vực tự nhiên có tiếp nhận nguồn nước thải sinh hoạt trước khi được sử dụng trong hệ thống CW.

2.1.2. Mô hình thí nghiệm bãi lọc ngầm

Nghiên cứu đánh giá khả năng xử lý nước thải sinh hoạt sau bể tự hoại bằng tảo bám trong bãi lọc ngầm nhân tạo được tiến hành trong mô hình thí nghiệm (Hình 1).

Mô hình thí nghiệm được sử dụng trong nghiên cứu này là bãi lọc ngầm nhân tạo dòng chảy đứng (Vertical Flow – VF). Trong đó, lớp vật liệu lọc mang tảo bám (10-20 cm), tiếp đến là lớp sỏi nhỏ (5-15 cm), lớp cát mịn (10 cm) và lớp than hoạt tính (5 cm) dưới đáy bể. Tổng chiều cao phần vật liệu lọc là 40 cm. Trong đó, do quá trình quang hợp chỉ xảy ra ở độ sâu không quá 30 cm dưới bề mặt nước (có độ đục trung bình, không kể lớp vật liệu) nên lớp vật liệu tảo bám được bố trí ở trên cùng của hệ thống CW với độ sâu nước không quá 20 cm với hệ thống CW dòng chảy đứng (García *et al.*, 2005). Bể thí nghiệm làm bằng meca dày 0,5 cm, kích thước của bể thí nghiệm là 50

x 50 x 45 cm trong đó thể tích chứa nước là 50 x 50 x 40 cm tương đương 100 lít.



Hình 1. Mô hình bể lọc ngầm nhân tạo sử dụng vật liệu lọc có tảo bám

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Đánh giá khả năng hình thành của tảo bám trên bề mặt vật liệu

Thí nghiệm tạo màng theo dõi liên tục cho đến 21 ngày xuất hiện hiện tượng bong màng. Đánh giá khả năng hình thành màng sinh học tảo bám trong quá trình nghiên cứu được thực hiện bằng các phương pháp sau:

+ Xác định mật độ bằng bảng đếm plankton trên vật kính 10x-40x (kết quả được quy đổi từ tế bào tảo/ml trong dung dịch sang số lượng tế bào/cm² vật liệu theo tỷ lệ pha loãng sử dụng).

+ Xác định thành phần tảo (chỉ xác định đến chi) theo khóa định loại của Nguyễn Văn Tuyên dựa vào hình thái, kích thước tế bào tảo và hình thái tập đoàn tảo (Nguyễn Văn Tuyên, 2003).

2.2.2. Đánh giá khả năng xử lý nước thải trong bãi lọc ngầm nhân tạo

Sau giai đoạn tạo màng, đánh giá thành phần và mật độ màng tảo bám sinh trưởng trên vật liệu lọc, vật liệu lọc có màng tảo bám được đưa vào mô hình hệ thống xử lý (Hình 1). Trong mô hình thí nghiệm này, nước thải được phân bố đều trên bề mặt bãi lọc ngầm và di chuyển qua các lớp vật liệu lọc theo chiều thẳng đứng (Vertical Flow - VF). Chiều cao tổng cộng của hệ thống CW không thay đổi giữa các công thức thí nghiệm là 40 cm. Kích thước của vật liệu đất sét nung và của sỏi sử dụng trong nghiên cứu này là tương đồng nên sự thay đổi độ dày của 2 lớp vật liệu lọc này không làm thay đổi các quá trình vật lý diễn

ra trong hệ thống CW. Độ dày của các vật liệu lọc cát mịn và than hoạt tính không thay đổi giữa các công thức thí nghiệm.

Mỗi công thức thí nghiệm được đặt trong một mô hình thí nghiệm độc lập (Hình 1), lưu lượng cấp nước thải đồng nhất bằng bơm bước với lưu lượng

không quá 4 lít/giờ. Mỗi công thức được lặp lại 3 lần theo thời gian, toàn bộ hệ thống được rửa nhẹ nhàng bằng nước sạch sau mỗi lần lặp lại-trước khi bắt đầu lần lặp lại tiếp theo; mỗi lần lặp lại kéo dài 24 giờ, cứ 6 giờ tiến hành lấy mẫu để đánh giá hiệu quả theo thời gian.

Bảng 1. Bố trí và đánh giá các công thức thí nghiệm

Công thức TN	Bề dày lớp vật liệu lọc (cm)				Thời gian theo dõi thí nghiệm			
	Tảo bám	Sỏi	Cát mịn	Than hoạt tính	6 giờ	12 giờ	18 giờ	24 giờ
Đối chứng	10*	15	10	5	Nước thải sau các thời gian thí nghiệm được phân tích các chỉ tiêu: COD, TSS, NH_4^+ và PO_4^{3-}			
CT1	10	15	10	5				
CT2	15	10	10	5				
CT3	20	5	10	5				

(*) Mẫu vật liệu lọc không có tảo bám

2.2.3. Phương pháp phân tích và đánh giá kết quả thí nghiệm

Phương pháp xác định thành phần và mật độ tảo: Mẫu tảo thu được quan sát dưới kính hiển vi, sau đó dựa vào các đặc điểm hình thái, cấu tạo để xác định tên giống của tảo. Xác định mật độ bằng buồng đếm plankton trên vật kính 10x-40x (kết quả được chuyển đổi từ TB/ml tảo trong dung dịch thu hồi sinh khối sang TB/cm² vật liệu theo tỷ lệ pha loãng sử dụng).

Phương pháp phân tích COD: được xác định bằng phương pháp chuẩn độ với chất oxy hóa là $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ và chất khử là muối Morh.

Phương pháp phân tích TSS: được xác định theo phương pháp khối lượng trên giấy lọc sợi thủy tinh < 0,45 μm .

Phương pháp phân tích NH_4^+ : được xác định bằng phương pháp so màu indophenol trên máy quang phổ UV/VIS ở bước sóng 665 nm.

Phương pháp phân tích PO_4^{3-} : được xác định bằng phương pháp Oniani so màu trên máy quang phổ UV/VIS ở bước sóng 660 nm.

Phương pháp xử lý dữ liệu: Các kết quả nghiên cứu được xử lý bằng phần mềm Excel, xử lý sai khác và biểu diễn số liệu bằng phần mềm SigmaPlot 14.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm nước thải sau bể tự hoại và quần xã tảo bám sử dụng trong nghiên cứu

Bảng 2. Tính chất của nước thải sau bể tự hoại tại khu vực nghiên cứu

Thông số	Đơn vị	Giá trị*	Hệ thống xử lý nước thải - Hoàng Huệ (1996)	QCVN 14: 2015/BTNMT
pH	-	7 – 8,5	-	6 – 9
COD	mg L ⁻¹	220	188 - 375	175
TSS	mg L ⁻¹	122	83 - 167	125
N-NH ₄ ⁺	mg L ⁻¹	82	5 - 16	50
N-NO ₃ ⁻	mg L ⁻¹	2,24	-	10
P-PO ₄ ³⁻	mg L ⁻¹	5,9	-	8
Coliform	MPN/100ml	11.000 – 13.000	-	5.000

(* Kết quả phân tích, 2020)

Nước thải sinh hoạt sau bể tự hoại của khu ký túc xá Học viện Nông nghiệp Việt Nam hiện được thải trực tiếp ra các hệ thống rãnh và đường ống thải sau đó nhập chung cùng mương thu gom trên hệ thống mương Lào cũ chảy ra sông Cầu Báy. Nghiên cứu tiến hành khảo sát và lấy mẫu tại điểm thoát

nước thải sau bể tự hoại của các 3 tòa nhà ký túc xá tập trung đông sinh viên nhất là C3, C4, C5 Học viện Nông nghiệp Việt Nam. Kết quả khảo sát từ khu vực nghiên cứu, lưu lượng thải sau bể tự hoại tại mỗi phòng (trung bình 140 l/ngày), tính cho cả khu ký túc thì lượng nước xám thải ra là tương đối lớn. Kết

quả phân tích đặc tính nước thải được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2 cho thấy hàm lượng chất rắn lơ lửng, dinh dưỡng nitơ, photpho và hữu cơ trong mẫu nước sau bể tự hoại khu vực nghiên cứu còn khá cao. Trong đó hàm lượng TSS dao động từ mức xấp xỉ đến cao hơn so với ngưỡng cho phép của Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về nước thải sinh hoạt từ 2,5 đến 3,2 lần, thậm chí hàm lượng dinh dưỡng nitơ dưới dạng amoni còn cao hơn chuẩn cho phép 7-8 lần. Hàm lượng *coliform* cũng vượt nhiều lần so với quy chuẩn cho phép. Điều này cho thấy, mặc dù đã qua hệ thống bể phốt nhưng nước thải sinh hoạt vẫn còn chứa nhiều yếu tố sinh dưỡng, hữu cơ vượt hơn so với quy chuẩn cho phép. Đây sẽ là nguồn tiềm ẩn

nguy cơ gây ô nhiễm môi trường khi mà nguồn thải này không được tiếp tục xử lý mà thải trực tiếp ra môi trường.

Sử dụng 80% thể tích nước thải sinh hoạt trên vật liệu lọc với 20% dung dịch mầm tảo ban đầu (nước ao/hồ phú dưỡng), tiến hành đo đặc mật độ tảo sinh trưởng trên vật liệu với tần suất 3 ngày/lần cho kết quả: mật độ lớn nhất trên vật liệu tìm thấy ở ngày thứ 9-12, mật độ tảo vào khoảng $1 - 2 \times 10^7$ TB/cm². Ở tất cả các công thức, sau ngày thứ 12 bắt đầu có hiện tượng bong màng khi thay nước tuy nhiên mật độ tảo không giảm cho đến ngày thứ 21 cho thấy tốc độ sinh sản và hình thành màng xấp xỉ tốc độ bong màng.

Bảng 3. Thành phần tảo hình thành trên các vật liệu lọc

STT	Chi	Thành phần tảo (%)		
		Nước thải ban đầu	Vật liệu trước thí nghiệm	Vật liệu trong thí nghiệm
1	<i>Amphipleura</i>	1,55	3,10	
2	<i>Cyclotella</i>	5,85	12,45	16,74
3	<i>Eunotia</i>	3,63	4,06	1,92
4	<i>Melosira</i>	2,1	2,64	0,82
5	<i>Navicula</i>	15,28	18,50	23,74
6	<i>Neidium</i>	0,39	0,78	
7	<i>Nitzschia</i>	9,28	16,28	14,38
8	<i>Pinnularia</i>	3,485	4,76	
9	<i>Stauroneis</i>	4,96	5,71	3,62
10	<i>Phacus</i>	8,85	3,40	4,83
11	<i>Ankistrodesmus</i>	1,16	2,32	
12	<i>Bulbochaete</i>	1,135	0,51	0,33
13	<i>Chlorella</i>	3,29	1,08	
14	<i>Coelastrum</i>	1,03	2,06	
15	<i>Cosmarium</i>	3,81	2,42	3,28
16	<i>Closterium</i>	6,44	2,65	2,73
17	<i>Dichotomosiphon</i>	1,05	0,73	0,54
18	<i>Hyaloraphidium</i>	0,325	0,65	
19	<i>Scenedesmus</i>	4,77	5,78	8,37
20	<i>Tetraedron</i>	0,23	0,26	0,66
21	<i>Merismopedia</i>	1,245	1,32	
22	<i>Oscillatoria</i>	3,2	4,53	14,72
23	<i>Các chi khác</i>	16,94	4,01	3,32
Số lượng chi tảo		34	22	19

Với mẫu nước ban đầu gồm 34 chi tảo trong đó tảo lục đa dạng nhất chiếm 16 chi và tảo cát phong phú nhất với 11 chi nhưng chiếm tới 49% về tỷ lệ, sau khi tiếp xúc với nước thải trong vòng 21 ngày, không

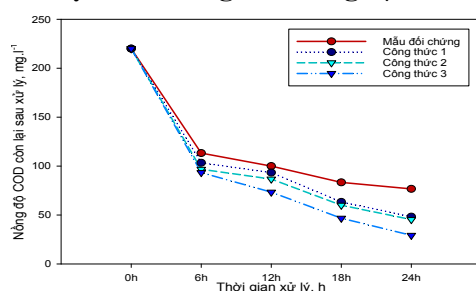
chỉ mật độ mà thành phần tảo cũng có sự thay đổi đáng kể. Sau 21 ngày, chỉ còn 22 chi sinh trưởng và phát triển được trong điều kiện 80% nước thải. Trong quá trình xử lý, chỉ còn 19 chi tảo sống được ở điều

kiện nước chảy, trong đó các chi thích hợp với điều kiện xử lý nước thải sinh hoạt bằng hệ thống bãi lọc ngầm là *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzschia* (tảo cát), *Scenedesmus* (tảo lục) và *Oscillatoria* (vi khuẩn lam).

3.2. Hiệu quả xử lý nước thải bằng tảo bám trong hệ thống CW

3.2.1. Hiệu quả xử lý chất hữu cơ

Nồng độ COD trong nước sau xử lý giảm dần theo thời gian lưu. Với nồng độ COD đầu vào (tại thời điểm 0 giờ) là 220 mg L⁻¹, hiệu suất ở các công thức có sự chênh lệch khá đáng kể. Sau thời gian xử lý là 24 giờ, nồng độ COD còn lại trong các công thức thí nghiệm đối chứng, CT1, CT2 và CT3 lần lượt là 76,67 mg L⁻¹; 48,25 mg L⁻¹; 45,33 mg L⁻¹ và 29,18 mg L⁻¹, đạt hiệu suất xử lý lần lượt là 65,15%; 78,07%, 79,40% và 86,74%. Khả năng xử lý chất hữu cơ tại CT3 lớn hơn so với các công thức thí nghiệm còn lại. Sai khác có ý nghĩa giữa công thức thí nghiệm so với công thức đối chứng (không bổ sung vật liệu có tảo bám) và các công thức thí nghiệm có bổ sung tảo bám ($p < 0,05$). Sai khác giữa hai công thức thí nghiệm CT1 và CT2 (bổ sung tảo bám lần lượt là 10 và 15 cm) là không có ý nghĩa khi hiệu quả xử lý lần lượt đạt 78,07% và 79,40%. Hiệu suất xử lý chất hữu cơ (COD) tốt nhất đạt 86,74%, cao hơn so với hiệu suất xử lý trong nghiên cứu của Nguyễn Xuân Cường và cs là 83,7% (Nguyễn Xuân Cường & Nguyễn Thị Loan, 2016). Kết quả thí nghiệm đã cho thấy hiệu quả xử lý chất hữu cơ của tảo bám khi so sánh hàm lượng chất hữu cơ sau xử lý của các công thức thí nghiệm.



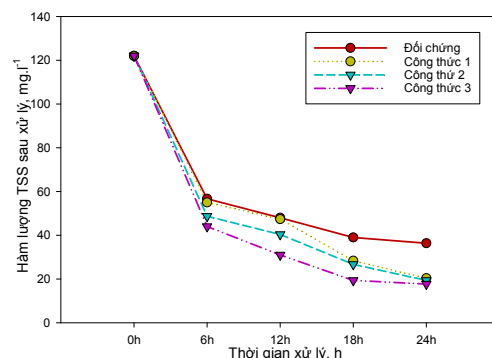
Hình 2. Diễn biến COD của hệ thống bãi lọc ngầm nhân tạo qua các công thức thí nghiệm

Tốc độ xử lý chất hữu cơ trong hệ thống CW trong nghiên cứu này cũng không giống nhau giữa các khoảng thời gian lấy mẫu đánh giá. Tốc độ xử lý chất hữu cơ tốt nhất diễn ra trong 6 giờ đầu tiên (từ nồng độ 220 mg L⁻¹ xuống còn khoảng 102 mg L⁻¹), đạt hiệu suất xử lý khoảng 53,79%. Với các khoảng

thời gian xử lý tiếp theo, tốc độ xử lý giảm dần khi nồng độ trung bình COD trong nước thải sau xử lý còn lại là 88 mg.L⁻¹, 63 mg.L⁻¹ và 50 mg L⁻¹, đạt hiệu suất xử lý tương ứng là 13,18%, 28,44% và 21,33% sau thời gian xử lý lần lượt là 12 giờ, 18 giờ và 24 giờ (Hình 2). Kết quả xử lý sau 24 giờ đạt giá trị cột B1 của QCVN 14-MT:2015/BTNMT.

3.2.2. Hiệu quả xử lý TSS

Xử lý chất rắn lơ lửng (TSS) được đánh giá là một trong những điểm mạnh của hệ thống bãi lọc ngầm nhân tạo, khi hiệu suất xử lý đạt rất cao, 75,5% (Nguyễn Xuân Cường & Nguyễn Thị Loan, 2016; Cao Thị Kim Ngọc & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2017). TSS trong quá trình xử lý tại bể VF nhờ vào các quá trình lắng lọc, giữ lại các lớp vật liệu nên cũng cho hiệu quả xử lý khá cao, trước khi đưa vào hệ thống xử lý giá trị TSS là 122 mg L⁻¹. Giá trị TSS vào thời gian lưu lúc 6 giờ ở mẫu đối chứng, CT1, CT2 và CT3 lần lượt là 56,67 mg L⁻¹; 55 mg L⁻¹; 48,67 mg L⁻¹ và 44 mg L⁻¹. Trong khoảng thời gian 6 giờ xử lý đầu tiên, chỉ có kết quả TSS ở CT3 và CT4 là đạt yêu cầu cột A của QCVN 14-MT:2015/BTNMT, tuy nhiên, kết quả này là đáp ứng đối với cả 4 công thức thí nghiệm sau thời gian xử lý 12 giờ (Hình 3). Kết quả xử lý TSS cho thấy không có sự khác biệt giữa các công thức thí nghiệm, thậm chí là giữa công thức đối chứng với các công thức bổ sung tảo bám. Có thể thấy rằng, tảo bám không có vai trò trong xử lý TSS trong nghiên cứu này mà chủ yếu là do ảnh hưởng của các loại vật liệu lọc khác như sỏi, cát và than hoạt tính.

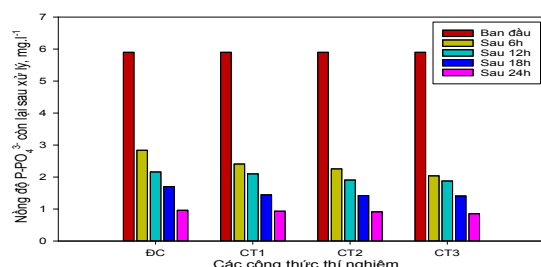


Hình 3. Diễn biến TSS trong nước thải sau xử lý

3.2.3. Hiệu quả xử lý dinh dưỡng

Đã có nhiều nghiên cứu chứng minh được vai trò quan trọng của tảo bám trong xử lý chất dinh dưỡng (N và P) trong nước thải (Dodds, 2003; Cao *et al.*, 2014; Gao *et al.*, 2019). Với giá trị cho phép của nồng độ P-PO₄³⁻ tại cột A của QCVN 14-MT:2015/BTNMT

là 6 mg.L⁻¹, nồng độ P-PO₄³⁻ trong nước thải đầu vào chỉ là 5,9 mg.L⁻¹ là không cần thiết phải xử lý, tuy nhiên P sẽ được giải phóng ra ở dạng PO₄³⁻ trong quá trình phân giải hữu cơ. Kết quả cho thấy hiệu quả xử lý PO₄³⁻ của hệ thống CW đối với thông số P-PO₄³⁻ tương đối cao, nồng độ sau xử lý sau các khoảng thời gian lưu khác nhau trong hệ thống CW ở mẫu đối chứng là từ 2,83 đến 0,96 mg L⁻¹ (Hình 4) với hiệu suất tương ứng 51,92% đến 83,69%. Đối với hệ thống VF, hiệu quả xử lý và nồng độ PO₄³⁻ sau xử lý có xu hướng tuyến tính rõ rệt với bề dày lớp vật liệu lọc tự dưỡng tương ứng với sinh khối tảo trong hệ thống xử lý. Tại CT1 (bề dày lớp vật liệu lọc chứa tảo bám là 10cm), nồng độ sau xử lý tương ứng là 2,4 - 0,93 mg L⁻¹ đạt hiệu suất từ 59,19% đến 84,18% khi thời gian xử lý tăng từ 6 giờ đến 24 giờ. Tương tự như vậy nhưng với hiệu quả cao hơn là CT2 và CT3 (độ dày lớp vật liệu 15-20 cm), nồng độ sau xử lý là 2,25 - 0,91 và 2,00 - 0,85 mg/l với hiệu suất tương ứng 61,79 - 84,51% và 65,47 - 85,55%. Sau xử lý, nồng độ P-PO₄³⁻ đều thấp hơn so với QCVN 3-6 lần, nhưng hiệu quả xử lý khá cao ngay cả ở mẫu đối chứng cho thấy quá trình loại bỏ P-PO₄³⁻ khỏi nước thải chủ yếu là do lắng và sự kết tủa P-PO₄³⁻ với một số nguyên tố sẵn có trong các lớp vật liệu lọc hoặc các quá trình tiêu thụ của vi sinh vật khác.

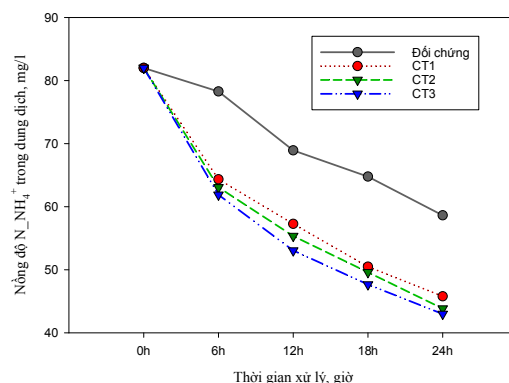


Hình 4. Hiệu quả loại bỏ photphat trong nước thải sau xử lý

Bảng 4. Chất lượng nước thải sau xử lý tại các công thức thí nghiệm

STT	Thí nghiệm	Thông số	Thời gian					QCVN 14:2015
			0 giờ	6 giờ	12 giờ	18 giờ	24 giờ	
1	Mẫu đối chứng (mg L ⁻¹)	COD	220	113,3	100	83,33	76,7	175
		TSS	122	56,67	48	39	36,33	125
		N-NH ₄ ⁺	82	68,26	58,91	54,76	48,61	50
		P-PO ₄ ³⁻	5,9	2,84	2,16	1,7	0,96	8
2	Công thức 1 (mg L ⁻¹)	COD	220	103,3	93,3	63,3	48,25	175
		TSS	122	55	47,3	28,33	20,33	125
		N-NH ₄ ⁺	82	64,33	57,25	50,48	45,78	50
		P-PO ₄ ³⁻	5,9	2,41	2,1	1,44	0,93	8

Tương tự như đối với thông số PO₄³⁻, với nồng độ N-NH₄⁺ đầu vào là 82 mg.L⁻¹, nồng độ còn lại ở các công thức đối chứng, CT1, CT2 và CT3 lần lượt là 66,88; 58,63; 53,12 và 47,80 mg.L⁻¹ (Hình 5), hiệu quả xử lý N-NH₄⁺ tăng dần lần lượt là 18,44%; 28,50%, 35,22% và 41,71%.



Hình 5. Hiệu quả loại bỏ NH₄⁺ trong nước thải sau xử lý

Nhìn chung hiệu quả xử lý nước thải của hệ thống CW ở CT3 cao hơn so với CT1 và CT2. Công thức thí nghiệm với độ sâu lớp tảo bám 20 cm (CT3) tại các thời gian lưu khác nhau đều cho hiệu quả cao đối với các chỉ tiêu như TSS, COD. Trong đó COD là chỉ tiêu luôn có hiệu suất xử lý cao nhất thường đạt từ 40 – 90%, hiệu quả xử lý TSS cũng khá cao đạt từ 50 – 85% nước sau xử lý đều có TSS đạt tiêu chuẩn theo Quy chuẩn kĩ thuật Quốc gia về nước thải sinh hoạt QCVN14-MT: 2015/BTNMT, cột B không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt. Hiệu suất xử lý của hệ thống đối với PO₄³⁻ khá cao đạt từ 45 – 85%. Hiệu quả xử lý của hệ thống đối với NH₄⁺ chưa cao đạt từ 15 – 50%, nồng độ đầu ra đạt tiêu chuẩn theo Quy chuẩn trên tại thời gian lưu 24 giờ (Bảng 4).

3	Công thức 2 (mg L ⁻¹)	COD	220	96,67	86,6	60	45,33	175
		TSS	122	48,67	40,3	26,67	19,33	125
		N-NH ₄ ⁺	82	63,06	55,33	49,6	43,84	50
		P-PO ₄ ³⁻	5,9	2,25	1,91	1,42	0,91	8
4	Công thức 3 (mg L ⁻¹)	COD	220	93,33	73,3	46,67	29,18	175
		TSS	122	44	31	19,33	17,76	125
		N-NH ₄ ⁺	82	61,87	53,04	47,65	42,97	50
		P-PO ₄ ³⁻	5,9	2,04	1,88	1,41	0,85	8

Ở cùng thời gian lưu 6 giờ, các thông số TSS, COD, P-PO₄³⁻ đều đạt QCVN 14:2015/ BTNMT ở các công thức. Tuy nhiên công thức 3 có sự giảm nhiều hơn so với các công thức khác. Tại thời điểm 18 giờ, thông số N-NH₄⁺ ở công thức 2 và công thức 3 đã đạt quy chuẩn. Tuy vậy, ở công thức 3 vẫn có sự giảm đáng kể hơn so với công thức 2. Tại thời điểm 24 giờ, N-NH₄⁺ ở công thức 1 mới đạt quy chuẩn. Thông số N-NO₃⁻ tăng lên đúng với xu hướng của quá trình xử lý, trong điều kiện hiếu khí quá trình amon hóa xảy ra làm biến đổi N-NH₄⁺ thành N-NO₃⁻ dẫn đến nồng độ N-NO₃⁻ tăng lên khi xử lý. Trong cùng thời gian, thì công thức 3 có khả năng xử lý tốt nhất so với các công thức còn lại.

Bên cạnh tác dụng tăng hiệu quả xử lý, trong hệ thống thực tế việc bổ sung tảo sẽ giúp giảm thời gian lưu hoặc kích thước bể lọc nếu lưu lượng xử lý không đổi. Cụ thể, nếu xem xét thời gian để các hệ thống thí nghiệm xử lý nước thải đạt QCVN đối với tất cả các thông số ô nhiễm, ở công thức đối chứng, thời gian cần thiết là 22-23 giờ, trong khi đó nếu bổ sung một lớp vật liệu lọc chứa tảo bám dày 10 cm, thời gian này giảm xuống còn 18 giờ, và chỉ còn 17 và 15 giờ khi tăng độ cao của lớp vật liệu này lên 15 và 20 cm.

4. KẾT LUẬN

Đặc tính nước thải sau bể tự hoại khu vực nghiên cứu có hàm lượng chất rắn lơ lửng, hữu cơ dễ phân hủy sinh học, amoni đều cao hơn quy chuẩn cho phép nhiều lần, đòi hỏi cần có biện pháp xử lý để đảm bảo yêu cầu xả thải theo quy chuẩn QCVN 14:2015/ BTNMT, giảm bớt áp lực cho thủy vực tiếp nhận và ô nhiễm môi trường.

Kết quả đánh giá khả năng tạo màng tảo bám trên vật một số vật liệu sử dụng trên bề mặt bãi lọc ngầm cho thấy hiệu quả tạo màng đạt tối ưu từ 9-12 ngày với mật độ tảo vào khoảng 1 – 2x10⁷ TB/cm², và đất sét nung là vật liệu cho hiệu quả tạo màng tốt

nhất được sử dụng là vật liệu tạo màng tảo bám trên bề mặt bãi lọc ngầm nhân tạo.

Hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt sau bể tự hoại tại khu vực nghiên cứu bằng tảo bám kết hợp trong hệ bãi lọc ngầm dòng chảy đứng ở công thức 3 và công thức 2 đạt quy chuẩn sau 18 giờ xử lý. TSS giảm đáng kể và thấp hơn quy chuẩn cho phép. Dinh dưỡng nitơ dưới dạng amoni và photpho dưới dạng PO₄³⁻ giảm hơn 50%

Nghiên cứu đã chỉ ra rằng, phương pháp bãi lọc ngầm nhân tạo kết hợp tảo bám có khả năng xử lý đối với nước thải sinh hoạt sau bể tự hoại có thể thay thế cho một số phương pháp xử lý truyền thống, thân thiện với môi trường đồng thời mang lại hiệu quả cao, xây dựng đơn giản, áp dụng cho nhiều đối tượng. Hơn nữa, có thể tiết kiệm được chi phí vì nước sau khi xử lý bãi lọc trồng cây có thể tái sử dụng tưới cho cây trồng, tiết kiệm nguồn tài chính cho người dân.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Brix H. & Arias C. A. (2005). The use of vertical flow constructed wetlands for on-site treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines. Ecological engineering. 25(5): 491-500.
2. Bùi Thị Kim Anh, Nguyễn Văn Thành, Nguyễn Hồng Chuyên & Bùi Quốc Lập (2019). Phân tích, đánh giá khả năng ứng dụng của bãi lọc ngầm trồng cây nhân tạo để xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau biogas. Khoa học Thủy lợi và Môi trường. Số 66(9/2019).
3. Cao J., Hong X. & Pei G. (2014). Removal and retention of phosphorus by periphyton from wastewater with high organic load. Water science and technology. 70(1): 62-69.
4. Cao Thị Kim Ngọc & Nguyễn Võ Châu Ngân (2017). Sử dụng đất ngập nước xử lý nước thải sinh hoạt và tạo cảnh quan. Tạp chí Khoa học. 14(3): 162.

5. Dodds W. K. (2003). The role of periphyton in phosphorus retention in shallow freshwater aquatic systems. *Journal of Phycology*. 39(5): 840-849.
6. Gao X., Wang Y., Sun B. & Li N. (2019). Nitrogen and phosphorus removal comparison between periphyton on artificial substrates and plant-periphyton complex in floating treatment wetlands. *Environmental Science and Pollution Research*. 26(21): 21161-21171.
7. García J., Aguirre P., Barragán J., Mujeriego R., Matamoros V. & Bayona J. M. (2005). Effect of key design parameters on the efficiency of horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Ecological engineering*. 25(4): 405-418.
8. Lều Thọ Bách, Phạm Văn Định & Nguyễn Hoàng Diệp (2014). Granular immobilization of anaerobic bacteria by polyvinyl alcohol applied for wastewater treatment. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD)-ĐH XD*. 8(3): 25-33.
9. Nguyễn Thị Kim Dung & Nguyễn Thị Mai Linh (2016). Đánh giá hiệu quả tách dòng và xử lý nước thải rửa chai trong sản xuất nước mắm bằng mô hình bãi lọc trồng cây. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*. 32(1S).
10. Nguyễn Văn Tuyên (2003). Đa dạng sinh học tảo trong thủy vực nội địa Việt Nam: Triển vọng và thách thức. NXB Nông nghiệp, thành phố Hồ Chí Minh.
11. Nguyễn Việt Anh (2005). Xử lý nước thải sinh hoạt bằng bãi lọc ngầm trồng cây dòng chảy thẳng đứng trong điều kiện Việt Nam. Trường Đại học Xây dựng.
12. 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. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*. 32(1).
13. Tao L., Li G., Li X., Lin Y. & Zhang S. (2011). Construction of an ecological ditch based on periphyton reactor. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 27(1): 297-302.

STUDY ON TREATMENT OF WASTE WATER AFTER SEPTIC TANK BY PERYPHYTON IN CONSTRUCTED WETLAND

Nguyen Ngoc Tu^{1*}, Nguyen Thi Thu Ha¹, Ho Thi Dieu Lan², Trinh Quang Huy¹

¹*Environmental Dept, Faculty of Environment, Viet Nam National University of Agriculture*

²*Student K60, Faculty of Environment, Viet Nam National University of Agriculture*

**Email: nguyennngoctu@vnua.edu.vn*

Summary

The model of constructed wetlands (CW) has been studied and applied effectively in domestic wastewater treatment. However, in order to efficiently remove nutrients and increase treatment efficiency, a CW model that integrates both physical and biological processes is needed. This study incorporated periphyton in the CW system to evaluate the ability to handle organic matter and nutrients in domestic wastewater after septic tanks at a laboratory scale. The process of creating periphyton film on the attached materials showed that the highest density was found on days of 9-12 and the density of periphyton was about $1 - 2 \times 10^7$ TB/cm². Research results show that the presence of periphyton in the CW system has helped improve the efficiency of organic matter treatment up to 86.74%, TSS treatment efficiency reaches 56.67%, treatment efficiency PO₄³⁻ reached 83.69%. Research has shown that the method of CW combined with periphyton can treat domestic wastewater after septic tanks and this technology can replace some traditional, friendly treatment methods as well as high efficiency and simple construction.

Keywords: *Peryphyton, wastewater treatment, constructed wetlands, septic tank.*

Người phản biện: PGS.TS. Lê Đức

Ngày nhận bài: 11/01/2021

Ngày thông qua phản biện: 19/02/2021

Ngày duyệt đăng: 26/02/2021