

XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT VÀ NƯỚC THẢI CHĂN NUÔI BẰNG TẢO BÁM TRÊN VẬT LIỆU LỌC

Nguyễn Thị Thu Hà^{1*}, Hồ Thị Thúy Hằng¹, Đỗ Phương Chi², Đinh Tiên Dũng², Trịnh Quang Huy¹

¹Khoa Môi trường, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

²Trung tâm Phân tích và Chuyển giao Công nghệ Môi trường, Viện Môi trường Nông nghiệp

*Tác giả liên hệ: tqhuy@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 16.10.2018

Ngày chấp nhận đăng: 30.12.2019

TÓM TẮT

Nghiên cứu sử dụng nước thải sinh hoạt và nước thải chăn nuôi để tạo màng tảo bám trên các vật liệu khác nhau (hạt nhựa, đất sét nung, xơ dừa, sỏi và đá cuội) và ứng dụng loại bỏ các chất ô nhiễm trong nước thải. Nghiên cứu được thực hiện bằng thử nghiệm quy mô nhỏ qua hai pha tạo màng và xử lý nước thải. Kết quả cho thấy tảo bám bổ sung phát triển trên vật liệu lọc dạng hạt nhựa nhanh nhất, sau đó đến đất sét nung, xơ dừa và cuối cùng là sỏi và đá cuội, trong đó mật độ đạt đến $12-23 \times 10^6$ TB/cm² vào ngày thứ 9-12. Các chi tảo thích hợp với điều kiện nước thải là *Amphipleura*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzschia* (tảo cát), *Euglena* (tảo mắt), *Closterium*, *Pediastrum*, *Ulothrix* (tảo lục) và *Aphanothece* (tảo lam). Sử dụng màng tảo đã hình thành để xử lý nước thải (ban đầu ô nhiễm hữu cơ, nitơ, photpho, vi sinh vật, có độ đục cao), cho kết quả đạt quy chuẩn (QCVN 14:2008/BTNMT và QCVN 62-MT:2016/BTNMT) sau 3 ngày đối với nước thải sinh hoạt và 5 ngày đối với nước thải chăn nuôi, hiệu quả xử lý đều đạt trên 65% đối với tất cả các công thức thí nghiệm, đặc biệt đạt trên 80% đối với N và P; trên 94% đối với tổng coliform.

Từ khóa: Nước thải chăn nuôi, nước thải sinh hoạt, tảo bám, vật liệu lọc, xử lý nước thải.

Domestic and Livestock Wastewater Treatment by Periphyton and Filter Materials

ABSTRACT

This pilot study has two phases, uses domestic and livestock wastewater to create periphyton biomass on filter materials (plastic material, baked clay, coconut fiber pebbles and gravel), then uses to remove pollutants in wastewater. Results showed that periphyton grows on plastic material, baked clay, coconut fiber faster than on pebbles and gravel, with a density of about $12-23 \times 10^6$ cells per cm² after 9-12 days. Suitable genus for wastewater condition are *Amphipleura*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzschia* (Bacillariophyta), *Euglena* (Euglenophyta), *Closterium*, *Pediastrum*, *Ulothrix* (Chlorophyta) and *Aphanothece* (Cyanophyta). With this wastewater (organic compounds, nitrogen, phosphorus, microorganisms pollution, high turbidity), periphyton systems removed organic, nitrogen and phosphorus to the concentration lower than National Technical Regulations (NTR 14:2008/MONRE and NTR 62-MT:2016/MONRE) after 03 days (domestic wastewater) or 05 days (livestock wastewater). Treatment efficiency were above 65%, especially above 80% for total nitrogen and phosphorus, above 94% for total coliform.

Keywords: Domestic wastewater, livestock wastewater, periphyton, filter materials, wastewater treatment.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước thải giàu nitơ và photpho là một vấn đề môi trường chung của Việt Nam hiện nay, đặc biệt phổ biến ở các khu vực nông thôn - nơi chiếm tới trên 70% dân số cả nước (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2015). Chúng đến từ các nguồn nước thải sinh hoạt, chăn nuôi, làng

nghe chế biến lương thực, thực phẩm và nước chảy tràn qua khu vực sản xuất nông nghiệp. Việc xử lý nước thải sinh hoạt và chăn nuôi hiện nay đều tập trung chủ yếu ở kiểm soát cuối nguồn với các công nghệ yếm khí (bể phốt, bể biogas...) cho hiệu quả thấp dẫn tới ảnh hưởng nghiêm trọng đến các đối tượng tiếp nhận nước thải.

Việc ứng dụng tảo vào xử lý nước thải đã được thực hiện trong nhiều nghiên cứu, cho thấy tiềm năng xử lý ở các điều kiện sinh thái khác nhau (Nguyễn Văn Tuyên, 2003; Lê Văn Cát, 2007) bao gồm cả dạng sống lơ lửng và bám dính. Dạng sống lơ lửng của tảo đem lại hiệu quả xử lý nước thải khá cao do tốc độ sinh trưởng nhanh trên nước thải sinh hoạt (trên 85% đối với N và P tổng số, cao hơn ở dạng amoni và photphat (Nguyễn Thị Thu Hà & cs., 2016). Trong khi đó, việc sử dụng tảo bám sẽ đem lại lợi ích cao hơn do dễ thu hồi sinh khối trong và sau quá trình xử lý nước thải (Wu, 2017) đem lại hoạt động ổn định, bền vững và ít rủi ro hơn cho hệ thống xử lý.

Bãi lọc trồng cây là một giải pháp công nghệ sinh thái xử lý nước thải trong điều kiện tự nhiên đạt hiệu quả cao, thân thiện với môi trường, chi phí thấp và ổn định (Nguyễn Việt Anh, 2005). Công nghệ có thể áp dụng đối với nước thải giàu hữu cơ với BOD₅ và COD có thể lên đến 650 và 1.800 mg/l (Vymazal & Kropfelova, 2009) bao gồm cả dạng khó phân hủy sinh học, ví dụ nước thải ngành giấy (Vi Thị Mai Hương, 2019). Bãi lọc ngầm có thể sử dụng nhiều loại vật liệu lọc khác nhau từ các loại vật liệu tự nhiên đến nhân tạo, sử dụng dòng chảy ngang hoặc đứng, trồng cây hoặc không trồng cây (Lê Văn Cát, 2007). Với đặc điểm trên, các bể lọc, bãi lọc có thể bổ sung tảo bám để nâng cao hiệu quả xử lý. Tảo bám sống ở tầng đáy ít sử dụng hơn trong xử lý nước thải do cản trở của đô đục so với các nhóm sinh trưởng được trên vật chất lơ lửng (Azim & cs., 2005). Bên cạnh đó, sinh trưởng của tảo bám phụ thuộc chặt chẽ vào quần xã gốc ban đầu và vật chất nền (Horner & cs., 1990), điều này cũng quyết định hiệu quả xử lý nước thải của tảo bám. Các nghiên cứu trên thế giới đã chỉ ra hiệu quả xử lý P tổng số của tảo bám cũng đạt 59-78% sau 8 ngày đối với nước thải có tải lượng hữu cơ cao (Cao & cs., 2014). Thảm lọc tảo xử lý nước thải ở quy mô thí nghiệm hoặc thực tế với lưu lượng lớn ở điều kiện động (dòng chảy liên tục) cũng giúp loại bỏ 42% và 13% đối với P và N tổng số, đồng thời tạo ra lượng sinh khối tảo vào khoảng 5-27 g/m²/ngày phục vụ sản xuất nhiên liệu sinh học (Sandefur & cs., 2011; 2014). Ngay cả tảo sinh trưởng trên bề mặt các bể trong hệ thống xử lý cũng góp phần hấp thu 0,4-2,4% photpho và 4,4-15,1% nitơ trong nước thải (Davis & cs., 1990).

Để bước đầu ứng dụng tảo bám trong xử lý nước thải, nghiên cứu này tiến hành thử nghiệm khả năng sinh trưởng của tảo bám trên những vật liệu khác nhau và đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt, chăn nuôi của vật liệu và tảo bám.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

- Vật liệu lọc sử dụng: sỏi, đá cuội, đất sét nung, hạt lọc nhựa, xơ dừa được xử lý tẩy màu. Tất cả các vật liệu sử dụng loại sản phẩm thương mại trong lọc nước, giá thể trồng cây.

- Nước thải sinh hoạt, nước thải chăn nuôi

- Tảo bám tự nhiên thu hồi tại các hồ, kênh mương nhận thải

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Đánh giá chất lượng nước

Mẫu nước mặt các hồ nhận thải, nước thải sinh hoạt và chăn nuôi được thu thập bằng phương pháp lấy mẫu hỗn hợp theo thời gian với thể tích 30 lít/đối tượng nước thải căn cứ hướng dẫn của TCVN 6663: 2011 (ISO 5667: 2006 - phần 1, phần 4 và phần 10):

- Mẫu nước mặt hồ, kênh mương nhận thải (để thu hồi sinh khối tảo) lấy tại các vị trí thu hồi vật liệu trôi nổi trong nước.

- Nước thải sinh hoạt được lấy từ hố ga tập trung của cụm dân cư xã Cổ Bi, huyện Gia Lâm, Hà Nội (bao gồm nước thải sau bể phốt) với 3 thời điểm/ngày (8 h, 12 h, 18 h).

- Nước thải chăn nuôi được lấy sau biogas của hộ chăn nuôi tại thời điểm có 25 con lợn giống nuôi lên lợn thịt tại xã Cổ Bi, huyện Gia Lâm, Hà Nội, 2 thời điểm/ngày ứng thời gian rửa chuồng của hộ (8 h, 16 h).

Đánh giá chất lượng nước sử dụng QCVN 14:2008/BTNMT (đối với nước thải sinh hoạt); QCVN 62-MT:2016/BTNMT (đối với nước thải chăn nuôi) cho các thông số pH, TSS, BOD, COD, N và P tổng số, PO₄³⁻, NH₄⁺, NO₃⁻ Pb, Cu, Zn và coliform bằng các phương pháp phân tích theo tiêu chuẩn hiện hành.

Bảng 1. Một số đặc tính vật lý của vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

Vật liệu	Đường kính (mm)	Khối lượng riêng (kg/m ³)	Diện tích bề mặt tương đối (m ² /kg)	Khối lượng sử dụng/khay (g)
Sỏi	5-7	2300	0,108	280
Đá cuội	15-17	2700	0,078	400
Hạt lọc nhựa	11-12	560	1,466	20
Đất sét nung	10-12	1300	0,098	300
Xơ dừa	0,35	75	7,962	4,0

2.2.2. Bố trí và theo dõi thí nghiệm

Chuẩn bị thí nghiệm

Vật liệu nghiên cứu được đánh giá đường kính, khối lượng riêng và diện tích bề mặt tương đối bằng các phép đo vật lý thông thường thông qua kích thước (thước kẹp) và khối lượng (cân kỹ thuật). Diện tích bề mặt tương đối được tính dựa vào công thức tính diện tích bình cầu (đối với sỏi, đá cuội, đất sét nung), hình trụ (đối với xơ dừa) và theo công bố của nhà sản xuất đối với hạt lọc nhựa. Căn cứ diện tích bề mặt ngoài tương đối, lấy khối lượng vật liệu để tổng diện tích bề mặt tương đối của vật liệu trong một khay thí nghiệm đạt 0,03 m²/khay thí nghiệm, đồng thời vật liệu trong khay không vượt quá 2-3 lớp vật liệu. Do đó, khối lượng vật liệu sử dụng khác nhau đối với các vật liệu: sỏi, đá cuội và đất sét nung sử dụng từ 280 đến 400 g, hạt lọc nhựa là 20 g và xơ dừa là 4 g (Bảng 1).

Tảo bám được thu hồi trên bề mặt lá sen, súng, bèo cái, cành cây, nhựa, giấy trắng nhựa và xấp lấy được tại các hồ, kênh mương nhận nước thải sinh hoạt và chăn nuôi trên địa bàn huyện Gia Lâm (mương tiêu xã Kiêu Kỳ, xã Cổ Bi, hồ thả vịt xã Đa Tốn). Sử dụng bàn chải mịn để thu hồi tảo vào nước mặt lấy tại các hồ, kênh mương tương ứng ban đầu để không gây thay đổi đột ngột về môi trường sống.

Thí nghiệm 1. Đánh giá hiệu quả tạo màng periphyton trên các vật liệu lọc

Sử dụng các khay nhựa trong (13 × 23 × 8 cm) chứa vật liệu lọc khác nhau với diện tích bề mặt ngoài tương đương nhau ngâm trong hỗn hợp nước thải và dung dịch chứa tảo bám với tỷ lệ lần lượt là 80% và 20% về thể tích (để mật độ

tảo ban đầu không thấp hơn 10⁵ tế bào/ml). Tổng thể tích của mỗi khay thí nghiệm là 1.500 ml (bao gồm cả vật liệu). Số lượng khay thí nghiệm: 2 loại nước thải × (5 loại vật liệu + 1 đối chứng) × 3 lần lặp lại = 36 khay. Chỉ tiêu theo dõi trong thí nghiệm 1 là mật độ và thành phần tảo với mẫu tảo được thu thập từ diện tích bề mặt vật liệu xấp xỉ 5 cm². Lượng vật liệu đã tiến hành thu mẫu tảo được trả lại khay thí nghiệm nhưng không được sử dụng cho các bước theo dõi tiếp theo. Tần suất đánh giá 2 lần/tuần đến khi màng tảo quan sát được bằng mắt thường.

Xác định mật độ tảo bằng buồng đếm plankton trên vật kính 10-40x (kết quả được chuyển đổi từ tế bào/ml trong dung dịch thu hồi sinh khối sang tế bào/cm² vật liệu theo tỷ lệ pha loãng đã sử dụng khi thu hồi sinh khối)

Xác định thành phần tảo (chỉ xác định đến chi) theo khóa định loại của Nguyễn Văn Tuyên (2003); Dương Đức Tiến & Võ Hành (1997) dựa vào hình thái, kích thước tế bào tảo và hình thái tập đoàn tảo (nếu có).

Thí nghiệm 2. Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải của màng sinh học tạo thành

Loại bỏ dung dịch nuôi màng, bổ sung 100% nước thải sinh hoạt và chăn nuôi sau 1 ngày để lắng tự nhiên vào các công thức thí nghiệm, theo dõi các thông số chất lượng nước định kỳ bằng các phương pháp phân tích hiện hành (xem mục 2.2.1). Khả năng xử lý được đánh giá thông qua hiệu quả xử lý và chất lượng nước sau xử lý.

$$\text{Hiệu quả xử lý (\%)}: H = \frac{C_v - C_r}{C_v} \times 100$$

Trong đó, C_v: nồng độ đầu vào (mg/l); C_r: nồng độ đầu ra (mg/l)

Bảng 2. Đặc điểm chất lượng nước thải trước khi xử lý

Thông số	Đơn vị	Nước thải sinh hoạt		Nước thải chăn nuôi	
		Kết quả	QCVN 14:2008	Kết quả	QCVN 62-MT:2016
pH	-	7,5-8,05	5-9	4,55-6,12	5,5 - 9
BOD ₅	mg/l	70-115	50	480-640	100
COD	mg/l	120-200	-	780-1.200	300
TSS	mg/l	144-150	100	490-540	150
Tổng N	mg/l	91-97	-	102-183	150
N-NH ₄ ⁺	mg/l	33-39	10	14-36	-
N-NO ₃ ⁻	mg/l	0,09-0,1	50	7,7-9,5	-
Tổng P	mg/l	20,1-26,2	-	25,7-42,5	-
P-PO ₄ ³⁻	mg/l	3,9-4,8	10	9,7-16,8	-
Cu	mg/l	1,006	-	0,873	-
Pb	mg/l	0,002	-	KPH	-
Zn	mg/l	1,241	-	0,653	-
Coliform	MPN/100 ml	14.600	5.000	48.000	5.000

Ghi chú: “KPH” Giá trị nhỏ hơn nhưng phát hiện của thiết bị đo; “-” Không quy định

2.2.3. Xử lý số liệu và đánh giá kết quả

Do kích thước của các thí nghiệm nhỏ, kết quả các lần lặp lại được sử dụng để tính giá trị trung bình số học của các thông số theo dõi sử dụng phần mềm Excel.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm của nước thải trước khi xử lý và mức độ hình thành tảo bám trên vật liệu

Tiến hành lấy mẫu nước thải sinh hoạt và nước thải chăn nuôi tại các cống thải tập trung vào thời điểm phát sinh nước thải lớn nhất, các thông số môi trường phổ biến được phân tích tại từng lần lấy mẫu, kim loại nặng và vi sinh vật được phân tích trong mẫu hỗn hợp, kết quả được trình bày trong bảng 2.

Như vậy, nước thải sinh hoạt có hàm lượng amoni, N và P tổng số rất cao, ngoài ra còn bị ô nhiễm bởi hữu cơ, chất rắn lơ lửng và vi sinh vật. Nước thải chăn nuôi ô nhiễm nặng bởi hữu cơ, vi sinh vật, ngoài ra còn ô nhiễm bởi N và P ở cả dạng hòa tan và dạng tổng số, một số thời điểm có pH thấp. Nồng độ của các thông số ô nhiễm vượt QCVN 14:2008 và QCVN 62-MT:2016/BTNMT tương ứng từ vài lần đến gần

10 lần, trong các mẫu phân tích có phát hiện kim loại nặng ở nồng độ thấp.

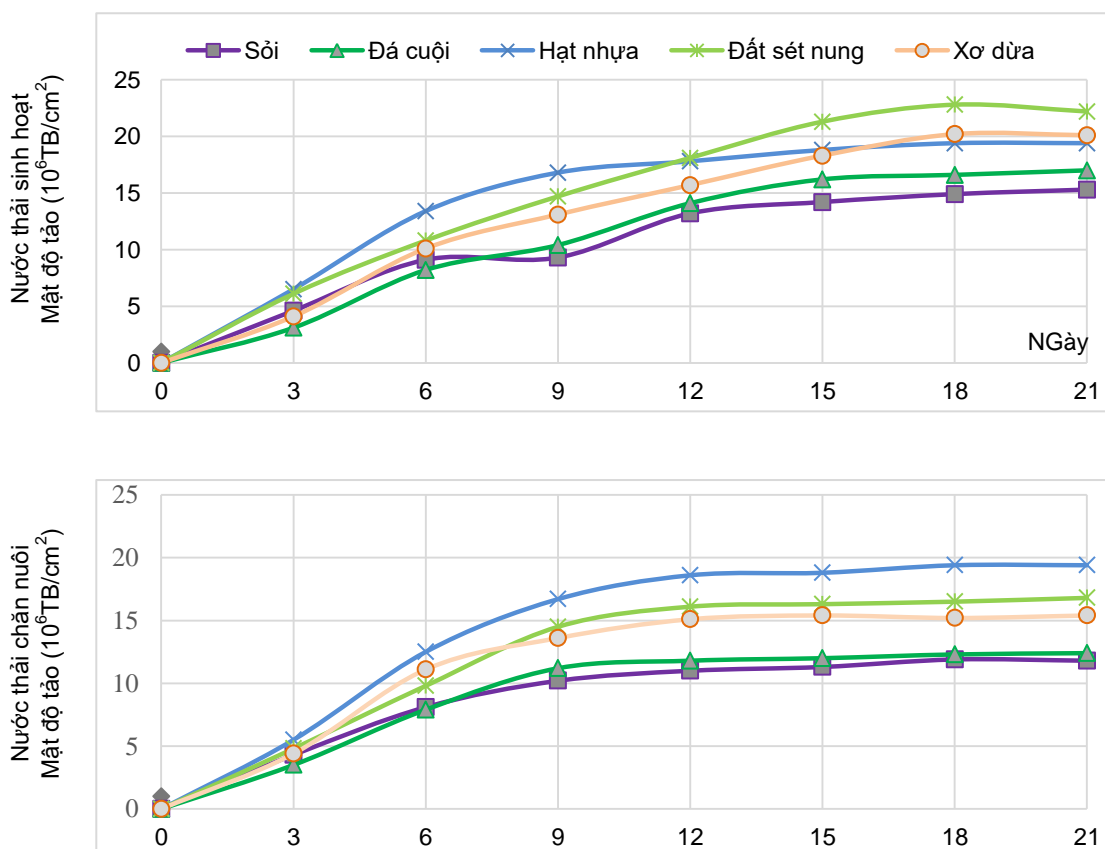
Do nước thải ban đầu có độ đục lớn nên chỉ sử dụng 80% thể tích nước thải chăn nuôi và sinh hoạt trên vật liệu lọc với 20% dung dịch mầm tảo bổ sung, sau đó tiến hành đo đặc mật độ tảo sinh trưởng trên vật liệu với tần suất 3 ngày/lần. Trong mẫu đối chứng, tảo bám phát triển trên thành khay khá nhiều cho đến mật độ từ 2×10^6 đến 15×10^6 TB/cm² thì chậm lại (sau 6-9 ngày). Mật độ tảo bám trên thành khay chứa nước thải sinh hoạt đặc biệt cao (do khả năng truyền quang tốt của loại nước thải này), tuy nhiên do không có vật liệu lọc nên giá trị này chỉ có thể xem xét một cách tương đối.

Quy luật tương tự xảy ra trên các vật liệu lọc, tuy nhiên thời gian đạt mật độ tối đa dài hơn đáng kể so với trên thành khay. Mật độ lớn nhất trên vật liệu tìm thấy ở ngày thứ 9-12 ngày trên hầu hết các vật liệu lọc với mật độ tảo từ 12×10^6 đến 23×10^6 TB/cm² (Hình 1). Chỉ một số ít công thức đạt mật độ cao nhất tại 15-18 ngày (đất sét nung và xơ dừa đối với nước thải sinh hoạt). Mật độ tảo ở thời điểm cao nhất trong nước thải sinh hoạt thấp hơn so với nước thải chăn nuôi ($12-19 \times 10^6$ TB/cm² so với $15-23 \times 10^6$ TB/cm²). Điều này có thể do ảnh hưởng bởi độ đục trong nước

thải (hạn chế quá trình quang hợp do đó hạn chế sinh trưởng của tảo) và các chất độc (kéo dài pha thích nghi) tuy nhiên nghiên cứu không nhằm chứng minh các giả thuyết này. Ở tất cả các công thức, sau ngày thứ 12 bắt đầu có hiện tượng bong màng do ảnh hưởng cơ học 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.

Mức độ sinh trưởng của tảo trên các vật liệu lọc không giống nhau: Trong quy mô thí nghiệm, mật độ tảo ở thời điểm ổn định trên đất sét nung, xơ dừa sau đó là hạt nhựa trong nước thải sinh hoạt có kết quả cao nhất. Tương tự, hạt nhựa, sau đó là đất sét nung và xơ dừa trong nước thải chăn nuôi thích hợp với sự phát triển của tảo so với các vật liệu còn lại. Tuy nhiên, do đặc điểm vật lý và hóa học của các vật liệu khác nhau nên mật độ và tốc độ sinh trưởng của tảo không phải là căn cứ duy nhất khẳng định tiềm năng của vật liệu trong xử lý nước thải.

Với các quần thể 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 21-22 chi sinh trưởng và phát triển được trong điều kiện 80% nước thải với thành phần không giống nhau đối với nước thải sinh hoạt và nước thải chăn nuôi (bảng 3). Các chi thích hợp với điều kiện xử lý nước thải chăn nuôi và sinh hoạt là *Amphipleura*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzschia* (tảo cát), *Euglena* (tảo mắt), *Closterium*, *Pediastrum*, *Ulothrix* (tảo lục) và *Aphanothece* (tảo lam). Không có sự khác biệt về số lượng chi sinh trưởng tốt trên các vật liệu lọc khác nhau nhưng thành phần tảo sinh trưởng được trên từng vật liệu lọc không giống nhau (Bảng 3), kết quả này có thể sử dụng làm căn cứ lựa chọn các quần thể tảo gốc trong xử lý nước thải sử dụng lọc sinh học tự dưỡng.



Hình 1. Diễn biến mật độ tảo sinh trưởng trên bề mặt vật liệu theo thời gian

Bảng 3. Thành phần tảo bổ sung và màng tảo hình thành trên các vật liệu lọc

Chi	Tỷ lệ tảo bám trung bình (%) ⁽¹⁾				Sự xuất hiện trên từng vật liệu ⁽²⁾				
	Ban đầu	NT sinh hoạt	NT chăn nuôi	Đối chứng	Sỏi	Đá cuội	Hạt nhựa	Đất sét nung	Xơ dừa
<i>Amphipleura</i>	1,55	3,10	0	x			x		
<i>Cyclotella</i>	5,85	12,45	4,47	x			x	x	x
<i>Eunotia</i>	3,63	4,06	3,20	x	x	x	x	x	
<i>Melosira</i>	2,1	2,64	1,56					x	x
<i>Mastogloia</i>	1,03	0	0						
<i>Navicula</i>	15,28	18,50	15,32	x	x	x	x	x	x
<i>Neidium</i>	0,39	0,78	0		x	x			
<i>Nitzschia</i>	9,28	16,28	6,38	x			x	x	x
<i>Pinnularia</i>	3,485	4,76	2,21	x			x	x	
<i>Stauroneis</i>	4,96	5,71	4,21	x	x	x	x		x
<i>Synedra</i>	1,48	0	2,96						x
<i>Euglena</i>	3,93	0	7,86	x	x		x		x
<i>Phacus</i>	8,85	8,40	9,30	x			x	x	x
<i>Urceolus</i>	0,17	0	0,34						x
<i>Ankistrodesmus</i>	1,16	2,32	0	x			x	x	
<i>Bulbochaete</i>	1,135	0,51	1,76	x		x			x
<i>Chlorella</i>	3,29	1,08	5,50	x			x	x	
<i>Coelastrum</i>	1,03	2,06	0		x	x			
<i>Cosmarium</i>	3,81	2,42	5,27		x				x
<i>Closterium</i>	6,44	5,65	7,23					x	x
<i>Desmatractum</i>	0,05	0	0						
<i>Dichotomosiphon</i>	1,05	0,73	1,37		x	x		x	x
<i>Hyaloraphidium</i>	0,325	0,65	0			x			
<i>Kirchneriella</i>	0,88	0	0		x	x		x	x
<i>Pediastrum</i>	3,99	0	7,98		x	x		x	x
<i>Pleurotaenium</i>	0,615	0	0						
<i>Scenedesmus</i>	4,77	5,78	3,76	x	x		x	x	x
<i>Spirogyra</i>	0,49	0	0						
<i>Tetraedron</i>	0,23	0,26	0	x	x	x			x
<i>Xanthidium</i>	0,23	0	0						
<i>Ulothrix</i>	2,725	0	5,45	x			x		
<i>Aphanothece</i>	1,35	0	2,70	x	x	x	x	x	x
<i>Merismopedia</i>	1,245	1,32	1,17		x	x			
<i>Oscillatoria</i>	3,2	0,54	0	x			x	x	x
Tổng số	100	100	100	17	14	13	15	16	19

Ghi chú: ⁽¹⁾ Tỷ lệ tính trên mật độ trung bình của tảo bám trong các công thức thí nghiệm; ⁽²⁾ Chi tảo có xuất hiện trong ít nhất một thời điểm lấy mẫu.

Bảng 4. Chất lượng nước thải xử lý với thời gian lưu 5 ngày tại các công thức thí nghiệm

Loại	Thông số	Đơn vị	Trước xử lý	Sau xử lý						QCVN
				Đối chứng	Đá cuội	Sỏi	Đất sét nung	Hạt nhựa	Xơ dừa	
Nước thải sinh hoạt	pH	-	7,8	6,74	6,66	6,56	6,55	6,62	6,59	5-9
	BOD ₅	mg/l	88	56	28	30	29	25	27	50
	COD	mg/l	180	94	40	48	44	40	40	-
	TSS	mg/l	150	102	42	47	44	45	47	100
	Tổng N	mg/l	92	17,19	9,62	10,29	9,92	8,57	9,25	-
	N-NH ₄ ⁺	mg/l	36	2,391	0,323	0,319	0,217	0,126	0,202	10
	N-NO ₃ ⁻	mg/l	0,1	0,213	0,116	0,227	0,314	0,312	0,213	50
	Tổng P	mg/l	24	8,71	4,81	5,13	4,98	4,27	4,63	-
	P-PO ₄ ³⁻	mg/l	4,210	2,381	1,141	1,030	0,149	0,106	1,028	10
	Cu	mg/l	1,006	0,892	0,087	0,076	0,188	1,010	0,722	-
	Pb	mg/l	0,002	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH	-
	Zn	mg/l	1,241	1,006	0,517	0,673	0,488	1,112	0,817	-
	Coliform	MPN/100 ml	14600	220	210	240	190	350	420	5000
Nước thải chăn nuôi	pH	-	5,2	5,83	5,77	5,71	5,70	5,75	5,72	5,5 - 9
	BOD ₅	mg/l	530	210,2	114,2	122,8	88,7	65,3	108,8	100
	COD	mg/l	870	320	160	180	124	116	220	300
	TSS	mg/l	510	142,8	58,8	65,8	54,4	63	65,8	150
	Tổng N	mg/l	132	72,59	38,35	41,22	29,82	22,27	25,91	150
	N-NH ₄ ⁺	mg/l	18	1,452	2,767	2,824	1,596	0,445	1,883	-
	N-NO ₃ ⁻	mg/l	9,2	2,066	3,911	3,639	5,030	2,865	1,593	-
	Tổng P	mg/l	34,2	16,67	2,47	2,64	1,96	1,44	4,86	-
	P-PO ₄ ³⁻	mg/l	12,3	0,717	0,266	0,283	0,211	0,155	0,523	-
	Cu	mg/l	0,873	0,774	0,075	0,066	0,163	0,855	0,627	-
	Pb	mg/l	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH	-
	Zn	mg/l	0,653	0,529	0,272	0,354	0,257	0,585	0,430	-
	Coliform	MPN/100 ml	48.000	7.500	1.800	2.100	3.100	4.200	8.200	5.000

3.2. Hiệu quả xử lý nước thải của màng sinh học tảo trên vật liệu lọc

Sau 21 ngày tạo màng, sinh trưởng của màng tương đối ổn định và phù hợp với loại nước thải nghiên cứu, tiến hành loại bỏ dung dịch nuôi màng và bổ sung nước thải vào hệ thống vật liệu và tảo bám. Nước thải được lưu trong hệ thống đến khi COD và TSS xấp xỉ QCVN 14 và QCVN 62-MT/BTNMT tương ứng. Theo đó, thời gian lưu cần thiết để COD và TSS đồng thời đạt QCVN ở hầu hết các công thức thí nghiệm là 3 ngày đối với nước thải sinh hoạt và 5 ngày đối với nước thải chăn nuôi. Điều này cho

thấy tiềm năng sử dụng tảo bám trong xử lý nước thải giàu hữu cơ rất cao (tải lượng BOD và COD của nước thải chăn nuôi cao hơn 4-5 lần so với nước thải sinh hoạt trong khi thời gian lưu để đảm bảo QCVN chỉ cao hơn 1,7 lần). Bảng 4 trình bày kết quả phân tích tất cả các thông số trong nước thải trước và sau 5 ngày xử lý.

Đối với nước thải sinh hoạt, sau 5 ngày, ngoại trừ công thức đối chứng, tất cả các vật liệu lọc sau nuôi màng đều cho chất lượng nước đầu ra đảm bảo QCVN 14:2008/BTNMT bao gồm cả hữu cơ, dinh dưỡng, vi sinh vật. Tương tự, đối với nước thải chăn nuôi, chỉ có một số công thức không đảm bảo QCVN 62-MT:2016/BTNMT về

chất hữu cơ, VSV bao gồm đối chứng, công thức thí nghiệm với vật liệu xơ dừa, đá cuội và sỏi (Bảng 4). Sự khác biệt giữa nồng độ sau xử lý của các công thức thí nghiệm hoàn toàn tương tự sự khác biệt về mật độ tảo sinh trưởng trên các vật liệu lọc và đối tượng nước thải khác nhau, điều này cho thấy tảo bám là yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý (Hình 2).

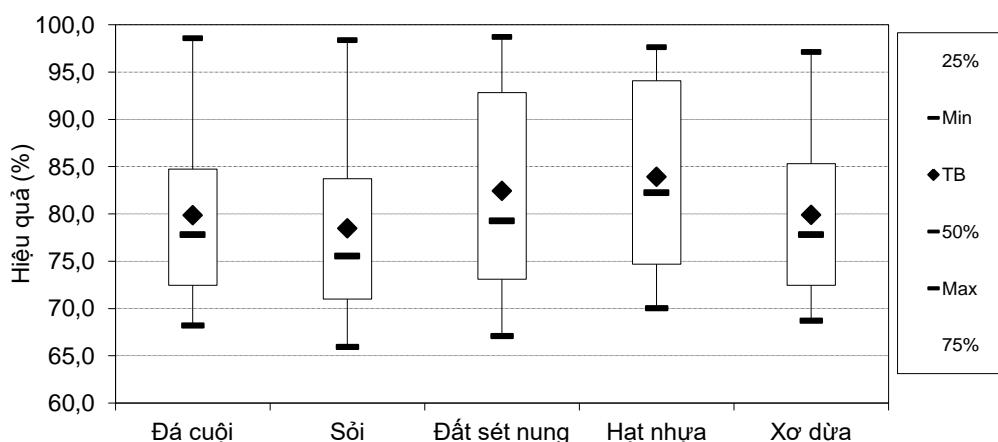
Tại tất cả các công thức, hệ thống loại bỏ N và P tương đối triệt để ở cả dạng tổng số và dạng hòa tan, đặc biệt là photphat và amoni (Hình 3) lên tới trên 95%. Điều này phù hợp với quy luật sinh trưởng và phát triển của vi tảo (Nguyễn Văn Tuyên, 2003) đồng thời cũng xấp xỉ hiệu quả xử lý của tảo đơn bào sống lơ lửng (*Chlorella vulgaris*) (Nguyễn Thị Thu Hà & cs., 2016). Do thí nghiệm ở quy mô nhỏ, bố trí theo mẻ nên tốc độ xử lý và hiệu quả xử lý cao hơn nhiều so với thực hiện trên quy mô thực tế trong kết quả nghiên cứu của Cao & cs. (2014) và Sandefur & cs. (2011; 2014).

Tương tự, hiệu quả loại bỏ chất hữu cơ do ảnh hưởng gián tiếp từ hoạt động của tảo trong đó quan trọng nhất là cung cấp oxy cho quá trình phân hủy hiếu khí của màng sinh học. Khả năng loại bỏ TSS cao hơn ở các công thức sử dụng vật liệu sỏi, đá cuội, đất sét nung cho tảo phát triển nhờ đó thúc đẩy quá trình sử dụng chất nền trong nước hình thành màng tảo (Azim & cs., 2005). Trong khi đó, khả năng loại bỏ VSV gây hại có thể do ảnh hưởng từ quá trình khử trùng tự nhiên do ảnh hưởng của ánh sáng mặt trời, điều này thể hiện rõ ở hiệu quả thấp của các công

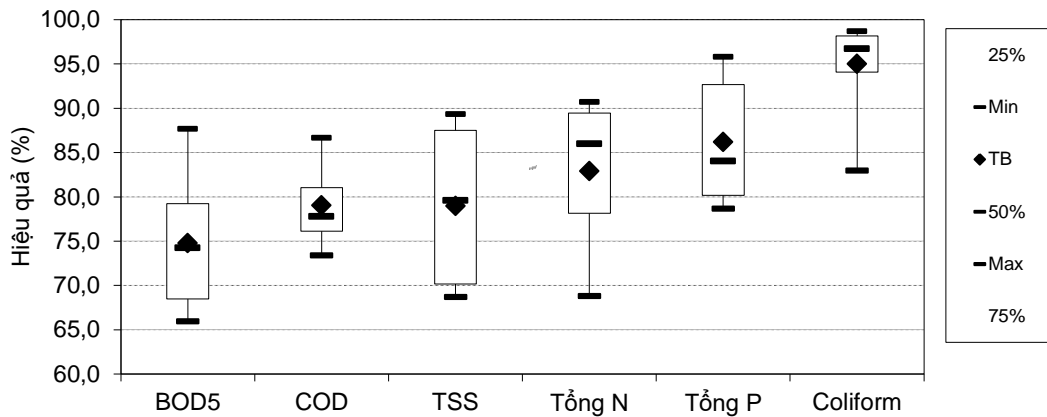
thức có độ đục cao (đối với các công thức sử dụng nước thải chăn nuôi và xơ dừa - Bảng 4).

4. KẾT LUẬN

Nước thải sinh hoạt và chăn nuôi trong nghiên cứu bị ô nhiễm cao đến rất cao đối với chất hữu cơ, chất rắn lơ lửng, dinh dưỡng và vi sinh vật lên đến gần 10 lần so với QCVN 14:2008/BTNMT và QCVN 62-MT:2016/BTNMT tương ứng. Kết quả thử nghiệm sử dụng nước thải cho thấy tảo bám bổ sung phát triển trên vật liệu lọc dạng hạt nhựa nhanh nhất, sau đó đến đất sét nung, xơ dừa và cuối cùng là sỏi và đá cuội. Mật độ tảo đạt đến $12-23 \times 10^6$ TB/cm² vào ngày thứ 9-12 và ổn định đến ngày thứ 21 nếu duy trì thay 80% nước thải định kỳ. Tốc độ sinh trưởng của tảo nhanh hơn ở nước thải chăn nuôi nhưng đạt mức cao hơn ở nước thải sinh hoạt. Các chi tảo thích hợp với điều kiện xử lý nước thải chăn nuôi và sinh hoạt và *Amphipleura*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzschia* (tảo cát), *Euglena* (tảo mắt), *Closterium*, *Pediastrum*, *Ulothrix* (tảo lục) và *Aphanothece* (tảo lam). Sử dụng màng tảo đã hình thành ổn định để xử lý nước thải cho kết quả đạt QCVN sau 3 ngày đối với nước thải sinh hoạt và 5 ngày đối với nước thải chăn nuôi, hiệu quả xử lý phần lớn các thông số hữu cơ và dinh dưỡng đều đạt trên 65% đối với tất cả các công thức, đặc biệt đạt trên 80% đối với N và P; xấp xỉ 95% đối với photphat, amoni và coliform), tỷ lệ thuận với mật độ tảo và cao hơn so với đối chứng.



Hình 2. So sánh hiệu quả xử lý nước thải của các vật liệu lọc



Hình 3. So sánh hiệu quả loại bỏ các chất ô nhiễm trong nước thải

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Azim M.E., Verdegem M.C.J., Van Dam A.A. & Beveridge M.C.M. (2005). *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. CABI publishing, Cambridge.
- Bộ Tài nguyên và Môi trường (2015). Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia 2014 - Môi trường nông thôn. Nhà xuất bản Tài nguyên môi trường và Bản đồ, Hà Nội.
- Cao J., Hong X. & Pei G. (2014). Removal and retention of phosphorus by periphyton from wastewater with high organic load, *Water Sci Technol.* 70(1): 62-69.
- Davis L.S., Hoffmann J.P. & Cook P.W. (1990). Production and nutrient accumulation by periphyton in a wastewater treatment facility. *Journal of Phycology.* 26(4): 617-623.
- Dương Đức Tiến & Võ Hành (1997). *Tảo nước ngọt Việt Nam - phân loại bộ tảo lục*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
- Horner R.R., Welch E.B., Seeley M.R. & Jacoby J.M. (1990). Responses of periphyton to changes in current velocity, suspended sediment and phosphorus concentration. *Freshwater biology.* 24(2): 215-232.
- Lê Văn Cát (2007). *Xử lý nước thải giàu hợp chất nitơ và photpho*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Nguyễn Thị Thu Hà, Trần Minh Hoàng, Đỗ Thủy Nguyên & Trịnh Quang Huy (2016). Ứng dụng tảo *Chlorella vulgaris* loại bỏ nitơ và photpho trong nước thải sinh hoạt sau bể tự hoại. *Tạp chí Kinh tế Sinh thái.* 51: 45-52
- Nguyễn Văn Tuyên (2003). Đa dạng sinh học tảo trong thủy vực nội địa Việt Nam triển vọng và thử thách. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
- Nguyễn Việt Anh (2005). *Xử lý nước thải sinh hoạt bằng bãi lọc trồng cây dòng chảy thẳng đứng trong điều kiện Việt Nam*. Nhà xuất bản Đại học Xây dựng, Hà Nội.
- Sandefur H.N., Johnston R.Z., Matlock M.D., Costello T.A., Adey W.H. & Laughinghouse H.D. (2014). Hydrodynamic regime considerations for the cultivation of periphytic biofilms in two tertiary wastewater treatment systems. *Eco. Engineering.* 71: 527-532.
- Sandefur H.N., Matlock M.D. & Costello T.A. (2011). Seasonal productivity of a periphytic algal community for biofuel feedstock generation and nutrient treatment. *Ecological Engineering.* 3(10): 1476-1480.
- Vi Thị Mai Hương (2019). Nghiên cứu đề xuất hệ thống xử lý nước thải của công ty cổ phần giấy Hoàng Văn Thụ sử dụng công nghệ bãi lọc ngầm trồng cây dòng chảy ngang. *Tạp chí Khoa học Tự nhiên, Kỹ thuật, Công nghệ.* 200(7): 157-161.
- Wu Yonghong (2017). *Periphyton: Functions and Application in Environmental Remediation*. Elsevier Inc, Amsterdam.