

TÁI SỬ DỤNG XỈ THAN TỔ ONG LÀM VẬT LIỆU ĐỆM TRONG LỌC SINH HỌC ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT HỘ GIA ĐÌNH

Kim Lavane, Nguyễn Thị Cẩm Ngân, Nguyễn Thị Trúc Lê,
Dương Thị Cẩm Thu, Tôn Nữ Nhật Minh
Khoa Môi Trường và Tài nguyên thiên nhiên, trường Đại học Cần Thơ

Liên hệ email: klavane@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Lọc sinh học được biết đến là một phương pháp xử lý nước thải có chi phí thấp và hiệu quả để xử lý tại chỗ nơi nước thải phát sinh. Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm đánh giá hiệu quả xử lý của hệ thống lọc sinh học sử dụng xỉ than tổ ong làm vật liệu đệm để xử lý nước thải sinh hoạt với qui mô nhỏ. Thí nghiệm được thực hiện trên mô hình sử dụng ống PVC làm cột lọc. Nước thải được nạp liên tục với tải trọng thủy lực lần lượt là 2,4 m³/m²/ngày, 4,8 m³/m²/ngày và 7,2 m³/m²/ngày. Sau khi kết thúc thí nghiệm, vật liệu đệm được thu lại để xác định mức độ hoạt động của vi sinh vật phát triển trong lớp vật liệu lọc. Kết quả nghiên cứu cho thấy nồng độ chất ô nhiễm trong nước thải sau xử lý thấp và đạt QCVN 14:2008/BTNMT. Hiệu suất xử lý SS, BOD₅, TKN, và TP cao nhất đạt lần lượt là 88,4%, 93,9%, 85,8%, và 68,4%, đối với cột lọc sử dụng xỉ than. Cột lọc sử dụng xỉ than làm vật liệu đệm cũng loại bỏ tổng lượng vi khuẩn đường ruột từ 2,2 đến 2,9 log đơn vị. Bên cạnh đó, hiệu quả xử lý khi sử dụng xỉ than làm vật liệu đệm cao hơn so với vật liệu sỏi truyền thống. Hoạt động của vi sinh vật phát triển trong cột lọc xỉ than cao hơn cột lọc sỏi. Qua nghiên cứu này cho thấy xỉ than tổ ong có thể tái sử dụng làm vật liệu đệm trong hệ thống lọc sinh học để nâng cao hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt.

Từ khóa: lọc sinh học, nước thải sinh hoạt, vật liệu đệm, xỉ than tổ ong

Nhận bài: 31/12/2017

Hoàn thành phản biện: 22/03/2018

Chấp nhận bài: 10/05/2018

1. MỞ ĐẦU

Xử lý nước thải sinh hoạt tại chỗ ở các hộ gia đình sử dụng những công nghệ đơn giản được xem là một trong những giải pháp nhằm giảm thiểu sự phát thải chất ô nhiễm vào nguồn nước tiếp nhận. Lọc sinh học (biofilter) có lịch sử phát triển lâu đời và được sử dụng để xử lý thứ cấp nước thải phục vụ cho việc tái sử dụng (Huismans, 1974; Ellis, 1987; Hendel và cs., 2001; Calvo-Bado và cs., 2003; Langenbach và cs., 2009). Lọc sinh học được biết đến là một phương pháp hiệu quả và rẻ tiền bởi vì có thể sử dụng các vật liệu đệm có sẵn tại chỗ hoặc thậm chí sử dụng một số phế thải rắn trong ngành xây dựng. Bên cạnh đó, phương pháp vận hành chúng khá đơn giản và không tiêu tốn nhiều năng lượng. Theo Huismans (1974), phương pháp xử lý này đã được áp dụng từ những năm 1800's ở Châu Âu. Có khoảng 100 công trình dùng công nghệ này xử lý nước và nước thải trước thập niên 1940 (Graham, 1988). Ở các nước đang phát triển và các vùng cô lập, đây là phương pháp được sử dụng khá phổ biến nhằm xử lý nước và nước thải. Theo báo cáo của Tổ Chức Y Tế Thế Giới, lọc sinh học sử dụng cát làm vật liệu đệm có thể mang lại hiệu quả cao và có chi phí xử lý thấp phù hợp với các nước đang phát triển và các vùng bị thiên tai bất ngờ (Huismans, 1974).

Trong xử lý nước thải thứ cấp, bể lọc sinh học sử dụng cát làm vật liệu đệm thường sử dụng hạt có kích thước tương đối nhỏ (0,15 – 0,35 mm) (Langenbach và cs., 2009). Sử dụng những vật liệu đệm có kích thước hạt lớn sẽ làm giảm hiệu quả xử lý nhưng có thể hạn

chế nghẹt (Langenbach và cs., 2009). Bên cạnh đó vận tốc nước chảy qua lớp vật liệu đệm cũng ảnh hưởng rất lớn đến hiệu suất xử lý. Theo khuyến cáo của Graham (1988) thì vận tốc nước chảy qua lớp vật liệu lọc nên duy trì khoảng từ 0,1 – 0,4 m/h. Langenbach và cs., (2009) cho rằng tốc độ lọc nên duy trì ở khoảng 0,2 m/h. Cơ chế chính loại bỏ chất ô nhiễm trong các hệ thống lọc sinh học thường xảy ra cả cơ chế lý học và sinh học. Theo Weber-Shirk và Dick (1997a), các hạt rắn lơ lửng thường được giữ lại khi đi qua các lỗ rỗng có kích thước nhỏ. Sự tích tụ các hạt rắn này sẽ tiếp diễn và gia tăng hiệu quả lọc vật lý do lỗ rỗng ngày càng bị thu hẹp. Thông thường cơ chế vật lý thường chiếm ưu thế trong quá trình loại bỏ các chất ô nhiễm trong hệ thống lọc. Tuy nhiên cơ chế sinh học mới giữ vai trò chủ đạo trong quá trình loại bỏ chất rắn lơ lửng, chất hữu cơ hòa tan và các vi khuẩn (Weber-Shirk và Dick, 1997b). Rất nhiều nghiên cứu trước đây cho thấy hệ thống lọc sinh học sử dụng cát làm vật liệu đệm có hiệu quả rất tốt trong việc loại vi khuẩn trong nước (Weber-Shirk và Dick, 1997b,c, Langenbach và cs., 2009, Wang và cs., 2014). Nguyên nhân chính được cho rằng là do sự phát triển của lớp màng sinh học hay còn gọi là “schmutzdecke” ở trên bề mặt lớp vật liệu đệm.

Lớp màng sinh học thường phát triển mạnh ở phần trên của lớp vật liệu lọc. Lớp này có thể chứa các vật chất hữu cơ, vi tảo, và đa dạng các vi sinh vật. Các nhà nghiên cứu đã khám phá ra rằng lớp màng sinh học đóng vai trò như lớp lọc hữu sinh có thể lọc và loại các chất ô nhiễm kể cả vi sinh vật gây bệnh qua các cơ chế lý học và sinh học (Huismans, 1974, Weber-Shirk và Dick, 1997a,b). Những nghiên cứu trước nhấn mạnh rằng lớp màng sinh học này thường suy giảm theo chiều sâu của lớp vật liệu đệm của cột lọc sinh học và thường có hoạt động mạnh mẽ ở chiều sâu khoảng 0 – 40 cm (Huismans, 1974, Ellis và Aydin, 1995, Calvo-Bado và cs., 2003, Pang và Liu, 2006). Sự phát triển của màng sinh học trong lớp vật liệu lọc thúc đẩy quá trình lọc cơ học, hấp phụ cũng như phân hủy các chất ô nhiễm.

Xi than tổ ong là chất thải rắn thường được thải bỏ sau quá trình đốt cháy. Thành phần và tính chất của xi than tổ ong chưa được nghiên cứu và đánh giá đầy đủ. Theo báo cáo của Singh (2010) thì nguyên liệu chính được sử dụng làm than tổ ong là 20 – 30% than bột và thành phần còn lại đất sét. Thông thường thì tỉ lệ giữa than bột và đất sét là 1:4 tính theo trọng lượng thì cho chất lượng than tổ ong tốt, dễ chất và ít vỡ vụn (Singh, 2010). Diện tích bề mặt riêng của xi than dao động 45,9 – 69 m²/m³ (Nguyễn Thị Thanh Phương và ctv, 2010). Hiện nay, xi than tổ ong thường được thải bỏ ven đường hoặc đổ xuống kênh rạch. Do đó việc tận dụng xi than tổ ong làm vật liệu đệm trong các hệ thống lọc sinh học nhằm loại bỏ các chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt đồng thời giảm phát thải dạng chất rắn này ra ngoài môi trường là rất cần thiết cho sự phát triển bền vững trong điều kiện hiện nay ở Việt Nam.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

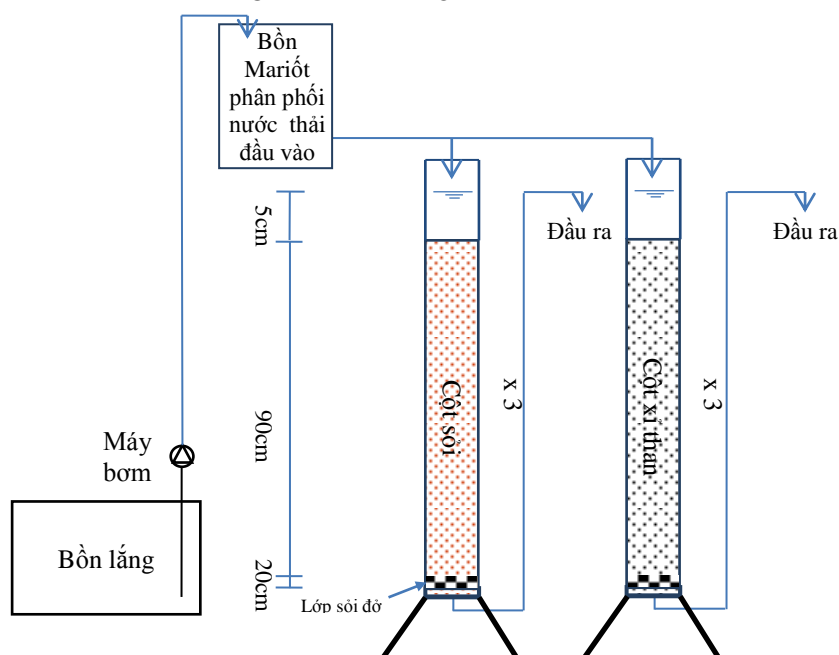
2.1. Địa điểm và đối tượng nghiên cứu

Các thí nghiệm được tiến hành tại các phòng thí nghiệm của Bộ môn Kỹ thuật Môi trường – Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên – Trường Đại học Cần Thơ. Nước thải sinh hoạt sử dụng trong thí nghiệm được thu thập tại hẻm 124, đường 3/2, quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ. Nước thải được lấy trực tiếp tại miệng cống xả bằng xô nhựa và sau đó đổ vào bồn chứa 200 L. Nước thải được thu thập mỗi ngày với tổng thể tích từ 200 L đến 600 L và được vận chuyển về phòng thí nghiệm để chạy mô hình.

2.2. Phương pháp thí nghiệm

2.2.1. Mô hình thí nghiệm

Hình 1 thể hiện sơ đồ mô hình thí nghiệm của hệ thống lọc sinh học. Cột lọc sinh học được chế tạo bằng ống nhựa PVC (dày 5 mm, đường kính ống 0,2 m, chiều cao 1,3 m). Vật liệu đệm sử dụng là xỉ than tổ ong và sỏi có chiều dày khoảng 90 cm. Sỏi sau khi mua về sẽ được rây sàng với kích thước 3 - 5 mm. Sau đó, sỏi được rửa sạch bằng nước máy nhiều lần đến khi độ đục của nước sau rửa không đổi. Đối với xỉ than, chúng được thu thập từ các hộ kinh doanh thực phẩm ở khu vực quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ. Xỉ than sau đó được đập nhỏ ra. Tương tự, xỉ than được rây sàng để được kích thước 3 - 5 mm và được rửa sạch bằng nước máy nhiều lần đến khi độ đục của nước sau rửa không đổi. Vật liệu đệm sau khi rửa được phơi khô và để nơi thoáng mát để sử dụng cho thiết kế mô hình lọc.



Hình 1. Sơ đồ mô hình cột lọc sinh học.

2.2.2. Quy trình thí nghiệm

Ở giai đoạn đầu, mô hình được vận hành ở chế độ nạp nước thấp nhất sao cho vận tốc nước chảy qua cột lọc là 0,1 m/h. Vi sinh vật được cho vào hệ thống bằng cách lấy 1,0 g bùn đáy kênh được hòa tan vào 1,0 L nước cất và cho lắng 5 phút. Phần nước phía trên sau khi lắng được nạp vào trên mặt thoáng của cột lọc và mô hình bắt đầu được vận hành. Sau 14 ngày vận hành liên tục, chỉ tiêu COD được theo dõi để đánh giá tính ổn định của mô hình. Sau khi hệ thống đã ổn định thì chúng tiếp tục được vận hành trong 7 ngày trước khi lấy mẫu ở pha đầu tiên ứng với tốc độ lọc 0,1m/h hay tải trọng thủy lực 2,4 m³/m²/ngày. Các mẫu nước sau xử lý được thu thập thành 3 đợt với khoảng giữa các đợt là 5 ngày. Sau khi kết thúc pha thử nhất, tốc độ lọc của hệ thống lần lượt được thay đổi lên 0,2 m/h và 0,4 m/h, tương ứng với tải trọng thủy lực là 4,8 m³/m²/ngày và 7,2 m³/m²/ngày. Trong mỗi pha tiếp theo, hệ thống được vận hành liên tục trong 21 ngày trước khi thực hiện các đợt lấy mẫu. Khoảng thời gian lấy mẫu giữa các đợt được tiến hành tương tự như pha đầu tiên. Các chỉ tiêu theo dõi gồm pH, chất rắn lơ lửng (SS), nhu cầu oxy sinh hóa (BOD₅), nhu cầu oxy hóa học

(COD), tổng nitơ Keldal (TKN), tổng lân (TP), và tổng lượng vi khuẩn đường ruột được phân tích và đánh giá. Sau khi kết thúc giai đoạn vận hành mô hình, vật liệu trong cột lọc được lấy ra theo từng lớp (khoảng 10 cm) để đánh giá hoạt động của vi sinh vật phát triển trong lớp vật liệu đệm. Cụ thể, cột lọc được xả hết nước và được cắt theo từng khoảng tương ứng với chiều cao của lớp vật liệu đã được xác định. Mẫu vật liệu đệm được lấy ra từ cột lọc bằng vá xúc và đựng trong cốc thủy tinh. Hoạt động của vi sinh vật được xác định ngay sau đó tại phòng thí nghiệm Bộ môn Kỹ thuật Môi trường – Đại học Cần Thơ.

2.3. Phương pháp phân tích

Mẫu nước thải trước và sau xử lý được phân các chỉ tiêu như pH, SS, COD, BOD₅, TKN, TP, tổng lượng vi khuẩn đường ruột theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành tại các phòng thí nghiệm thuộc Bộ môn Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Cần Thơ. Mức độ hoạt động của vi sinh vật trong cột lọc sinh học được đánh giá bằng hoạt động của enzyme được trích ly từ màng sinh học bám trên bề mặt vật liệu và sử dụng phương pháp Fluorescein diacetate (FDA) (Shnürer and Roswall, 1982). Cụ thể, 2 g vật liệu lọc được cho vào ống falcon 50 mL. 20 mL dung dịch đệm phot-phát 0,06 M (pH=7,6) được thêm vào ống chứa mẫu và lắc đều trong 1 phút bằng máy vortex. Tiếp theo, 0,1 mL dung dịch fluorescein diacetate (FDA) được cho vào ống falcon và sau đó ống falcon được ủ trong nồi cách thủy trong 60 phút ở nhiệt độ 30°C. Mẫu được lấy ra cho vào 20 mL dung dịch Chloroform: methanol (tỉ lệ 2:1). Các ống falcon được ly tâm ở 5.000 rpm trong 5 phút. 5 mL dung dịch trong ở phần trên ống được rút ra và lọc qua giấy lọc có lỗ rỗng 0,45 µm. Phần nước sau khi lọc được đo cường độ hấp phụ ở bước sóng 490 nm. Nồng độ fluorescein được xác định thông qua đường chuẩn với nồng độ từ 0,001 đến 10 µg/L.

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu sau khi thu thập được xử lý và phân tích bằng phần mềm Excel có tích hợp công cụ thống kê statistiXL. Trong đó, giá trị trung bình của các thông số môi trường và các biểu đồ được tính toán và thể hiện bằng cách sử dụng phần mềm Excel. Sự khác biệt về hiệu suất loại bỏ các chất ô nhiễm giữa hai mô hình được phân tích bằng kiểm định Pair T-test sử dụng công cụ thống kê statistiXL.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Giai đoạn khởi động mô hình

Sau khi hệ thống được vận hành 14 ngày thì nước thải sau xử lý được thu thập trong 3 ngày liên tiếp. Kết quả cho thấy nồng độ COD đầu ra dao động nhẹ giữa các ngày lấy mẫu đối với cả 2 cột lọc có vật liệu đệm khác nhau. Đối với cột lọc sử dụng xỉ than thì COD dao động từ 21,8 – 22,3 mg/L, trong khi cột lọc sử dụng sỏi thì COD dao động từ 30,5 – 30,8 mg/L. Từ kết quả này cho thấy nồng độ hệ thống đã ổn định.

3.2. Giai đoạn vận hành chính thức

Thí nghiệm cho thấy rằng giá trị pH đầu ra dao động trong khoảng 7,1 – 7,6. Giá trị pH trong nước thải sau xử lý có xu hướng tăng lên so với đầu vào (pH = 7,0), đặc biệt đối với cột lọc có vật liệu đệm là xỉ than. Nhìn chung giá trị pH nằm trong khoảng phù hợp cho sự phát triển của vi sinh vật và trong khoảng tiêu chuẩn cho phép (QCVN 14:2008/BTNMT). Hiệu suất loại bỏ các chỉ tiêu ô nhiễm của giai đoạn vận hành chính thức được trình bày ở Bảng 1.

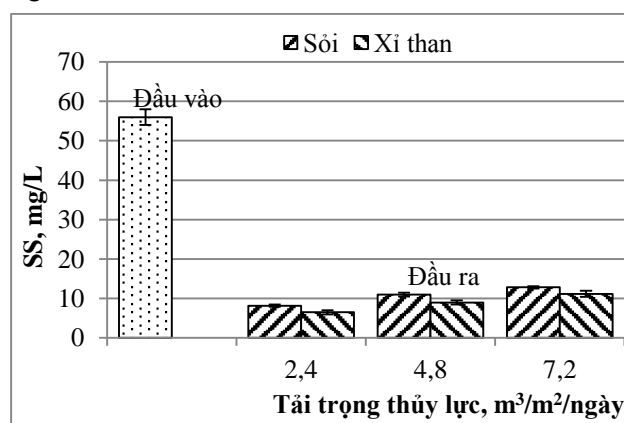
Bảng 1. Hiệu suất xử lý trung bình của các chỉ tiêu ô nhiễm ở tải trọng thủy lực 2,4 m³/m²/ngày, 4,8 m³/m²/ngày, và 7,2 m³/m²/ngày

Chỉ tiêu	Đơn vị	Hiệu suất					
		Tải trọng thủy lực (2,4 m ³ /m ² /ngày)		Tải trọng thủy lực (4,8 m ³ /m ² /ngày)		Tải trọng thủy lực (7,2 m ³ /m ² /ngày)	
		Sỏi	Xi than	Sỏi	Xi than	Sỏi	Xi than
SS	%	85,4	88,4	80,4	83,9	77,1	80,1
COD	%	87,8	91,1	83,9	86,1	78,9	84,7
BOD ₅	%	89,1	93,9	83,9	89,0	77,0	82,7
TKN	%	77,2	80,8	70,7	70,7	65,3	65,3
TP	%	63,5	68,5	60,0	63,1	50,9	51,7
Tổng coliform	logarit đơn vị	2,5	2,9	1,7	2,3	1,6	2,2

3.2.1. Chất rắn lơ lửng

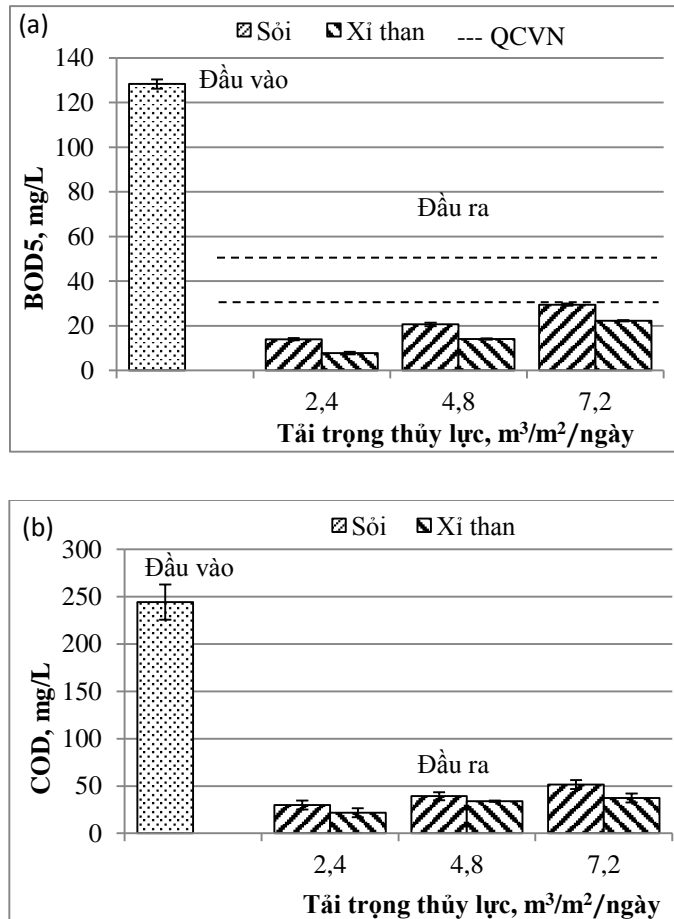
Kết quả thí nghiệm cho thấy hàm lượng chất rắn lơ lửng giảm đáng kể sau khi qua cột lọc sinh học có vật liệu lọc bằng sỏi và xỉ than (Hình 2). Nước thải sau khi xử lý qua cột lọc sử dụng xỉ than làm vật liệu đệm có hàm lượng chất rắn lơ lửng thấp hơn so với cột lọc sử dụng sỏi làm vật liệu đệm. So với bề mặt của sỏi thì xỉ than có gồ ghề hơn và có chứa các ô-xít kim loại (Nguyễn Thị Thanh Phượng và cs., 2010). Do đó xỉ than sẽ tương tác với chất rắn lơ lửng và giữ lại chúng trên bề mặt tốt hơn so với sỏi. Ngoài ra sự phát triển của lớp màng sinh học trên bề mặt vật liệu lọc cũng sẽ gia tăng khả năng giữ lại của chất rắn lơ lửng do vi khuẩn trong lớp màng sinh học tiết ra các chất hữu cơ cao phân tử ngoại bào (EPS-extracellular-polymeric-substance) (Weber-Shrink và Dick, 1997b). Các chất hữu cơ này giữ vai trò như những chất keo và giúp tăng khả năng giữ lại chất rắn lơ lửng.

Theo Langenback và cs., (2009) thì hiệu suất lọc giảm khi tăng tốc độ nạp. Trong nghiên cứu này, khi tăng tải trọng thủy lực thì hiệu suất giữ lại chất rắn lơ lửng của cột lọc ứng với hai loại vật liệu có xu hướng giảm. Khi tải trọng thủy lực tăng từ 2,4 m³/m²/ngày lên 4,8 m³/m²/ngày và 7,2 m³/m²/ngày thì chất rắn lơ lửng trong nước thải sau xử lý tăng từ 8,2 mg/L lên 11 mg/L và 12,8 mg/L đối với cột lọc có vật liệu lọc là sỏi. Tuy nhiên đối với cột lọc có vật liệu xỉ than thì chất rắn lơ lửng trong nước thải sau xử lý tăng lần lượt từ 6,5 mg/L lên 9 mg/L và 11,2 mg/L.

**Hình 2.** Hàm lượng chất rắn lơ lửng trước và sau xử lý

3.2.2. *Chất hữu cơ*

Cột lọc sinh học mang lại hiệu quả cao trong xử lý các chất hữu cơ hòa tan trong nước thải (Hình 3). Kết quả thí nghiệm cho thấy nồng độ BOD và COD trong nước thải giảm nhiều sau khi lọc qua cột lọc sinh học có vật liệu đệm bằng sỏi và xỉ than. Nồng độ BOD trong nước thải sau xử lý nhỏ hơn 50 mg/L (QCVN 14:2008/BTNMT). Kết quả thí nghiệm cho thấy nồng độ BOD giảm lần lượt từ 128 mg/L xuống còn 14 mg/L, 20,7 mg/L và 29,5 mg/L ứng với các tải trọng thủy lực khác nhau đối với cột lọc sử dụng sỏi. Tương tự, cột lọc sử dụng xỉ than tổ ong cũng cho nồng độ COD đầu ra là 7,8 mg/L, 14,2 mg/L, và 22,3 mg/L.



Hình 3. Chất hữu cơ trong nước thải (a) BOD và (b) COD trước và sau xử lý

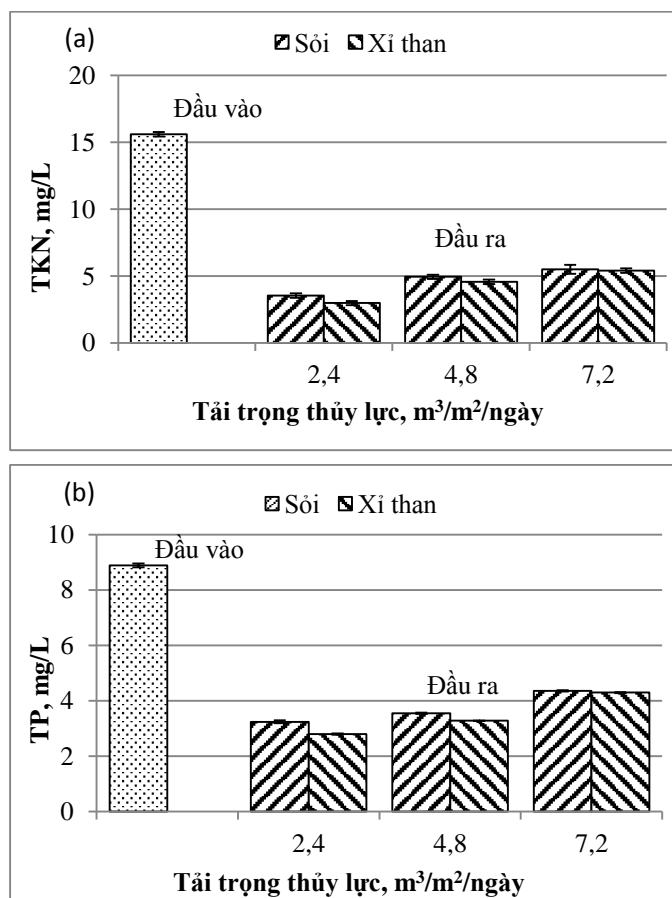
Đối với COD, nồng độ trong nước thải giảm lần lượt từ 244 mg/L xuống còn 29,8 mg/L, 39,3 mg/L và 51,5 mg/L ứng với các tải trọng thủy lực khác nhau đối với cột lọc sử dụng sỏi. Tương tự, cột lọc sử dụng xỉ than tổ ong cũng cho nồng độ COD đầu ra là 21,7 mg/L, 33,9 mg/L, và 37,3 mg/L. Kết quả này cho thấy rằng cột lọc sử dụng xỉ than làm vật liệu đệm có nồng độ COD trong nước thải sau xử lý thấp hơn so với cột lọc sử dụng sỏi làm vật liệu đệm.

Kết quả này cho thấy rằng hệ thống lọc sinh học loại bỏ rất tốt các chất hữu cơ hòa tan trong nước thải. Cột lọc sử dụng xỉ than làm vật liệu đệm loại bỏ chất ô nhiễm hữu cơ

trong nước thải tốt hơn so với cột lọc sử dụng sỏi. Nguyên nhân cột lọc sử dụng xỉ than cho hiệu quả xử lý cao hơn cột lọc sử dụng sỏi có thể là do xỉ than có bề mặt riêng lớn nên vi sinh vật có điều kiện bám vào và phát triển màng sinh học tốt hơn so với sỏi. Chính vì vậy cột lọc xỉ than cho hiệu quả loại bỏ các chất ô nhiễm cao hơn. Nghiên cứu trước đây cũng cho rằng xỉ than có thể được dùng làm giá thể cho sự phát triển của vi sinh vật trong hệ thống lọc (Ahmedi và Pelivanoski, 2011).

3.2.3. TKN và TP

Hiệu quả xử lý các chất dinh dưỡng qua cột lọc sinh học đạt hiệu quả khá cao (Hình 4). Nồng độ TKN đầu ra dao động từ 3,5 mg/L đến 5,4 mg/L đối với cột lọc sử dụng vật liệu đệm bằng sỏi và từ 3,0 mg/L đến 5,4 mg/L đối với cột lọc sử dụng vật liệu đệm bằng xỉ than (Hình 4a). Hiệu suất xử lý dao động từ 65,3% đến 80,8% đối với cột lọc sử dụng xỉ than và 64,7% đến 77,2% đối với cột lọc sử dụng sỏi. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng hiệu quả xử lý trung bình của TKN bằng cột lọc sử dụng xỉ than tổ ong cao hơn cột lọc sử dụng sỏi. Theo Weber-Shirk và Dick (1997b), nhiều nhóm vi khuẩn hóa dưỡng khác nhau có thể phát triển trong lớp vật liệu lọc. Các quá trình sinh học hiếu khí, thiếu khí, và kỵ khí có thể xảy ra dọc theo chiều cao của cột lọc (Langenbach, 2009).



Hình 4. Các chất dinh dưỡng (a) TKN và (b) TP trước và sau xử lý

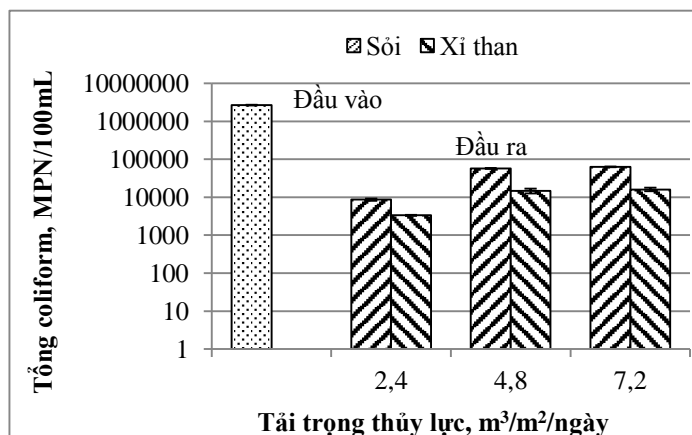
Nồng độ đầu ra của TP trong nước thải dao động 3,2 mg/L đến 4,4 mg/L đối với cột lọc sinh học có vật liệu lọc là sỏi và 2,8 mg/L đến 4,3 mg/L đối với cột lọc sinh học có vật

liệu lọc là xỉ than (Hình 4b). Hiệu suất xử lý của cột lọc không có sự khác biệt có ý nghĩa ($p > 0,05$) dù kết quả thí nghiệm cho thấy cột lọc sử dụng xỉ than làm vật liệu đệm có cao hơn vài đơn vị. Theo đánh giá của Ahmedi và Pelivanoski (2011) thì một số vật liệu lọc có hàm lượng các ô-xít như CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 có thể hấp phụ phốt-pho. Sự hiện diện của cả quá trình lý-hóa-sinh trong cột lọc làm tăng hiệu quả xử lý của các chất ô nhiễm.

3.2.4. Tổng lượng vi khuẩn đường ruột

Hình 5 thể hiện mật số tổng lượng vi khuẩn đường ruột đầu vào và đầu ra của hai cột lọc. Mặc dù tổng lượng vi khuẩn đường ruột giảm đáng kể trong nước thải sau xử lý nhưng vẫn chưa đạt tiêu chuẩn thải (QCVN 14:2008/BTNMT). Khi tăng tải trọng thủy lực thì tổng lượng vi khuẩn đường ruột trong nước thải còn khá cao. Theo nghiên cứu của Langenbach và cs., 2009 thì hiệu quả loại bỏ *Escherichia coli* (*E. coli*) và *Enterococcus* trong hệ thống lọc cát sinh học khoảng 1,9 – 3,0 tính theo thang logarit với đường kính vật liệu đệm là 0,35 mm. Trong nghiên cứu này cho thấy rằng hiệu quả loại bỏ tổng lượng vi khuẩn đường ruột trong nước thải đạt khoảng 2,2 – 2,9 log đơn vị đối với cột lọc dùng xỉ than và 1,6 – 2,5 log đơn vị đối với cột lọc sử dụng sỏi. Nhìn chung, mật số tổng coliform trong nước thải sau xử lý qua cột lọc sử dụng vật liệu xỉ than luôn thấp hơn cột lọc sử dụng sỏi làm vật liệu đệm.

Cơ chế loại bỏ vi khuẩn trong cột lọc sinh học đã được chứng minh bởi nhiều nghiên cứu trước đây. Hiệu suất loại bỏ các vi sinh vật phụ thuộc vào kích cỡ hạt của lớp vật liệu đệm (Langenbach và cs., 2009), chiều cao vật liệu đệm (Wang và cs., 2014), cạnh tranh thức ăn, sự sẵn môi của các động vật nguyên sinh (Weber-Shirk và Dick, 1997b). Có thể thấy rằng, do kích cỡ vật liệu đệm được sử dụng trong nghiên cứu này là 3 – 5 mm và lớn hơn so với các nghiên cứu trước nên có thể làm giảm hiệu quả xử lý. Yếu tố tác động đến quá trình loại bỏ tổng lượng vi khuẩn đường ruột trong nghiên cứu này có thể là do các vi sinh vật bám trên bề mặt vật liệu lọc cũng như do cơ chế sẵn môi và cạnh tranh chất nền với các vi sinh vật hình thành màng sinh học trên lớp vật liệu hoặc do động vật nguyên sinh.



Hình 5. Tổng coliform trong nước thải sinh hoạt trước và sau xử lý.

Nhìn chung hiệu quả xử lý của cột lọc sử dụng xỉ than tốt hơn sỏi. Tuy nhiên hiệu quả xử lý ở các chỉ tiêu dinh dưỡng, COD, tổng lượng vi khuẩn đường ruột không có sự khác biệt có ý nghĩa ($p > 0,05$, pair T-test). Hiệu suất xử lý SS và BOD_5 qua cột lọc sử dụng xỉ than làm vật liệu đệm cao hơn và khác biệt có ý nghĩa so với cột lọc sử dụng sỏi ($p < 0,05$,

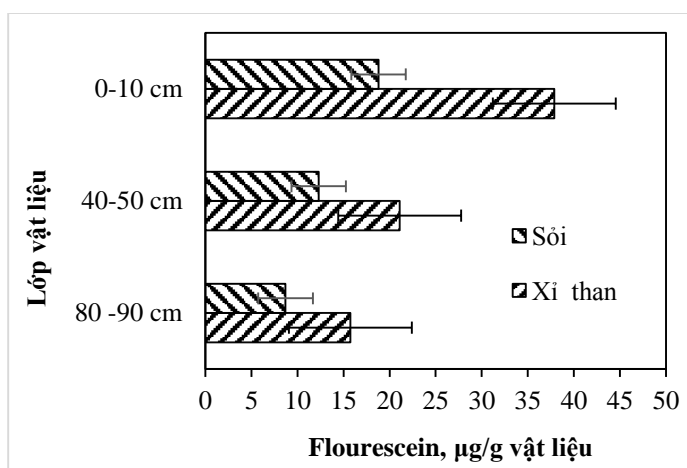
pair T-test). Bên cạnh bề mặt không nhẵn của xỉ than so với sỏi thì trong xỉ than có các thành phần ô-xít kim loại nên vi sinh vật dễ bám và phát triển đồng thời có thể hấp phụ các chất ô nhiễm nên làm tăng hiệu quả xử lý.

Bảng 2. Kiểm định sự khác biệt về hiệu suất xử lý của 2 cột lọc ứng với tải trọng thủy lực

Chỉ tiêu	Khác biệt TB	Kiểm định Pair t-test			
		Khác biệt sai số chuẩn	Giá trị tính toán T	Bậc tự do	P
SS	-3,175	0,198	-16,000	2	0,004
BOD ₅	-5,173	0,250	-20,724	2	0,002
COD	-3,784	1,067	-3,547	2	0,071
TKN	2,196	0,870	2,524	2	0,128
TP	-2,913	1,226	-2,376	2	0,141
Tổng coliform	-11,675	4,845	-2,410	2	0,138

3.3. Đánh giá hoạt động của vi sinh vật

Hoạt động của vi sinh vật phát triển trong lớp màng sinh học được đánh giá thông qua chỉ tiêu hoạt động của enzyme. Kết quả nghiên cứu cho thấy mức độ hoạt động của vi sinh vật trong cột lọc khá cao và giảm theo theo lớp vật liệu đệm từ trên xuống dưới. Điều này phù hợp với các nghiên cứu trước đây, trong đó, vi sinh vật hoạt động mạnh nhất ở lớp vật liệu tiếp xúc với mặt thoáng phía trên và giảm dần xuống phía dưới (Campos và cs., 2002). Điều này có thể giải thích là do nước thải được bơm vào từ trên xuống nên lượng thức ăn cung cấp cho vi sinh vật sẽ giảm dần theo độ cao. Hoạt động của vi sinh vật trong xỉ than nhiều hơn so với sỏi cho thấy được xỉ than làm giá bám cho vi sinh vật tốt hơn sỏi. Do đó, hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt của vật liệu lọc xỉ than cao hơn so với sỏi.



Hình 6. Hoạt động của vi sinh vật ở các lớp vật liệu của hai cột lọc

4. KẾT LUẬN

Lọc sinh học sử dụng xỉ than làm vật liệu đệm xử lý nước thải sinh hoạt với hiệu quả khá cao. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu suất xử lý SS, BOD₅, TKN, TP lần lượt đạt 88,4%, 93,9%, 85,8%, và 68,4%. Nồng độ BOD₅ trong nước thải sau xử lý đạt QCVN 14:2008/BTNMT ở lưu lượng nạp 2,4 m³/m²/ngày. Cột lọc sử dụng xỉ than làm vật liệu đệm cũng loại bỏ tổng lượng vi khuẩn đường ruột từ 2,2 – 2,9 log đơn vị. Kết quả phân tích

enzyme cũng cho thấy rằng hoạt động của vi sinh vật trong cột lọc xỉ than cao hơn so với bể lọc sỏi. Nghiên cứu này cho thấy rằng xỉ than có thể được tái sử dụng làm vật liệu đệm thay thế vật liệu cát, sỏi truyền thống trong hệ thống lọc để xử lý nước thải sinh hoạt từ các hộ gia đình hoặc các cụm dân cư có qui mô nhỏ. Bên cạnh khả năng nâng cao hiệu suất loại bỏ các chất ô nhiễm trong nước thải, việc tái sử dụng xỉ than còn góp phần làm giảm sự phát thải chất thải rắn, giúp bảo vệ cảnh quan đô thị và môi trường.

LỜI CẢM ƠN

Đề tài này được tài trợ bởi Dự án Nâng cấp Trường Đại học Cần Thơ VN14-P6 bằng nguồn vốn vay ODA từ chính phủ Nhật Bản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu tiếng Việt

Nguyễn Thị Thanh Phương, Nguyễn Văn Phước và Thiệu Cẩm Anh. (2010). Nghiên cứu đánh giá hiệu quả xử lý nước thải tinh bột bằng công nghệ lọc sinh học hiếu khí trên các vật liệu khác nhau. *Tạp chí phát triển Khoa học và Công nghệ*, 13(M2), 54-66.

Phạm Ngọc Đăng, Tăng Thế Cường, Trần Thế Loan, Nguyễn Hưng Thịnh, Vũ Đình Nam, Nguyễn Hoàng Anh. (2017). *Báo cáo về hiện trạng môi trường quốc gia năm 2016, Chuyên đề: Môi trường đô thị*. ISBN: 978-604-952-138-6

Tổng cục Môi trường. (2008). QCVN 14:2008/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt. Hà Nội.

2. Tài liệu tiếng nước ngoài

Ahmedi F., Pelivanoski, P. (2011). Sand, Gravel, Clay, and Coal Combustion Byproducts used as a Filter Material for Phosphorus Removal in Small Scale On-Site Wastewater Systems –An Overview. *The 4th International Conference on Environmental and Geological Science and Engineering*. Barcelona, Spain, September 2011. WSEAS.

Calvo-Bado, L. A., Pettitt, T. R., Parsons, N., Petch, G. M., Morgan, J. A. W., Whipps, J. M. (2003). Spatial and Temporal Analysis of the Microbial Community in Slow Sand Filters Used for Treating Horticultural Irrigation Water. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(4), 2116-2125.

Campos, L. C., Su, M. F. J., Graham, N. J. D., Smith, S. R. (2002). Biomass development in slow sand filters. *Water Research*, 36(18), 4543-4551.

Ellis, K. V. (1987). Slow sand filtration as a technique for the tertiary treatment of municipal sewages. *Water Research*, 21(4), 403-410.

Ellis, K. V., Aydin, M. E. (1995). Penetration of solids and biological activity into slow sand filters. *Water Research*, 29(5), 1333-1341.

Graham, N. J. D. (1988). *Slow Sand Filtration: Recent development in water treatment technology*. England: Ellis Horwood Limited.

Hendel, B., Marxsen, J., Fiebig, D., Preuss, G. (2001). Extracellular enzyme activities during slow sand filtration in a water recharge plant. *Water Research*, 35(10), 2484-2488.

Huismans, L., Wood, W. E. (1974). *Slow sand filtration*. WHO.

Langenbach, K., Kusch, P., Horn, H., Kästner, M. (2009). Slow Sand Filtration of Secondary Clarifier Effluent for Wastewater Reuse. *Environmental Science & Technology*, 43(15), 5896-5901.

- Pang, C. M., Liu, W. T. (2006). Biological Filtration Limits Carbon Availability and Affects Downstream Biofilm Formation and Community Structure. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(9), 5702-5712.
- Singh, R. M. (2010). National Policy Recommendations for Promotion of Biobriquette Technology in Nepal. *Technical report*.
- Shnürer, J., Roswall, T. (1982). Flourescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. *Applied and Environmental Microbiology*, 43(6): 1256–1261
- Wang, H., Narihiro, T., Straub, A. P., Pugh, C. R., Tamaki, H., Moor, J. F., Bradley, I. M., Kamagata, Y., Liu, W. T. and Nguyen, T. H. (2014). MS2 Bacteriophage Reduction and Microbial Communities in Biosand Filters. *Environmental Science & Technology*, 48(12), 6702-6709.
- Weber-Shirk, M. L. and Dick, R. I. (1997a). Physical - chemical mechanisms in slow sand filters. *Journal - American Water Works Association*, 89(1), 87-100.
- Weber-Shirk, M. L. and Dick, R. I. (1997b). Biological mechanisms in slow sand filters. *Journal - American Water Works Association*, 89(2): 72-83.
- Weber-Shirk, M. L. and Dick, R. I. (1999c). Bacterivory by a chrysophyte in slow sand filters. *Water Research*, 33(3), 631-638.

REUSING BEEHIVE CHARCOAL COMBUSTION RESIDUE AS BIOFILTER MEDIA FOR TREATMENT OF HOUSEHOLD DOMESTIC WASTEWATER

**Kim Lavane, Nguyen Thi Cam Ngan, Nguyen Thi Truc Le,
Duong Thi Cam Thu, Ton Nu Nhat Minh**

Department of Environment and Natural Resources, Can Tho University

Contact email: klavane@ctu.edu.vn

ABSTRACT

The biofilter is known as an effective and low-cost treatment method for on-site treatment of wastewater. The objective of this study is to assess the treatment efficiency of a bench scale biofilter system using beehive charcoal residue as the packing material to treat domestic wastewater. The system was constructed by using the PVC tube for filter columns. The filter columns were continuously fed with hydraulic loading rates of 2.4 m³/m²/day, 4.8 m³/m²/day và 7.2 m³/m²/day. At the end of the experiments, the packing materials were collected to investigate the activities of microbes developing on the media surfaces. The experimental results showed that the effluent concentrations of contaminants were low and met the National Technical Regulation on Domestic Wastewater (QCVN 14:2008/BTNMT). The removal efficiencies of suspended solids (SS), chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD₅), Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), and total phosphorus (TP) in filter columns packed with beehive charcoal residues were 88.4%, 93.9%, 85.8%, and 68.4%, respectively. The filter columns packed with beehive charcoal residues also removed total coliform from 2.2 to 2.9 log unit. In addition, the biofilters filled with beehive charcoal combustion residue performed better than that packed with fine gravel. The level of microbial activities in the filter columns packed with beehive charcoal combustion residue was higher than that packed with fine gravel. Ultimately, this study pointed out that beehive charcoal combustion residue could be reused for packing material in filter columns to enhance removal efficiencies of contaminants in domestic wastewater.

Key words: beehive charcoal combustion residue, biofilter, domestic wastewater, packing material

Received: 31st December 2017 *Reviewed:* 22nd March 2018

Accepted: 10th May 2018