

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ CỦA MÔ HÌNH LỌC SINH HỌC SỬ DỤNG ĐÁ NHAM THẠCH ĐỎ (RED SCORIA STONE) LÀM CHẤT MANG XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHĂN NUÔI

Phạm Ngọc Hòa*, Đặng Hồ Phương Thảo, Nguyễn Thu Hiền

Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: hoapn@huit.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/3/2023; Ngày chấp nhận đăng: 05/5/2023

TÓM TẮT

Hiện nay, nghiên cứu trên việc tìm kiếm và ứng dụng giá thể (chất mang) mới nhằm nâng cao và ổn định hiệu quả xử lý sinh học hiếu khí của các hệ thống xử lý nước thải giàu hữu cơ dễ phân hủy sinh học và dinh dưỡng nitơ, photpho nói chung và nước thải chăn nuôi nói riêng càng được quan tâm. Đá nham thạch đỏ (Red Scoria Stone-RSS) được biết đến là đá núi lửa có trọng lượng thấp, độ xốp cao, diện tích bề mặt lớn nên tiềm năng ứng dụng dùng làm giá thể cho xử lý sinh học dính bám trong các bể lọc sinh học xử lý nước thải. Do đó, trong nghiên cứu này đá nham thạch đỏ đã được sử dụng làm giá thể dính bám trong công nghệ lọc sinh học hiếu khí để xử lý nước thải chăn nuôi. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi sử dụng đá nham thạch đỏ có kích thước từ 1-2 cm với 30% thể tích trong mô hình lọc sinh học hiếu khí vận hành liên tục ở tải trọng 1,0 kgCOD/m³.ngày, với hiệu quả loại bỏ COD trung bình đạt 92,16±2%, TN đạt 89,35±1%, P-PO₄³⁻ đạt 86,37±1%, N-NH₄⁺ đạt 89,49±1%. Một nghiên cứu đối sánh với mô hình nghiên cứu là bể sinh học sinh trưởng lơ lửng aerotank khi vận hành ở cùng điều kiện với tải trọng hữu cơ 1,0 kgCOD/m³.ngày đã chỉ ra bể lọc sinh học với giá thể RSS cho khả năng chịu tải và hiệu quả xử lý cao hơn và ổn định hơn so với mô hình bể aerotank. Cụ thể, hiệu quả loại bỏ COD trong mô hình lọc sinh học sử dụng giá thể RSS cao hơn từ 12%-14%, N-NH₄⁺, TN từ 13%-15% và P-PO₄³⁻ từ 15%-17% so với hiệu quả xử lý của bể aerotank. Như vậy, những kết quả đạt được từ nghiên cứu này đã chỉ ra việc sử dụng giá thể RSS trong công nghệ lọc sinh học hiếu khí đã góp phần nâng cao hiệu quả xử lý nước thải giàu hữu cơ và dinh dưỡng, đặc biệt là xử lý hiệu quả nitơ và photpho là thành phần rất khó loại bỏ trong nước thải.

Từ khóa: Đá nham thạch đỏ, lọc sinh học, giá thể sinh học, nước thải chăn nuôi.

1. MỞ ĐẦU

Cũng như các ngành công nghiệp khác, trong những năm gần đây, công nghiệp chăn nuôi của Việt Nam đã có những bước phát triển mạnh mẽ. Cùng với việc phát triển đó, ước tính có khoảng 60% chất thải được xử lý, khoảng 20% được sử dụng hiệu quả (làm khí sinh học, ủ phân, nuôi trùn, cho cá ăn,...), còn lại 40% lượng chất thải chăn nuôi vẫn được thải trực tiếp ra thủy vực tiếp nhận gây ô nhiễm môi trường [1, 2]. Nước thải không được xử lý đúng cách hoặc thải trực tiếp sẽ gây ra tình trạng ô nhiễm nguồn nước, gây ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe con người và hệ sinh thái, đặc biệt là hàm lượng chất dinh dưỡng (N, P) là yếu tố gây phú dưỡng hóa [3].

Đối với các loại nước thải giàu hữu cơ dễ phân hủy sinh học và giàu dinh dưỡng (N, P), các phương pháp xử lý như phương pháp sử dụng thực vật thủy sinh, công nghệ sinh học kỵ khí UASB, kỵ khí tiếp xúc, lọc sinh học, xử lý hiếu khí bằng aeroten,... đã được một số tác giả quan tâm nghiên cứu [3-7]. Giữa các công nghệ sinh học xử lý nước thải dễ phân hủy sinh học thì công nghệ lọc sinh học với giá thể dính bám của vi sinh vật bộc lộ nhiều ưu điểm như chi phí thấp, hiệu quả cao và đặc biệt có thể xử lý hiệu quả N, P từ nước thải. Tuy nhiên, các giá thể đang được sử dụng hiện nay cho quá trình lọc sinh học bộc lộ nhiều nhược điểm như chi phí cao, độ bền hóa lý thấp, vì thế việc tìm kiếm một loại giá thể chi phí thấp, độ bền cao, diện tích bề mặt riêng lớn là hết sức cần thiết trong các bể lọc sinh học hiếu khí.

Đá nham thạch đỏ (RSS) được hình thành từ sự phun trào của núi lửa và đã được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như nông nghiệp, công nghiệp, trang trí sân vườn, v.v. (Hình 1). Ngoài ra, với diện

tích bề mặt đạt $2,63 \text{ m}^2/\text{g}$ ($200 - 300 \text{ m}^2/\text{m}^3$) [8], đá nham thạch đỏ còn được ứng dụng làm chất hấp phụ trong xử lý nước thải cho hiệu quả cao [9-13]. Đặc biệt, đá nham thạch đỏ được biết đến là đá núi lửa có trọng lượng thấp [14], kết cấu và bề mặt đá có nhiều lỗ xốp, vì thế nếu được sử dụng làm giá thể trong các bể lọc sinh học thì RSS sẽ là môi trường sống lý tưởng cho các sinh vật có khả năng phân hủy các chất hữu cơ [15, 16].



Hình 1. Đá nham thạch đỏ (red scoria stone) trên thị trường

Từ những phân tích ở trên về đặc tính hóa lý của RSS cho thấy đá nham thạch có tiềm năng ứng dụng làm chất mang trong quá trình lọc sinh học rất lớn. Tuy nhiên, cho đến nay, các nghiên cứu trên việc ứng dụng đá nham thạch đỏ làm chất mang trong quá trình sinh học hiếu khí để xử lý nước thải giàu dinh dưỡng còn hạn chế và chủ yếu nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở quy mô phòng thí nghiệm trên đối tượng xử lý là nước thải nhân tạo.

Gần đây, nghiên cứu ứng dụng RSS để làm vật liệu hấp phụ chi phí thấp và giá thể trong công nghệ lọc sinh học hiếu khí xử lý nước thải đã được thực hiện bởi các học giả trước đây. Chẳng hạn, Aregu và cộng sự (2018) đã tận dụng RSS để xử lý nước thải thuộc da bằng phương pháp hấp phụ. Kết quả nghiên cứu chỉ ra khả năng xử lý tốt N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} và Cr(VI) của đá nham thạch và đá bọt trong nước thải thuộc da. Nghiên cứu đã chỉ ra việc tận dụng đá nham thạch đỏ và đá bọt cho hấp phụ ô nhiễm dinh dưỡng và kim loại nặng là tiềm năng, chi phí thấp và sẵn có tại địa phương [16]. Trong một nghiên cứu khác được thực hiện bởi J.M.Morgan-Sagastume và cộng sự (2008) đá núi lửa được sử dụng làm giá thể cho quá trình sinh học hiếu khí xử lý nước thải nhân tạo với nồng độ chất hữu cơ từ 28 mgCOD/L - 3230 mgCOD/L và được vận hành với tốc độ thủy lực lên đến $2,88 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{ngày}$ và tải trọng hữu cơ từ $0,45$ đến $9,4 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$ cho hiệu quả đã loại bỏ COD trung bình đạt 80% với tải hữu cơ từ $0,45$ đến $3 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$ và 54% ở tải trọng cao hơn $9,4 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$ [17].

Như vậy, rõ ràng các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra đá nham thạch đỏ (RSS) có tiềm năng ứng dụng làm chất mang (giá thể) cho quá trình lọc sinh học loại bỏ ô nhiễm hữu cơ là rất lớn. Tuy nhiên, việc ứng dụng đá nham thạch trong công nghệ lọc sinh học hiếu khí xử lý nước thải giàu dinh dưỡng còn hạn chế. Để đạt được mục tiêu nghiên cứu này, nghiên cứu đã tiến hành trên việc (1) đánh giá đặc tính hóa lý của giá thể đá nham thạch để lựa chọn thể tích và kích thước phù hợp của RSS ứng dụng trong mô hình xử lý nước thải chăn nuôi và (2) đánh giá hiệu quả loại bỏ dinh dưỡng N, P và hữu cơ từ nước thải chăn nuôi bằng mô hình bể lọc sinh học sử dụng giá thể RSS nhằm đánh giá tiềm năng ứng dụng giá thể đá nham thạch trong các công nghệ sinh học hiếu khí dính bám xử lý nước thải để phân hủy sinh học.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

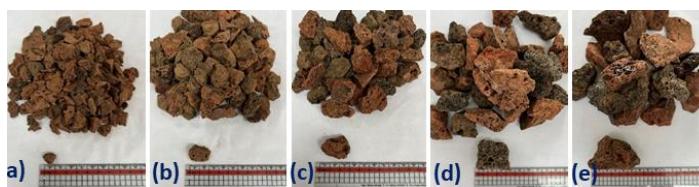
Nước thải sử dụng trong nghiên cứu: được lấy sau bể phân hủy sinh học kỵ khí của HTXLNT chăn nuôi của trại chăn nuôi heo tại Xuân Lộc, Đồng Nai có pH 6-8, nồng độ chất hữu cơ: BOD_5 : $200 \pm 10 \text{ mg/L}$; COD: $320 \pm 50 \text{ mg/L}$ và dinh dưỡng: Tổng N: $65 \pm 5 \text{ mg/L}$, N-NH_4^+ : $57 \pm 5 \text{ mg/L}$; N-NO_3^- : $2,5 \pm 1 \text{ mg/L}$, P-PO_4^{3-} : $11,5 \pm 1 \text{ mg/L}$.

Giá thể (đá nham thạch đỏ - RSS): Được mua trên thị trường có kích thước từ 1–5 cm với thông số kỹ thuật được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật đá nham thạch đỏ [17]

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Màu sắc	-	Đỏ
2	Đường kính trung bình	cm	1-5
3	Thể tích rỗng	%	55
4	Diện tích bề mặt riêng	m ² /m ³	200
5	Độ xốp	-	0,74

Đá nham thạch sau khi được mang về phòng thí nghiệm, tiến hành rây qua rây để phân loại theo kích thước của đá bao gồm: < 1cm, 1-2 cm, 2-3 cm, 3-4 cm, 4-5 cm sây/phoi trước khi sử dụng làm giá thể trong mô hình lọc sinh học (Hình 2).



Hình 2. Đá nham thạch đỏ với các kích thước khác nhau sau khi được nghiền qua rây (a) < 1cm; (b) 1-2 cm; (c) 2-3 cm; (d) 3-4 cm và (e) 4-5 cm

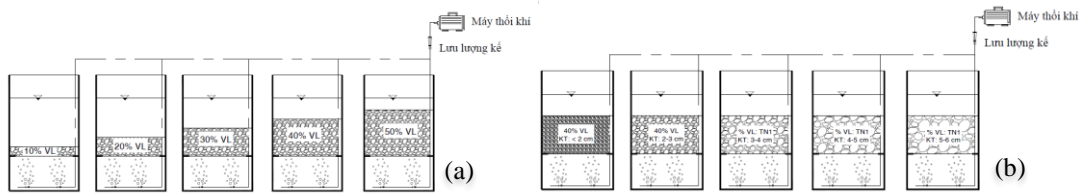
Bùn hoạt tính: được lấy từ bể lắng của trạm xử lý Saigon Pearl (92 Nguyễn Hữu Cảnh, Phường 22, Q. Bình Thạnh, Tp.HCM). Bùn sau khi lấy về sẽ được tiến hành chạy thích nghi và nuôi bùn với mẫu nước thải chăn nuôi trong mô hình sinh học.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Mô hình nghiên cứu

(1) *Mô hình tĩnh:* Mô hình tĩnh được thiết kế gồm 5 bể có thể tích 2L (L×R×H = 100×100×200 mm). Đối với thí nghiệm xác định kích thước giá thể RSS để chọn kích thước phù hợp nhất cho mô hình lọc sinh học, mỗi bể sẽ được chứa giá thể RSS có kích thước lần lượt như sau: < 1 cm, 1-2 cm, 2-3 cm, 3-4 cm và 4-5 cm với cùng một % thể tích giá thể (Hình 3a) (chọn % thể tích giá thể trong bể là 30% được dựa trên quá trình khảo sát % thể tích giá thể trong các mô hình lọc sinh học hiếu khí (mật độ giá thể dưới 60% so với thể tích nước trong bể)). Sau đó, nước thải chăn nuôi và bùn hoạt tính sau khi đã được thích nghi với nước thải chăn nuôi, có hàm lượng MLSS trong bình khoảng 2000 - 3000 mg/L được bổ sung vào mỗi bể với một lưu lượng như nhau. Mô hình sau đó được chạy thích nghi trong 4-5 ngày, với việc lấy ra một lượng nước thải nhất định để duy trì thời gian lưu bùn phù hợp, sau đó tiếp tục bổ sung một lượng nước thải bằng lượng nước thải được lấy ra vào bể phản ứng theo chu kỳ 4 h (vận hành theo mẻ như bể SBR). Cứ tiếp tục lặp lại quy trình vận hành này cho đến khi hệ thống hoạt động ổn định với việc duy trì lưu lượng khí cấp vào để đạt nồng độ DO từ 2-4 mg/L. Sau quá trình thích nghi, tiến hành chạy mô hình tại tải trọng xác định và tiến hành lấy mẫu phân tích xác định hiệu quả loại bỏ COD, N-NH₄⁺, TN, P-PO₄³⁻ tại các thời điểm 0 h, 1 h, 2 h, 3 h, 4 h tại mỗi bể. Tiến hành đánh giá lựa chọn kích thước giá thể thích hợp.

Trong thí nghiệm xác định % thể tích đá nham thạch đỏ RSS phù hợp, tiến hành bổ sung một lượng thay đổi % thể tích đá thạch đỏ RSS với kích thước phù hợp nhất đạt được từ thí nghiệm trên vào 5 bể phản ứng tĩnh, lần lượt là 10%; 20%; 30%; 40% và 50% thể tích bể (Hình 3b). Sau đó, bổ sung nước thải chăn nuôi và bùn hoạt tính với một lượng như nhau vào mỗi bể. Quy trình vận hành mô hình tương tự như trong thí nghiệm xác định kích thước giá thể RSS như được mô tả ở trên. Sau quá trình thích nghi, tiến hành lấy mẫu nước tại mỗi bể tại các thời điểm 0 h, 1 h, 2 h, 3 h, 4 h để phân tích các thông số COD, N-NH₄⁺, TN, P-PO₄³⁻ nhằm đánh giá hiệu quả xử lý của mỗi bể phản ứng. Bể phản ứng nào cho hiệu quả loại bỏ COD, N-NH₄⁺, TN, P-PO₄³⁻ cao nhất, thì % thể tích giá thể trong bể phản ứng đó được chọn để bổ sung vào bể phản ứng lọc sinh học xử lý nước thải chăn nuôi heo trong các thí nghiệm tiếp theo.

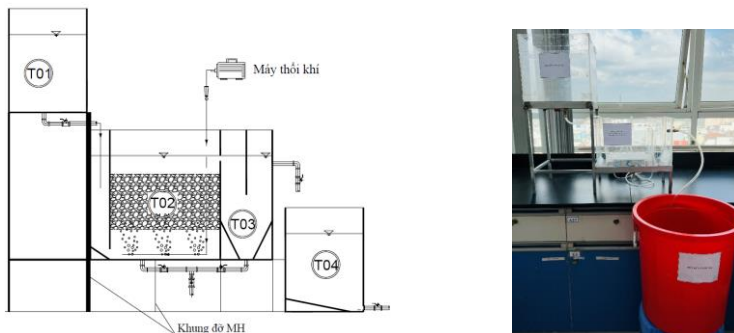


Hình 3. Mô hình lọc sinh học tĩnh xác định (a) kích thước RSS phù hợp và (b) % thể tích RSS phù hợp

(2) *Mô hình động*: Trong nghiên cứu này, một mô hình bể lọc sinh học được vận hành liên tục với việc bổ sung giá thể có kích thước và thể tích phù hợp nhất xác định được từ vận hành mô hình tĩnh như được trình bày ở trên để khảo sát sơ bộ hiệu quả loại bỏ dinh dưỡng N, P và hữu cơ COD từ nước thải chăn nuôi heo. Chi tiết các thông số kỹ thuật của mô hình lọc sinh học liên tục với giá thể đá nham thạch đỏ RSS xử lý nước thải chăn nuôi heo được trình bày trong Bảng 2. Trong khi đó, mô tả mô hình nghiên cứu được trình bày trong Hình 4.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật MH lọc sinh học nghiên cứu

STT	Ký hiệu	Tên	Kích thước L×B×H (mm)	Thể tích V (L)
1	T01	Bể chứa nước vào	300×300×300	27
2	T02	Ngăn nước vào	200×40×250	2
		Ngăn phản ứng	240×200×250	12
3	T03	Ngăn lắng	200×80×250	4
4	T04	Bể chứa nước ra	Thùng nhựa	20



Hình 4. Sơ đồ vận hành bể lọc sinh học sử dụng giá thể đá nham thạch đỏ - RSS

Thí nghiệm nhằm đánh giá sơ bộ hiệu quả xử lý dinh dưỡng N, P và hữu cơ COD trong nước thải chăn nuôi heo bằng mô hình bể lọc sinh học sử dụng giá thể RSS được tiến hành bằng cách chạy song song 2 mô hình sinh học hiếu khí, bao gồm bể sinh học hiếu khí sinh trưởng lơ lửng aerotank và bể lọc sinh học giá thể RSS trên mô hình liên tục (Hình 4) tại tải thích nghi và tại hai tải trọng 0,8 kgCOD/m³.ngày và 1,0 kgCOD/m³.ngày. Mô tả chi tiết các thông số vận hành hai mô hình sinh học hiếu khí lơ lửng và dính bám xử lý nước thải chăn nuôi heo tại các tải trọng khác nhau được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Thông số vận hành mô hình sinh trưởng lơ lửng (aerotank) và lọc sinh học với giá thể RSS

Thông số vận hành	Tải trọng hữu cơ L_{org} (kgCOD/m ³ ngày)	
	0,8	1,0
% thể tích và kích thước RSS	Xác định ở mô hình tĩnh với giá thể RSS	
Nước thải	Nước thải chăn nuôi heo sau xử lý sinh học kỵ khí	
Lưu lượng (L/h)	32	40
Thời gian lưu nước (HRT)	9	7,2
MLSS (mg/L)	2500 - 3000	
DO (mg/L)	2-4	

2.2.2. Phương pháp phân tích

Các thông số được phân tích theo phương pháp trong Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater [18] cho thí nghiệm chọn vật liệu giá thể phù hợp về kích thước và thể tích vật liệu bổ sung trong mô hình bể lọc sinh học hiếu khí theo mẻ sử dụng giá thể RSS và thí nghiệm khảo sát hiệu quả loại bỏ dinh dưỡng N, P và hữu cơ COD của mô hình bể lọc sinh học hiếu khí giá thể RSS vận hành liên tục, mẫu nước thải được lấy tại đầu vào và đầu ra của bể xử lý với tần suất 2 lần/ngày để phân tích các thông số MLSS, pH, COD, TN, $N-NH_4^+$, $P-PO_4^{3-}$.

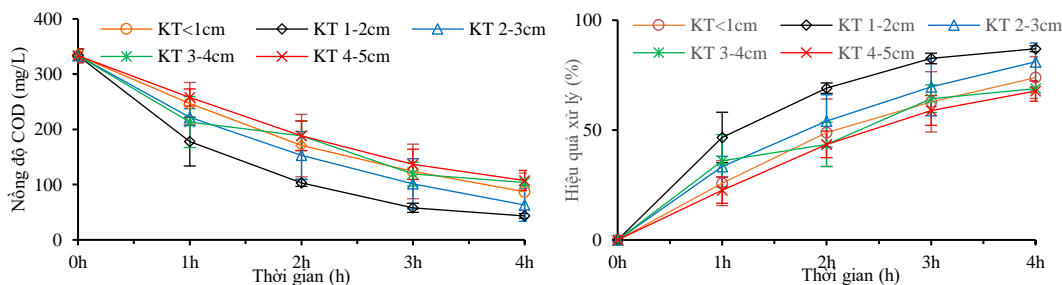
Mỗi phép đo được lặp lại 3 lần. Dữ liệu thí nghiệm được xử lý sử dụng phần mềm Microsoft Excel 2016 và kết quả đạt được được trình bày như là giá trị trung bình \pm độ lệch chuẩn (SD).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

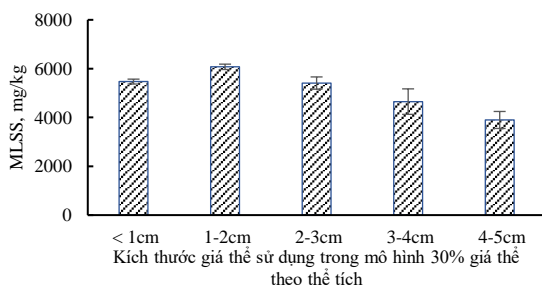
3.1. Ảnh hưởng của kích cỡ đá nham thạch tới hiệu quả loại bỏ COD bởi mô hình lọc sinh học tĩnh

Trước khi chạy mô hình, nước thải chăn nuôi được điều chỉnh pH về giá trị từ 6,5-7,0 với nồng độ COD đầu vào là 320 ± 50 mg/L. Nước thải chăn nuôi sau khi được xử lý trong mô hình lọc sinh học tĩnh sử dụng giá thể RSS tại các kích cỡ khác nhau được lấy ra tại các khoảng thời gian nhất định để đánh giá sự thay đổi nồng độ COD, hiệu quả xử lý COD và nồng độ sinh khối bám trên giá thể (MLSS).

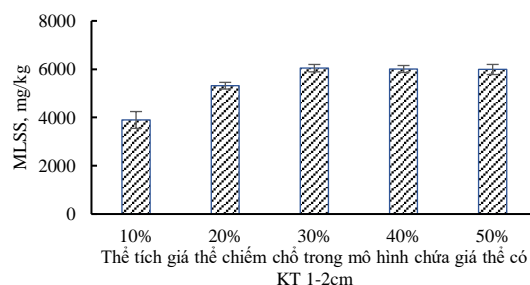
Theo Hình 5, quá trình loại bỏ COD giảm mạnh từ thời điểm bắt đầu phản ứng và đạt hiệu quả loại bỏ khoảng 60% sau 3 h vận hành. Tuy nhiên, tại các bể phản ứng chứa giá thể có kích thước càng lớn thì hiệu quả loại bỏ COD càng giảm, cụ thể loại bỏ COD lần lượt là 87%; 81,01%; 68,87% và 67,75% tương ứng với kích thước giá thể từ 1-2 cm, 2-3 cm, 3-4 cm và 4-5 cm. Tại bể có giá thể quá nhỏ < 1 cm, hiệu quả loại bỏ COD đạt 73,9%, thấp hơn hiệu quả loại bỏ COD trong bể có kích cỡ giá thể 1-2 cm và 2-3 cm. Giữa các loại kích cỡ giá thể được sử dụng, rõ ràng giá thể có kích cỡ 1-2 cm cho khả năng khoáng hóa COD và hiệu quả loại bỏ COD cao nhất. Trong bể phản ứng lọc sinh học sử dụng giá thể RSS kích cỡ 1-2 cm, hiệu quả xử lý COD đạt 87% tương ứng với sự giảm nồng độ COD từ 320 mg/L xuống 43,3 mg/L sau 4 h phản ứng.



Hình 5. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý COD với kích thước giá thể RSS khác nhau



Hình 6. MLSS trên giá thể RSS với 30% thể tích RSS tại các kích cỡ giá thể khác nhau



Hình 7. MLSS trên giá thể RSS với kích thước 1-2 cm tại % thể tích giá thể khác nhau

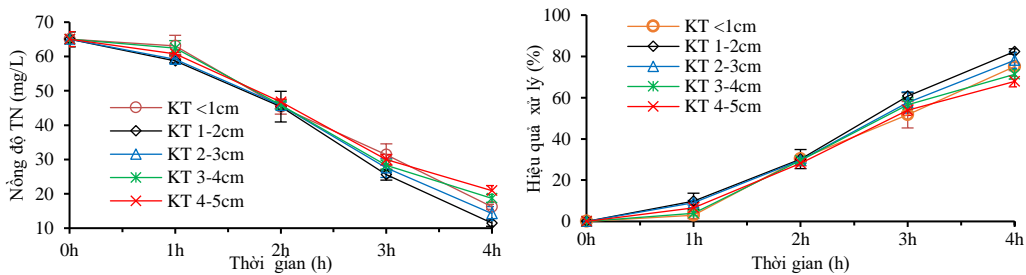
Kết quả khảo sát nồng độ MLSS dính bám trên giá thể RSS với việc cố định % thể tích giá thể trong bể và thay đổi kích cỡ giá thể tại các kích thước khác nhau ở Hình 6 cho thấy giá thể có kích cỡ 1-2 cm cho nồng độ dính bám của sinh khối vi sinh vật cao nhất, đạt khoảng 6000 mg/L. Bên cạnh đó,

giá thể có kích cỡ quá nhỏ < 1 cm cũng có ảnh hưởng bất lợi lên sự bám dính của vi sinh vật, cụ thể tại kích cỡ giá thể < 1 cm, mật độ bám dính của sinh khối vi sinh vật chỉ đạt khoảng 5800 mg/L. Kết quả này là do, một kích thước giá thể quá lớn dẫn tới diện tích bề mặt riêng của giá thể nhỏ, vì thế làm giảm mật độ vi sinh vật bám dính trên giá thể. Trong khi đó, một kích thước giá thể quá nhỏ gây ra sự hạn chế khuếch tán không khí trong vật liệu, vì thế không tạo môi trường thuận lợi cho vi sinh phát triển tạo lớp màng sinh học và làm giảm hàm lượng MLSS bám trên giá thể dẫn đến hiệu quả xử lý COD giảm.

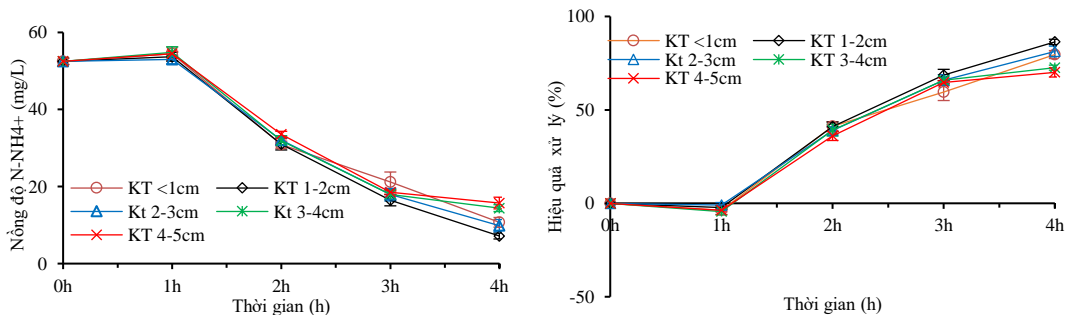
Như vậy, từ những phân tích ở trên, rõ ràng, giá thể kích cỡ 1-2 cm với tỷ lệ bổ sung 30% thể tích bể lọc sinh học sẽ cho hiệu quả loại bỏ COD và duy trì nồng độ sinh khối MLSS trong bể xử lý là cao nhất.

3.2. Ảnh hưởng của kích cỡ đá nham thạch tới hiệu quả xử lý TN và N-NH₄⁺ bởi mô hình lọc sinh học tĩnh

Theo số liệu Hình 8 và 9, cho thấy TN và N-NH₄⁺ trong các bể đều có xu hướng giảm, hiệu quả xử lý TN, N-NH₄⁺ trung bình lần lượt đạt 82,36%; 86,37% (bình chứa giá thể KT 1-2 cm) và từ 67,84% -78,09%; 70,07% – 81,26% đối với các bình còn lại. Bên cạnh đó, khoảng 1h đầu tiên của quá trình xử lý, nồng độ N-NH₄⁺ tăng, kết quả này có thể là do quá trình amoni hóa nitơ hữu cơ còn lại trong nước thải chăn nuôi sau xử lý sinh học kỵ khí.



Hình 8. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý TN với kích thước giá thể RSS khác nhau



Hình 9. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý N-NH₄⁺ với kích thước giá thể RSS khác nhau

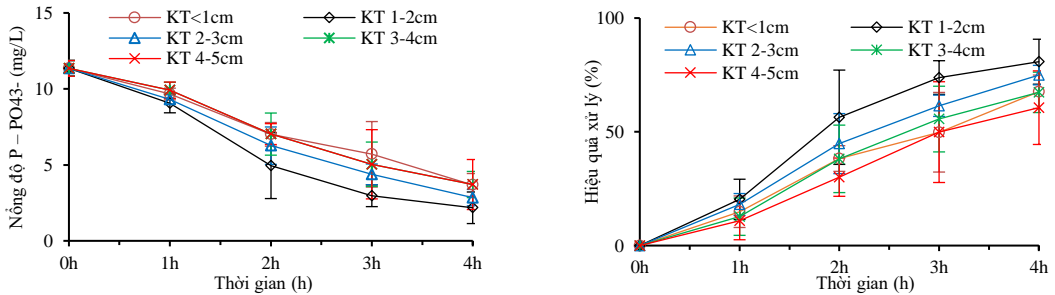
Thí nghiệm cũng cho thấy quá trình nitrat hóa xảy ra gần như hoàn toàn khi hiệu quả xử lý TN và N-NH₄⁺ khá cao ở các bể. Kết quả loại bỏ cao của dinh dưỡng N trong bể lọc sinh học sử dụng giá thể RSS là do quá trình bám dính của vi sinh vật lên giá thể RSS đã tạo ra lớp màng sinh học được hình thành trong suốt thời gian chạy thích nghi. Trong lớp màng sinh học, ngoài cơ chế oxy hóa COD và nitrat hóa xảy ra ở phía bên ngoài lớp màng do phân hủy sinh học hiếu khí thì lớp trong tại chỗ tiếp xúc giữa lớp màng vi sinh vật và giá thể hình thành vùng kỵ khí, vì thế vi sinh vật sẽ thực hiện quá trình oxy hóa COD bằng cách sử dụng oxy tách ra từ NO₃⁻ hình thành trong vùng hiếu hiếu, dẫn tới quá trình thiếu khí khử NO₃⁻ xảy ra, kết quả là hiệu quả xử lý tổng N giảm trong các bể lọc sinh học sử dụng giá thể RSS.

Giữa các loại giá thể bổ sung vào bể phản ứng, giá thể có kích cỡ 1-2 cm cho hiệu quả xử lý cả N-NH₄⁺ và TN là cao nhất so với các bể phản ứng chứa giá thể có các kích cỡ lớn hơn hoặc nhỏ hơn kích cỡ 1-2 cm với hiệu quả loại bỏ N-NH₄⁺ đạt gần 90% và hàm lượng MLSS trung bình đạt 6102 mg/L.

3.3. Ảnh hưởng của kích cỡ đá nham thạch tới hiệu quả loại bỏ P-PO₄³⁻ bởi mô hình lọc sinh học tĩnh

Cũng như COD và các chỉ tiêu nitơ, kết quả thí nghiệm chỉ ra, nồng độ $P-PO_4^{3-}$ giảm mạnh trong 3 h đầu phản ứng. Tuy nhiên, từ sau 3 h phản ứng, nồng độ $P-PO_4^{3-}$ giảm không đáng kể và dần đạt giá trị ổn định tại 4 h. Với bình 2 chứa giá thể có kích thước từ 1-2 cm cũng cho hiệu quả xử lý cao hơn so với các bể còn lại. Cụ thể, theo Hình 10, với nồng độ ban đầu là $11,5 \pm 0,5$ mg/L, sau 3 h xử lý thì nồng độ trung bình đạt 2,97 mg/L tương ứng với hiệu quả xử lý trung bình 80,82%. Trong khi các bể chứa giá thể có kích thước lần lượt là < 1 cm; 2-3 cm; 2-4 cm và 4-5 cm cho hiệu quả xử lý tương ứng 67,61%; 74,94%; 67,34% và 60,62% thấp hơn so với bình có chứa giá thể 1-2 cm.

Hiệu quả xử lý $P-PO_4^{3-}$ cao tại bể có kích cỡ giá thể RSS 1-2 cm là do mật độ cao của MLSS trên giá thể (> 6000 mg/L) và lớp màng giá thể phía trong cùng hình thành tầng kỵ khí, tạo điều kiện thuận lợi cho vi sinh vật tích lũy photpho phát triển, vì thế hấp thụ $P-PO_4^{3-}$, dẫn tới hiệu quả của loại bỏ P trong bể phản ứng này.

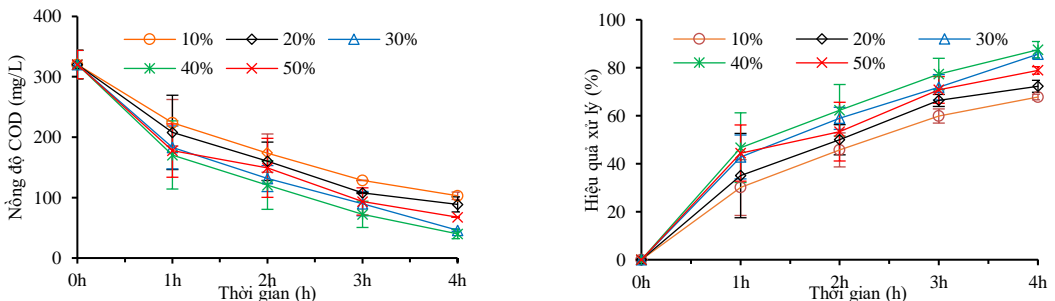


Hình 10. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý $P-PO_4^{3-}$ với kích thước giá thể RSS khác nhau

Tóm lại, kết quả khảo sát ảnh hưởng của kích cỡ giá thể RSS lên hiệu quả xử lý hữu cơ COD và dinh dưỡng N, P chỉ ra giá thể đá nham thạch đỏ RSS có kích cỡ từ 1-2 cm với cùng tỷ lệ % thể tích giá thể RSS trong bể lọc sinh học cho hiệu quả loại bỏ COD, $N-NH_4^+$, TN và $P-PO_4^{3-}$ và duy trì được nồng độ dính bám cao nhất của sinh khối vi sinh vật (MLSS) do kích cỡ phù hợp, diện tích bề mặt riêng lớn, vì thế giá thể đá nham thạch đỏ RSS kích cỡ 1-2 cm được sử dụng làm giá thể cho vi sinh vật dính bám trong các bể lọc sinh học xử lý nước thải chăn nuôi trong các thí nghiệm tiếp theo trong nghiên cứu này

3.4. Ảnh hưởng của % thể tích đá nham thạch đỏ tới hiệu quả xử lý COD bởi mô hình lọc sinh học tĩnh

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ % bổ sung giá thể RSS vào bể lọc sinh học theo mẻ tới việc loại bỏ COD được thiết kế với việc thay đổi tỷ lệ % thể tích bổ sung giá thể RSS vào bể thay đổi từ 20% tới 50%, sử dụng giá thể RSS kích cỡ 1-2 cm. Bể sinh học sau đó được bổ sung nước thải có nồng độ COD ban đầu dao động trong khoảng 320 mg/L, vận hành tại pH 6,5-7,0 trong vòng 4 h phản ứng.



Hình 11. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý COD với % thể tích giá thể RSS khác nhau

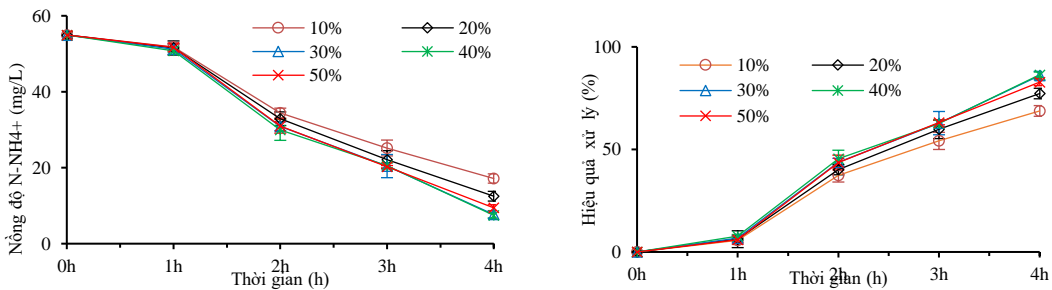
Dữ liệu trong Hình 11 cho thấy nồng độ COD giảm mạnh trong suốt thời gian xử lý. Hiệu quả xử lý COD tăng khi tăng tỷ lệ % bổ sung giá thể vào bể từ 10% tới 30%, tuy nhiên một sự gia tăng hơn nữa trong tỷ lệ bổ sung giá thể lên 40% và 50%, hiệu quả xử lý COD không có sự gia tăng. Hiệu quả xử lý COD đạt cao nhất tại tỷ lệ 30% thể tích bổ sung giá thể RSS vào bể lọc sinh học. Cụ thể, nồng độ COD giảm từ 320 mg/L xuống khoảng 40 mg/L tương ứng với tỷ lệ loại bỏ COD đạt 87,5% tại tỷ lệ giá thể chiếm 30% thể tích bể phản ứng. Kết quả này là do với một thể tích giá thể lớn, bình chịu áp lực lớn từ lượng giá thể cũng như trở lực tăng đối với quá trình khuếch tán khí trong bình dẫn đến hạn phát vi sinh

phát triển tạo lớp màng trên bề mặt làm giảm hiệu quả xử lý. Ngoài ra theo Hình 7, khảo sát nồng độ sinh khối vi sinh vật dính bám trong giá thể RSS cho thấy nồng độ MLSS tăng khi tăng % thể tích bổ sung giá thể vào bể xử lý. Không có sự khác nhau giữa mật độ sinh khối bám dính vào giá thể khi tăng tỷ lệ bổ sung giá thể vào bể từ 30% tới 50% cho thấy hiệu quả xử lý phụ thuộc rất lớn vào mật độ vi sinh bám dính.

3.5. Ảnh hưởng của % thể tích đá nham thạch đỏ tới hiệu quả loại bỏ N-NH₄⁺ và TN bởi mô hình lọc sinh học tĩnh

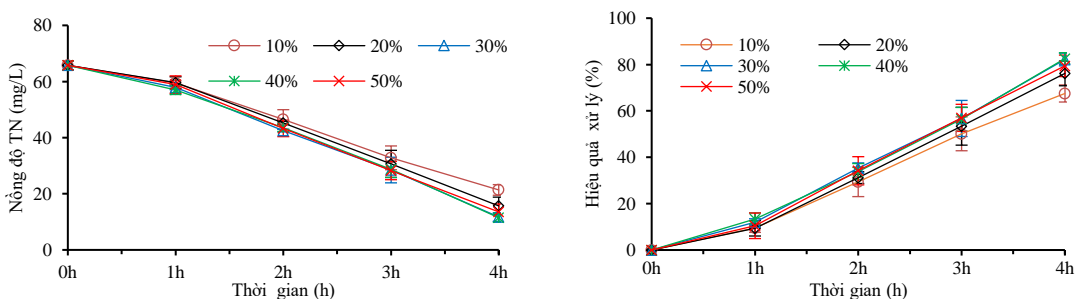
Với nồng độ N-NH₄⁺ ban đầu dao động 64-67 mg/L, sau khi chạy mô hình, các bình đều cho hiệu quả xử lý nitơ trung bình đạt từ 68,77% (bể 1) - 86,41% (bể 4). Bên cạnh đó, bình 3 với % giá thể trong bình là 30% cho hiệu quả xử lý khá cao đạt 86,03% gần bằng với bình 4 (bể có hiệu quả xử lý cao nhất) nhưng sử dụng lượng giá thể nhiều hơn (Hình 12).

Kết quả này chỉ ra, giữa tỷ lệ 30% và 40% giá thể bổ sung, hiệu quả loại bỏ N-NH₄⁺ hầu như không có sự khác biệt. Loại bỏ N-NH₄⁺ cao đạt được trong các bể lọc sinh học giá thể RSS là do khả năng xử lý amoni phụ thuộc vào mật độ của vi sinh trên giá thể. Nồng độ amoni giảm do amoni bị oxy hóa thành nitrite và nitrate (dưới tác dụng của 2 chủng loại vi sinh vật *Nitrosomonas* và *Nitrobacter*), một phần bị bay hơi và một phần N-Amoni được tổng hợp trong các mô tế bào được gây ra bởi toàn bộ quá trình oxy hóa và phản ứng tổng hợp [19,20]. Bên cạnh đó, dữ liệu nồng độ MLSS trong Hình 12 cho thấy mật độ MLSS của bể phản ứng chứa 30% và 40% thể tích giá thể tương đối cao hơn so với các bể còn lại (> 6100 mg/L), vì thế hiệu quả xử lý COD tại hai bể phản ứng này cho hiệu quả xử lý cao hơn các bể còn lại.



Hình 12. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý N-NH₄⁺ với % thể tích giá thể RSS khác nhau

Đối với TN cũng cho hiệu quả xử lý tương tự với N-NH₄⁺. Hiệu quả xử lý càng cao khi % thể tích giá thể càng lớn (đối với với bình 1 → 4 với HQXL lần lượt là 67,52%; 76,18%; 82,17% và 82,57%). Riêng bình 5, với % thể tích giá thể trong bình cao nhưng HQXL có phần giảm so với bình 4 với 40% giá thể, đạt 79,43% (Hình 13).



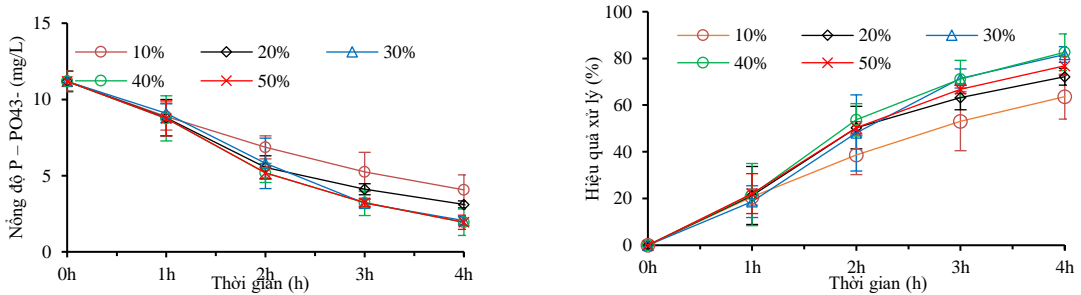
Hình 13. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý TN với % thể tích giá thể RSS khác nhau

Như vậy, trong loại bỏ dinh dưỡng N-NH₄⁺ và TN, bể phản ứng chứa 30% và 40% cho hiệu quả tương tự. Tuy nhiên, để tiết kiệm chi phí xử lý thì 30% thể tích giá thể RSS nên được bổ sung vào bể trong ứng dụng thực tế mà vẫn duy trì hiệu quả xử lý dinh dưỡng N cao trong các bể phản ứng lọc sinh học giá thể RSS.

3.6. Ảnh hưởng của % thể tích đá nham thạch đỏ tới hiệu quả loại bỏ P-PO₄³⁻ bởi mô hình lọc sinh học tĩnh

Dữ liệu đạt được từ Hình 14 cho thấy nước thải chăn nuôi với nồng độ P-PO₄³⁻ đầu vào dao động ở khoảng 11,5 ± 1 mg/L, sau 4 h phản ứng, nồng độ P-PO₄³⁻ giảm mạnh trong tất cả các bể xử lý và giảm mạnh nhất ở bể phản ứng chứa 30% và 40% thể tích giá thể, đạt hiệu quả xử lý P-PO₄³⁻ lần lượt 81,7% và 82,7% với đầu ra P-PO₄³⁻ là 2,0 mg/L và 1,94 mg/L. Hiệu quả loại bỏ P-PO₄³⁻ giảm ít nhất ở bể phản ứng với 10% thể tích giá thể, đạt 63,6% với nồng độ P-PO₄³⁻ là 4,1 mg/L. Một sự gia tăng hơn nữa tỷ lệ % bổ sung giá thể vào bể lên 50% không dẫn tới gia tăng hiệu quả loại bỏ P-PO₄³⁻ từ nước thải.

Nồng độ photphat giảm chủ yếu do vi sinh hấp thụ và tích lũy mạnh mẽ trong môi trường kỵ khí của lớp màng vi sinh ở phía trong cùng trên giá thể. Bên cạnh đó, sự phát triển mạnh mẽ của vi sinh vật tại tỷ lệ bổ sung giá thể 30% và 40% cũng góp phần đồng hóa mạnh P cho sự phát triển tế bào, dẫn tới hiệu quả xử lý P-PO₄³⁻ được gia tăng.

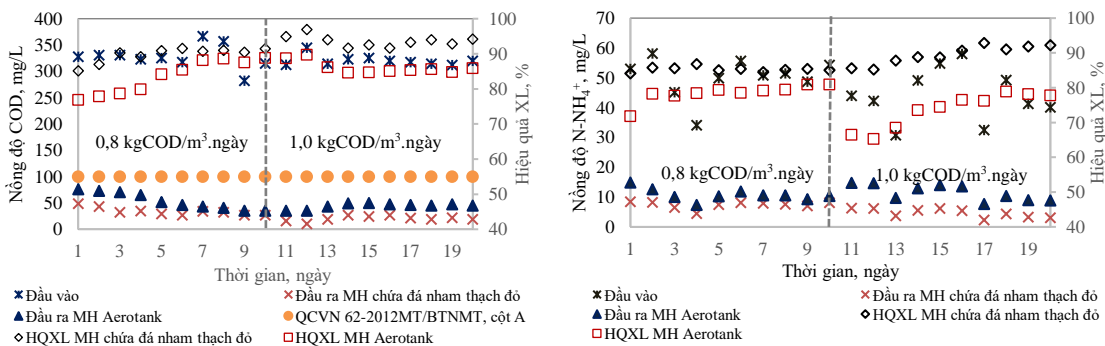


Hình 14. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý P-PO₄³⁻ với % thể tích giá thể RSS khác nhau

Tóm lại, nghiên cứu trên ảnh hưởng của tỷ lệ % bổ sung thể tích giá thể kích cỡ 1-2 cm vào các bể lọc sinh học làm việc theo mẻ xử lý hữu cơ COD và dinh dưỡng N-NH₄⁺ và TN và P-PO₄³⁻ đã chỉ ra rằng, bể lọc sinh học chứa 30% và 40% thể tích giá thể RSS cho hiệu quả loại bỏ cao của cả hữu cơ và dinh dưỡng. Tuy nhiên, cân nhắc về mặt kinh tế và vận hành, tỷ lệ bổ sung của 30% giá thể RSS kích cỡ 1-2 cm vào bể phản ứng được chọn là phù hợp nhất cho việc thực hiện các thí nghiệm tiếp theo để xử lý nước thải chăn nuôi trong mô hình xử lý liên tục tại các tải trọng khác nhau.

3.7. Ảnh hưởng của tải trọng hữu cơ lên hiệu quả loại bỏ COD của mô hình lọc sinh học liên tục sử dụng RSS làm giá thể

Nghiên cứu khảo sát hiệu quả xử lý COD trong nước thải chăn nuôi heo tại các tải trọng hữu cơ khác nhau được thực hiện trên mô hình bể lọc sinh học làm việc liên tục sử dụng giá thể RSS kích cỡ 1-2 cm, với việc bổ sung tỷ lệ của 30% thể tích giá thể RSS trong điều kiện pH 6,5-7,0 tại hai tải trọng hữu cơ 0,8 kgCOD/m³.ngày và 1,0 kgCOD/m³.ngày. Bên cạnh đó, một mô hình sinh trưởng lơ lửng hiếu khí của vi sinh cũng được vận hành trong điều kiện tương tự nhưng không bổ sung giá thể RSS (mô hình bể aerotank) để so sánh hiệu quả loại bỏ COD của hai mô hình xử lý sinh học hiếu khí.



Hình 15. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý COD trong MH đá nham thạch đỏ và Aerotank

Hình 16. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý N-NH₄⁺ trong MH đá nham thạch đỏ và Aerotank

Kết quả thí nghiệm cho thấy, giá trị COD đầu ra của mô hình bể lọc sinh học chứa đá nham thạch đồ rất thấp so với đầu vào. Cụ thể, nồng độ đầu ra của mô hình trung bình đạt lần lượt qua 2 tải là 30,43 mg/L; 20,41 mg/L so với nồng độ đầu vào là 320 ± 50 mg/L.

Từ Hình 15, có thể thấy, khi thay đổi tải trọng hữu cơ từ $L_{org} = 0,8$ kgCOD/m³.ngày đến $OLR = 1,0$ kgCOD/m³.ngày thì hiệu quả xử lý COD trong mô hình lọc sinh học chứa đá nham thạch đồ vẫn cho hiệu quả xử lý cao nhất, đạt lần lượt 91,5%; 95,2% với nồng độ COD nhỏ hơn QCVN 62-MT:2016/BTNMT, cột A [21]. So với mô hình aerotank, thì hiệu quả xử lý COD của mô hình lọc sinh học với giá thể RSS đạt cao hơn từ 12% đến 14% khi vận hành với cùng tải trọng. Kết quả này chủ yếu là do bể lọc sinh học sử dụng giá thể là vật liệu đá nham thạch đồ, đóng vai trò như chất mang cho vi sinh vật bám dính hiệu quả, từ đó làm tăng nồng độ sinh khối tạo lớp màng vi sinh, dẫn tới gia tăng khả năng xử lý chất hữu cơ COD từ nước thải như được minh họa trong Hình 17.

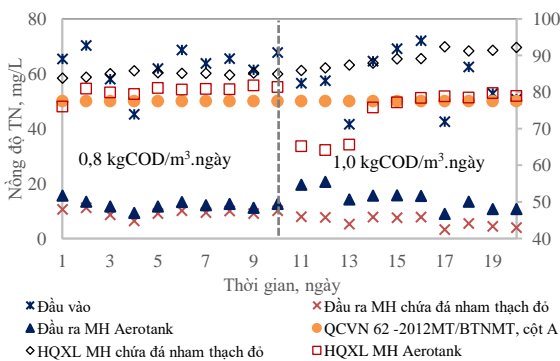


Hình 17. Đá nham thạch trong mô hình sau khi chạy thích nghi với lớp màng vi sinh bám dính

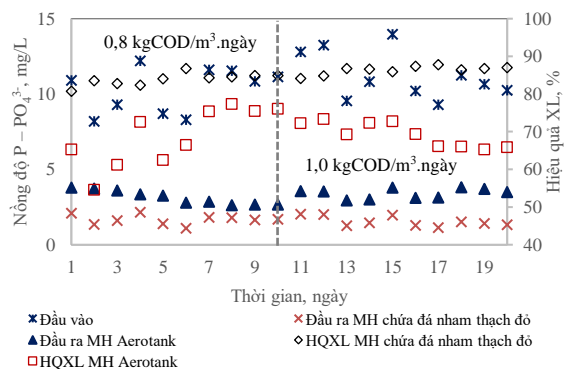
Khi được vận hành tại tải trọng hữu cơ 1,0 kgCOD/m³.ngày, hiệu quả xử lý COD của mô hình lọc sinh học chứa đá nham thạch đồ tương đối cao và ổn định. Nồng độ COD đầu ra và hiệu quả xử lý COD trung bình lần lượt đạt 30 ± 5 mg/L và $92,16 \pm 2\%$. Đối với MH aerotank, HQXL những ngày đầu của tải tương đối ổn định đạt 88,5%, tuy nhiên đến ngày 13 hiệu quả giảm dần còn 83,6% cho thấy khả năng xử lý của vi sinh trong mô hình có dấu hiệu bị giới hạn khả năng xử lý. Kết quả nghiên cứu chỉ ra, hiệu quả loại bỏ COD của mô hình lọc sinh học với giá thể đá nham thạch đồ - RSS tại kích cỡ 1-2 cm là tương đương với mô hình lọc sinh học sử dụng giá thể sơ dừa với hiệu quả xử lý COD đạt $89,47 \pm 2\%$ tại tải trọng tương tự [22] và giá thể zeolite trong bể Zeoreactor là $87 \pm 2\%$ [23] hay lọc sinh học MBBR sử dụng giá thể K3 là 87%-90% [24].

3.8. Ảnh hưởng của tải trọng hữu cơ lên hiệu quả xử lý N-NH₄⁺, TN của mô hình lọc sinh học liên tục sử dụng RSS làm giá thể

Dữ liệu Hình 16 chỉ ra, với nồng độ N-NH₄⁺ đầu vào của 2 mô hình dao động trong khoảng 40-58 mg/L, khi được vận hành tại tải trọng 0,8 kgCOD/m³.ngày, mô hình lọc sinh học chứa giá thể đá nham thạch đồ RSS cho hiệu quả xử lý N-NH₄⁺ trung bình đạt $85,3 \pm 1\%$. Trong khi đó, khi được vận hành tại tải trọng 1,0 kgCOD/m³.ngày, hiệu quả loại bỏ N-NH₄⁺ trung bình đạt $89,49 \pm 1\%$, và hiệu quả xử lý N-NH₄⁺ cao nhất đạt 91,49% khi được vận hành tại ngày thứ 17. So với mô hình aerotank thì hiệu quả xử lý N-NH₄⁺ của mô hình lọc sinh học chứa giá thể đá nham thạch đồ đạt hiệu quả xử lý cao hơn từ 13%-15%.



Hình 18. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý TN trong MH đá nham thạch đồ và Aerotank



Hình 19. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý P-PO₄³⁻ trong MH đá nham thạch đồ và Aerotank

Tương tự như $N-NH_4^+$, hiệu quả xử lý TN của MH chứa đá nham thạch đỏ cao hơn so với MH aerotank từ 13%-15% (Hình 18). Cụ thể, HQXL TN ở 2 tải trọng của MH chứa đá nham thạch là $84,92 \pm 1\%$; $89,35 \pm 1\%$ và Aerotank là $80,29 \pm 1\%$; $78,19 \pm 1\%$. Qua đó, ta cũng thấy, hiệu quả xử lý của MH Aerotank đã có xu hướng giảm trong khi MH chứa đá nham thạch cho hiệu quả xử lý tương đối cao và ổn định.

Từ những thảo luận ở trên, rõ ràng hiệu quả xử lý amoni và tổng nitơ từ nước thải chăn nuôi của mô hình lọc sinh học sử dụng giá thể đá nham thạch đỏ ở tải trọng $1,0 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{ngày}$ là tương đối ổn định và cao hơn so với so với kết quả đạt được từ một số nghiên cứu trước đây như quá trình lọc sinh học với giá thể xơ dừa [22] và zeolite trong mô hình Zeoreactor [23] hay nghiên cứu về lọc sinh học với giá thể K3 [24] từ 5%-8%.

3.8. Ảnh hưởng của tải trọng hữu cơ lên hiệu quả xử lý $P-PO_4^{3-}$ của mô hình lọc sinh học liên tục sử dụng RSS làm giá thể

Như được thấy từ kết quả trình bày trong Hình 19, hiệu quả xử lý $P-PO_4^{3-}$ của mô hình lọc sinh học chứa giá thể RSS tương đối ổn định ở cả 2 tải trọng vận hành với hiệu quả xử lý $P-PO_4^{3-}$ trung bình đạt $83,9 \pm 2\%$ và $86,37 \pm 2\%$ tương ứng với nồng độ $P-PO_4^{3-}$ đầu ra lần lượt là $1,66 \pm 0,5 \text{ mg/L}$ và $1,54 \pm 0,5 \text{ mg/L}$, lần lượt tại tải trọng $0,8 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{ngày}$ và $1,0 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{ngày}$. Tương tự như hiệu quả loại bỏ COD và $N-NH_4^+$ và TN, mô hình lọc sinh học chứa giá thể RSS cho hiệu quả xử lý $P-PO_4^{3-}$ cao hơn mô hình aerotank từ 15%-17% (Hình 19).

Bên cạnh đó, mô hình aerotank cho hiệu quả xử lý $P-PO_4^{3-}$ không ổn định và bắt đầu giảm khi tải trọng COD tăng lên $1,0 \text{ kgCOD/m}^3$ trong khi hiệu quả loại bỏ $P-PO_4^{3-}$ trong bể lọc sinh học chứa giá thể đá nham thạch đỏ luôn duy trì một hiệu quả xử lý $P-PO_4^{3-}$ ổn định hơn. Nguyên nhân chủ yếu là do $P-PO_4^{3-}$ ngoài khả năng được đồng hóa vào tế bào vi sinh trong quá trình sinh trưởng phát triển thì nó còn có khả năng được hấp thụ bởi các vi sinh vật có khả năng tích lũy photphat cao (PAOs) ở lớp màng vi sinh vật trong các vùng kỵ khí bên trong và hiếu khí bên ngoài [3]. Đây chính là ưu điểm vượt trội của lọc sinh học giá thể dính bám nói chung và lọc sinh học giá thể RSS nói riêng so với các hệ xử lý sinh học vi sinh phát triển ở trạng thái lơ lửng truyền thống, bởi vì lượng P trong nước thải chăn nuôi và một số loại nước thải giàu dinh dưỡng khác là rất cao và cực kỳ khó xử lý bằng phương pháp sinh học.

4. KẾT LUẬN

Với việc sử dụng đá nham thạch đỏ - RSS làm giá thể trong xử lý nước thải chăn nuôi bằng phương pháp sinh học hiếu khí, nghiên cứu đã xác định được kích thước giá thể RSS phù hợp nhất là từ 1-2 cm và tỷ lệ % thể tích giá thể RSS bổ sung vào bể lọc sinh học tối ưu cho sự phát triển của sinh khối vi sinh vật là 30% bằng các mô hình lọc sinh học làm việc theo mẻ. Đặc biệt, việc sử dụng đá nham thạch đỏ làm giá thể trong xử lý nước thải chăn nuôi bằng phương pháp lọc sinh học hiếu khí, mô hình cho hiệu quả xử lý COD, dinh dưỡng N, P tương đối cao và ổn định, hầu hết các chỉ tiêu COD, TN, $N-NH_4^+$, $P-PO_4^{3-}$ sau xử lý đều đạt QCVN 62-MT:2016/BTNMT, cột A. Bên cạnh đó, với 30% thể tích RSS có kích thước từ 1-2 cm được sử dụng trong mô hình lọc sinh học vận hành liên tục tại các tải trọng $0,8 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{ngày}$ và $1,0 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{ngày}$ cho hiệu quả loại bỏ COD, TN, $N-NH_4^+$, $P-PO_4^{3-}$ cao hơn so với công nghệ truyền thống aerotank vận hành tại cùng điều kiện từ 12%-17%. Tại tải trọng $1,0 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{ngày}$, mô hình lọc sinh học sử dụng giá thể RSS cho hiệu quả xử lý trung bình COD, TN, $N-NH_4^+$ và $P-PO_4^{3-}$ lần lượt đạt $92,16 \pm 2\%$; $89,35 \pm 1\%$; $89,49 \pm 1\%$ và $86,37 \pm 1\%$, cao hơn mô hình aerotank từ 12-14% (COD), 13%-15% (TN, $N-NH_4^+$) và 15%-17% ($P-PO_4^{3-}$). Kết quả nghiên cứu chỉ ra sử dụng đá nham thạch đỏ làm giá thể (chất mang) trong các bể lọc sinh học cho thấy nhiều ưu điểm nổi trội so với công nghệ sinh học truyền thống như tạo môi trường thuận lợi cho vi sinh bám dính để tạo lớp màng vi sinh có mật độ sinh khối cao, từ đó nâng cao hoạt tính sinh học của sinh khối vi sinh vật và cho hiệu quả xử lý nước thải cao, đặc biệt là ô nhiễm khó xử lý như N, P hiện nay.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này do Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm Thành phố Hồ Chí Minh (nay là Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh) bảo trợ và cấp kinh phí theo Hợp đồng số 141/HĐ-DCT ngày 01 tháng 10 năm 2022.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phùng Đức Tiến, Nguyễn Duy Điều, Hoàng Văn Lộc, Bạch Thị Thanh Dân - Đánh giá thực trạng ô nhiễm môi trường trong chăn nuôi, Tạp chí Chăn nuôi số 4, 2009, tr.10-16.
2. Nguyễn Thế Hình - Thực trạng xử lý môi trường chăn nuôi tại Việt Nam và đề xuất giải pháp quản lý, Tạp chí Môi trường số 6, 2017, tr.28-29.
3. Lâm Quang Ngà - Nghiên cứu ứng dụng các phương pháp sinh học để xử lý nước thải chăn nuôi heo công nghiệp, Luận văn Thạc sỹ, ĐH KHTN, 1998, tr. 40-43.
4. Dương Thúy Hoa - Hiệu quả xử lý nước thải sau hầm ủ biogas của lò giết mổ bằng lục bình, Luận án Thạc sỹ chuyên ngành khoa học môi trường, Trường ĐH Cần Thơ, 2004, tr.40-45.
5. Ngô Kế Sương, Nguyễn Hữu Phúc và cộng sự - Xử lý nước thải chăn nuôi heo bằng túi biogas, lọc yếm khí và ao thực vật thủy sinh, Tuyển tập công trình nghiên cứu khoa học công nghệ (1999-2000), Trung tâm Khoa học tự nhiên và Công nghệ quốc gia - Viện sinh học nhiệt đới. Nhà Xuất Bản Nông Nghiệp, TP. Hồ Chí Minh, 2001, tr.20-25.
6. Nguyễn Sáng, Chu Xuân Quang, Hoàng Văn Tuấn, Văn Thị Thu, Trần Văn Quy, Trần Hùng Thuận - Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải chăn nuôi lợn bằng phương pháp sinh học kết hợp lọc màng, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ 30(4S), 2014, tr.144-149.
7. Nguyễn Thị Thu Hà, Hồ Thị Thúy Hằng, Đỗ Phương Chi, Đinh Tiến Dũng, Trịnh Quang Huy - Xử lý nước thải sinh hoạt và nước thải chăn nuôi bằng tảo bám trên vật liệu lọc, Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, 17(10), 2019, tr.826-834.
8. Asere T.G., Mincke S., De Clercq J., Verbeken K., Tessema D.A., Fufa, F., Stevens C.V., Du Laing G. - Removal of Arsenic (V) from Aqueous Solutions Using Chitosan-Red Scoria and Chitosan-Pumice Blends. Environmental Research and Public Health **14** (2017) 895. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080895>
9. Moufti M.R., Sabtan A.A, El-Mahdy O.R., Shehata W.M. - Assessment of the industrial utilization of scoria materials in central Harrat Rahat, Saudi Arabia. Engineering Geology **57** (2000) 155–162. [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(00\)00024-7](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(00)00024-7)
10. Alemayehu E., Lennart B. - Adsorptive Removal of Nickel from Water Using Volcanic Rocks, Applied Geochemistry **25** (2010) 1596–1602. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2010.08.009>
11. Alemayehu E., Lennartz B. - Virgin volcanic rocks: kinetics and equilibrium studies for the adsorption of cadmium from water, The Journal of Hazardous Materials **169** (2009) 395–401. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.03.109>
12. Alemayehu E., Thiele-Bruhn S., Lennartz B. - Adsorption behavior of Cr(VI) onto macro and micro vesicular volcanic rocks from water, Separation and Purification Technology **78** (2011) 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2011.01.020>
13. Blen Taye Gameda, Ruth Lahoz, Ana Teresa Caldeira, Nick Schiavon - Efficacy of laser cleaning in the removal of biological patina on the volcanic scoria of the rock-hewn churches of Lalibela, Ethiopia. Environmental Earth Sciences **77** (2018) 619. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-7223-3>
14. Asere T.G., Verbeken K., Tessema D.A., Fufa F., Stevens C.V., Du Laing G. - Adsorption of As(III) versus As(V) from Aqueous Solutions by Cerium-Loaded Volcanic Rocks.. Environmental Science and Pollution Research **24** (2017) 20446–20458. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9692-z>
15. <https://hanimexchem.com/da-nham-thach-la-gi-dung-de-lam-gi/>
16. Aregu M.B., Asfaw S.L., Khan M.M. - Identification of Two LowCost and Locally Available Filter Media (Pumice and Scoria) for Removal of Hazardous Pollutants from Tannery Wastewater. Environmental Systems Research **7**, 10 (2018). <https://doi.org/10.1186/s40068-018-0112-2>
17. J.M.Morgan-Sagastume, A.Noyola - Evaluation of an aerobic submerged filter packed with volcanic scoria., Bioresource technology **99** (2008) 2528-2536. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.068>

18. APHA, AWWA and WPCF, Standard methods for the examination of water and waste water, 20th Edition, American Public Health Association, 2012.
19. Nguyễn Văn Phước - Giáo trình xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học, NXB Đại học Quốc gia TP.HCM, 2012, tr.164-166.
20. Masic A., Bengtsson J., Christensson M. - Measuring and modeling the oxygen profile in a nitrifying Moving Bed Biofilm Reactors, *Mathematical Biosciences* **227** (2010) 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2010.05.004>
21. Bộ Tài nguyên và Môi trường - QCVN 62-MT:2016/BTNMT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi, Hà Nội, 2016, tr.4-5.
22. Lê Bảo Lộc, Trần Thị Nguyệt Sang - Đánh giá hiệu quả xử lý nitơ trong xử lý nước thải chăn nuôi bằng công nghệ lọc hiếu khí nhiều bậc, Báo cáo nghiên cứu khoa học sinh viên, Đại học Lạc Hồng, 2015, tr.67-68
23. Phạm Ngọc Hòa - Đánh giá hiệu quả xử lý của mô hình zeoreactor trong xử lý nước thải chăn nuôi, Tạp chí Khoa học Công nghệ và Thực phẩm 22 (1) (2022) 74-86.
24. Lê Đức Trí, Nguyễn Thị Thanh Mai - Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi sử dụng công nghệ MBBR với giá thể là vỏ chai nhựa, Báo cáo nghiên cứu khoa học sinh viên, Đại học Lạc Hồng, 2015, tr.23-24.

ABSTRACT

EVALUATION OF TREATMENT EFFICIENCY OF AN AEROBIC BIOGRAPHIC FILTERS MODEL USING RED SCORIA STONE AS A CARRIER IN LIVESTOCK WATER TREATMENT

Pham Ngoc Hoa*, Dang Ho Phuong Thao, Nguyen Thu Hien

Ho Chi Minh City University of Industry and Trade

*Email: hoapn@huit.edu.vn

Currently, researching on finding and applying new types of media (carriers) to improve and stabilize the aerobic biological treatment systems of wastewater rich in biodegradable organics and nutrients such as nitrogen, phosphorus in the general wastewater treatment plants and livestock wastewater treatment plants in particular have been increasingly interested. Red Scoria Stone (RSS) is known as a volcanic rock with low weight, high porosity and large specific surface area, so it has the potential to be used as a carrier for attached growth of microorganism in the biological wastewater treatment technology. Therefore, in this study, the red lava rock was used as an attached medium in aerobic biological filtration technology to treat livestock wastewater. Results show that, when using the RSS mediums with size from 1-2 cm with 30% of the media volume in the aerobic biofilter reactor operating continuously at organic loading of 1.0 kgCOD/m³.day, the treatment efficiencies of COD reached 92.16±2%, N-NH₄⁺ of 89.49±1%, TN of 89.35±1% and P-PO₄³⁻ of 86.37±1%. A comparative study between using a biological filter tank with the RSS mediums and an aerotank with suspended growth of microorganisms when was operated under the same conditions at an organic loading of 1.0 kg COD/m³.day has shown that the biological filter tank with RSS media gave a higher and more stable pollutants treatment efficiency compared with the aerotank model. Specifically, the COD removal efficiency in the biological filter reactor using RSS media was higher than that of aertank by 12%-14%, N-NH₄⁺, TN by 13%-15% and P-PO₄³⁻ by 15%-17%. The findings obtained from this study have indicated that the applying RSS media in aerobic biological filtration technology has significantly contributed to effectively improve the high biodegradable organics and nutrients concentrations containing-wastewater treatment performance, especially in effectively treating wastewater rich in nitrogen and phosphorus which are very difficult to remove from wastewater.

Keywords: Red scoria stone, biological filter, biological substrates, livestock water.