

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ CỦA MÔ HÌNH ZEOREACTOR TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHĂN NUÔI

Phạm Ngọc Hòa

Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP.HCM

Email: pnh8110@gmail.com

Ngày nhận bài: 27/8/2021; Ngày chấp nhận đăng: 29/11/2021

TÓM TẮT

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 kéo theo nhiều vấn đề về môi trường. Việc xử lý nước thải từ quá trình chăn nuôi ngày càng được quan tâm. Do đó, nghiên cứu này nhằm đánh giá hiệu quả xử lý của mô hình hiếu khí zeoreactor trong xử lý nước thải chăn nuôi. Kết quả nghiên cứu cho thấy với nồng độ COD, N-NH₃ đầu vào lần lượt là 320 ± 6 mg/L; 65 ± 2 mg/L thì lượng zeolite bổ sung trong mô hình đạt giá trị thích hợp là 1,5 g/L. Với giá trị này, hiệu suất của quá trình xử lý ứng với tải trọng 1,0 kgCOD/m³.ngày đạt giá trị cao nhất so với 2 tải trọng 0,8 và 1,2 kgCOD/m³.ngày. Cụ thể, ứng với tải trọng 1,0 kgCOD/m³.ngày thì hiệu suất COD, N-NH₃, P-PO₄³⁻ đạt giá trị lần lượt là 87 ± 2; 73,8 ± 2, 70,2 ± 1%. Ngoài ra, hiệu quả xử lý COD, N-NH₃, P-PO₄³⁻ này cao hơn so với mô hình aerotank truyền thống với hiệu quả xử lý tương ứng đạt 72 ± 2; 63 ± 2; 53 ± 1%. Với kết quả này sẽ góp phần vào các giải pháp xử lý nitơ, một trong những vấn đề cần lưu ý trong quá trình xử lý nước thải chăn nuôi hiện nay.

Từ khóa: Nước thải chăn nuôi, xử lý nitơ, zeolite, zeoreactor.

1. MỞ ĐẦU

Nước thải từ hoạt động chăn nuôi heo có nguồn gốc từ việc tắm rửa gia súc, vệ sinh chuồng trại, máng ăn uống, v.v. và nước thải do vật nuôi bài tiết [1]. Thành phần nước thải có chứa các chất rắn lơ lửng, chất hữu cơ, nito, photpho và các thành phần khác, đặc biệt là vi sinh vật gây bệnh. Thành phần hóa học của nước thải này thay đổi một cách nhanh chóng trong quá trình dự trữ. Trong quá trình đó, một lượng lớn các chất khí được tạo ra bởi hoạt động của các vi sinh vật như là SO₂, NH₃, CO₂, H₂S, CH₄, v.v. và các vi sinh vật có hại như *Enterbacteriaceae*, *Ecoli*, *Shigella*... có thể làm nhiễm độc không khí và nguồn nước ngầm [2].

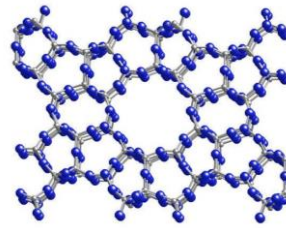
Với công nghệ xử lý nước thải truyền thống khó xử lý được thành phần dinh dưỡng (N, P) sau đó nước thải được thải bỏ trực tiếp ra sông, hồ, ao,... gây ô nhiễm mùi hôi tại các hộ chăn nuôi cũng như gây ô nhiễm các nguồn nước mặt, nước ngầm trong khu vực.

Zeolite là tên chung chỉ một họ vật liệu khoáng vô cơ có cùng thành phần là aluminosilicat (Hình 1). Nó có mạng lưới anion cứng chắc với các lỗ xốp và các kênh mao quản chạy khắp mạng lưới, giao nhau ở các khoang trống. Các khoang trống chứa các ion kim loại có thể trao đổi được (Na⁺, K⁺) với các phân tử bên ngoài xâm nhập vào. Các khoang trống này có kích thước khoảng 0,2– 2 nm nên zeolite được xếp vào loại vật liệu vi mao quản. Công thức hoá học của zeolite là: M_{x/n}[(AlO₂)_x(SiO₂)_y].zH₂O [3], trong đó: M là kim loại hoá trị n, y/x là tỷ số nguyên tử Si/Al - tỷ số này thay đổi tùy theo loại zeolite, z là số phân tử H₂O kết tinh có trong zeolite.

Trong thiên nhiên có khoảng 40 loại zeolite được phát hiện. Song các ứng dụng quan trọng trong hấp phụ, tách lọc, xúc tác, v.v. chủ yếu nhờ vào các zeolite tổng hợp nhân tạo. Cho đến nay, zeolite tổng hợp có trên 200 loại, độ tinh khiết cao, thành phần đồng nhất nên rất phù hợp trong nghiên cứu và ứng dụng công nghiệp.



(a) Vật liệu zeolite thực tế



(b) Cấu trúc phân tử zeolite

Hình 1. Vật liệu zeolite

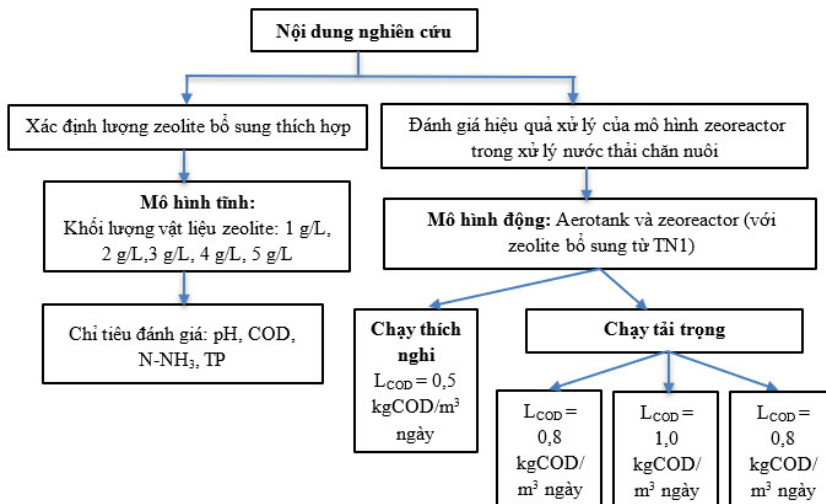
Trong khái niệm zeoreactor, zeolites được dùng như chất mang sinh học và tác nhân lắng, làm tăng nồng độ sinh khối so với bùn hoạt tính thông thường. Qua đó, hệ thống sẽ nâng cao hiệu quả xử lý, cải thiện chất lượng dòng nước ra đặc biệt là các thành phần dinh dưỡng trong nước thải [3].

Hiện nay, các nghiên cứu ứng dụng zeolite làm chất mang trong xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học còn chưa phổ biến, đa phần zeolite được nghiên cứu với vai trò là chất hấp phụ trong xử lý khí và nước [4-6]. Đối với việc ứng dụng zeolite làm chất mang trong xử lý sinh học chưa được nghiên cứu nhiều, chủ yếu là ứng dụng trong quá trình kỵ khí để xử lý amonia trong nước rỉ rác [3, 7]. Do đó, việc nghiên cứu ứng dụng zeolite trong quá trình sinh học hiếu khí là một giải pháp còn khá mới góp phần vào các giải pháp xử lý nitơ hiện nay đối với nước thải chăn nuôi.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

Nghiên cứu này tiến hành 2 nội dung chính để đánh giá hiệu quả xử lý của mô hình zeoreactor được thể hiện ở Hình 2:



Hình 2. Nội dung nghiên cứu

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Vật liệu nghiên cứu

Nước thải: được lấy sau bể kỵ khí của HTXL nước thải từ trại heo tại ấp Lào Táo Thượng, xã Trung Lập Hạ, huyện Củ Chi với thành phần tính chất được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần tính chất nước thải chăn nuôi

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị	QCVN 62:2016/BTNMT [8]	
				A	B
1	pH	-	6 – 8	6 – 9	5,5 - 9
2	BOD ₅	mg/L	200 ± 10	40	100
3	COD	mg/L	320 ± 50	100	300
4	N-NH ₃	mg/L	65 ± 2	-	-
5	Tổng N	mg/L	74 ± 2	50	150
6	Tổng photpho	mg/L	10 ± 0,5	-	-
7	TSS	mg/L	150 ± 10	50	150

Bùn hoạt tính: Bùn 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 tiến hành chạy thích nghi với mẫu nước thải chăn nuôi heo.

Zeolite: Zeolite được sử dụng trong TN có thành phần là: $1\text{NaO}:1\text{Al}_2\text{O}_3:2,8\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, kích thước hạt 1-2 mm, độ bền cơ học 3,5 - 4,5 kg, độ hấp phụ nước 28% (Hình 3).

Nguồn gốc: Zeolite được mua tại Công ty cổ phần xuất nhập khẩu hóa chất Đại Việt.

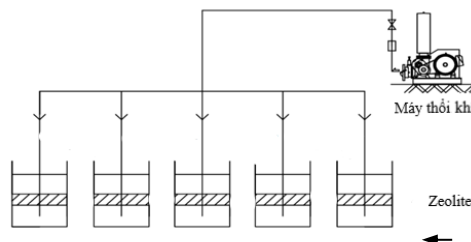
Xuất xứ: Indonesia



Hình 3. Vật liệu zeolite sử dụng trong nghiên cứu

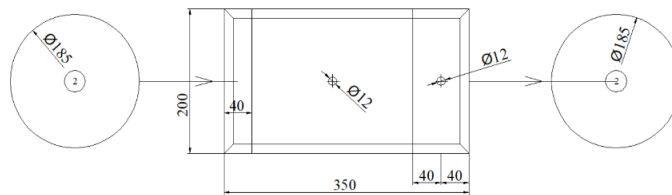
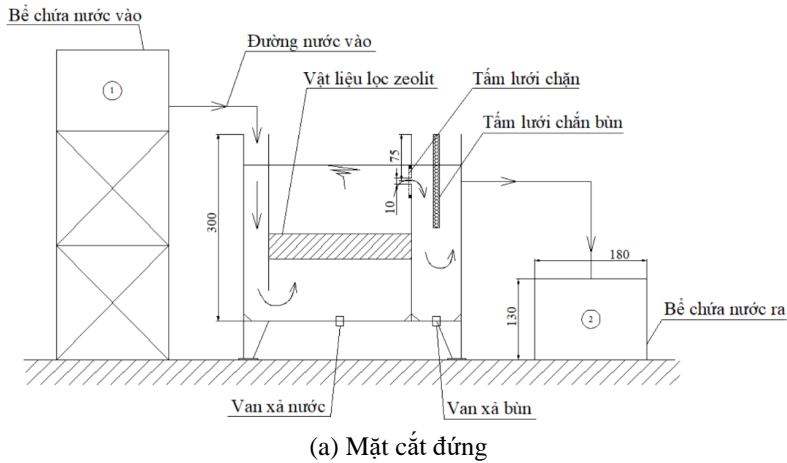
2.2.2. Mô hình nghiên cứu

Mô hình tĩnh: Gồm 5 bình nhựa 3L, được cấp khí và bổ sung vật liệu cho quá trình thí nghiệm (Hình 4).



Hình 4. Mô hình tĩnh

Mô hình động: Gồm 3 bể: bể chứa nước vào, bể sinh học và bể chứa nước ra (Hình 5). Thông số kỹ thuật của bể sinh học ($L \times B \times H = 350 \times 200 \times 300$ mm) gồm 3 ngăn: ngăn nước vào, ngăn phản ứng và ngăn nước ra được thể hiện ở Bảng 2 và 3.



(b) Mặt bằng
Hình 5. Mô hình động

Mô hình động sử dụng zeolite làm chất mang đối với VSV qua đó hình thành lớp màng sinh học, là tập thể các vi sinh vật hiếu khí, kỵ khí và thiếu khí. Chất hữu cơ nhiễm bẩn trong nước thải sẽ oxy hóa bởi quần thể vi sinh vật ở màng sinh học, ngoài ra một phần chất hữu cơ và chất dinh dưỡng bị hấp phụ bởi vật liệu zeolite [9]. Các quá trình nitrat hoá và khử nitrat được thực hiện bằng quá trình sinh trưởng bám dính trong đó vi sinh vật được cố định trên zeolite. Do đó, nồng độ chất hữu cơ và thành phần dinh dưỡng trong nước thải được xử lý giảm nồng độ sau khi qua mô hình zeoreactor.

Ngoài ra, để giảm khả năng nghẹt HTXL nước thải khi bổ sung zeolite ta nên có phương án lắp lưới chặn đầu ra ngăn phản ứng. Qua đó, cũng hạn chế hàm lượng zeolite bị mất dần qua thời gian. Lượng sinh khối thu được ở ngăn lắng một phần được tuần hoàn về ngăn phản ứng.

2.2.3. Vận hành mô hình

Xác định lượng zeolite bổ sung thích hợp: Thí nghiệm được tiến hành trên mô hình tĩnh (5 bình 3L). Trong đó có chứa lượng zeolite lần lượt là 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 và 2,5 g/L (dựa trên nghiên cứu [3] và thực hiện một số khảo sát thăm dò) với lượng nước thải và bùn hoạt tính (2500 mg/L) được thể hiện trong Bảng 2. Mô hình được chạy thích nghi trong 2 ngày (lượng nước thải được lấy ra và cấp bổ sung vào theo chu kỳ 6h (như chu kỳ vận hành của bể SBR) đến khi hệ thống ổn định; lượng khí cấp duy trì nồng độ DO = 2-4 mg/L. Sau quá trình thích nghi, tiến hành khảo sát các chỉ tiêu COD, N-NH₃ và P-PO₄³⁻ tại các thời điểm 0, 1, 2, 3, 4h.

Bảng 2. Thông số vận hành mô hình tĩnh

STT	Thông số	Đơn vị	Lượng zeolite bổ sung (g/L)				
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
1	pH	-	6,5 – 7,0				
2	COD	mg/L	320 ± 50				
4	MLSS ban đầu	mg/L	2500 mg/L				
5	DO	mg/L	Duy trì DO trong khoảng 2 mg/L - 4 mg/L				
6	N-NH ₃	mg/L	63 ± 2				
7	P-PO ₄ ³⁻	mg/L	12 ± 0,5				

Đánh giá hiệu quả xử lý của mô hình zeoreactor: Tiến hành chạy song song 2 mô hình aerotank và mô hình zeoreactor trên mô hình động qua 2 giai đoạn:

- Giai đoạn thích nghi 0,5 kg COD/m³.ngày.
- Giai đoạn chạy tải trọng với 3 tải trọng khác nhau: 0,8; 1,0; 1,2 kg COD/m³.ngày (các tải trọng được lựa chọn khảo sát dựa trên tài liệu và một số nghiên cứu [10-13] về mô hình lọc sinh học).

Tương ứng với thông số vận hành được thể hiện ở Bảng 3.

Bảng 3. Thông số vận hành mô hình động

STT	Thông số	Đơn vị	Giai đoạn thích nghi	Giai đoạn chạy tải trọng		
				0,8	1,0	1,2
1	L _{org}	kgCOD/m ³ .ngày	0,5	0,8	1,0	1,2
2	Lưu lượng	L/ngày	24,6	39,3	49,2	59,1
3	HRT	h	15,3	9,6	7,7	6,4
4	pH	-	6,5 – 7,0			
5	COD	mg/L	320 ± 50			
6	N-NH ₃	mg/L	63 ± 2			
7	TN	mg/L	74 ± 2			
8	P-PO ₄ ³⁻	mg/L	12 ± 0,5			
9	MLSS ban đầu	mg/L	2500 - 3000 mg/L			
10	Thời gian chạy	ngày	7-10	7-10 (đến khi ổn định)		

Chỉ tiêu phân tích và thời gian lấy mẫu:

- Vị trí lấy mẫu: lấy mẫu ở đầu vào (1) và đầu ra (2)
- Thông số phân tích: pH, COD, N - NH₃, TN, P - PO₄³⁻
- Tần suất phân tích: 2 lần/ngày (9h sáng, 15h chiều).

Phương pháp phân tích: Các chỉ tiêu được phân tích dựa theo tài liệu Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater [14].

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

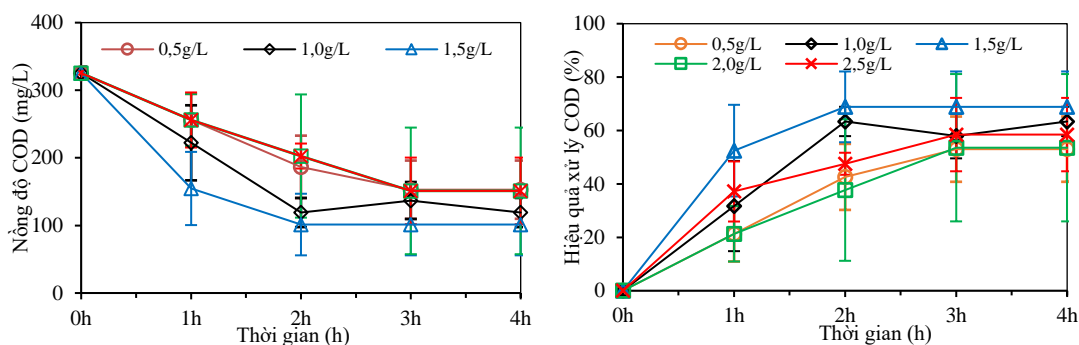
3.1. Xác định lượng zeolite bổ sung thích hợp

Thí nghiệm được tiến hành trên mô hình tĩnh, trong đó có chứa lượng vật liệu xác định là 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 và 2,5 g/L. Kết quả nghiên cứu cho thấy:

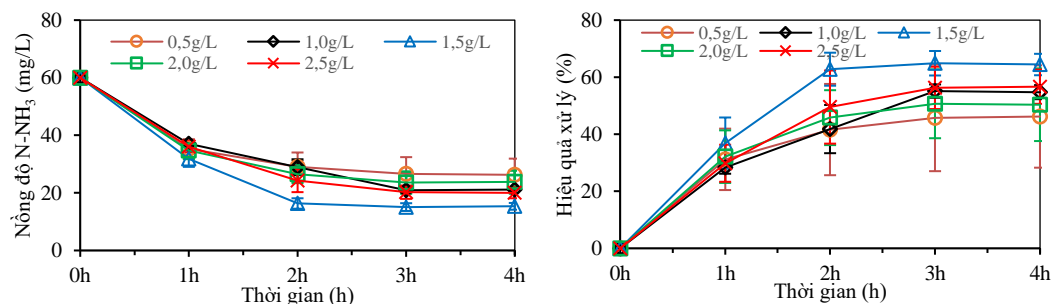
3.1.1. Chỉ tiêu COD

Nồng độ COD giảm dần từ 0-2h khi vận hành mô hình với các khối lượng vật liệu khác nhau, sau đó ổn định dần ở thời điểm 3-4h (Hình 6).

Qua thí nghiệm cho thấy với liều lượng zeolite bổ sung là 1,5 g/L đạt hiệu quả xử lý cao và tương đối ổn định so với các liều lượng còn lại. Ở thời điểm 2 - 4h, nồng độ trung bình COD đầu ra đạt 101,1 mg/L, đồng thời khả năng xử lý COD từ việc bổ sung zeolite phù hợp cho vi sinh bám dính làm tăng sinh khối với hiệu quả xử lý trung bình đạt 68,9% (Hình 6).



Hình 6. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý COD khi thay đổi liều lượng zeolite bổ sung



Hình 7. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý N-NH₃ khi thay đổi liều lượng zeolite bổ sung

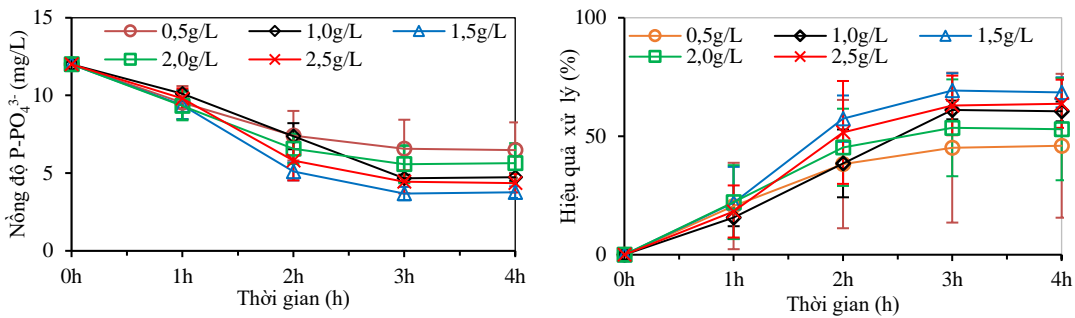
3.1.2. Chỉ tiêu N-NH₃

Hàm lượng N-NH₃ trong nước thải giảm mạnh trong giai đoạn từ 0h đến 2h đối với các liều lượng bổ sung. Tuy nhiên, từ thời điểm 2-4h, theo kết quả thực nghiệm cho thấy bình chứa 1,5 g zeolite bổ sung đạt hiệu quả xử lý cao hơn những bình chứa khác với nồng độ và hiệu quả xử lý trung bình lần lượt đạt 15,3 mg/L; 64,4% (Hình 7).

Với lượng zeolite bổ sung thích hợp giúp cho vi sinh bám dính tốt tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình chuyển hóa nitơ trong nước thải, ngoài ra 1 phần N-NH₃ được giảm nhờ vào cơ chế hấp phụ vào zeolite, qua đó làm tăng hiệu quả xử lý của quá trình.

3.1.3. Chỉ tiêu P-PO₄³⁻

Cũng như COD và N-NH₃, trong giai đoạn đầu, nồng độ P-PO₄³⁻ của các bình giảm nhanh trong 2h đầu, sau đó giảm không đáng kể và ổn định dần (Hình 8).



Hình 8. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý P-PO₄³⁻ khi thay đổi liều lượng zeolite bổ sung

Với lượng zeolite bổ sung là 1,5 g/L cũng cho hiệu quả xử lý cao hơn so với các liều lượng bổ sung còn lại. Cụ thể, với nồng độ ban đầu là $12 \pm 0,5$ mg/L, sau 3 giờ xử lý với lượng 1,5 g/L thì nồng độ trung bình đạt 3,7 mg/L tương ứng với hiệu quả xử lý trung bình 69,1%. Với các liều lượng bổ sung còn lại 0,5; 1,0; 2,0 và 2,5 g/L cho hiệu quả xử lý tương ứng 45,9; 60,4; 53,5 và 63,1% thấp hơn so với bình bổ sung 1,5 g/L (Hình 7).

Với kết quả thực nghiệm khi tiến hành trên mô hình tĩnh với liều lượng zeolite bổ sung thay đổi cho thấy với liều lượng zeolite bổ sung là 1,5 g/L tạo diện tích bề mặt phù hợp cho vi sinh bám dính và hấp phụ chất hữu cơ và dinh dưỡng, qua đó làm giảm nồng độ và tăng hiệu quả xử lý của quá trình cao hơn các liều lượng còn lại.

3.2. Đánh giá hiệu quả xử lý của mô hình zeoreactor trong xử lý nước thải chăn nuôi

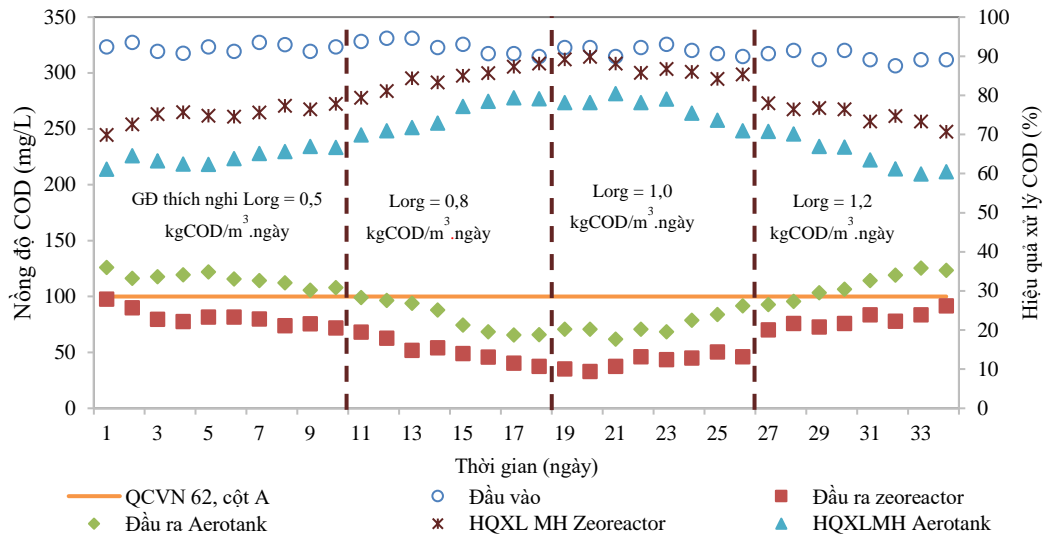
Trong nghiên cứu này, tiến hành 2 giai đoạn: thích nghi và tải trọng. Giai đoạn thích nghi được xác định khi hiệu quả xử lý COD, TN của mô hình ổn định. Kết quả quan sát và phân tích cho thấy, đến ngày 10, hiệu quả xử lý COD, TN của mô hình tương đối ổn định.

3.2.1. Chỉ tiêu COD

Ở giai đoạn thích nghi, thí nghiệm được tiến hành với tải trọng là 0,5 kg COD/m³.ngày, tương ứng với nồng độ COD đầu vào là 320 ± 50 mg/L, thời gian lưu nước là 15,3h. Trong giai đoạn này thì COD của mô hình zeoreactor giảm nhanh hơn so với COD của mô hình aerotank.

Hình 9 cho thấy, ở giai đoạn thích nghi, hiệu quả xử lý COD ở 4 ngày đầu của cả 2 mô hình thấp và có sự dao động nhưng đến cuối giai đoạn thì hiệu quả xử lý tăng lên và ổn định dần, nguyên nhân là do ban đầu vi sinh chưa thích nghi được với môi trường và nước thải mới. Đến những ngày cuối giai đoạn thì vi sinh thích nghi dần và có sự ổn định làm cho hiệu quả xử lý COD tăng lên. Với mô hình zeoreactor hiệu quả xử lý COD đạt giá trị cao nhất vào ngày thứ 8 (77,31%) và cao hơn so với mô hình aerotank hiệu quả xử lý COD đạt 66,66%, điều này cho thấy vi sinh trong mô hình zeoreactor đã bám trên bề mặt vật liệu tăng khả năng xử lý và hấp phụ một phần các hợp chất hữu cơ hòa tan.

Ở giai đoạn chạy tải trọng, thí nghiệm được tiến hành với 3 tải trọng khác nhau là 0,8; 1,0 và 1,2 kg COD/m³.ngày. Kết quả cho thấy giá trị COD đầu ra của MH zeoreactor rất thấp so với đầu vào. Cụ thể, nồng độ đầu ra của MH trung bình đạt lần lượt qua các tải là 51,08; 42 và 78,74 mg/L so với nồng độ đầu vào là 320 ± 50 mg/L. Ngoài ra, hiệu quả xử lý của MH zeoreactor cũng tốt hơn so với MH aerotank từ 10 đến 13% khi vận hành với cùng tải trọng.



Hình 9. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý COD trong mô hình zeoreactor và aerotank.

Có thể thấy khi thay đổi tải trọng hữu cơ từ $L_{org} = 0,8 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$ đến $OLR = 1,0 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$ thì hiệu quả xử lý COD tăng dần. Tuy nhiên, khi qua tải trọng hữu cơ $L_{org} = 1,2 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$ thì hiệu quả xử lý COD có xu hướng giảm dần.

Ở tải $L_{org} = 0,8 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$, sau 10 ngày chạy thích nghi thì hiệu quả xử lý của mô hình khá cao và ổn định, với MH zeoreactor hiệu quả xử lý trung bình đạt $84 \pm 4\%$ và nồng độ COD đầu ra $51 \pm 10 \text{ mg/L}$. Đối với MH Aerotank nồng độ COD đầu ra đạt $81 \pm 10 \text{ mg/L}$, hiệu quả xử lý trung bình cũng tương đối cao đạt $74 \pm 4\%$.

Tại tải $L_{org} = 1,0 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$, hiệu quả xử lý COD của MH zeoreactor tương đối cao và ổn định, nồng độ COD đầu ra và hiệu quả xử lý trung bình đạt $42 \pm 10 \text{ mg/L}$; $87 \pm 2\%$ giá trị cao hơn so với 2 tải trọng còn lại. Đối với MH aerotank hiệu quả xử lý những ngày đầu tải tương đối ổn định đạt 78%, tuy nhiên đến ngày 23 hiệu quả giảm dần còn 70% cho thấy khả năng xử lý của vi sinh trong mô hình có dấu hiệu bị giới hạn khả năng xử lý. Với hiệu quả xử lý của MH zeoreactor cho thấy giá trị cũng không thấp hơn đối với một số nghiên cứu về lọc sinh học MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) với giá thể K3 cho hiệu quả không quá khác biệt đạt 84-89% [11], và 84,9-87,47% đối với nghiên cứu sử dụng mô hình lọc giá thể xơ dừa [10].

Ở tải $L_{org} = 1,2 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$ ta thấy hiệu quả xử lý của mô hình thấp hơn so với các tải còn lại. Trong thời gian đầu của tải 4, do thay đổi tải trọng hữu cơ lớn nên các vi sinh vật cần có thời gian thích nghi đạt 76,3% đối với MH zeoreactor và 66% đối với MH aerotank. Từ ngày thứ 31, hiệu quả xử lý của mô hình ở giai đoạn này thấp, đối với MH Aerotank thấp nhất đạt 59,8% vào ngày 33 và mô hình sử dụng giá thể dừa thấp nhất đạt 70,6% vào ngày 34 của quá trình thí nghiệm.

Điều này chủ yếu là do ở tải trọng cao gây sốc tải ức chế hoạt động của vi sinh vật do đó hiệu quả xử lý giảm. Chất hữu cơ nhiều, thời gian lưu thấp (6,4h) sẽ làm tăng áp suất thẩm thấu, vi sinh vật rất khó hấp thu và như vậy làm giảm khả năng tăng trưởng của chúng. Chất hữu cơ nhiều làm giảm khả năng hòa tan của oxy trong nước. Do đó, hàm lượng chất hữu cơ nhiều là một nhân tố giới hạn sự phát triển của vi sinh vật (VSV) dẫn đến nồng độ COD đầu ra ở tải trọng này còn cao so với tải $1,0 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$.

Đối với giá trị nồng độ COD của 2 mô hình sau xử lý ở tải 1,0 và $1,2 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$ đều thấp hơn so với QCVN 62:2016/BTNMT, cột A.

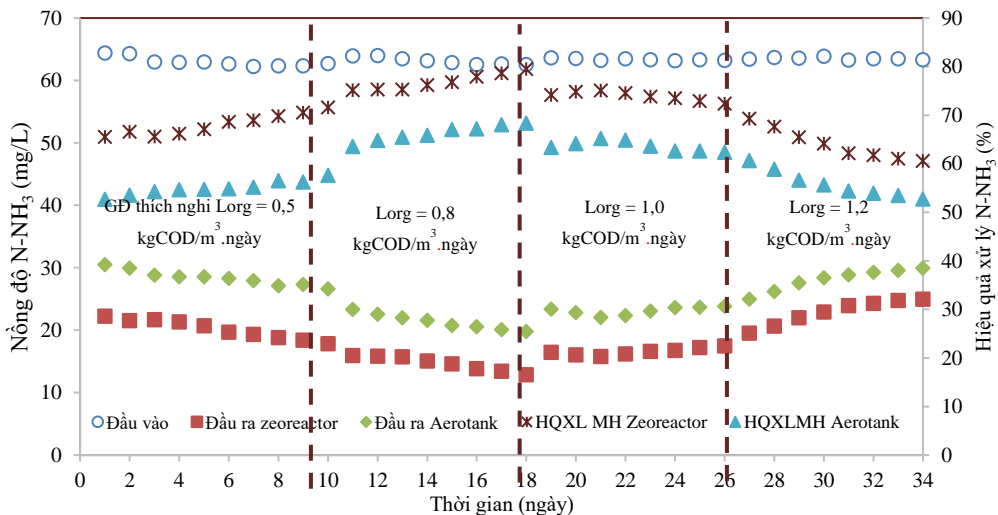
3.2.2. Chỉ tiêu $N-NH_3$, TN

Hình 10 cho thấy, ở giai đoạn thích nghi giá trị $N-NH_3$ đầu vào của 2 mô hình dao động trong khoảng 63 ± 2 mg/L. Hiệu quả xử lý trong 5 ngày đầu của cả 2 mô hình khá thấp và có sự dao động do ban đầu vi sinh chưa thích nghi được với môi trường và nước thải mới, nhưng từ ngày thứ 5 đến ngày thứ 10 thì hiệu quả xử lý của mô hình tăng lên và ổn định dần. Đối với MH zeoreactor, hiệu quả xử lý tăng từ 65% đến 71%.

Tại tải trọng $0,8$ kgCOD/m³.ngày, MH zeoreactor có giá trị đầu vào dao động khoảng 63 ± 2 mg/L và hiệu quả xử lý trung bình bằng $76,8 \pm 1\%$. Tải trọng $1,0$ kgCOD/m³.ngày, tải trọng $1,2$ kgCOD/m³.ngày có hiệu quả xử lý cao nhất đạt lần lượt là 75,4% ở ngày thứ 21, 69,7% ở ngày ở ngày 27.

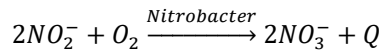
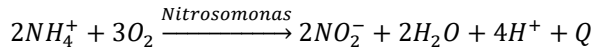
Đối với MH aerotank, tại tải trọng $0,8$ kgCOD/m³.ngày với giá trị nồng độ đầu vào dao động 63 ± 2 mg/L, hiệu quả trung bình đạt 66,2%. Tải trọng $1,0$ và $1,2$ kgCOD/m³.ngày có hiệu quả xử lý cao nhất đạt lần lượt là 65,1% ở ngày thứ 21 và 60,2% ở ngày 27 với giá trị nồng độ đạt 22,1 và 24,9 mg/L.

So với MH aerotank thì MH zeoreactor có hiệu suất xử lý $N-NH_3$ cao hơn khoảng 10-12% do MH zeoreactor sử dụng vật liệu Zeolite như chất mang cho vi sinh vật làm tăng nồng độ sinh khối đồng thời đóng vai trò làm vật liệu hấp phụ các chất dinh dưỡng. Có thể thấy hiệu quả xử lý cao nhất ở tải trọng $1,0$ kgCOD/m³.ngày do nồng độ cũng như thành phần nước thải thích hợp cho quá trình tăng trưởng và phát triển của vi sinh trên nền vật liệu zeolite. Kết quả này cho thấy đối xử lý nước thải chăn nuôi thì hiệu quả xử lý amoni của MH zeoreactor tương đối cao và cao hơn so với một số nghiên cứu về quá trình lọc sinh học như mô hình MBBR với giá thể K3 (hiệu quả đạt 71 -73%) [11], mô hình lọc với giá thể xơ dừa (hiệu quả đạt 69-72%) [16] từ 2-4%.

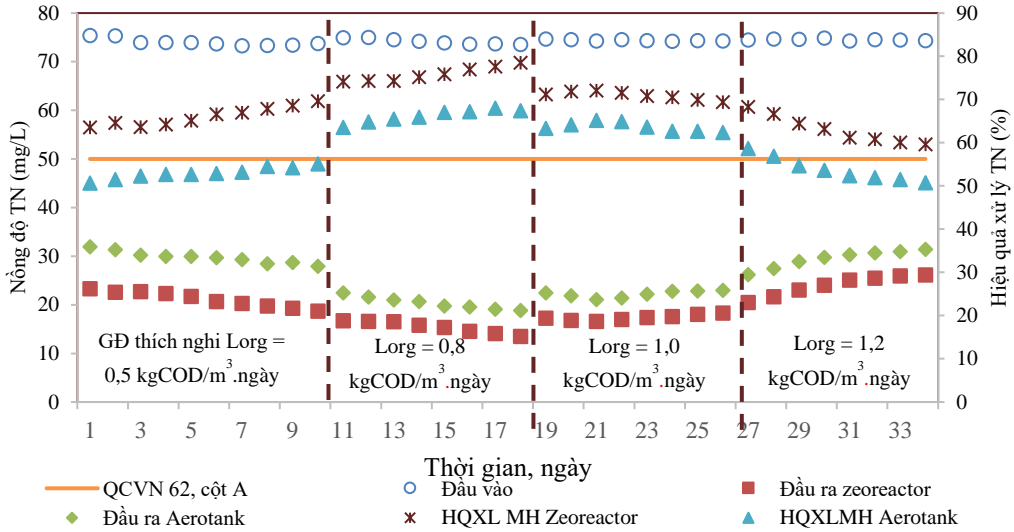


Hình 10. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý $N-NH_3$ trong mô hình zeoreactor và aerotank

Đến giai đoạn $L_{org} = 1,2$ kgCOD/m³.ngày lượng bùn sinh ra giảm, lưu lượng đầu vào quá lớn và thời gian lưu nước quá ngắn vì thế khả năng xử lý $N-NH_3$ không còn đạt hiệu quả như ở giai đoạn $L_{org} = 1,0$ kgCOD/m³.ngày trung bình đạt 63,4% đối với MH zeoreactor và 55,7% đối với MH aerotank (Hình 10). Khả năng xử lý amoni còn phụ thuộc vào mật độ của vi sinh trên vật liệu. 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 $N-NH_3$ được tổng hợp trong các mô tế bào được gây ra bởi toàn bộ quá trình oxy hóa và phản ứng tổng hợp [9, 15]. Quá trình Nitrate hóa diễn ra theo 2 bước liên quan đến 2 chủng loại vi sinh vật *Nitrosomonas* và *Nitrobacter* được thể hiện qua 2 quá trình sau:



Do đó, khi tăng tải trọng hữu cơ đã làm cho khả năng hòa tan của oxy trong nước giảm đồng thời cũng làm cho khả năng sinh trưởng của VSV cũng giảm theo. Qua đó, hàm lượng chuyển hóa amoni ở tải trọng 1,2 kgCOD/m³.ngày giảm so với tải trọng 1,0 kgCOD/m³.ngày.



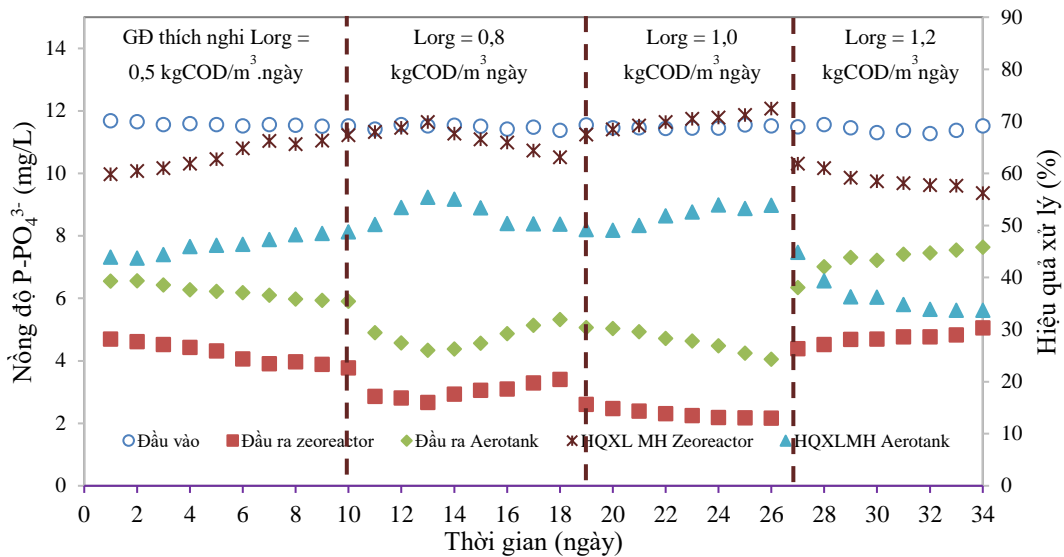
Hình 11. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý TN trong mô hình zeoreactor và aerotank

Tương tự như N-NH₃, hiệu quả xử lý TN của MH zeoreactor cho hiệu quả xử lý cao hơn MH aerotank từ 9-11%, đạt hiệu quả xử lý cao nhất ở tải trọng 0,8 kgCOD/m³.ngày đối với cả 2 mô hình. Ở tải này hiệu quả xử lý trung bình đạt 75,8 ± 2% (MH zeoreactor); 65,1 ± 2% (MH aerotank) Giá trị nồng độ đều thấp hơn yêu cầu QCVN 62:2016/BTNMT, cột A cho phép xả thải (Hình 11).

3.2.3. Chỉ tiêu P-PO₄³⁻

Tương tự như quá trình xử lý N-NH₃, đến ngày thứ 6 thì hiệu quả xử lý P-PO₄³⁻ tương đối ổn định đạt 65,1%. Hiệu quả xử lý trung bình của MH zeoreactor cao nhất ở tải trọng 1,0 kgCOD/m³.ngày là 71,2% (ngày 25) và 55,1% (ngày 14) đối với MH aerotank ở tải trọng 0,8 kgCOD/m³.ngày (Hình 12).

MH zeoreactor cho hiệu quả xử lý cao hơn MH aerotank từ 12-15%. Quá trình loại bỏ P-PO₄³⁻ của mô hình zeoreactor trội hơn mô hình aerotank là do ngoài khả năng đồng hóa vào tế bào vi sinh trong quá trình sinh trưởng phát triển còn có khả năng hấp thu bởi các vi sinh tích lũy photphat (PAOs) ở lớp phủ sinh học trong các vùng kỵ khí bên trong và hiếu khí bên ngoài [17].



Hình 12. Biến thiên nồng độ và hiệu quả xử lý $P-PO_4^{3-}$ trong mô hình zeoreactor và aerotank

Ngoài ra, đối với MH aerotank hiệu quả xử lý bắt đầu giảm khi qua tải trọng $0,8 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$ trong khi MH zeoreactor là sau tải $1,0 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$. Cũng như ảnh hưởng của tải trọng hữu cơ đối với hiệu quả xử lý của COD và $N-NH_3$ thì hiệu quả xử lý của $P-PO_4^{3-}$ cũng chịu ảnh hưởng của nhân tố này. So với các quá trình sinh học MBBR (giá thể K3) với cùng loại nước thải [11] là 74-78% cho thấy hiệu quả xử lý $P-PO_4^{3-}$ trên MH zeoreactor cho kết quả thấp hơn từ 3-5%.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy với việc sử dụng zeolite bổ sung vào mô hình sinh học hiếu khí trong xử lý nước thải chăn nuôi cho hiệu quả xử lý tương đối cao và ổn định. Hầu hết các chỉ tiêu COD, $N-NH_3$, $P-PO_4^{3-}$ sau xử lý đạt QCVN 62:2016/BTNMT, cột A. Cụ thể:

Với lượng zeolite bổ sung thích hợp cho quá trình là $1,5 \text{ g/L}$ nước thải, tại tải trọng $1,0 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$ MH zeoreactor cho hiệu quả xử lý trung bình COD, $N-NH_3$, $P-PO_4^{3-}$ lần lượt là $87 \pm 2\%$; $73,8 \pm 1\%$; $70,2 \pm 1\%$ cao hơn MH aerotank từ 10-12% (COD và $N-NH_3$); 12-15% ($P-PO_4^{3-}$). Đối với tải trọng $1,2 \text{ kgCOD/m}^3.\text{ngày}$ hiệu quả xử lý của 2 mô hình đều giảm đáng kể do thời gian lưu thấp, tải trọng cao.

Việc sử dụng công nghệ zeoreactor cho thấy nhiều điểm tích cực so với công nghệ sinh học truyền thống như tạo môi trường thuận lợi cho vi sinh bám dính, tăng. Qua đó, hệ thống sẽ nâng cao hiệu quả xử lý, cải thiện chất lượng dòng nước ra đặc biệt là các thành phần dinh dưỡng trong nước thải, góp phần giải pháp xử lý nitơ cho nước thải chăn nuôi hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Như Nam - Nghiên cứu công nghệ xử lý phân và nước thải cho các trại chăn nuôi heo ở các tỉnh phía Nam, Luận văn Thạc sĩ, Trường ĐH Bách Khoa TP.HCM (2001) 15-16.
2. Đỗ Hồng Lan Chi, Trần Thị Mỹ Phượng, Mai Thị Mỹ Hạnh, Lâm Minh Triết - Nghiên cứu xử lý nước thải xí nghiệp chăn nuôi heo Đồng Hiệp, Sở Khoa học Công nghệ TP.HCM (1997) 20-21.

3. Phùng Thị Hà Lan - Nghiên cứu xử lý nước rác bằng công nghệ zeoreactor, Trường ĐH Bách Khoa TP.HCM (2006) 46-51.
4. Dương Thị Hậu, Lục Tiến Thuận, Trần Thị Ái Linh - Nghiên cứu xử lý một số thành phần chất ô nhiễm có trong nước thải chăn nuôi quy mô vừa và nhỏ bằng vật liệu hấp phụ Zeolite X.P1 kết hợp với nhôm oxit, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Thái Nguyên **204** (11) (2019) 85-90.
5. Nguyễn Xuân Hải, Nguyễn Ngọc Minh, Kireycheva L.V., Phạm Anh Hùng, Phan Đông Pha, Vũ Thị Hồng Hà, Dương Khánh Vân - Nghiên cứu tổng hợp zeolit từ diatomit làm vật liệu hấp phụ kim loại nặng (Pb và Cd), Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ **27** (2011) 171-178.
6. Phạm Thị Hằng - Nghiên cứu biến tính zeolit bằng dung dịch brom để xử lý Hg(ii) trong môi trường nước, Trường ĐH dân lập Hải Phòng (2012) 5-6.
7. Nguyễn Văn Phước, Nguyễn Thị Thanh Phương - Xử lý nước rác gò cát bằng chế phẩm vi sinh trên giá thể diatomit, Hội nghị khoa học 10 - Công nghệ và quản lý môi trường, ĐH Bách Khoa TP.HCM (2010) 205-217.
8. Bộ Tài nguyên và Môi trường - QCVN 62:2016 - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi, Hà Nội (2016) 4-5.
9. Nguyễn Văn Phước - Giáo trình xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học, NXB Đại học Quốc gia TP.HCM (2012) 164-166.
10. Nguyễn Văn Phước, Nguyễn Thị Thanh Phương - Application of hybrid technology in tapioca wastewater treatment, Hội nghị khoa học 10 - Công nghệ và quản lý môi trường, ĐH Bách Khoa TP.HCM (2010) 196-204.
11. 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, Trường ĐH Lạc Hồng (2015) 23-24.
12. Đàm Thị Niên, Nguyễn Minh Sang - Nghiên cứu ứng dụng công nghệ MBBR sử dụng chai nước nhựa làm giá thể trong xử lý nước thải công nghiệp”, Trường ĐH Lạc Hồng (2013) 20-23.
13. Aygun A., Nas B., Berktaş A. - Influence of high organic loading rates on COD removal and sludge production in moving bed biofilm reactor, Environmental Engineering Science **25** (9) (2008) 1311-1316.
14. APHA, AWWA and WPCF - Standard methods for the examination of water and waste water, 20th Edition, American Public Health Association (2012) 253-258.
15. Masic A., Bengtsson J., Christensson M. - Measuring and modeling the oxygen profile in a nitrifying Moving Bed Biofilm Reactors, Mathematical Biosciences **227** (1) (2010) 1-11.
16. 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, ĐH Lạc Hồng (2015) 67-68.
17. 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 sĩ, Trường ĐH Khoa học Tự nhiên TP.HCM (1998) 40-43.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF TREATMENT EFFICIENCY OF ZEOREACTOR MODEL IN LIVESTOCK WATER TREATMENT

Pham Ngoc Hoa

Ho Chi Minh City University of Food Industry

Email: *pnh8110@gmail.com*

Like other industries, in recent years, Vietnam's livestock industry has made strong development, but many environmental problems arising from these activities. The treatment of wastewater from the livestock process is increasingly concerned. Therefore, this study aims to evaluate the treatment efficiency of the aerobic zeoreactor model in livestock wastewater treatment. Research results showed that the COD concentration and input N-NH₃ were 320 ± 6 mg/L and 65 ± 2 mg/L, respectively; the amount of zeolite added in the model reached an appropriate value of 1,5 g/L. With this value, the efficiency of the treatment process with a load of 1.0 kgCOD/m³.day reached the highest value compared to two loads of 0,8 and 1,2 kgCOD/m³.day. Specifically, with a load of 1.0 kgCOD/m³.day, the COD, N-NH₃, P-PO₄³⁻ efficiency reached 87 ± 2 , $73,8 \pm 2$, $70,2 \pm 1\%$, respectively. In addition, the treatment efficiency of COD, N-NH₃, P-PO₄³⁻ is higher than that of the traditional aeratank model with the corresponding processing efficiency reaching 72 ± 2 ; 63 ± 2 ; $53 \pm 1\%$. The findings will contribute to nitrogen treatment solutions, one of the issues to be noted in the current livestock wastewater treatment process.

Keywords: Livestock wastewater, nitrogen treatment, zeoreactor, zeolite.