

Nghiên cứu ảnh hưởng của Silica+ đối với quá trình hiếu khí dạng SBR trong xử lý nước thải

Thái Tiến Dũng^{1*}, Bùi Hồng Hà¹, Huỳnh Văn Thế²,
Trần Tuấn Việt¹, Trịnh Bảo Sơn³, Nguyễn Thành Trí¹

¹Viện Nhiệt đới môi trường/Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

²Khoa Môi trường & Bảo hộ lao động/Trường Đại học Tôn Đức Thắng;

³Viện Môi trường và Tài nguyên/ĐH Quốc gia TP HCM.

*Email: thaitiendung1980@gmail.com

Nhận bài: 31/10/2022; Hoàn thiện: 18/01/2023; Chấp nhận đăng: 13/3/2023; Xuất bản: 28/4/2023.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.86.2023.56-62>

TÓM TẮT

Silica+ là một chất xúc tác cộng hưởng sinh học có khả năng tăng tốc độ các phản ứng sinh hóa bằng cách kích thích các phân tử nước hoạt động với năng lượng điện từ. Kết quả nghiên cứu đạt được đối với mô hình bể phản ứng theo mẻ (Sequencing batch reactors - SBR) bổ sung Silica+: Hiệu quả xử lý COD đạt 93,8%, Amoni đạt 88,9%, tổng Nitơ đạt 46,9%, tổng P đạt 60,5%, MLSS giảm trung bình 12% mỗi ngày, giá trị trung bình SiO₂ hiện hữu là 16,4 mg/L. Kết quả nghiên cứu đạt được đối với mô hình SBR không bổ sung Silica+: Hiệu quả xử lý COD đạt 91,8%, Amoni đạt 95,6%, tổng Nitơ đạt 53,1%, tổng P đạt 67,2%, MLSS thay đổi không đáng kể, giá trị trung bình SiO₂ hiện hữu là 24,7 mg/L. So sánh kết quả giữa 2 mô hình cho thấy bổ sung Silica+ vào mô hình SBR có hiệu quả xử lý COD tốt hơn 2%, amoni kém hơn 6,7%, tổng Nitơ kém hơn 6,2%, tổng Photpho kém hơn 6,7%, nồng độ MLSS giảm 29%, tất cả các kết quả trên được so sánh với mô hình SBR không bổ sung Silica+.

Từ khoá: SBR; Chất xúc tác sinh học; Quá trình sinh học hiếu khí; Nước thải chăn nuôi.

1. MỞ ĐẦU

Việt Nam là một nước nông nghiệp với khoảng 63,6% dân số sống ở vùng nông thôn [1, 2]. Ngoài ra, đối với các doanh trại quân đội tự cung cấp thực phẩm và triển khai tăng gia sản xuất, những hoạt động chăn nuôi gia súc, gia cầm đóng góp vai trò to lớn trong đảm bảo dinh dưỡng cho bộ đội. Tuy nhiên, vấn đề phát thải ô nhiễm của ngành chăn nuôi cũng đang gia tăng với sự ghi nhận phát thải vào môi trường các chất ô nhiễm SO₂, NH₃, CO₂, H₂S, CH₄, NO³⁻, NO²⁻, indole, scatole, mecaptan, phenole,... và các vi sinh vật có hại như Enterobacteriaceae, E. coli, Salmonella, Shigella, Proteus, Klebsiella,... hay các ký sinh trùng có khả năng lây bệnh cho người. Các yếu tố này có thể làm ô nhiễm khí quyển, nguồn nước, thông qua các quá trình lan truyền độc tố và nguồn gây bệnh hay quá trình sử dụng các sản phẩm chăn nuôi [3]. Năm 2013, nhóm nghiên cứu của Inawati Othman và cộng sự, đã chứng minh rằng bùn dạng hạt hiếu khí có khả năng xử lý nước thải chăn nuôi từ trang trại chăn nuôi gia súc trong lò phản ứng theo mẻ trình tự (SBR) mà không cần sự hiện diện của vật liệu hỗ trợ. Kết quả cho thấy, các hạt hiếu khí đã phát triển từ 0,1 đến 4,1 mm vào cuối giai đoạn thí nghiệm, chỉ số thể tích bùn (SVI) là 4 mg/l trong khi nồng độ sinh khối trong lò phản ứng tăng lên đến 10,3 g/L thể hiện khả năng tách sinh khối tuyệt vời và khả năng lắng tốt của các hạt. Với nồng độ COD trong nước thải chăn nuôi ~1000 mg/L sau quá trình xử lý đạt hiệu quả loại bỏ COD, TN và TP tối đa (lần lượt là 74%, 73% và 70%) trong hệ thống SBR trong thời gian chu kỳ 4 giờ, khẳng định hoạt động của vi sinh vật cao trong hệ thống SBR [4].

Hỗn hợp Silica+ bao gồm các hợp chất: SiO₂>98,3%, Al₂O₃<0,8%, Fe₂O₃<0,07%, CaO<0,05%, K₂O<0,5%, TiO₂<0,10%. Al₂O₃ cung cấp chất nền hình thành các liên kết trong sản phẩm Silica+ làm tăng diện tích bề mặt nâng cao khả năng xúc tác của vật liệu giúp vật liệu hấp thụ, hấp phụ nhiều hơn [5]. TiO₂ là một chất có hoạt tính quang hóa tạo ra quá trình oxy hóa trên

bề mặt để loại bỏ các chất độc hại như các hợp chất hữu cơ hay vi khuẩn,... khi nó được tiếp xúc với ánh sáng mặt trời. TiO_2 có những lợi thế của sự ổn định hóa học cao, không gây độc [6]. Fe_2O_3 là dạng oxit sắt bền nhất, có tính bán dẫn và được xếp vào loại chất bán dẫn loại n, có hiệu suất điện tử tốt, độ ổn định cao. Kết quả cho thấy, các hạt nano Fe_2O_3 được phát triển có thể coi là một vật liệu hiệu quả, đặc biệt cho các ứng dụng lưu trữ năng lượng, vật liệu từ,... Các cấu trúc nano liên kết với nhau có khoảng trống cho phép nhiều ion điện phân tiếp xúc với vật liệu hoạt động hơn, điều này làm tăng đáng kể hiệu suất điện hóa và độ dẫn điện, vì vậy, Fe_2O_3 giúp sản phẩm Silica+ được kích hoạt mang một dạng năng lượng điện tử [7].

Mục tiêu của bài nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của chất xúc tác sinh học Silica+ đối với quá trình xử lý nước thải chăn nuôi bằng công nghệ sinh học hiếu khí dựa trên kiểu mô hình SBR quy mô phòng thí nghiệm.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu nghiên cứu

2.1.1. Nước thải nghiên cứu

Nước thải chăn nuôi được lấy tại bể thu gom của hộ chăn nuôi tại xã Trung An, huyện Củ Chi để thực hiện thí nghiệm. Nước thải sau khi lấy về được pha loãng để có giá trị COD khoảng 1000 mg/L.

Thành phần tính chất nước thải chăn nuôi đưa vào mô hình được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 1. Tính chất của nước thải chăn nuôi đầu vào.

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị trung bình
1	COD	mg/L	924
2	BOD ₅	mg/L	683
3	Tổng N	mg/L	161
4	Tổng P	mg/L	35
5	Amoni	mg/L	125
6	Alk	mg/L	521
7	pH	-	7,15
8	Silica	mg/L	15,5
9	TSS	mg/L	73,2

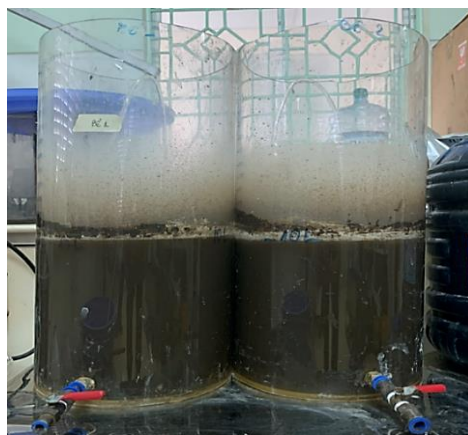
2.1.2. Bùn hoạt tính hiếu khí

Bùn vi sinh nuôi cấy ban đầu là bùn hiếu khí được lấy tại nhà máy xử lý nước thải tập trung khu công nghiệp Tây Bắc Củ Chi đường D3, xã Tân An Hội, huyện Củ Chi, TP. Hồ Chí Minh.

Bùn sau khi lấy về được đưa vào mô hình nuôi cấy với nồng độ MLSS = 5000 mg/L – 6000 mg/L qua bơm đầu vào, vận hành ở chế độ mẻ, nuôi cấy kết hợp bổ sung men vi sinh hiếu khí (Loại BIO-MT5 với tỉ lệ 1 g/20 mL). Mô hình nuôi cấy được duy trì với tải trọng xử lý là 0,2 kgCOD/m³.ngày, cho đến khi hiệu quả xử lý ổn định (khoảng 15 ngày). Sau đó, lượng bùn nuôi cấy được chia đều cho 2 mô hình gồm mô hình SBR 1 và mô hình SBR 2, nồng độ MLSS của cả 2 mô hình là khoảng 4.000 mg/L.

2.1.3. Vật liệu mô hình

Mô hình SBR quy mô phòng thí nghiệm được gia công bằng nhựa acrylic dày 5 mm kết hợp với hệ thống sục khí liên tục. Mô hình SBR được gia công từ ống nhựa Acrylic đường kính trong 240 mm dày 5 mm, cao 500 mm, thể tích mô hình là 22,61 lít và thể tích hữu ích của mô hình là 10 lít (chiều cao tương ứng là 221 mm). Mô hình SBR được lắp đặt bộ sục khí bao gồm: Máy thổi khí có thể điều chỉnh lưu lượng thổi khí, ống dẫn và đĩa thổi khí. Bên cạnh được lắp đặt van để thuận tiện cho việc lấy mẫu. Mô hình SBR có cấu tạo được thể hiện trong hình sau:

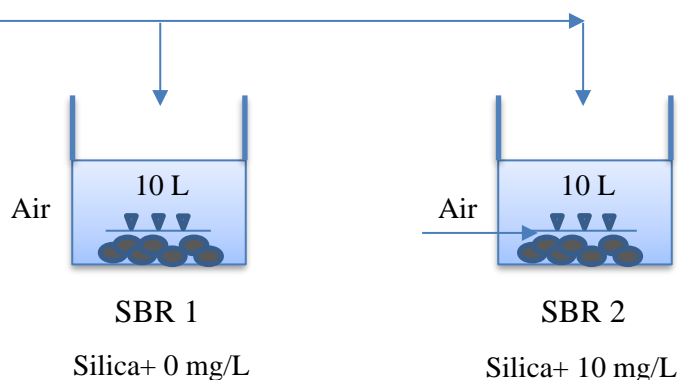


Hình 1. Mô hình hiếu khí SBR.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm

Nước thải đầu vào được cho vào 2 mô hình thí nghiệm, mô hình SBR 1 không bổ sung hỗn hợp Silica+ và mô hình SBR 2 có bổ sung hỗn hợp Silica+. Mô hình SBR 1 và SBR 2 có thời gian sục khí là 20 tiếng và lắng 4 tiếng. Sơ đồ thí nghiệm được thể hiện trong hình sau:



Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm.

2.2.2. Phương pháp lấy mẫu và tần suất lấy mẫu

Các mẫu tại phòng thí nghiệm được lấy như sau:

Bảng 2. Vị trí lấy mẫu.

STT	Tên mẫu	Vị trí lấy mẫu	Phương pháp lấy mẫu
1	Nước thải đầu vào	Bể chứa	Lấy 2 lít nước thải đầu vào.
2	Nước thải đầu ra 1	Phòng thí nghiệm	Lấy 2 lít nước trên mặt khi đã lắng được 30 phút
3	Nước thải đầu ra 2	Phòng thí nghiệm	Lấy 2 lít nước trên mặt khi đã lắng được 30 phút
4	Bùn hiếu khí 1	Phòng thí nghiệm	Sục khí ở thể tích 8 lít. Lấy 25 mL trên mặt và 25 mL ở van dưới đáy
5	Bùn hiếu khí 2	Phòng thí nghiệm	Sục khí ở thể tích 8 lít. Lấy 25 mL trên mặt và 25 mL ở van dưới đáy

Tần suất lấy mẫu được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 3. Tần suất lấy mẫu.

STT	Tên mẫu	Tần suất	Chi tiêu phân tích
1	Mẫu đầu vào	1 lần/ngày	TSS, COD, BOD5, NH4+, TN, TP, Alk, pH
2	Mẫu đầu ra SBR 1	1 lần/ngày	TSS, COD, BOD5, NH4+, TN, TP, Alk, pH, Silica+ hòa tan đầu ra
3	Mẫu đầu ra SBR 2	1 lần/ngày	TSS, COD, BOD5, NH4+, TN, TP, Alk, pH, Silica+ hòa tan đầu ra
4	Mẫu bùn SBR 1	1 lần/ngày	MLSS
5	Mẫu bùn SBR 2	1 lần/ngày	MLSS

Ghi chú: n là ngày thí nghiệm.

2.2.3. Phương pháp phân tích mẫu

Phương pháp phân tích các chỉ tiêu được thể hiện trong bảng sau:

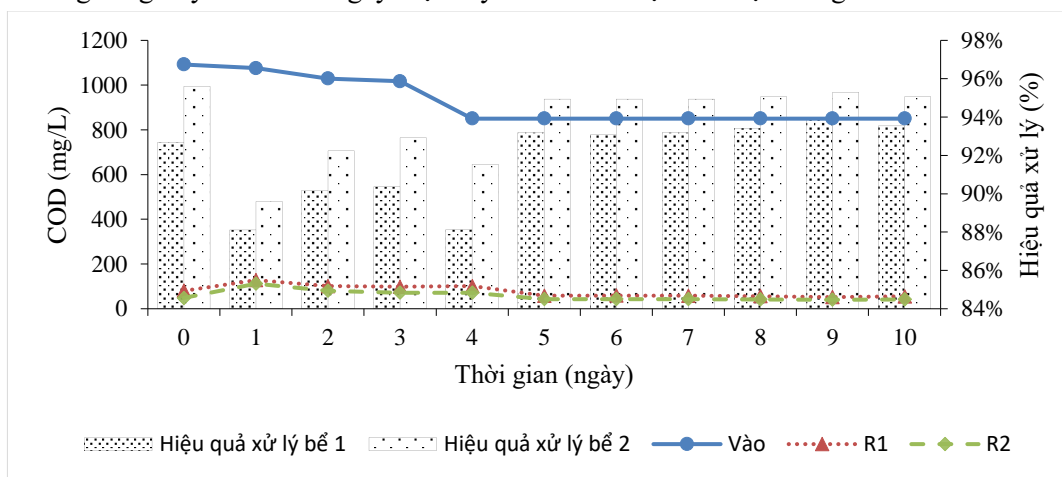
Bảng 4. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu.

STT	Chỉ tiêu	Phương pháp phân tích
1	COD	SMEWW 5220C:2017
2	MLSS	TCVN 6625:2000
3	Amoni	TCVN 6197:1996
4	TN	TCVN 6624-2:2000
5	TP	TCVN 6202:2008
6	Silica+	SMEWW 4500-Si C&D

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiệu quả xử lý COD

Nước thải chăn nuôi có giá trị COD trung bình 924 mg/L. Mô hình SBR 1 và SBR 2 được vận hành song song xuyên suốt 10 ngày. Sự thay đổi COD được thể hiện trong hình 3.



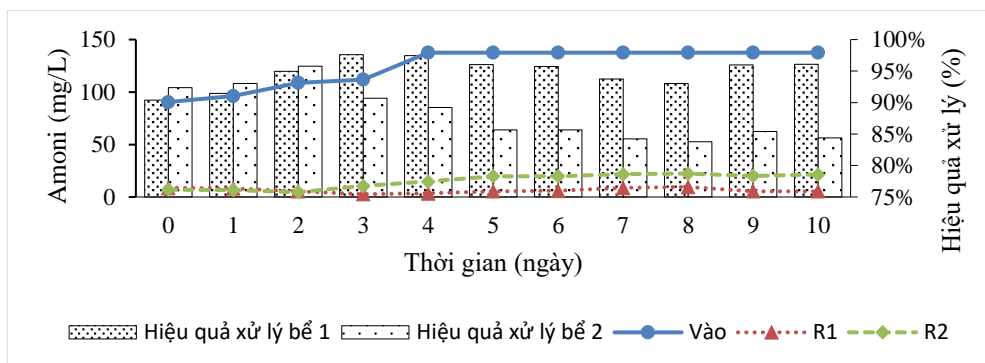
Hình 3. Sự biến thiên COD qua các ngày.

Theo hình 3, nồng độ COD đầu ra của SBR 1 và SBR 2 có giá trị trung bình lần lượt đạt 76,9 mg/L và 57,9 mg/L. Hiệu quả xử lý COD của SBR 1 và SBR 2 đạt giá trị trung bình lần lượt là 91,8% và 93,8%.

So sánh kết quả của SBR 1 và SBR 2, ta thấy hiệu quả xử lý của SBR 2 tốt hơn 2% so với SBR 1.

3.2. Hiệu quả xử lý Amoni

Nước thải chăn nuôi có giá trị Amoni đầu vào trung bình 124,5 mg/L. Mô hình SBR 1 và SBR 2 được vận hành song song xuyên suốt 10 ngày. Sự thay đổi Amoni được thể hiện trong hình 4.



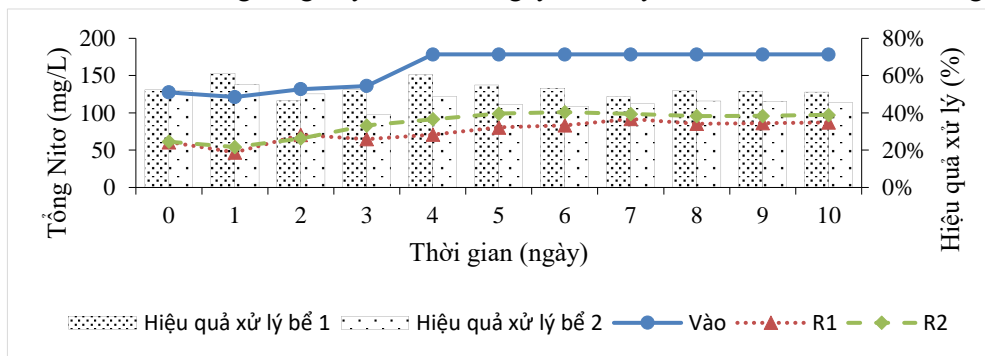
Hình 4. Sự biến thiên Amoni qua các ngày.

Theo hình 4, Amoni đầu ra của SBR 1 và SBR 2 có giá trị trung bình lần lượt đạt 5,5 mg/L và 14,7 mg/L. Hiệu quả xử lý tổng Amoni của SBR 1 và SBR 2 đạt giá trị trung bình lần lượt là 95,6% và 88,9%.

So sánh kết quả của SBR 1 và SBR 2, ta thấy hiệu quả xử lý của SBR 1 tốt hơn 6,7% so với SBR 2.

3.3. Hiệu quả xử lý tổng Nitơ

Nước thải chăn nuôi có giá trị tổng Nitơ đầu vào trung bình 160,6 mg/L. Mô hình SBR 1 và SBR 2 được vận hành song song xuyên suốt 10 ngày. Sự thay đổi TN được thể hiện trong hình 5.



Hình 5. Sự biến thiên tổng Nitơ qua các ngày.

Theo hình 5, tổng Nitơ đầu ra của SBR 1 và SBR 2 có giá trị trung bình lần lượt đạt 75,3 mg/L và 85,7 mg/L. Hiệu quả xử lý tổng Nitơ của SBR 1 và SBR 2 đạt giá trị trung bình lần lượt là 53,1% và 46,9%.

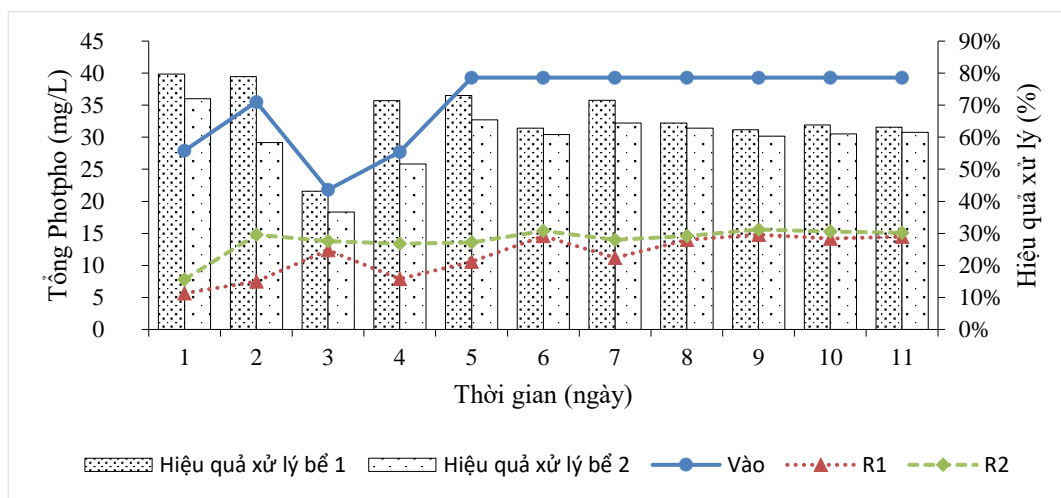
So sánh kết quả của SBR 1 và SBR 2, ta thấy hiệu quả xử lý của SBR 1 tốt hơn 6,2% so với SBR 2.

3.4. Hiệu quả xử lý tổng Photpho

Nước thải chăn nuôi có giá trị tổng Photpho đầu vào trung bình 35,3 mg/L. Mô hình SBR 1 và SBR 2 được vận hành song song xuyên suốt 10 ngày. Sự thay đổi TP được thể hiện trong hình 6.

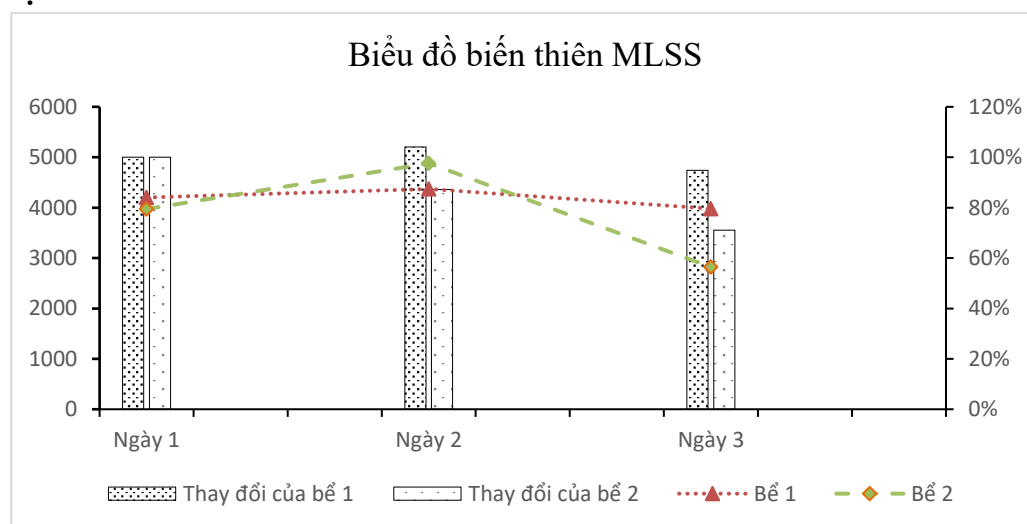
Theo hình 6, tổng Photpho đầu ra của SBR 1 và SBR 2 có giá trị trung bình lần lượt đạt 11,6 mg/L và 13,9 mg/L. Hiệu quả xử lý tổng Photpho của SBR 1 và SBR 2 đạt giá trị trung bình lần lượt là 67,2% và 60,5%.

So sánh kết quả của SBR 1 và SBR 2, ta thấy hiệu quả xử lý của SBR 1 tốt hơn 6,7% so với SBR 2.



Hình 6. Sự biến thiên tổng Photpho qua các ngày.

3.5. Sự biến thiên MLSS



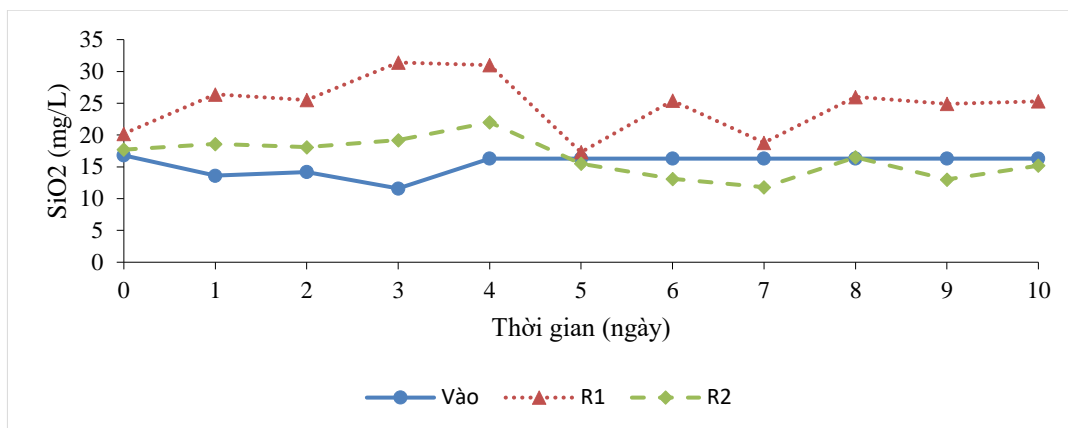
Hình 7. Sự biến thiên MLSS.

Kết quả nồng độ MLSS trong 3 ngày nghiên cứu cho thấy: ở mô hình 1 nồng độ chất rắn lơ lửng trong mô hình 1 ổn định hơn mô hình 2, vào ngày 2 tăng 4% và ngày 3 giảm 5% so với ngày 1. Ở mô hình 2: Nồng độ chất rắn lơ lửng giảm qua từng ngày, ngày 2 giảm 13% và ngày 3 giảm 29% với ngày 1. Điều này cho thấy, hỗn hợp Silica+ làm giảm nồng độ bùn hoạt tính trong mô hình. Hỗn hợp Silica+ có khả năng làm tăng tốc độ phân hủy COD trong nước, từ đó, đẩy nhanh quá trình phân hủy nội bào của vi sinh vật trong mô hình.

3.6. Sự biến thiên SiO₂

Nước thải chăn nuôi có giá trị SiO₂ đầu vào trung bình 15,5 mg/L. Mô hình SBR 1 và SBR 2 được vận hành song song xuyên suốt 10 ngày. Sự thay đổi SiO₂ được thể hiện trong hình 8.

Theo hình 8, SiO₂ hiện hữu trong SBR 1 và SBR 2 có giá trị trung bình lần lượt đạt 24,7 mg/L và 16,4 mg/L. So sánh kết quả của SBR 2 được bổ sung 10 mg/L nhưng có kết quả phân tích thấp hơn so với SBR 1 không bổ sung Silica+.



Hình 8. Sự biến thiên SiO₂ qua các ngày.

4. KẾT LUẬN

Tác giả đã xây dựng 2 mô hình SBR với 1 mô hình không sử dụng Silica+ và 1 mô hình sử dụng Silica+ nhằm thuận lợi cho việc so sánh giữa 2 mô hình và thu được các kết quả sau: hiệu quả xử lý COD tốt hơn 2%, amoni kém hơn 6,7%, tổng Nitơ kém hơn 6,2%, tổng Photpho kém hơn 6,7%, nồng độ MLSS giảm 29%, mô hình 2 có kết quả phân tích SiO₂ thấp hơn mô hình 1 mặc dù có bổ sung 10mg/L Silica+. Nhìn chung, có thể thấy, Silica+ có ảnh hưởng đến quá trình sinh học hiếu khí cụ thể là hỗ trợ quần thể VSV tiêu thụ hợp chất hữu cơ có trong nước thải chăn nuôi tốt hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phạm Quang Vinh, “Kết quả chủ yếu điều tra biến động dân số và kế hoạch hóa gia đình thời điểm 01/4/2020”, Nhà xuất bản thống kê, Hà Nội, tr.18-19, (2021).
- [2]. Quyết định số: 1520/QĐ-TTg “Quyết định phê duyệt chiến lược phát triển chăn nuôi giai đoạn 2021 – 2030, tầm nhìn 2045”, (2020).
- [3]. Bùi Hữu Đoàn, “Bài giảng Quản lý chất thải chăn nuôi”, Nhà xuất bản Nông Nghiệp, tr.5-6, (2011).
- [4]. Inawati Othman, “Livestock wastewater treatment using aerobic granular sludge”, Bioresource Technology, Elsevier, pp.632, (2013).
- [5]. Ruixiang Qu, “AntioilAg3PO4Nanoparticle/Polydopamine/Al2O3 Sandwich Structure for Complex Wastewater Treatment: Dynamic Catalysis under Natural Light”, Tsinghua University, Beijing, China, pp.2, (2018).
- [6]. Ajit Das, Mrinal K. Adak, Nagendranath Mahata, Bhaskar Biswas, “Wastewater treatment with the advent of TiO₂ endowed photocatalysts and their reaction kinetics with scavenger effect”, Journal of Molecular Liquids, Elsevier, pp. 2-3, (2021).
- [7]. Nandana Babu, “One-pot hydrothermal synthesis of polypyrrole/Fe₂O₃ nano-seeds for energy storage application”, Materials Today: Proceedings, Elsevier, pp.1-4, (2021).

ABSTRACT

The effect of Silica+ on the aerobic process in wastewater treatment

Silica+ is a bioresonant catalyst capable of accelerating biochemical reactions by stimulating water molecules to act with electromagnetic energy. With the experiment of adding Silica + to the SBR tank, the results showed that the COD treatment efficiency was 2% better, ammonium was 6.7% worse, total nitrogen was 6.2% worse, total phosphorus was 6.7% worse, MLSS concentration decreased by 29%, all the above results were compared with SBR tank without Silica+.

Keywords: Biocatalysts; Aerobic process; Livestock wastewater.