

# Làm giàu bùn anammox từ bùn hạt kỵ khí bằng cột phản ứng tuần hoàn nội bộ (IC) với nước rỉ rác cũ

Văng Thị Thanh Tâm<sup>1</sup>, Nguyễn Phước Dân<sup>2,\*</sup>, Lê Linh Thy<sup>3</sup>, Lê Nguyễn Thiên Long<sup>1</sup>, Phạm Thị Ngọc Ánh<sup>1</sup>, Lê Quang Đỗ Thành<sup>4</sup>, Trần Nguyễn Trung Hiếu<sup>1</sup>, Phạm Thị Bích Trân<sup>1</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## TÓM TẮT

Trong những năm gần đây, công nghệ anammox không chỉ đem lại lợi ích về kinh tế mà còn mang lại nhiều tiềm năng cho xử lý nước thải có chứa amoni có hàm lượng carbon hữu cơ thấp. Cùng với những bước đột phá trong công nghệ xử lý ammonium trên thế giới, ứng dụng quá trình anammox trong công nghệ IC xử lý ammonium tải trọng cao trong môi trường thiếu khí là công nghệ mới đang được nghiên cứu và phát triển. Trong nghiên cứu này, cột phản ứng tuần hoàn nội bộ (IC) được ứng dụng để làm giàu bùn anammox với bùn hạt kỵ khí nuôi cấy ban đầu và nước rỉ rác cũ lấy từ bãi chôn lấp rác sinh hoạt Gò Cát. Bùn nuôi cấy là bùn hạt kỵ khí lấy từ bể UASB của hệ thống xử lý nước thải công nghiệp với nồng độ TSS và VSS lần lượt là 55,1 g.L<sup>-1</sup> và 45,4 g.L<sup>-1</sup>, tương ứng tỷ lệ VSS:TSS là 0,82. Sau 80 ngày vận hành liên tục, bùn trong cột IC được phân thành hai vùng rõ ràng: vùng bùn hạt nằm phần dưới đáy cột và vùng bùn bông ở lớp trên. Ở tải trọng 0,4 – 0,6 kg N.m<sup>-3</sup>.ngày<sup>-1</sup>, hiệu suất xử lý trung bình tổng nitơ là 45%. Vào ngày thứ 61, hoạt động riêng của anammox (specific anammox activity- SAA) của bùn bông và bùn hạt tăng gấp 6 và 8 lần so với kết quả của ngày 27. Nghiên cứu này cho thấy rằng quá trình làm giàu bùn anammox mất nhiều thời gian và quá trình tạo hạt bằng cột IC là một yếu tố vận hành quan trọng cho sinh trưởng của vi khuẩn anammox.

**Từ khoá:** nước rỉ rác cũ, Anammox, ammonium, nitrit hóa bán phần

## ĐẶT VẤN ĐỀ

Với quá trình đô thị hóa, tăng dân số và công nghiệp hóa, lượng chất thải rắn đô thị đã tăng mạnh và chôn lấp là cách phổ biến nhất để xử lý chất thải rắn, nhưng điều này cũng dẫn đến việc sản xuất một lượng lớn nước rỉ rác<sup>1</sup>. Các đặc tính đặc biệt của nước rỉ bãi chôn lấp, bao gồm nồng độ amoni cao, tỷ lệ BOD/COD thấp, độ mặn, có thể gây ra các tác động nguy hiểm và độc hại đối với môi trường và gây nguy hiểm cho sức khỏe con người. Trong số các đặc tính khác nhau của nước rỉ rác, tỷ lệ BOD/COD liên quan trực tiếp đến khả năng phân hủy sinh học của nước rỉ rác. Bên cạnh đó, nồng độ amoni trong nước rỉ rác tăng dần theo tuổi của nước rỉ rác, có thể trở thành vấn đề môi trường nghiêm trọng và gây khó khăn cho việc quản lý chất thải<sup>2</sup>. Trong những năm trước đây, phương pháp sinh học thiếu khí/hiếu khí (nitrat hóa/khử nitơ – A/O) thường được ứng dụng để xử lý nitơ trong nước rỉ rác. Tuy nhiên, hiệu suất xử lý nitơ của quá trình A/O sẽ bị ảnh hưởng đáng kể nếu nguồn carbon đầu vào trong nước thải bị hạn chế. Bổ sung nguồn carbon bên ngoài vào quá trình xử lý có thể tăng cường khả năng khử nitơ; tuy nhiên, điều này sẽ làm tăng chi phí vận hành. Do đó, nhiều phương pháp khác nhau

đã được đề xuất để cải thiện khả năng xử lý nitơ trong nước thải với tỷ lệ C/N thấp như quá trình loại bỏ nitơ hoàn toàn tự dưỡng qua itrit (Completely Autotrophic Nitrogen removal Over Nitrite – CANON), loại bỏ nitơ một giai đoạn bằng cách sử dụng anammox và nitrat hóa một phần (The single-stage nitrogen removal using anammox and partial nitrification – SNAP), công nghệ màng lọc, v.v.. Trong đó, anammox là quá trình được xem là giải pháp thay thế hiệu quả trong việc xử lý nitơ cho các loại nước thải có hàm lượng carbon hữu cơ thấp<sup>3,4</sup>. Quá trình anammox là một quá trình sinh học, trong đó ammonium được oxy hóa trong điều kiện kỵ khí bởi itrit là chất nhận điện tử để tạo thành N<sub>2</sub> với sự tham gia của vi khuẩn anammox. Sản phẩm chính của quá trình anammox là khí N<sub>2</sub>, tuy nhiên, khoảng 10% của nitơ đưa vào (amoni và nitrit) được chuyển thành nitrat. Phản ứng anammox là quá trình oxy hóa amoni bởi nitrit bằng một phản ứng hóa học đơn giản với tỷ lệ mol NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N = 1:1,32. Trong đó một lượng nhỏ nitrat được tạo thành từ nitrit được giả thuyết tham gia đồng hóa CO<sub>2</sub>. So với các quá trình xử lý nitơ thông thường, quá trình anammox thân thiện với môi trường và tiết kiệm chi phí do nhu cầu oxy thấp hơn, không yêu cầu bổ sung

<sup>1</sup>Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Quốc gia TP.HCM (HCMUT - VNU), 268 Lý Thường Kiệt, Quận 10, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam.

<sup>2</sup>Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Quốc gia TP.HCM (HCMUT - VNU), 268 Lý Thường Kiệt, Quận 10, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam.

<sup>3</sup>Bộ môn Sức khỏe Môi trường, Khoa Y tế Công cộng, Đại học Y Dược thành phố Hồ Chí Minh (UMP), 217 Hồng Bàng, Quận 5, Thành phố Hồ Chí Minh- Việt Nam.

<sup>4</sup>Phòng thí nghiệm Nghiên cứu về nước Khu vực châu Á (CARE), Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Quốc gia TP.HCM (HCMUT - VNU), 268 Lý Thường Kiệt, Quận 10, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam.

### Liên hệ

**Nguyễn Phước Dân**, Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Quốc gia TP.HCM (HCMUT - VNU), 268 Lý Thường Kiệt, Quận 10, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam.

Email: npdan@hcmut.edu.vn

**Trích dẫn bài báo này:** Tâm V T T, Dân N P, Thy L L, Long L N T, Ánh P T N, Thành L Q D, Hiếu T N T, Trân P T B. **Làm giàu bùn anammox từ bùn hạt kỵ khí bằng cột phản ứng tuần hoàn nội bộ (IC) với nước rỉ rác cũ**. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.*; 7(1):683-690.

Lịch sử

- Ngày nhận: 24-02-2023
- Ngày chấp nhận: 05-6-2023
- Ngày đăng: 30-6-2023

DOI:

<https://doi.org/10.32508/stdjsec.v7i1.732>



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



nguồn carbon hữu cơ bên ngoài, lượng bùn sinh ra ít hơn, và làm giảm sự hình thành khí nhà kính  $N_2O$ <sup>5,6</sup>. Một trong những thách thức quan trọng trong việc ứng dụng vào thực tế của quy trình anammox là thời gian thích nghi lâu và không ổn định do tốc độ tăng trưởng chậm của cộng đồng anammox<sup>7,8</sup>.

Kết quả nghiên cứu của Phan và cộng sự. (2017) đã cho thấy đặc tính bùn hóa lý anammox ảnh hưởng đến hiệu quả loại bỏ nitơ của quá trình. Thiết kế IC đã giúp bùn được lưu giữ tốt, quyết định đến hiệu quả lắng và khả năng tăng trưởng sinh khối của bùn hạt anammox. Hoạt tính anammox cao  $SAA = 0,598 \text{ gN-N}_2\text{-gVSS}^{-1}\text{.ngày}^{-1}$ .

Lê Hoàng Toàn (2018) nghiên cứu quá trình anammox sử dụng công nghệ IC để xử lý nitơ nước rỉ rác cũ quy mô pilot, công suất  $1 \text{ m}^3\text{.ngày}^{-1}$ . Mô hình vận hành ở tải trọng nitơ (nitrogen loading rate - NLR)  $4,1 \text{ kg N.m}^{-3}\text{.ngày}^{-1}$  và tốc độ loại bỏ nitơ (nitrogen removal rate - NRR) đạt  $3,41 \text{ kg N.m}^{-3}\text{.ngày}^{-1}$ , tương ứng hiệu quả loại bỏ nitơ (nitrogen removal efficiency - NRE) đạt trên 89%, trong đó hiệu suất loại bỏ ammonium, nitrit đạt trên 95% với tỷ lệ  $\text{NO}_2^- - \text{N}/\text{NH}_4^+ - \text{N}$  là 1,4. Nồng độ ammonium đầu ra xấp xỉ với quy chuẩn quy định QCVN 25: 2009/BTNMT, Cột B1. Điều này cho thấy, quá trình Anammox phù hợp xử lý nước rỉ rác cũ có tải trọng nitơ cao.

Từ những lý do trên, nghiên cứu này đã tiến hành nghiên cứu phương pháp nuôi cấy, làm giàu sinh khối anammox từ bùn hạt kỵ khí bằng công nghệ IC để có thể áp dụng quá trình anammox xử lý nước rỉ rác trong điều kiện thực tế tại Việt Nam.

## PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### Mô hình nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng bể phản ứng tuần hoàn nội bộ (IC) (Hình 1) để tiến hành nghiên cứu, làm giàu sinh khối bùn anammox. Bể IC được làm bằng nhựa acrylic, cao 1,92 m, đường kính 100 mm, và thể tích của vùng phản ứng là 14,4 L. Bể IC có 2 phần, bao gồm ngăn phản ứng (ngăn A) và ngăn phía trên (ngăn B). Ngoài ra, một thiết bị thu khí  $N_2$  được thiết kế ở bên trong bể phản ứng IC. Khí  $N_2$  sinh ra được dẫn từ ngăn phản ứng sang ngăn B, và được thu gom bởi thiết bị tách khí-rắn-lỏng. Sau đó, khí  $N_2$  được dẫn tiếp tục đến phễu thu khí  $N_2$  đặt ở trên cùng của bể IC. Tốc độ dòng khí  $N_2$  được đo bằng cách dẫn khí  $N_2$  từ phễu thu khí đến bộ đo lưu lượng khí.

Trong nghiên cứu này, nước rỉ rác cũ pha loãng liên tục được bơm xuống đáy bể phản ứng IC với lưu lượng  $28,8 \text{ L.ngày}^{-1}$  và chảy qua lớp bùn kỵ khí. Thời gian lưu nước (HRT) là 12 h. Nước rỉ rác trong bể IC sẽ được tuần hoàn từ ngăn B về đáy bể (ngăn phản ứng) với lưu lượng là  $432 \text{ L.ngày}^{-1}$ .

Trong quá trình vận hành, do lưu lượng dòng vào và tuần hoàn thấp, chưa đủ mạnh để khuấy trộn đều bùn hạt ở vùng đáy cột IC, khí nitơ được định kỳ sục vào cột (1 – 2 lần/tuần, 10 s – 30 s cho 1 lần sục) để tăng khả năng xáo trộn bùn và nâng cao hiệu quả xử lý.

### Nước rỉ rác thử nghiệm

Nghiên cứu sử dụng nước rỉ rác cũ được lấy từ bãi rác Gò Cát, quận Bình Tân, thành phố Hồ Chí Minh. Thành phần nước rỉ rác cũ được trình bày trong Bảng 1.

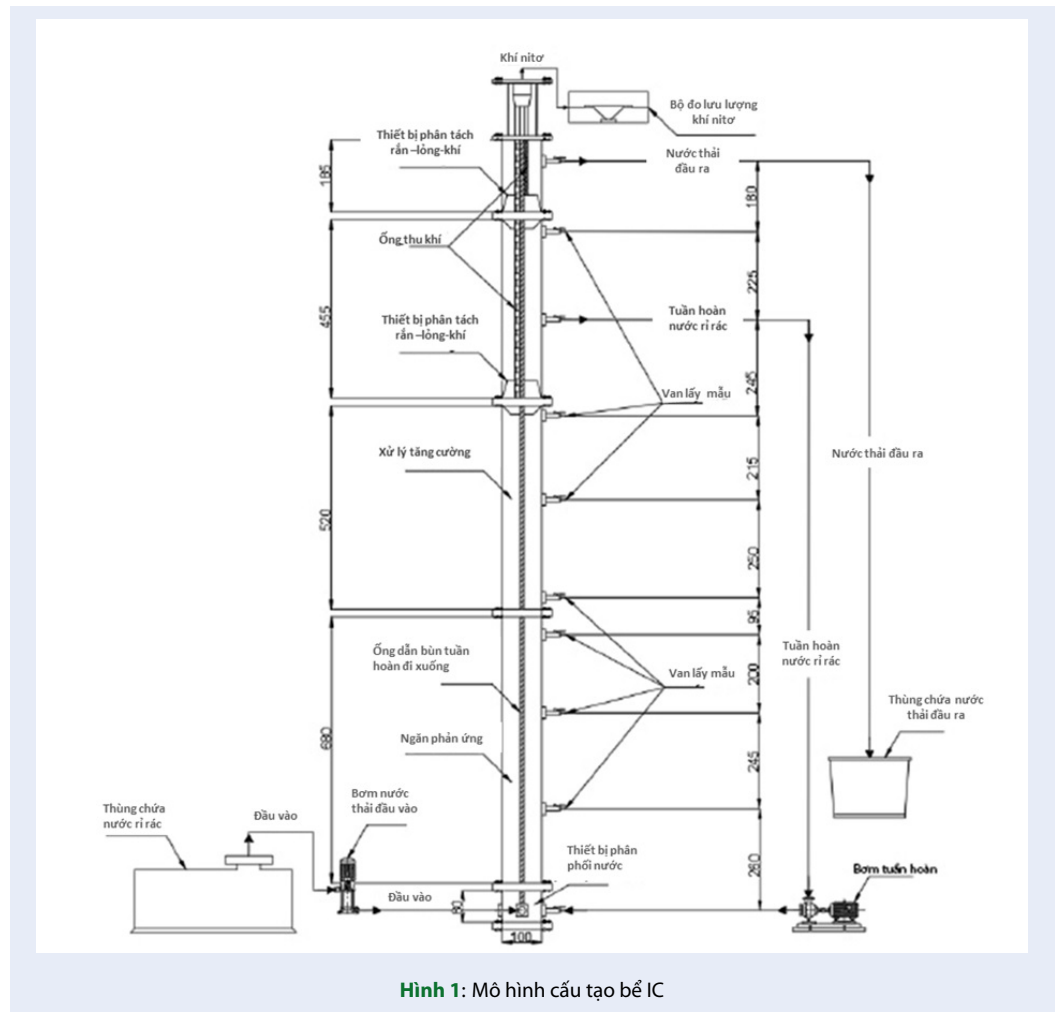
Do nồng độ ammonium của nước rỉ rác quá cao ( $3.600 - 4.300 \text{ mg N.L}^{-1}$ ), có thể ảnh hưởng đến giai đoạn làm giàu của vi khuẩn anammox, vì vậy nghiên cứu này sử dụng nước rỉ cũ pha loãng với tải trọng nitơ (NLR)  $0,27 \text{ kg N.m}^{-3}\text{.ngày}^{-1}$ .

Nước rỉ rác pha loãng được chuẩn bị bằng cách sử dụng nước máy theo tỷ lệ 24:1 (24 L nước máy và 1 L nước rỉ rác ban đầu).  $\text{NaNO}_2$  được dùng để điều chỉnh nồng độ  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  cho phù hợp với tỷ lệ  $\text{NO}_2^- - \text{N}/\text{NH}_4^+ - \text{N} = 1,5 \pm 0,5$  ( $\text{NH}_4^+ - \text{N} = 23 \pm 56 \text{ mg N NH}_4^+ - \text{N.L}^{-1}$ ;  $\text{NO}_2^- - \text{N} = 8 \pm 138 \text{ mg NO}_2^- - \text{N.L}^{-1}$ ),  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  99% để giảm DO trong nước rỉ rác,  $\text{NaHCO}_3$  để điều chỉnh độ kiềm, HCl và NaOH để điều chỉnh pH trong nước rỉ rác đã pha loãng. Thành phần của nước rỉ rác pha loãng được trình bày trong Bảng 1.

Trong thực tế, công nghệ xử lý nitơ dựa trên anammox (anammox based - technology: Partial nitrification/anammox) đòi hỏi phải có công đoạn nitrit hóa bán phần (partial nitritation process) ở đó vi khuẩn *Nitrosomonas* (nitrifying bacteria) chuyển hóa  $\frac{1}{2}$  lượng ammonia trong nước thải hay nước rỉ thành nitrit<sup>9,10</sup>. Nước rỉ rác nuôi cấy ban đầu lấy tại hầm bơm của bãi chôn lấp Gò Cát trong điều kiện thiếu khí nên nồng độ nitrit thấp ( $< 1 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Vì vậy để đảm bảo đủ cơ chất cho sinh trưởng vi khuẩn anammox, nhóm nghiên cứu đã bổ sung thêm nitrit để đạt được tổng TN =  $150 \text{ mg.L}^{-1}$ . Trong thực tế, để giảm thiểu chi phí hóa chất xử lý, quá trình nitrit hóa bán phần có thể sử dụng để chuyển hóa sinh học ammonia thành nitrit, trước khi cho đi vào bể phản ứng anammox.

### Bùn nuôi cấy ban đầu

Bùn anammox trong nghiên cứu này được nuôi cấy từ bùn hạt kỵ khí lấy từ bể kỵ khí UASB của công ty chế biến thực phẩm. Có nồng độ nuôi cấy ban đầu TSS và VSS lần lượt là  $55,1 \text{ g.L}^{-1}$  và  $45,4 \text{ g.L}^{-1}$ , tỷ lệ VSS: TSS là 0,82, kích thước hạt 0,5 – 3,5 mm, tốc độ lắng  $0,8 - 3 \text{ cm.s}^{-1}$ . Tổng thể tích bùn hạt kỵ khí được sử dụng để nuôi cấy ban đầu là 4 L.



Hình 1: Mô hình cấu tạo bể IC

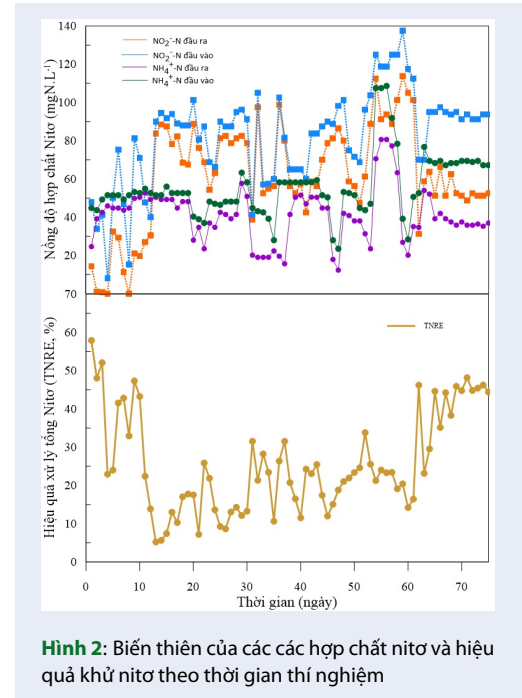
**Bảng 1: Thành phần nước rỉ rác cũ của bãi chôn lấp Gò Cát và nước rỉ pha loãng sử dụng trong thí nghiệm**

Thành phần	Đơn vị	Nước rỉ cũ của bãi chôn lấp rác sinh hoạt Gò Cát	Nước rỉ rác pha loãng
pH	-	8,5 – 8,9	7,3 – 8,2
Độ kiềm	mg CaCO <sub>3</sub>	8.000 – 10.000	1.000 – 1.200
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	mg.L <sup>-1</sup>	2.800 – 3.500	23 – 56
TKN	mg.L <sup>-1</sup>	3.600 – 4.300	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mg.L <sup>-1</sup>	0,01 – 1	8 – 138
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mg.L <sup>-1</sup>	0,01 – 0,1	-
COD	mg.L <sup>-1</sup>	3.000 – 4.000	-
BOD <sub>5</sub>	mg.L <sup>-1</sup>	100 – 300	-
TSS	mg.L <sup>-1</sup>	12 – 60	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	mg Fe.L <sup>-1</sup>	-	5
FeCl <sub>3</sub>	mg Fe.L <sup>-1</sup>	-	5

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### Hiệu suất của bể phản ứng IC-anammox

Nồng độ nitơ trong nước rỉ vào và dòng ra sau xử lý theo thời gian được trình bày trong Hình 2. Để tạo môi trường thích hợp cho phản ứng anammox xảy ra, nước thải vào trong nghiên cứu này sử dụng nước rỉ rác pha loãng với tỷ lệ  $\text{NO}_2^- \text{-N}:\text{NH}_4^+ \text{-N} = 1,5 \pm 0,5$ . Trong 7 ngày đầu tiên, phản ứng anammox chưa thể hiện rõ. Hiệu suất khử amonium dao động từ 10 – 15%, trong khi hiệu suất khử nitrit cao dao động trong khoảng 61 – 100% (Hình 2). Điều này có thể là do quá trình khử nitrit diễn ra bởi vi khuẩn kỵ khí dị dưỡng khử nitrit trong bùn kỵ khí nuôi cấy ban đầu mà chúng sử dụng cơ chất hữu cơ còn tồn tại trong hạt bùn. Nguyên nhân khác, liều lượng nitrit được bổ sung vào nước rỉ pha loãng bằng hóa chất khan  $\text{NaNO}_2$  theo tỉ lệ  $\text{NO}_2^- \text{-N}:\text{NH}_4^+ \text{-N} = 1,5$ , tương với nồng độ nitrit dự kiến là  $70 - 90 \text{ mg.L}^{-1}$ . Mẫu dòng vào những ngày sau đó được lấy tại thùng 300 L, chứa nước rỉ pha loãng. Kết quả phân tích cho thấy nồng độ ammonia dòng vào ổn định nhưng nồng độ nitrit giảm nhiều trong 15 ngày đầu so với dự kiến là do nitrit phản ứng với  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , mà nó được sử dụng để loại bỏ oxy hòa tan (DO) và chlorine dư từ nước máy sử dụng pha loãng. Sau đó, nhóm nghiên cứu điều chỉnh liều lượng  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  sử dụng ít hơn hoặc bằng cách sục khí nitơ và để nước máy ít nhất hai ngày cho DO phản ứng hoàn toàn. Máy đo DO được sử dụng để kiểm tra việc điều chỉnh  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ . Việc điều chỉnh DO bằng liều lượng dư  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , không kiểm soát tốt, rõ ràng đã làm giảm hiệu quả đáng kể hiệu quả xử lý của anammox, do không đủ cơ chất nitrit cho sinh trưởng vi khuẩn anammox. Bên cạnh đó,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  và  $\text{FeCl}_2$  với nồng độ  $5 \text{ mg.L}^{-1}$  Fe cũng được thêm vào để tăng cường cơ chất sinh trưởng cho vi khuẩn anammox<sup>11</sup>. Sau ngày 15, phản ứng anammox bắt đầu xuất hiện nhưng chưa ổn định, có những ngày tỷ lệ  $\text{NO}_2^- \text{-N}/\text{NH}_4^+ \text{-N}$  cao hơn hoặc thấp hơn tỷ lệ lý thuyết ( $\text{NO}_2^- \text{-N}/\text{NH}_4^+ \text{-N} = 1,32$ ). Hoạt động của anammox thường bị ức chế ở tỷ lệ  $\text{NO}_2^- \text{-N}/\text{NH}_4^+ \text{-N}$  cao hơn 1,5<sup>12</sup>. Vào thời điểm ngày 46 – 50, hiệu quả khử TN tăng từ 10% lên 30%. Nhóm nghiên cứu thử nghiệm đã tăng tổng tải nitơ lên 1,5 lần, cụ thể nồng độ nitrit trung bình dòng vào tăng từ  $80 \text{ mg NO}_2^- \text{-N.L}^{-1}$  lên đến  $125 \text{ mg NO}_2^- \text{-N.L}^{-1}$ , và nồng độ ammonia tăng từ  $55 \text{ mg NH}_4^+ \text{-N.L}^{-1}$  lên  $82 \text{ mg NH}_4^+ \text{-N.L}^{-1}$ . Tuy nhiên, trong vòng 1 tuần vận hành hiệu quả giảm đáng kể (<15%), có thể do vi khuẩn anammox bị ức chế mạnh trong trường hợp TN tăng lên trên  $200 \text{ mg N.L}^{-1}$ . Điều này có khác biệt với nghiên cứu của Nhật (2014), hàm lượng nitrit vào lên đến trên  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , sử dụng nước rỉ sau xử lý nitrit bán



**Hình 2:** Biến thiên của các các hợp chất nitơ và hiệu quả khử nitơ theo thời gian thí nghiệm

phần (PN-SBR), thay vì là sử dụng hóa chất  $\text{NaNO}_2$  như trong nghiên cứu này. Thật vậy, quá trình nitrit hóa bán phần, quá trình hiếu khí, có khả năng oxy hóa sinh học một số hợp chất hữu cơ độc có trong nước rỉ ban đầu, có thể gây ảnh hưởng đến anammox. Từ ngày 65 trở đi, phản ứng anammox đã ổn định hơn với hiệu suất khử  $\text{NH}_4^+ \text{-N}$  tăng và dao động trong khoảng 45% – 48%, hiệu suất khử nitrit cũng tăng lên đến 43% – 46% (Hình 2). Trong giai đoạn này tỷ lệ  $\text{NO}_2^- \text{-N}/\text{NH}_4^+ \text{-N}$  trong nước thải dòng vào duy trì từ 1:1,3 đến 1:1,4 (Hình 3).

Nomalanga và cộng sự (2014) cho thấy tỉ lệ ammonia và nitrit khác nhau sẽ ảnh hưởng đáng kể đến tốc độ khử tổng N. Cụ thể, hiệu suất khử tổng nitơ và tốc độ sinh khí nitrogen cao hơn trong trường hợp tỉ lệ  $\text{NO}_2^- \text{-N}/\text{NH}_4^+ \text{-N} = 2,0$  khi so với tỉ lệ 1,32 và 0,5, mặc dù hàm lượng nitrit ra còn cao. Hơn nữa nghiên cứu của Nhật và cộng sự (2014) cũng cho thấy trong cột phản ứng anammox có tồn tại vi khuẩn khử nitrit, là vi khuẩn dị dưỡng, sử dụng oxy của nitrit để khử chất hữu cơ do quá trình phân hủy nội bào của vi khuẩn và COD chậm phân hủy sinh học (sbCOD) tồn tại trong nước rỉ cũ.

Nghiên cứu của Nhật và cộng sự (2014) đã sử dụng bể phản ứng theo mẻ cho quá trình nitrit bán phần (PN-SBR), nối tiếp cột IC anammox xử lý nước rỉ rác cũ Gò Cát có nồng độ tổng ammonia-N lên đến  $500$  và  $1.000 \text{ mg N.L}$ . Kết quả cho thấy dòng ra của PN-SBR, là dòng vào của anammox, đạt tỉ số  $\text{NO}_2^- \text{-N}:\text{NH}_4^+ \text{-N} = 1,22$  và  $1,02$ , lần lượt ở thời gian lưu nước HRT 12

h (với hàm lượng TAN (*total ammonia nitrogen*) đầu vào = 500 mg N.L<sup>-1</sup>) và HRT 19 h (với hàm lượng TAN đầu vào = 1.000 mg N.L<sup>-1</sup>). Hiệu quả khử nitơ của cột anammox đạt 93 ± 1% and 81 ± 1,2% tổng nitơ. Điều này cho thấy vi khuẩn anammox không bị ức chế ở hàm lượng lên đến 505 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N.L<sup>-1</sup>. Vì vậy, trong nghiên cứu này, nồng độ nitrit của dung dịch nuôi cấy 83,1 ± 24,6 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N.L<sup>-1</sup> chắc chắn sẽ không gây ức chế hoạt động của vi khuẩn anammox. Việc sử dụng bể PN-SBR để oxy hóa ammonia thành nitrit ở liều lượng TAN vào dưới 500 mg/L là giải pháp khả thi để cung cấp cơ chất cho vi khuẩn anammox mà không gây ra ức chế sinh trưởng.

### Hoạt tính riêng (SAA) của sinh khối anammox

Hoạt tính riêng của sinh khối bùn bông và bùn hạt anammox được xác định vào ngày thứ 27 và 61 của thí nghiệm. Trong giai đoạn đầu (mẫu bùn ngày 27), cột IC vận hành ở tải trọng NLR 0,27 kg N.m<sup>-3</sup>.ngày<sup>-1</sup>, giá trị SAA bùn hạt và bùn bông thấp, dao động từ 0,19 – 0,23 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N.gVSS<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> (Bảng 2). Điều này có thể do vào một số ngày đầu, cột IC vận hành ở DO trên 0,5 mg. L<sup>-1</sup> đã ảnh hưởng đến SAA của bùn anammox<sup>13</sup>.

Bùn hạt, bùn bông và bùn hạt kỵ khí nuôi cấy ban đầu, được lưu trữ trong tủ lạnh, được xác định SAA vào ngày thứ 61, tương ứng ng cột IC vận hành ở tải trọng 0,5 kg N.m<sup>-3</sup>.ngày. Bảng 2 cho thấy giá trị SAA của bùn anammox ngày 61 tăng so với kết quả của ngày 27. SAA bùn hạt và SAA bùn bông đạt các giá trị tương ứng là 8,65 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N. gVSS<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> và 6,42 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N.gVSS<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>. Các kết quả trên cho thấy sinh khối bùn anammox đang thích nghi, nhưng quá trình thích nghi và phát triển vẫn còn chậm.

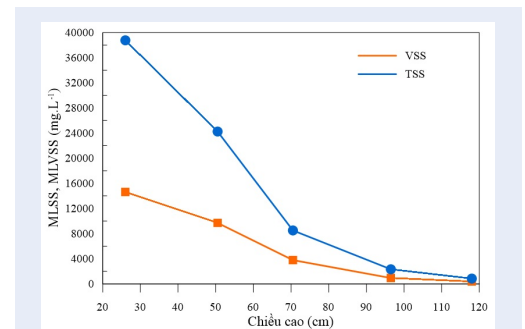
Trong cột IC, bùn dạng hạt tập trung ở vùng đáy, càng lên cao, mật độ bùn hạt càng giảm. Mặt khác, do quá trình nuôi cấy, một lượng bùn hạt kỵ khí bị vỡ do sinh khối vi khuẩn kỵ khí chết đi và do xáo trộn mạnh từ dòng tuần hoàn. Các bùn mịn này dần hình thành các bông bùn do hoạt động của cộng đồng vi khuẩn tồn tại trong thí nghiệm. Bảng 2 cho thấy SAA của bùn bông thấp hơn SAA bùn hạt. Điều này cho thấy vi khuẩn anammox dễ bám dính vào hạt bùn hơn là bông bùn. Bên cạnh đó, SAA của bùn hạt kỵ khí nuôi cấy ban đầu là rất nhỏ, ở mức 0,002 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N.gVSS<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, chúng tỏ không có vi khuẩn anammox tồn tại trong bùn kỵ khí dị dưỡng.

Bảng 3 cho thấy kết quả SAA của nghiên cứu này cao hơn so với SAA (0,148 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N. gVSS<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>) của nghiên cứu của Tâm và cộng sự (2021) tiến hành nghiên cứu cho nước rỉ rác cũ trong mô hình bể phản

ứng IC ở tải trọng 0,6 kg.m<sup>-3</sup>.ngày<sup>-1</sup>. So sánh với quá trình CANON dùng để xử lý nước rỉ rác cũ ở tải trọng nitơ 0,19 - 0,52 kg N.m<sup>-3</sup>.ngày<sup>-1</sup>) thì kết quả SAA của nghiên cứu này cũng cao hơn (Bảng 3). Các kết quả trên cho thấy cấu hình cột IC có khả năng nuôi cấy sinh khối bùn anammox hiệu quả và phù hợp để xử lý nitơ thành phần nước rỉ rác cũ.

### ĐẶC TÍNH BÙN ANAMMOX

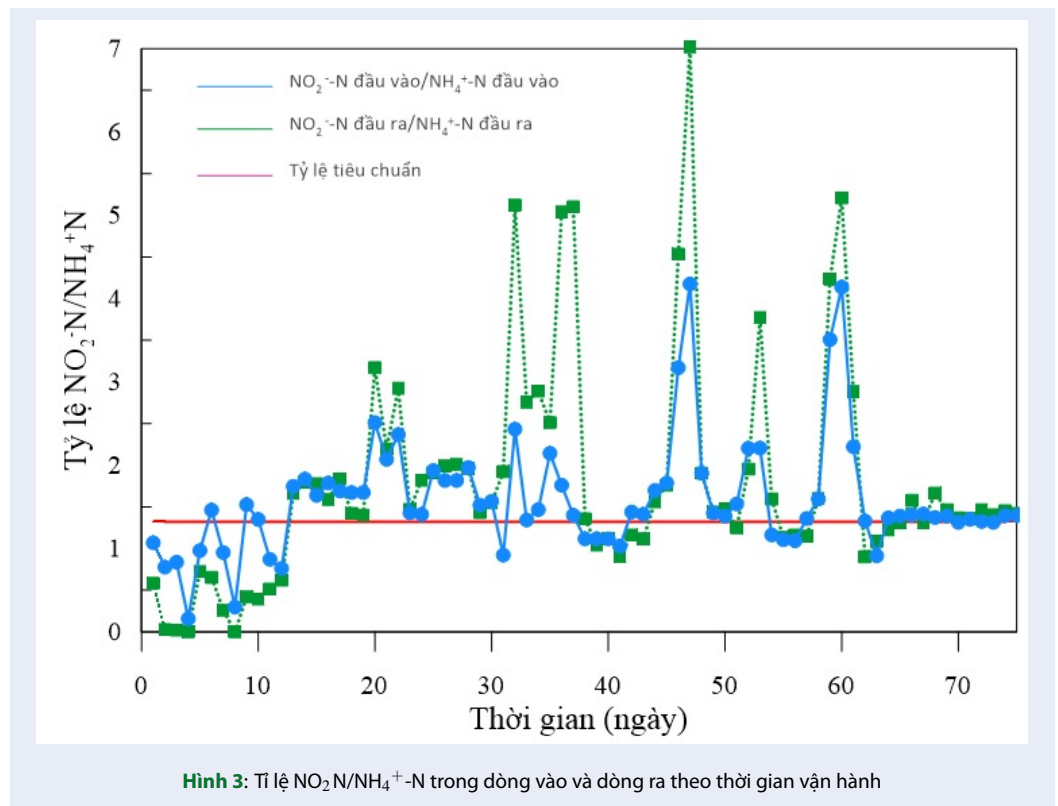
Trước khi lấy mẫu để đánh giá SAA vào ngày 27, sự phân bố nồng độ bùn (TSS và VSS) theo chiều cao cột IC đã được đo đạc. Kết quả sự phân bố nồng độ sinh khối thể hiện trong Hình 4. Mật độ bùn TSS và VSS giảm theo độ cao của bể IC. Kết quả này cho thấy bùn hạt chủ yếu được tập trung ở vùng đáy cột, đóng một vai trò quan trọng trong việc xử lý nitơ. Ở độ cao 26 cm tính từ cột phản ứng IC, nồng độ TSS và VSS lần lượt là 38,8 g TSS.L<sup>-1</sup> và 14,6 g VSS.L<sup>-1</sup> và có tỷ lệ VSS:TSS trung bình 0,38. Tại vị trí cách đáy cột IC 118 cm, nồng độ TSS và VSS giảm dần, có giá trị lần lượt là 0,85 g TSS.L<sup>-1</sup> và 0,38 g VSS.L<sup>-1</sup> với tỷ lệ VSS:TSS trung bình là 0,445. Nhìn chung, tỷ lệ VSS:TSS của bùn khá thấp, dao động từ 0,32 đến 0,45. Từ biểu đồ, tổng sinh khối trong bể là 84,46 g VSS với nồng độ sinh khối trong bể đạt 5,86 gVSS.L<sup>-1</sup>. Trong khi đó, nồng độ sinh khối từ bể IC trong nghiên cứu của<sup>19</sup> cao hơn so với nghiên cứu này với 26,1 g VSS.L<sup>-1</sup>.



Hình 4: Sự phân bố nồng độ TSS và VSS theo chiều cao cột IC

### KẾT LUẬN

Nghiên cứu này cho thấy việc áp dụng công nghệ bể tuần hoàn nội bộ (IC) trên nền nước rỉ rác của bãi chôn lấp cũ và bùn hạt kỵ khí nuôi cấy ban đầu là một phương pháp khả thi để làm giàu sinh khối bùn anammox. Tỷ lệ VSS:TSS của bùn dao động từ 0,32 đến 0,75. Hoạt tính riêng của bùn anammox tăng dần theo thời gian với SAA của bùn hạt tăng gấp 8 so với bùn nuôi cấy ban đầu. Sau 80 ngày thí nghiệm liên tục,



**Bảng 2:** Kết quả đánh giá SAA của bùn anammox

Mẫu bùn anammox	Loại bùn	SAA (mg $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{gVSS}\cdot\text{l}\cdot\text{h}\cdot\text{l}$ )
Ngày 27	Bùn hạt	0,19
	Bùn bông	0,23
Ngày 61	Bùn hạt	8,65
	Bùn bông	6,42
	Bùn nuôi cấy	0,002

sinh khối anammox vận hành ổn định. Hiệu suất khử  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  tăng và dao động trong khoảng 45% - 48%. Tỷ lệ  $\text{NO}_2\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}$  duy trì trong khoảng 1:1,3 đến 1:1,4.

### LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn ĐH Bách Khoa- ĐH Quốc Gia TP.HCM đã tài trợ kinh phí cho đề tài này thông qua hợp đồng số To-MTTN-2021-225 và chân thành cảm ơn Trung Tâm CARE đã hỗ trợ cho sinh viên thiết bị phân tích và dụng cụ thí nghiệm để thực hiện nghiên cứu này.

### XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích.

### ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

**Văng Thị Thanh Tâm:** đề xuất phương pháp nghiên cứu, giám sát vận hành mô hình, phân tích số liệu và soạn thảo bài báo khoa học. **Nguyễn Phước Dân:** định hướng nghiên cứu, hoàn thiện bài báo khoa học, báo cáo tại hội nghị quốc tế. **Lê Linh Thy:** phân tích số liệu và soạn thảo báo cáo tại hội nghị quốc tế. **Lê Nguyễn Thiên Long:** vận hành mô hình và lấy mẫu phân tích. **Phạm Thị Ngọc Ánh:** vận hành mô hình và lấy mẫu phân tích. **Lê Quang Đỗ Thành:** thiết kế và lắp đặt mô hình. **Trần Nguyễn Trung Hiếu:** vận hành mô hình và lấy mẫu phân tích. **Phạm Thị Bích Trân:** vận hành mô hình và lấy mẫu phân tích.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Deng W, Wang L, Cheng L, Yang W, Gao D. Nitrogen removal from mature landfill leachate via anammox based processes:

**Bảng 3: So sánh SAA của nghiên cứu này và những nghiên cứu khác**

Loại nước thải	Bể phản ứng	Tải trọng (kg N.m <sup>-3</sup> .ngày <sup>-1</sup> )	(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N.gVSS <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> ) SAA	Tài liệu
Nước thải tổng hợp	SBR	1,02	17,92	14
Nước rỉ rác		0,08 – 0,42	13,33	
Nước thải tổng hợp	SBR	-	16	15
Nước rỉ rác cũ	IC-anammox	9,52	24,9	16
Nước rỉ rác cũ	CANON	0,19	3,38	17
		0,23	5,27	
		0,41	6,25	
		0,52	4,35	
		0,28	3,04	
Nước rỉ rác cũ	IC	0,6	0,148	18
Nước rỉ rác cũ	IC	0,5	8,65	Nghiên cứu này

a review. Sustainability. 2022 Jan 17;14(2):995;Available from: <https://doi.org/10.3390/su14020995>.

- Phan TN, Van Truong TT, Ha NB, Nguyen PD, Bui XT, Dang BT et al. High rate nitrogen removal by anammox internal circulation reactor (IC) for old landfill leachate treatment. *Bioresour Technol.* 2017 Jun;234:281-8;PMID: 28334664. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.117>.
- Milia S, Perra M, Cappai G, Carucci A. SHARON process as preliminary treatment of refinery wastewater with high organic carbon-to-nitrogen ratio. *Desalin Water Treat.* 2015 Sep 10;57(38):17935-43;Available from: <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1087341>.
- Tang CJ, Zheng P, Ding S, Lu HF. Enhanced nitrogen removal from ammonium-rich wastewater containing high organic contents by coupling with novel high-rate anammox granules addition. *Chem Eng J.* 2014 Mar;240:454-61;Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.11.052>.
- Li Q, Wang S, Zhang P, Yu J, Qiu C, Zheng J. Influence of temperature on an anammox sequencing batch reactor (SBR) system under lower nitrogen load. *Bioresour Technol.* 2018 Dec 1;269:50-6;PMID: 30149254. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.08.057>.
- Trình HP, Lee SH, Jeong G, Yoon H, Park HD. Recent developments of the mainstream anammox processes: challenges and opportunities. *J Environ Chem Eng.* 2021 Aug;9(4):105583;Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105583>.
- Ali M, Oshiki M, Awata T, Isobe K, Kimura Z, Yoshikawa H et al. Physiological characterisation of anaerobic ammonium oxidising bacterium 'Candidatus Jettenia caeni'. *Environ Microbiol.* 2015 Jun;17(6):2172-89;PMID: 25367004. Available from: <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12674>.
- Zhang L, Narita Y, Gao L, Ali M, Oshiki M, Okabe S. Maximum specific growth rate of anammox bacteria revisited. *Water Res.* 2017 Jun 1;116:296-303;Available from: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.03.027>.
- Lackner S, Gilbert EM, Vlaeminck SE, Joss A, Horn H, van Loosdrecht MCM. Full-scale partial nitrification/anammox experiences - an application survey. *Water Res.* 2014 May;55:292-303;PMID: 24631878. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.02.032>.
- Nhat PT, Biec HN, Tuyet Mai NT, Thanh BX, Dan NP. Application of a partial nitrification and anammox system for the old landfill leachate treatment. *Int Biodeterior Biodegrad.* 2014 Nov;95:144-50;Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.05.025>.
- Li X, Huang Y, Wu C, Wang MK, Yuan Y. Effect of Fe<sup>2+</sup> and Fe<sup>3+</sup> on the activity of anammox. *Huan Jing Ke Xue.* 2014 Nov;35(11):4224-9.
- Tao Y, Gao DW, Fu YH, Wu WM, Ren NQ. Impact of reactor configuration on anammox process start-up: MBR versus SBR. *Bioresour Technol.* 2012 Jan 1;104:73-80;PMID: 22104096. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.10.052>.
- Lotti T, Kleerebezem R, van Loosdrecht MCM. Effect of temperature change on anammox activity. *Biotechnol Bioeng.* 2015 Jul 09;112(1):98-103;PMID: 25042674. Available from: <https://doi.org/10.1002/bit.25333>.
- Scaglione D, Rusalleda M, Ficara E, Balaguer MD, Colprim J. Response to high nitrite concentrations of anammox biomass from two SBR fed on synthetic wastewater and landfill leachate. *Chem Eng J.* 2012 Oct 15;209:62-8;Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.07.106>.
- Lotti T, van der Star WR, Kleerebezem R, Lubello C, van Loosdrecht MC. The effect of nitrite inhibition on the anammox process. *Water Res.* 2012 May 15;46(8):2559-69;PMID: 22424965. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.02.011>.
- Nhat PT. Research on application of partial nitrification process - anammox to treat nitrogen in old leachate [thesis] - HCM University of Technology; 2020.
- Ha LD, Nhat PT, Dan NP, Thanh BX, Van TTT, Minh BQ. Application of CANON process for nitrogen removal in the old municipal landfill leachate. CESE conference; 2018.
- Tâm VTT. Nghiên cứu làm giàu bùn anammox bằng công nghệ IC từ bùn hạt kỵ khí. Luận văn - Đại học Bách Khoa TP.HCM. 2021.
- Ngan BTK. Research on enrichment of CANON process sludge system on anaerobic granular sludge with old leachate; 2020.

# Enrichment of anammox sludge by using an Internal Circulation Reactor inoculated with anaerobic granular sludge and old landfill leachate

Vang Thi Thanh Tam<sup>1</sup>, Nguyen Phuoc Dan<sup>2,\*</sup>, Le Linh Thy<sup>3</sup>, Le Nguyen Thien Long<sup>1</sup>, Pham Thi Ngoc Anh<sup>1</sup>, Le Quang Do Thanh<sup>4</sup>, Tran Nguyen Trung Hieu<sup>1</sup>, Pham Thi Bich Tran<sup>1</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

<sup>1</sup>Faculty of Environment and Natural Resources, Ho Chi Minh City University of Technology, VNU-HCM, 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Viet Nam.

<sup>2</sup>Faculty of Civil Engineering, HCMUT, VNU-HCM, 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Viet Nam.

<sup>3</sup>Department of Environmental Health, Faculty of Public Health, University of Medicine and Pharmacy Ho Chi Minh City (UMP), 217 Hong Bang Street, District 5, Ho Chi Minh City, Viet Nam.

<sup>4</sup>Centre Asiatique de Recherche sur l'Eau (CARE), Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), VNU-HCM, 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Viet Nam.

## Correspondence

**Nguyen Phuoc Dan**, Faculty of Civil Engineering, HCMUT, VNU-HCM, 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Viet Nam.

Email: npdan@hcmut.edu.vn

## History

- Received: 24-02-2023
- Accepted: 05-6-2023
- Published: 30-6-2023

DOI : <https://doi.org/10.32508/stdjsee.v7i1.732>



## ABSTRACT

In recent years, anammox has not only economic benefits but also potential for wastewater treatment containing ammonium and low organic carbon. Along with breakthroughs ammonium treatment in the world, anammox process in internal circulation reactor (IC) is a new technology being researched and developed in high-load ammonium treatment. There In this study, an laboratory scale IC was used to enrich anammox sludge by seeding anaerobic granular sludge and feeding old leachate from the Go Cat municipal solid waste landfill. The seed sludge, which was anaerobic granular sludge taken from an UASB reactor of an industrial wastewater treatment plant was inoculated to IC at MLSS and MLVSS concentrations of 55.1 g.L<sup>-1</sup> and 45 g.L<sup>-1</sup>, respectively, equivalent to the MLVSS:MLSS ratio of 0.82. Since 80 days of operation, the sludge in the IC was divided into two separate zones: a granular zone at the IC bottom part and the floc zone in the upper part. The average total nitrogen (TN) removal efficiency was 45% at nitrogen loading rate 0.4 – 0.6 kg N. m<sup>-3</sup>.day. The SAA of floc sludge and granular sludge on day 61, increased 6 and 8 times compared to thosed on day 27. The study illustrated that the enrichment of anammox sludge took a long time and granulation in the IC reactor was an important operating factor for anammox growth.

**Key words:** anammox activity, IC, landfill leachate treatment, partial nitrification process

**Cite this article :** Tam V T T, Dan N P, Thy L L, Long L N T, Anh P T N, Thanh L Q D, Hieu T N T, Tran P T B. **Enrichment of anammox sludge by using an Internal Circulation Reactor inoculated with anaerobic granular sludge and old landfill leachate.** *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.*;2023, 7(1):683-690.