

Ứng dụng mô hình theo mẻ luân phiên CANON (CANON-SBR) xử lý ammonium nước rỉ rác cũ

Lê Thanh Sơn, Nguyễn Phước Dân*, Phan Thế Nhật, Lê Thị Minh Tâm, Trương Trần Nguyễn Sang, Lê Quang Đỗ Thành

TÓM TẮT

CANON (Completely Autotrophic Nitrogen-removal Over Nitrite) là quá trình sinh học kết hợp quá trình nitrit hóa và Anammox trong một bể phản ứng để khử ammonium. Nghiên cứu này sử dụng mô hình luân phiên theo mẻ (SBR) xử lý ammonium nước rỉ từ bãi chôn lấp rác sinh hoạt cũ. Thí nghiệm được tiến hành hai giai đoạn: (i) giai đoạn thích nghi sử dụng nước thải nhân tạo có nồng độ là 139 ± 9 mg/l, và (ii) ở giai đoạn vận hành, mô hình sử dụng nước rỉ lấy từ bãi chôn lấp Gò Cát đã đóng bãi từ năm 2007. Trong giai đoạn thích nghi, mô hình được vận hành ở tải trọng nitơ 0,2 kgN/m³.ngày, thời gian lưu nước là 0,6 ngày, pH từ 7,4 – 7,6 và DO được duy trì trong khoảng 0,1 – 0,2 mg/l. Sau 15 ngày vận hành, hiệu quả xử lý tổng nitơ trung bình đạt 72%. Sau đó, nước rỉ rác cũ có nồng độ 3.000 mgNH₄⁺-N/l và 100 mgTSS/l được châm vào mô hình CANON-SBR. DO và pH là hai thông số vận hành quan trọng để kiểm soát hiệu quả quá trình CANON. Với DO trong dãy 0,05 – 0,2 mg/l và pH từ 7,5 – 7,6, mô hình hoạt động ổn định với nước rỉ rác cũ, đạt hiệu suất xử lý tổng nitơ trên 93% và trên 40% với COD ở tải trọng NH₄⁺-N là 0,4 kgN/m³.ngày, tương ứng với thời gian lưu 7,43 ngày. Tổng nitơ trung bình cho mẻ cuối là 34 mg/l đạt cột B1 QCVN 25:2009/BTNMT (TN < 60 mg/l), trong đó thành phần nitrit và nitrat không phát hiện. Điều đó cho thấy có sự hiện diện của vi khuẩn khử nitrat trong sinh khối, đã khử nitrat sinh ra từ quá trình Anammox. Bùn hạt Anammox có màu đỏ sậm đã phát triển sau 20 ngày vận hành. Kích thước hạt Anammox trong khoảng 5 – 800 μm, trong đó 73% số hạt ở kích thước 20 – 200 μm. Kích thước trung bình hạt bùn là 97,57 μm.

Từ khóa: nước rỉ rác cũ, Anammox, quá trình CANON, ammonium, nitrit hóa bán phần.

Phòng Thí nghiệm Nghiên cứu về Nước Khu vực Châu Á, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Tp. HCM

Liên hệ

Nguyễn Phước Dân, Phòng Thí nghiệm Nghiên cứu về Nước Khu vực Châu Á, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Tp. HCM

Email: npdan@hcmut.edu.com

Lịch sử

- Ngày nhận: 08-4-2019
- Ngày chấp nhận: 30-5-2019
- Ngày đăng: 30-6-2019

DOI:

<https://doi.org/10.32508/stdjsec.v3i1.477>



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.



ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước rỉ rác là sản phẩm của quá trình phân hủy chất thải bởi quá trình lý, hóa và sinh học diễn ra trong bãi chôn lấp, chúng bao gồm chất lỏng đi vào bãi chôn lấp từ các nguồn bên ngoài như nước mặt, nước mưa, nước ngầm và chất lỏng tạo thành trong quá trình phân hủy các chất thải. Vì vậy, nước rỉ chứa hàm lượng cao các hợp chất hữu cơ, nitơ, photpho, muối khoáng và các kim loại như Ca, Mg, Fe, v.v... Nước rỉ từ bãi chôn lấp cũ sau khi ngưng hoạt động vài năm có hàm lượng COD không phân hủy sinh học (nbCOD) và tổng nitơ (TN) cao. Ammonia là thành phần chủ yếu của TN do quá trình phân hủy hoàn toàn chất hữu cơ. Biéc và cộng sự (2013), Ganigue và cộng sự (2009) cho thấy hàm lượng ammonia trong nước rỉ của bãi chôn lấp cũ có thể lên đến 3800 mg/l, cao hơn nhiều so với quy chuẩn xả thải cột B1, QCVN 25:2009/BTNMT (60 mg/l), vì vậy việc xử lý nitơ là cần thiết¹⁻³.

Cho đến nay, các công nghệ xử lý nitơ cho nước rỉ rác thường được áp dụng ở Việt Nam và trên thế giới bao gồm: phương pháp tách khí (air stripping) và xử lý sinh

học bùn hoạt tính hoặc bùn bám dính nitrat hóa kết hợp khử nitrat.

Phương pháp tách khí NH₃ đòi hỏi tạo môi trường pH cao (>10) và pha khí ô nhiễm phải được xử lý bằng H₂SO₄ hoặc HCl. Nhược điểm khác của phương pháp này là hiện tượng kết tủa vôi và sắt do điều chỉnh pH cao, gây lắng cặn và đóng cặn trong đường ống và mau hỏng thiết bị, đồng thời vấn đề sủi bọt đòi hỏi sử dụng tháp tách khí có kích thước lớn⁴. Mặt khác, nước rỉ rác cũ có độ kiềm cao tạo hệ thống tính đệm mạnh, sự thay đổi pH trước và sau tách khí sẽ tiêu tốn một hàm lượng kiềm và axit lớn⁴.

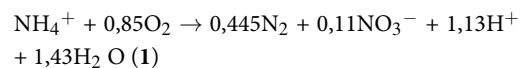
Theo Khin và Annachhatre (2004), có một số vấn đề xảy ra khi quá trình nitrat hóa/khử nitrat hóa thông thường được sử dụng để xử lý nước rỉ rác có nồng độ ammonia cao và hàm lượng chất hữu cơ dễ phân hủy sinh thấp (tỉ lệ C/N thấp) như: hiệu quả loại bỏ tổng nitơ thấp, chi phí vận hành cao vì tiêu tốn năng lượng sục khí cho quá trình nitrat hóa và cần một nguồn cacbon bên ngoài (như methanol, acid acetic) cho quá trình khử nitrat, và quá trình vận hành không ổn định⁵.

Trích dẫn bài báo này: Sơn L T, Dân N P, Nhật P T, Minh Tâm L T, Nguyễn Sang T T, Đỗ Thành L Q. **Ứng dụng mô hình theo mẻ luân phiên CANON (CANON-SBR) xử lý ammonium nước rỉ rác cũ.** *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.*; 3(1):46-55.

Quá trình Anammox (Anaerobic Ammonium Oxidation) được công nhận qua nghiên cứu của Strous và cộng sự (1998)⁶. Trong quá trình này, ammonium kết hợp với nitrit và xem nitrit như là chất nhận điện tử với tỉ lệ tương ứng là 1,0:1,32 để tạo thành khí nitơ. 89% nitơ ($\text{NH}_4^+ -\text{N}$ và $\text{NO}_2^- -\text{N}$) được chuyển thành N_2 , 11% còn lại được sử dụng cho nhu cầu tổng hợp tế bào mới. Phương trình sau thể hiện phản ứng tổng hợp tạo khí N_2 và tế bào mới⁶. Ưu điểm đáng quan tâm nhất của công nghệ Anammox so với công nghệ nitrat hóa-khử nitrat truyền thống đó là không cần bổ sung nguồn cacbon hữu cơ từ bên ngoài và nhu cầu oxy cho quá trình nitrat hóa bán phần thấp^{7,8}. Do vi khuẩn Anammox có tốc độ sinh trưởng thấp, khoảng 0,11gVSS/g $\text{NH}_4^+ -\text{N}$, nên thời gian lưu bùn ở các bể phản ứng sử dụng quá trình này phải dài để duy trì nồng độ sinh khối cao trong hệ thống, đặc biệt là trong giai đoạn làm giàu sinh khối^{7,9}.

Các quá trình nitrit hóa bán phần (AOB) và Anammox kết hợp trong một bậc bùn đã được nghiên cứu rộng rãi để xử lý nước thải giàu nitơ. Các quá trình này có thể kể đến như quá trình SNAP, kết hợp nitrat hóa bán phần và Anammox có giá thể trong một bể phản ứng, quá trình SNAD, kết hợp nitrat hóa, Anammox bán phần và khử nitrat (SNAD); quá trình CANON, khử nitơ tự dưỡng thông qua nitrit; quá trình OLAND, nitrit hóa-khử nitrit tự dưỡng có giá thể sinh học trong điều kiện giới hạn oxy (OLAND)¹⁰⁻¹⁴. Trong quá trình CANON, hai nhóm vi khuẩn tự dưỡng là vi khuẩn oxy hóa ammonia (AOB) và Anammox ở dạng bông bùn và hạt phát triển trong cùng một bể phản ứng^{15,16}.

Phương trình tổng hợp của toàn bộ quá trình CANON như sau^{17,18}:



Quá trình CANON-SBR bao gồm bể phản ứng theo mẻ luân phiên kết hợp sử dụng sinh khối lơ lửng (bông bùn sinh học, *bioflocs*) và bám dính (màng sinh học, *biofilm*) nhằm khắc phục sự rửa trôi của các vi khuẩn sinh trưởng chậm, như AOB và Anammox^{13,18-20}. Nước thải chăn nuôi heo được xử lý bằng CANON – SBR trong điều kiện kỵ khí ở quy mô phòng thí nghiệm đã loại bỏ 75% nitơ với tải trọng nitơ (NLR) đầu vào 0,46 kgN/ l.ngày trong điều kiện oxy hòa tan (DO) thấp (0,2 – 0,4 mg/ l)¹⁹. Tốc độ sinh trưởng chậm và sản lượng sinh khối là những thách thức khi ứng dụng thực tế của quá trình khử nitơ⁶. Việc kiểm soát nghiêm ngặt nồng độ DO ở ngưỡng thấp là yêu cầu quan trọng của quá trình CANON để hạn chế sự phát triển của vi khuẩn tự dưỡng oxy hóa nitrit (NOB) và thúc đẩy sự phát triển vi khuẩn Anammox cùng sống chung trong bể phản ứng²¹.

Vy và cộng sự (2018) đã sử dụng bể sinh học CANON khuấy trộn dòng chảy liên tục xử lý nitơ nước thải chăn nuôi đã qua tiền xử lý COD bằng bể kỵ khí biogas²². Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả khử nitơ đạt ổn định ở tải trọng 0,95 kgN/m³.ngày. Điều kiện vận hành quan trọng để đạt hiệu quả ổn định là sục khí gián đoạn nhằm kiểm soát hàm lượng DO thấp (0,1 – 0,2 mg/ l) và điều chỉnh độ kiềm đạt giá trị pH 7,6 – 7,8. Cho đến nay ở Việt Nam, chưa có ứng dụng nghiên cứu công nghệ CANON theo mẻ (CANON-SBR) xử lý nước rỉ cũ của bãi chôn lấp rác sinh hoạt. Mục tiêu nghiên cứu này ứng dụng bể sinh học CANON theo mẻ để đánh giá hiệu quả khử nitơ cho nước rỉ cũ.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Mô hình nghiên cứu

Mô hình nghiên cứu (Hình 1) được làm bằng nhựa mica hình trụ, có kích thước $D \times H = 305 \times 610$ mm, chiều cao làm việc 540 mm với tổng thể tích 44,5 l và thể tích hữu ích là 34,4 l. Nước thải được bơm vào bể bằng bơm WP01 và hoạt động theo chế độ cài đặt thời gian (điều khiển tự động bằng PLC). pH và DO được kiểm soát tự động theo ngưỡng giá trị lần lượt là $7,5 \pm 0,1$ và 0,1 – 0,2 mg/ l bằng pH và DO controller. Giá trị này được lựa chọn dựa trên nghiên cứu của Vy và cộng sự (2018)²² sử dụng quá trình CANON xử lý nước thải chăn nuôi. Dung dịch HCl 3% được sử dụng để điều chỉnh pH. DO được thay đổi bằng cách điều chỉnh tần số (biến tần) của máy thổi khí. DO được cài đặt ở ngưỡng 0,2 mg/l ở pha thổi khí của mỗi mẻ. Khi DO cao hơn 0,2 mg/ l, máy thổi khí tắt, DO thấp hơn 0,1 mg/ l, máy thổi khí tự động mở. Sau pha thổi khí, pha lắng được thực hiện trong 40 phút và sau đó tiến hành pha rút nước bằng cách xả lớp nước phía trên bằng van selenoid đến khi mực nước chạm đầu que điện cực đặt phía trên lớp bùn lắng khoảng 2 – 3 cm), van tự đóng lại.

Nước thải thử nghiệm

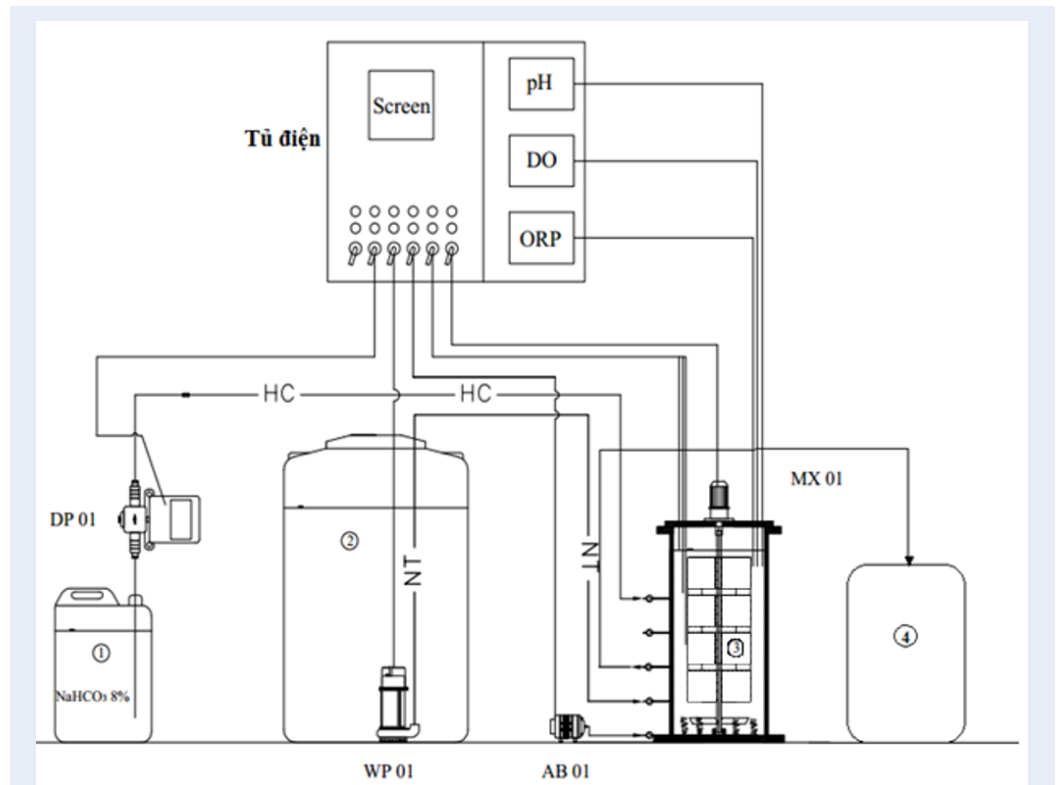
Nước thải sử dụng trong nghiên cứu gồm nước thải nhân tạo và nước rỉ rác cũ lấy từ bãi chôn lấp rác sinh hoạt Gò Cát, đã được đóng bãi từ năm 2007, với thành phần được trình bày trong Bảng 1.

Bùn nuôi cấy

Bùn sinh học sử dụng trong bể sinh học CANON được lấy từ nghiên cứu “Ứng dụng quá trình OLAND nitrit hóa bán phần – Anammox sử dụng giá thể sinh học quay để xử lý nước thải cao su” với lượng bùn đạt 6100 ± 450 mg MLVSS/l¹⁴. Bùn nuôi cấy ban đầu có các hoạt tính bao gồm: hoạt tính AOB (0,77

Bảng 1: Thành phần và tính chất nước thải thử nghiệm

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nước rỉ rác cũ	Nước thải nhân tạo
COD	mg/l	350	10
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	3000	150
NO ₂ ⁻ -N	mg/l	31	0
NO ₃ ⁻ -N	mg/l	15	0
TSS	mg/l	100	0
pH	-	8,2 – 8,7	7,5 ± 0,1



Hình 1: Mô hình bể sinh học theo mẻ CANON-SBR.

1. Thùng chứa dung dịch NaHCO₃ 8%
2. Bồn chứa nước thải 1000 lít
3. Bể phản ứng
4. Thùng chứa nước đầu ra

gN/gVSS.ngày), hoạt tính NOB (0,08 gN/gVSS.ngày) và hoạt tính Anammox (0,86 gN₂ -N/gVSS.ngày).

Học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh.

Điều kiện vận hành

Các thông số vận hành của mô hình CANON-SBR được trình bày ở **Bảng 2**. Nội dung nghiên cứu gồm giai đoạn thích nghi bằng nước thải nhân tạo và giai đoạn vận hành với nước rỉ rác cũ. Mô hình đặt tại sân mô hình tại Phòng Thí nghiệm Nghiên cứu Nước Khu vực Châu Á (CARE), Trường Đại học Bách Khoa, Đại

Phương pháp phân tích

Tất cả các thông số phân tích trong thí nghiệm này được thực hiện theo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater²³. Các phương pháp phân tích thể hiện trong **Bảng 3**.

Bảng 2: Thông số vận hành bể sinh học CANON-SBR

Thông số	Đơn vị	Nước thải nhân tạo	Nước rỉ rác cũ
Nhiệt độ	° C	25 – 32	25 – 32
DO	mg/l	< 0,2	< 0,2
pH	-	7,5 – 7,6	7,5 – 7,6
Thể tích nước nạp	l/mê	15	15
Thời gian lưu nước	ngày	0,6	7,4
Tải trọng nitơ	kgN/m ³ .ngày	0,2	0,4

Bảng 3: Phương pháp phân tích

Chỉ tiêu	Phương pháp	Thiết bị	Độ chính xác
NH ₄ ⁺ -N, mg/l	Marcro – Kjeldahl	Chứng cất Kjeldahl	± 0,01
NO ₂ ⁻ -N, mg/l	Phương pháp so màu ở 4500 NO ₂ ⁻ WWA	Máy HACH DR/2010	± 0,01
NO ₃ ⁻ -N, mg/l	Đun và so màu theo TCVN 4562 – 1988 ²⁴	Máy HACH DR/2010	± 0,01
Độ kiềm, CaCO ₃ mg/l	Chuẩn độ	Buret	± 2
MLSS, mg/l	Sấy 100 – 105°C	Tủ sấy WTB Binder	± 10
MLVSS, mg/l	Nung 550°C	Tủ nung Memmert	± 10
COD, mg/l	Định phân, hoàn lưu kín	Tủ nung COD WTB Binder	± 14

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Giai đoạn thích nghi

Sự biến thiên nồng độ nitơ và hiệu suất xử lý nitơ trong giai đoạn thích nghi thể hiện ở **Hình 2**. Giai đoạn thích nghi sử dụng nước thải nhân tạo, có 139 ± 9 mg NH₄⁺ -N/ l, trong 15 ngày với tải trọng nitơ 0,2 kgN/ m³.ngày, thời gian lưu nước là 0,6 ngày và DO trong bể sinh học được duy trì dưới 0,2 mg/l.

Trong 4 ngày đầu (**Hình 2**), hiệu quả xử lý tổng nitơ còn thấp, đạt 20 – 35%. Điều này có thể do lượng kiềm trong nước thải nhân tạo chưa đủ, mặc dù độ kiềm đầu ra đạt khoảng 400 mg CaCO₃/l. Từ ngày 5, lượng kiềm được châm thêm vào mô hình, độ kiềm đầu ra đạt khoảng 850 – 1000 mg CaCO₃/l, tương ứng với pH dòng ra đạt 7,5 – 7,6 (**Hình 3**), hiệu quả xử lý tổng nitơ của mô hình đạt 59 – 75%.

Nồng độ NO₂⁻ -N và NO₃⁻ -N của dòng ra lần lượt 1,6 ± 0,9 mg/l và 24 ± 4,1 mg/l, trong khi nitrit và nitrat của nước thải nhân tạo không có. Nồng độ NO₂⁻ -N sinh ra bằng 2% NH₄⁺ -N loại bỏ, nồng độ NO₃⁻ -N sinh ra bằng 24% NH₄⁺ -N loại bỏ. Dựa theo khối lượng sản sinh trong ngày, lượng nitrat tạo ra ổn định, đạt khoảng 200 – 300 mg/ ngày, thấp hơn mức lý thuyết (1680 mg/ ngày) của phương trình đẳng lượng (1). Điều này chứng tỏ trong mô hình CANON-SBR tồn tại vi khuẩn khử nitrat (denitrifiers), là vi khuẩn kỵ khí dị dưỡng, sử dụng chất hữu cơ, chất nhận điện

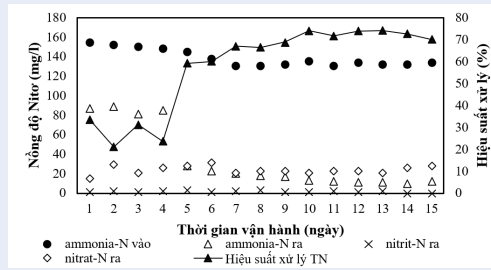
tử, sinh ra từ quá trình phân hủy nội bào các tế bào vi khuẩn chết trong bùn để khử nitrat (chất cho điện tử) thành khí nitơ. Sau 15 ngày vận hành thích nghi, hiệu quả khử TN đạt trung bình khoảng 72%.

Vận hành nước rỉ rác cũ

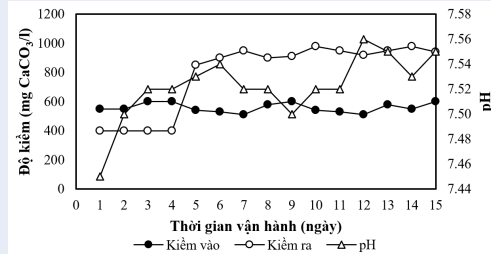
Sau 15 ngày thích nghi bùn, mô hình tiếp tục được vận hành theo mẻ luân phiên với nước rỉ rác cũ khoảng 30 ngày, gồm 5 mẻ, mỗi mẻ có pha phản ứng kéo dài khoảng 5 ngày, DO được duy trì dưới 0,2 mg/ l và nồng độ NH₄⁺ -N của nước rỉ rác cũ dòng vào là 3000 mg/l, không có NO₂⁻ -N và NO₃⁻ -N.

Trong 5 ngày đầu (mê 1) do mô hình mới thích nghi với nước rỉ rác nên hiệu suất xử lý tổng nitơ không cao, đạt 55% (**Hình 4**) với tổng nitơ 1350 mg/ l và nồng độ NO₂⁻ -N và NO₃⁻ -N sinh ra trong mô hình cao, đạt 109 mg NO₂⁻ -N/l và 65 mg NO₃⁻ -N/ l (**Hình 5**). Từ ngày 16 (mê 4) khi mô hình hoạt động ổn định, hiệu suất xử lý tổng nitơ 3 mẻ cuối đều đạt trên 92% (hình 4) với tổng nitơ từ 30 – 240 mg/ l. Nồng độ NO₂⁻ -N và NO₃⁻ -N giảm xuống còn 4 mg NO₂⁻ -N/l và 11 mgNO₃⁻ -N/ l (mê 4) và không phát hiện ở mê 5 và 6.

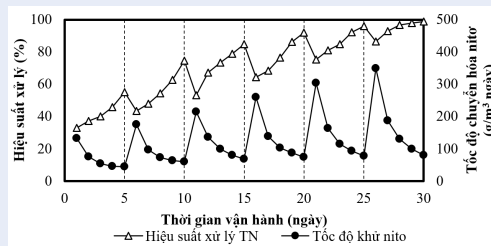
Hoạt động chuyển hóa nitơ trong mô hình diễn ra mạnh mẽ ở ngày đầu tiên với tốc độ chuyển hóa nitơ của mỗi mẻ từ 130 – 350 g/m³.ngày sau đó giảm dần theo thời gian, đến ngày cuối tốc độ chuyển hóa nitơ còn 44 – 80 g/m³.ngày (**Hình 4**).



Hình 2: Nồng độ và hiệu suất xử lý nitơ trong giai đoạn thích nghi bùn.



Hình 3: Biến thiên độ kiềm và pH trong giai đoạn thích nghi.

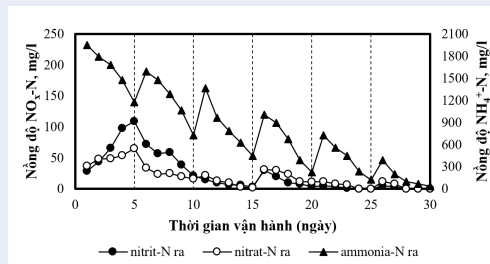


Hình 4: Hiệu suất và tốc độ khử nitơ trong giai đoạn xử lý nước rỉ rác.

Hoạt tính bùn Anammox lấy từ bùn lơ lửng trong mô hình CANON-SBR có khả năng chuyển hóa 0,24 g NH₄⁺-N/gVSS.ngày và 0,22 gNO₂⁻-N/gVSS.ngày. Hoạt tính AOB có khả năng chuyển hóa 0,69 g NO₂⁻-N/gVSS.ngày và 0,31 g NO₃⁻-N/gVSS.ngày.

Bảng 4 cho thấy hiệu suất xử lý tổng nitơ trong nghiên cứu này có kết quả tương đương với Third và cộng sự (2001) sử dụng nước thải nhân tạo, nhưng tốc độ khử TN lại cao hơn lại cao hơn²⁵. Trong khi đó nếu so sánh với nghiên cứu của Vy và cộng sự (2018) thực hiện trên nước thải chăn nuôi qua xử lý kỵ khí, tốc độ khử nitơ trung bình của nghiên cứu trên nước rỉ cũ thấp hơn²². Điều này có thể là do nước rỉ có nhiều thành phần khác gây ức chế tốc độ phản ứng của vi khuẩn AOB và Anammox như hàm lượng muối cao và ammonia cao hơn nhiều so với nước thải chăn nuôi.

Hình 5 cho thấy hàm lượng NH₄⁺-N ở mẻ 5 và 6 lần lượt là 123 mg/l và 34 mg/l, trong khi đó hàm lượng NO₂⁻-N và NO₃⁻-N dưới ngưỡng phát hiện. Như vậy, nồng độ TN dòng ra ở mẻ 6 đạt cột B1, QCVN 25:2009/BTNMT (BTNMT, 2019) (TN ≤ 60 mg/l), quy chuẩn xả thải cho nước rỉ bãi chôn lấp³. Hiệu suất xử lý của tổng nitơ ở mẻ thứ 5 và 6 lần lượt là 96% và 99% ở tải trọng 0,4 kgN/m³.ngày. Việc tăng hiệu suất xử lý ở các mẻ cuối có thể do lượng sinh khối Anammox và AOB phát triển nhanh trên giá thể. Với lượng sinh khối tăng, mô hình CANON-SBR có thể tăng tải lên cao hơn trọng 0,4 kgN/m³.ngày hoặc giảm thời gian lưu nước dưới 7 ngày. Như nghiên cứu của Slieker (2003) sử dụng bể CANON với nước thải nhân tạo đạt hiệu suất 42% ở tải trọng nitơ lên đến 3,7 kgN/m³.ngày²⁶. Tuy nhiên do giới hạn thời gian, thí nghiệm này đã kết thúc ở mẻ 6.



Hình 5: Nồng độ các thành phần nitơ trong giai đoạn xử lý nước rỉ rác.

Bảng 4: So sánh hiệu suất xử lý nitơ và tốc độ khử tổng nitơ trung bình với các nghiên cứu khác

Đầu vào	Bể phản ứng	Tải trọng nitơ(kgN/m ³ .ngày)	Hiệu suất (%)	Tốc độ khử TN(kgN/m ³ .ngày)	Tài liệu tham khảo
Nước rỉ rác cũ	Nghiên cứu này	0,4	93 – 99	0,39	
Nước thải nhân tạo	CANON-SBR	0,13	92	0,12	24
Nước thải chăn nuôi	CANON-CSTR	3,70	88	3,26	22

Nồng độ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ dòng ra ở mẻ cuối không phát hiện. Như vậy, lượng nitrat hình thành từ quá trình Anammox ($0,13 \text{ mgNO}_3^- - \text{N}$ sinh ra từ $1 \text{ mg NH}_4^+ - \text{N}$ bị loại bỏ) đã được vi khuẩn khử nitrat cùng tồn tại trong mô hình CANON-SBR chuyển hóa nitrat thành khí nitơ.

Hình 6 cho thấy sự thay đổi COD theo thời gian vận hành. Hiệu suất xử lý COD (**Hình 6**) của mô hình đạt từ 40 – 46% với giá trị COD đầu ra từ 180 – 210 mg/l, điều này chỉ ra có sự hiện diện của vi khuẩn khử nitrat tiêu thụ COD và nitrat. Do nước thải cấp vào là nước rỉ rác cũ, nên thành phần COD chủ yếu là COD khó (*slowly biodegradable COD*) hoặc không phân hủy sinh học (*non-biodegradable COD*).

Kích thước hạt bùn của CANON-SBR

Trong mô hình bùn hạt Anammox có màu đỏ thẫm hoặc nâu đỏ, hình dạng không cố định, không có một kích thước nhất định (**Hình 7**). Cấu trúc hạt đặc chắc khác với kết cấu bông bùn. **Hình 8** cho thấy bùn hạt Anammox có hình bầu dục, bề mặt gồ ghề. Kích thước bùn hạt Anammox trong khoảng từ 5 – 800 μm , trong đó số hạt có kích thước < 20 μm chiếm 12%, từ 20 – 200 μm chiếm khoảng 73% và hạt có kích 200 – 800 μm chiếm 15% (**Hình 9**). Hạt có kích thước lớn hơn 200 μm chỉ chiếm 15 % về số lượng, đây là một tỷ lệ khá thấp so với các hạt kích thước nhỏ hơn. Có thể do chế độ thủy lực là khuấy trộn hoàn toàn, nên việc tạo ra các hạt lớn khó hình thành. Kích thước trung

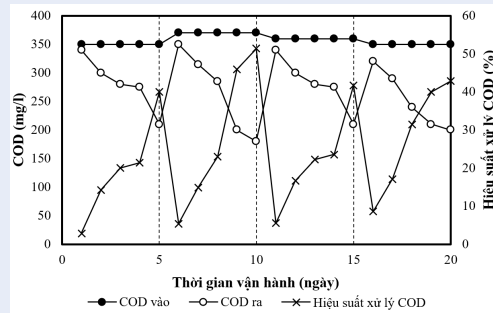
bình hạt bùn là 97,57 μm . Kích thước trung vị là 52,79 μm . Độ lệch chuẩn là 119,26 μm .

KẾT LUẬN

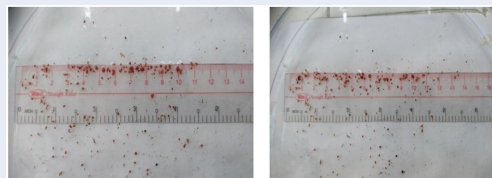
Nghiên cứu đã xác định DO từ 0,05 – 0,2 mg/l và pH từ 7,5 – 7,6 là phù hợp cho quá trình nitrit hóa bán phần. Hiệu suất xử lý tổng nitơ đối với nước rỉ rác cũ loại bỏ 83% tổng nitơ và trên 40% COD được xử lý ở thời gian phản ứng 119 giờ, tương ứng với tải trọng tải trọng 0,4 kgN/m³.ngày. Bùn hạt Anammox đã phát triển sau 20 ngày vận hành và hạt có kích thước 20 – 200 μm chiếm đa số.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

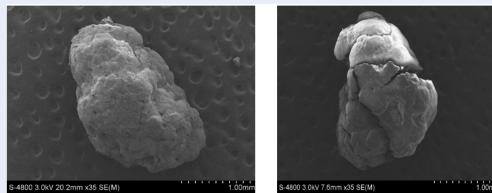
- Anammox:** Anaerobic Ammonium Oxidation (Oxy hóa ammonium kỵ khí)
- AOB:** Ammonium Oxidation Bacteria (Vi khuẩn oxy hóa ammonium thành nitrit)
- BTNMT:** Bộ Tài nguyên và Môi trường
- CANON:** Completely Autotrophic Nitrogen Removal Over Nitrite (Quá trình khử nitrogen tự dưỡng hoàn toàn dựa trên nitrit)
- COD:** Chemical Oxygen Demand (Nhu cầu oxy hóa học)
- CSTR:** continuous stirred tank reactor (Bể phản ứng xáo trộn dòng chảy liên tục)
- DO:** Dissolve Oxygen (Oxy hòa tan)
- MLSS:** Mixed Liquor Suspended Solids (Nồng độ chất rắn lơ lửng hòa tan)



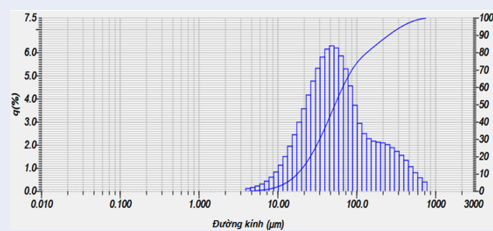
Hình 6: Nồng độ và hiệu suất xử lý COD trong giai đoạn xử lý nước rỉ rác.



Hình 7: Bùn hạt Anammox quan sát bằng mắt thường.



Hình 8: Bùn hạt Anammox chụp bằng máy SEM.



Hình 9: Đồ thị phân bố kích thước hạt đo bằng máy đo HORIBA. Ghi chú: q%: phần trăm phân bố hạt theo kích thước

MLVSS: Mixed Liquor Volatile Suspended Solid (Nồng độ chất rắn lơ lửng bay hơi)

nbCOD: non-biodegradable Chemical Oxygen Demand (Nhu cầu oxy hóa học không phân hủy sinh học)

NH₄⁺ -N: Ammonium Nitrogen (Ammoni tính theo nitơ)

NO₂⁻ -N: Nitrite Nitrogen (Nitrit tính theo nitơ)

NO₃⁻ -N: Nitrate Nitrogen (Nitrat tính theo nitơ)

NOB: Nitrite Oxidation Bacteria (Vi khuẩn oxy hóa nitrit)

OLAND: Oxygen - Limited Autotrophic Nitrification - Denitrification (Quá trình nitrit hóa, khử nitrit tự dưỡng trong điều kiện giới hạn oxy)

SBR: Sequencing Batch Reactor (Bể phản ứng luân phiên theo mẻ)

SNAD: Single Stage Nitrogen Removal using Anammox, Partial Nitrification and Denitrification (Quá trình loại bỏ nitơ kết hợp nitrat hóa bán phần – Anammox và khử nitrat trong cùng một bể phản ứng)

SNAP: Single Stage Nitrogen Removal using Anammox and Partial Nitrification (Quá trình loại bỏ nitơ kết hợp nitrat hóa bán phần – Anammox trong cùng một bể phản ứng)

TN: Total nitrogen (Tổng nitơ)

TSS: Total Suspended Solid (Tổng chất rắn lơ lửng)

VSS: Volatile Suspended Solid (Chất rắn lơ lửng bay hơi)

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả cam đoan rằng không có xung đột lợi ích trong công bố bài báo “ Ứng dụng mô hình theo mẻ luân phiên CANON (CANON-SBR) xử lý ammonium nước rỉ rác cũ”.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Tác giả Lê Thanh Sơn, Nguyễn Phước Dân, Trương Trần Nguyễn Sang và Lê Quang Đỗ Thành phân tích giải thích dữ liệu và viết bài báo.

Tác giả Phan Thế Nhật, Lê Thị Minh Tâm và Lê Thanh Sơn vận hành mô hình, lấy mẫu, xử lý và phân tích mẫu tại Phòng thí nghiệm.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn ĐH Quốc Gia TP.HCM đã tài trợ kinh phí cho đề tài này thông qua hợp đồng số B2016 – 20 – 06.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Biếc HN. Nghiên cứu quá trình nitrit hóa bán phần sử dụng công nghệ SBR để xử lý nước rỉ rác cũ. Luận văn Thạc sĩ, Trường ĐH Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. HCM; 2013; 2013.

2. Ganigue R, Gabarro J, Sanchez-Melsio A, Rusalleda M, Lopez H, Vila X. Long-term operation of a partial pilot plant treating leachate with extremel high ammonium concentration prior to an Anammox process. *Bioresour Technol.* 2009;100:5624–5632.
3. Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về nước thải của Bãi chôn lấp Chất thải rắn, QCVN 25: 2009/BTNMT. Bộ Tài nguyên Môi trường; 2009.
4. Li XZ, Zhao QL, Hao XD. Ammonium removal from landfill leachate by chemical precipitation *Waste management.* 1999;19(6):409–415.
5. Khin T, Annachhatre AP. Novel microbial nitrogen removal processes. *Biotechnology advances.* 2004;22(7):519–532.
6. Strous M, Heijnen JJ, Kuenen JG, Jetten M. The sequencing batchreactor as a powerful tool for the study of slowly growing anaerobic ammoniumoxidizing microorganisms. *App Microbiol Biotechnol.* 1998;50:589–596.
7. Jetten M, Strous M, Passchoonen KTVD, Schalk J, Dongen UV, Graaf AAVD, et al. The anaerobic oxidation of ammonium. *FEMS Microbiol.* 1999;22:421–437.
8. Dongen LV, Jetten M, Loosdrecht MV. The SHARON - Anammox process for treatment of ammonium rich wastewater. *Water Science & Technology.* 2001;44(1):153–160.
9. Fux C, Boehler M, Huber P, Brunner I, Siegrist H. Biological treatment of ammonium - rich wastewater by partial nitrification and subsequent anaerobic ammonium oxidation (Anammox) in a pilot plant. *J Biotechnol.* 2002;99:295–306.
10. Furukawa K, Kieu PK, Tokitoh T, Fujii T. Development of single-stage nitrogen removal using Anammox and partial nitrification (SNAP) and its treatment performances. *Water Science and Technology.* 2006;53(83).
11. Chen H, Liu S, Yang F, Xue Y, Wang T. The development of simultaneous partial nitrification, ANAMMOX and denitrification (SNAD) process in a single reactor for nitrogen removal. *Bioresource Technology.* 2009;100:1548–1554.
12. Wang CC, Lee PH, Kumar M, Huang YT, Sung S, Lin JG. Simultaneous partial nitrification, anaerobic ammonium oxidation and denitrification (SNAD) in a full-scale landfill-leachate treatment plant. *J Hazard Mater.* 2010;175:622–628.
13. Vzquez-Padn J, Corral AM, Campos JL, Mndez R, Revsbech NP. Microbial Community Distribution and Activity Dynamics Of Granular Biomass In A Canon Reactor. *Water Research.* 2010;44:4359–4370.
14. Liu T, Li D, Zhang J, Lv Y, Quan X. Effect of temperature on functional bacterial abundance and community structure in CANON process. *Biochem Eng J.* 2016;105:306–313.
15. Hien NN, Tuan DV, Nhat PT, Van T, Tam NV, Que N, et al. Application of Oxygen Limited Autotrophic Nitrification/Denitrification (OLAND) for anaerobic latex processing wastewater treatment. *International Biodeterioration & Biodegradation;* 2017. 2017;124:45–55.
16. Zhang X, Zhang N, Fu H, Chen T, Liu S, Zheng S, et al. Effect of zinc oxide nanoparticles on nitrogen removal, microbial activity and microbial community of CANON process in a membrane bioreactor. *Bioresour.* 2017;243:93–99. *Technol.*
17. Qiao S, Tian T, Duan X, Zhou J, Cheng Y. Novel single-stage autotrophic nitrogen removal via co immobilizing partial nitrifying and Anammox biomass. *Chem Eng J.* 2013;230:19–26.
18. z Breisha G, Winter J. Bio-removal of nitrogen from wastewaters - A review. *Journal of American Science.* 2010;6:508–528.
19. Figueroa M, Vzquez-Padn JR, Mosquera-Corral A, Campos JL, Mndez R. Is the CANON reactor an alternative for nitrogen removal from pre-treated swine slurry? *Biochemical Engineering Journal.* 2010;65:23–29.
20. Nielsen M, Bollmann A, Sliemers O, Jetten M, Schmid M, Strous M, et al. Kinetics, diffusional limitation and microscale distribution of chemistry and organisms in a CANON reactor. *FEMS Microbiol Ecol.* 2005;51:247–256.
21. Egli K, Fanger U, Alvarez P, Siegrist H, Meer JRVD, Zehnder A. Enrichment and characterization of an Anammox bacterium from a rotating biological contactor treating ammonium-rich leachate. *Archives of Microbiology.* 2001;175:198–207.

22. Vy HT, Dan NP, Nhat PT, Ha LD, Van T, An HK, et al. Application of CANON process for nitrogen removal from anaerobically pretreated husbandry wastewater. *International Biodegradation & Biodegradation*. 2019;136:15–23.
23. Apha A, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, DC, USA; 1999. In: ASSOCIATION, A. P. H. (ed.).
24. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4562:1988 về Nước thải – Phương pháp xác định hàm lượng nitrat.
25. Third KA, Sliekers O, Kuenen A, Jetten JG, M. The CANON System (Completely Autotrophic Nitrogen-removal Over Nitrite) under Ammonium Limitation: Interaction and Competition between Three Groups of Bacteria System. *Appl Microbiol*. 2001;24:588–596.
26. Sliekers AO, Derwort N, Gomez J, Strous M, Kuenen JG, Jetten M. Completely autotrophic nitrogen removal over nitrite in one single reactor. *Water Res*. 2002;36:2475–2482.

Application of CANON-SBR process for ammonium removal from old municipal old landfill leachate

Son Le Thanh, Dan Nguyen Phuoc*, Nhat Phan The, Tam Le Thi Minh, Sang Truong Tran Nguyen, Thanh Le Quang Do

ABSTRACT

CANON (Completely Autotrophic Nitrogen-removal Over Nitrite) is the process combined Partial Nitrification and Anammox in a single reactor to remove ammonium from wastewater. This study used a lab-scale SBR Sequencing Batch Reactor for CANON process (CANON-SBR) to treat ammonium from old municipal solid waste landfill leachate. The reactor was run at two phases: (i) In adaptation phase, the synthetic wastewater containing 139 ± 9 mg/l as NH_4^+ -N was fed into the reactor, and (ii) In operation phase, the reactor was fed with leachate taken from the Go Cat municipal landfill which was closed since 2007. The reactor was run at ammonium loading rate of 0.2 kgN/m³.day and HRT of 0.6 day in the adaptation phase. pH and DO values in the reactor were controlled in the ranges of 7.4 – 7.6 and 0.1 – 0.2 mg/l, respectively. After 15 days of adaptation, total nitrogen removal of 72% was obtained. Then, the leachate containing 3,000 mg/l NH_4^+ -N and 100 mg/l TSS was fed into the SBR.

DO and pH were the key operation parameters for CANON process control. CANON-SBR obtained stable treatment efficiency at DO ranging from 0.05-0.2 mg/l and pH values of 7.5 – 7.6. The obtained TN and COD removals were above 93% and 40%, respectively, when SBR was run at nitrogen loading rate of 0.4 kgN/m³.day and HRT of 7.43 day. TN concentration of the final batch was 34 mg/l that is met with column B1 QCVN 25:2009/BTNMT (TN < 60 mg/l), while nitrite and nitrate were not detected in the supernatant. This shows that co-existence of denitrifiers which consume nitrate produced from Anammox was available in biomass of the reactor. Numerous Anammox granules in dark red color happened after 20 days of running with leachate. Size of Anammox granules ranged from 5 - 800 μm , among that 73% of granule with size of 20 - 200 μm . The average granule diameter was 97.57 μm .

Key words: old landfill leachate, Anammox, CANON process, ammonium, partial nitrification

Centre Asiatique de Recherche sur L'Eau (CARE), Ho Chi Minh City University of Technology, VNU-HCM

Correspondence

Dan Nguyen Phuoc, Centre Asiatique de Recherche sur L'Eau (CARE), Ho Chi Minh City University of Technology, VNU-HCM

Email: npdan@hcmut.edu.vn

History

- Received: 08-4-2019
- Accepted: 30-5-2019
- Published: 30-6-2019

DOI :

<https://doi.org/10.32508/stdjsee.v3i1.477>



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Thanh S L, Do T L Q, Nguyen S T T, Minh T L T, The N P, Phuoc D N. **Application of CANON-SBR process for ammonium removal from old municipal old landfill leachate.** *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.*; 3(1):46-55.