

## RESEACH THE ABLILTY OF SWINE FARM WASTEWATER TREATMENT TREATED BY BIOGAS BY HORIZONTAL SUB SURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLAND PILOT MODEL IN THAI NGUYEN PROVINCE

Vi Thi Mai Huong\*, Hoang Le Phuong

TNU - University of Technology

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><b>Received:</b></p> <p><b>Revised:</b></p> <p><b>Published:</b></p> <p><b>KEYWORDS</b></p> <p>Constructed wetlands</p> <p>Swine farm wastewater</p> <p>Wastewater treatment</p> <p>Swine farm wastewater treatment</p> <p>Horizontal sub surface flow constructed wetland</p>	<p>The report represents the results researching the ability to treat swine farm wastewater treated by biogas by horizontal sub surface flow constructed wetlands (HF) in pilot model in Thai Nguyen province. The model include: a wastewater tank (24L), HF1 planted <i>Cyperus alternifolius</i> LxBxH = (1.05x0.3x0.6)m, HF2 not planted tree LxBxH =(0.6x0.3x 0.5)m. Material filters concluded filter gravel (d=1-2cm) and support gravel (d=2-4 cm). Flow rates were 12 L/day and 6 L/day into HF1 and HF2 respectively. The model was operated from 02/10/2018 to 30/11/2018. The average values of pH, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> of wastewater into models were 7.04±0.18; 701.76±33.21 mg/L; 740.67±18.57 mg/L; 56.58±4.11 mg/L respectively. After 47 days operating the constructed wetlands reached stable removal. The average values of pH, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> in wastewater treated of HF1 and HF2 were 7.2±0.32; 219.36±8.77 mg/L; 428.30±3.00 mg/L; 31.62±1.79 mg/L and 7.2±0.23; 404.57±5.57 mg/L; 503.67±3.16 mg/L; 37.38±2.49 mg/L respectively and the average removals of COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> were 69.03%; 42.76%; 43.28% and 42.88%; 32.72%; 32.99% respectively. HF planted trees archived higher removal than HF not planted trees with all analysis parameters.</p>

## NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHĂN NUÔI LỢN SAU BỂ BIOGAS BẰNG MÔ HÌNH BÃI LỌC NGÂM TRỒNG CÂY DÒNG CHẢY NGANG TẠI TỈNH THÁI NGUYÊN VỚI QUY MÔ PHÒNG THÍ NGHIỆM

Vi Thị Mai Huong\*, Hoàng Lê Phương

Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
<p><b>Ngày nhận bài:</b></p> <p><b>Ngày hoàn thiện:</b></p> <p><b>Ngày đăng:</b></p> <p><b>TỪ KHÓA</b></p> <p>Bãi lọc trồng cây</p> <p>Nước thải chăn nuôi lợn</p> <p>Xử lý nước thải</p> <p>Xử lý nước thải chăn nuôi lợn</p> <p>Bãi lọc ngấm trồng cây dòng chảy ngang</p>	<p>Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu khả năng xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau bể biogas bằng bãi lọc ngấm trồng cây dòng chảy ngang (HF) quy mô phòng thí nghiệm tại Thái Nguyên. Mô hình thí nghiệm gồm: thùng cao vị (24L), bãi lọc HF1 trồng cây thủy trúc LxBxH=(1,05x0,3x0,6)m, bãi lọc HF2 không trồng cây LxBxH =(0,6x0,3x 0,5)m. Vật liệu lọc gồm sỏi lọc (d=1-2cm), sỏi đỡ (d=2-4cm). Lưu lượng nước thải vào bãi lọc HF1 và HF2 tương ứng là 12 L/ngày và 6 L/ngày, thời gian lưu nước 5 ngày. Mô hình vận hành từ 02/10/2018 đến 30/11/2018. Nước thải vào mô hình có giá trị trung bình các thông số pH, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tương ứng là 7,04±0,18; 701,76±33,21 mg/L; 740,67±18,57 mg/L; 56,58±4,11 mg/L. Sau 47 ngày vận hành, các bãi lọc đạt hiệu suất xử lý ổn định. Giá trị trung bình của các thông số pH, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước thải sau xử lý của bãi lọc HF1 và HF2 tương ứng là 7,2±0,32; 219,36±8,77 mg/L; 428,30±3,00 mg/L; 31,62±1,79 mg/L và 7,2±0,23; 404,57±5,57 mg/L; 503,67±3,16 mg/L; 37,38 ±2,49 mg/L. Hiệu suất xử lý trung bình của bãi lọc HF1 và HF2 với các thông số COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tương ứng là 69,03%; 42,76%; 43,28% và 42,88%; 32,72%; 32,99%. Bãi lọc HF trồng cây có hiệu suất xử lý cao hơn so với bãi lọc HF không trồng cây với hầu hết các thông số phân tích.</p>

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.5514>

\* Corresponding author. Email: vimaihuong@tnut.edu.vn

## 1. Giới thiệu

Trong những năm gần đây đời sống của nhân dân ta không ngừng được cải thiện và nâng cao. Nhu cầu tiêu thụ thịt (trong đó chủ yếu là thịt lợn) ngày một tăng cả về số lượng và chất lượng, vì vậy đã thúc đẩy ngành chăn nuôi lợn ngày càng phát triển. Không chỉ phát triển với quy mô nhỏ, lẻ ở các hộ gia đình, mà ngành này đã hình thành các trang trại chăn nuôi với quy mô hàng trăm đến hàng nghìn con đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng, thu hút lao động dư thừa trong nông nghiệp và nâng cao thu nhập kinh tế cho người dân. Bên cạnh những mặt tích cực, ngành chăn nuôi lợn cũng gây ra rất nhiều vấn đề ảnh hưởng đến môi trường nước, đất, không khí, dịch bệnh, ảnh hưởng đến sức khỏe người dân. Đặc biệt là nước thải có mức độ ô nhiễm cao do có hàm lượng chất hữu cơ, cặn lơ lửng, N, P, vi sinh vật gây bệnh lớn. Giá trị COD, TN, TP, SS và coliform trong nước thải chăn nuôi lợn thịt rất cao, với các giá trị tương ứng là 2500-12.120 mg/L, 185-4539, 28-831, 190-5830 mg/L và  $4 \times 10^4$ - $10^8$  MPN/100 mL [1].

Các công nghệ xử lý nước thải chăn nuôi lợn được áp dụng phổ biến tại Việt Nam hiện nay là biogas và hồ sinh học. Trong đó, biogas là công nghệ được sử dụng phổ biến nhất từ quy mô hộ gia đình đến quy mô lớn tại các trang trại. Với quy mô hộ gia đình, đa số nước thải chỉ được xử lý qua bể biogas rồi xả ra môi trường. Với quy mô trang trại, đã có một số những trang trại áp dụng các biện pháp xử lý nước thải kết hợp công nghệ biogas với hồ sinh học. Biogas giúp kiểm soát phần lớn mùi hôi, giảm lượng chất ô nhiễm trong nước thải và tạo ra khí sinh học làm nhiên liệu. Tuy nhiên, nước thải chăn nuôi sau khi xử lý qua các bể Biogas chưa đạt quy chuẩn QCVN 62-MT:2016 BTNMT về nước thải chăn nuôi để được phép thải vào nguồn tiếp nhận [1]. Theo nghiên cứu của Nguyễn Thị Hồng, Phạm Khắc Liệu (2012), nước thải chăn nuôi lợn sau bể Biogas tại các hộ gia đình ở Thừa Thiên Huế có nồng độ các thông số BOD<sub>5</sub>, COD, TKN và TP tương ứng là 192-582 mg/L; 264-789 mg/L; 335-712 mg/L và 122-492 mg/L [2]. Mặt khác, thực tế tại nhiều hộ chăn nuôi hay các trang trại thường xảy ra tình trạng bể Biogas bị hoạt động quá tải càng làm giảm khả năng xử lý. Nghiên cứu đánh giá hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi lợn vùng đồng bằng sông Hồng sau bể biogas của Vũ Đình Tôn, Lại Thị Cúc, Nguyễn Văn Duy cũng đã cho thấy cần tiếp tục xử lý dòng thải sau bể biogas trước khi thải vào nguồn tiếp nhận [3].

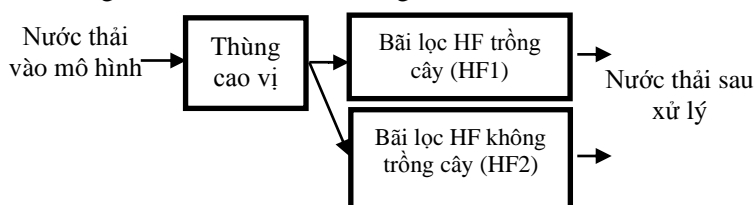
Bãi lọc trồng cây (BLTC) là công nghệ xử lý nước thải (XLNT) trong điều kiện tự nhiên, thân thiện môi trường với chi phí xây dựng và vận hành thấp, vận hành đơn giản. Trên thế giới, BLTC đã được nghiên cứu ứng dụng trong xử lý nhiều loại nước thải khác nhau như nước thải sinh hoạt, đô thị, nước rỉ rác, công nghiệp, nông nghiệp, nước bão... [4]. BLTC có hiệu suất xử lý cao với các chất hữu cơ, chất rắn lơ lửng, vi sinh vật gây bệnh; đồng thời xử lý được một phần các hợp chất dinh dưỡng N, P, các kim loại nặng có trong nước thải [4]. Tại Việt Nam, các nghiên cứu ứng dụng BLTC trong xử lý nước thải chăn nuôi vẫn còn rất hạn chế, gây khó khăn cho việc ứng dụng công nghệ này trong thực tế. Các nghiên cứu này mới là những khảo sát bước đầu về đánh giá khả năng xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau biogas bằng công nghệ BLTC và cho thấy tiềm năng trong việc ứng dụng của công nghệ này. Nghiên cứu của Bùi Thị Kim Anh và cộng sự (2019) bước đầu khảo sát, đánh giá khả năng ứng dụng BLTC để xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau biogas bằng mô hình thí nghiệm được vận hành gián đoạn theo mẻ. Kết quả nghiên cứu cho thấy, có thể sử dụng BLTC trồng cây sậy trên lớp vật liệu vỏ trấu, đá vôi, sỏi để xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau biogas. Nước thải sau xử lý có pH ổn định trong khoảng từ 6,9-7,2 sau 168h hiệu suất xử lý TSS, COD, tổng ni tơ, Amoni và tổng P lần lượt là 78%; 74,6%; 67,1%; 74,2% và 86% [5]. Nghiên cứu của Phan Nguyễn Tường và cộng sự (2020) sử dụng công nghệ lọc sinh học kết hợp bể lọc thực vật. Mô hình thí nghiệm được vận hành liên tục trong 4 tháng, thời gian lưu nước trong bể lọc cây là 24h. Kết quả thí nghiệm cho thấy, công nghệ này làm giảm nồng độ chất ô nhiễm BOD, TSS, amoni một cách hiệu quả và rất tiềm năng trong việc áp dụng để xử lý nước thải chăn nuôi sau biogas. Hiệu quả xử lý tốt nhất đạt được qua bể lọc thực vật với BOD, amoni, TSS và độ đục tương ứng là 45%, 70%, 80% và 50% [6]. Tuy nhiên sau một thời gian chạy, hệ thống cần rửa lại vì các bể bị cặn lắng đọng lại và gây tắc nghẽn đầu ra [6].

Để đánh giá khả năng áp dụng công nghệ BLTC trong xử lý nước thải chăn nuôi trong điều kiện tự nhiên tại tỉnh Thái Nguyên và xác định được thời gian khởi động cần thiết cho hệ thống hoạt động và đạt hiệu quả xử lý ổn định, nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu thử nghiệm này. Mô hình thí nghiệm được đặt tại phòng thí nghiệm Kỹ thuật Môi trường của Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp. Nước thải chăn nuôi lợn được lấy sau bể Biogas của một hộ gia đình gần đó để chạy thử nghiệm.

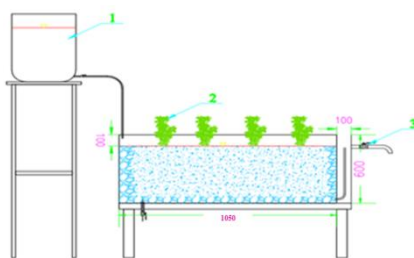
## 2. Phương pháp và vật liệu nghiên cứu

### 2.1. Mô hình thí nghiệm

Sơ đồ mô hình thí nghiệm được thể hiện trong Hình 1 và Hình 2.



**Hình 1.** Sơ đồ bố trí mặt bằng mô hình thí nghiệm



**Hình 2.** Sơ đồ cấu tạo của mô hình thí nghiệm

Chú thích: (1) Bể cao vị ( $V=24$  lít); (2) Cây thủy trúc; (3) Ống thu nước ra (4) Bể lọc HF

Nước thải sau khi lấy về được để lắng 2 giờ nhằm ổn định và lắng một phần cặn dễ lắng có trong nước thải. Sau đó, nước thải được cấp vào bể cao vị, sau đó được cấp vào hai bể lọc HF trồng cây  $L \times B \times H = (1,05 \times 0,3 \times 0,6)$  m và HF không trồng cây  $L \times B \times H = (0,6 \times 0,3 \times 0,5)$  m theo định lượng xác định qua các van điều chỉnh lưu lượng. Trong thời gian lưu trong các bể lọc nhờ các quá trình lắng, lọc qua các lớp vật liệu lọc, quá trình phân hủy kỵ khí, hiếu khí và thiếu khí của các vi sinh vật sống trong lớp vật liệu lọc, quá trình hấp thụ của thực vật trồng trong bể lọc một phần lớn các chất rắn lơ lửng, các hợp chất hữu cơ được xử lý và một phần các chất dinh dưỡng nitơ, photpho và các vi sinh vật gây bệnh sẽ được xử lý.

### 2.2. Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Mô hình thí nghiệm được đặt tại khu Phòng thí nghiệm Kỹ thuật Môi trường của Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp. Thời gian vận hành mô hình thí nghiệm từ 02/10/2018 đến ngày 30/11/2018.

Nước thải cấp cho mô hình được lấy từ nước thải chăn nuôi lợn đã xử lý qua bể biogas của một hộ chăn nuôi tại xóm Cầu Thông - phường Tích Lương - Thành phố Thái Nguyên. Gia đình nuôi với quy mô 60 con lợn thịt, lưu lượng nước thải trung bình khoảng 1,5-2 m<sup>3</sup>/ngày. Nước thải được thu gom dẫn vào bể biogas để xử lý trước khi thải ra môi trường.

### 2.3. Vận hành mô hình

Mô hình thí nghiệm được vận hành qua các bước sau:

- *Bước 1: Chuẩn bị vật liệu lọc:* gồm có sỏi đỡ ( $d = 4 \div 5 \text{cm}$ ), sỏi lọc ( $d = 1 \div 2 \text{cm}$ ). Vật liệu lọc được rửa sạch, phơi khô sau đó nạp vào các bể lọc HF theo như thiết kế.

- *Bước 2: Trồng cây:* Lựa chọn cây trồng trên bể lọc là cây thủy trúc. Chọn những khóm cây non, trẻ, khỏe, không bị sâu bệnh, kích thước các cây tương đối giống nhau, lá xanh tươi. Thủy trúc được lấy về sau đó cắt bỏ đi phần ngọn, để lại phần gốc và rễ dài khoảng 10–15 cm, tách thành từng khóm gồm 3-4 cây và trồng xuống dưới lớp sỏi lọc sâu khoảng 5 cm, khoảng cách giữa cây theo chiều dọc, chiều ngang là 15 cm.

- *Bước 3: Cấp nước vào mô hình:* Nước thải lấy về được để lắng 2 giờ rồi cấp đầy bồn cao vị, sau đó cấp vào các BLTC với lưu lượng 0,5 L/h. Thời gian lưu nước trong bể lọc là 5 ngày.

- *Bước 4: Duy trì mô hình:* Thời gian nạp nước thải bắt đầu từ 02/10/2018. Hằng ngày vào 8h sáng tiến hành cấp nước cho mô hình, chăm sóc cho cây bén rễ và phát triển. Trong 5 ngày đầu, khi nước thải chưa vào đầy mô hình, thủy trúc trồng trong bể được chăm sóc bằng cách phun nước sạch tạo độ ẩm hàng ngày. Các chồi cây bắt đầu nảy lên và phát triển thành chồi non sau 15 – 20 ngày.

#### 2.4. Kế hoạch lấy mẫu

Mẫu nước được lấy tại các vị trí: Mẫu nước thải vào mô hình (Mẫu M1); Mẫu nước thải ra khỏi bể lọc HF trồng cây (Mẫu M2); Mẫu nước thải ra khỏi bể lọc HF không trồng cây (Mẫu M3);

Thông số phân tích: pH, COD,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ .

Tần suất lấy mẫu: Tiến hành lấy mẫu phân tích vào 9 giờ sáng hàng ngày. Thông số pH và COD được lấy mẫu phân tích từ ngày 11/10/2018 đến 29/11/2018 tần suất 2 ngày/lần. Thông số  $\text{NH}_4^+$  và  $\text{PO}_4^{3-}$  lấy mẫu phân tích từ ngày 03/11/2018 đến 29/11/2018 tần suất 1 ngày/lần.

#### 2.5. Phương pháp nghiên cứu

Mẫu nước thải được lấy theo TCVN 6663-1:2011.

Để đánh giá được hiệu quả xử lý của mô hình, nhóm tác giả đã lựa chọn phân tích các thông số như pH, COD,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ . Vì các thông số này có thể đánh giá được sự thay đổi đặc trưng của nước thải đã nghiên cứu, đồng thời cho kết quả phân tích nhanh chóng. Thông số pH được đo bằng máy đo pH cầm tay Model: HI 98107 của Hanna – USA. Thông số COD được phân tích theo TCVN 6491:1999. Các thông số  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  được xác định theo sử dụng bộ kit đo nhanh nồng độ  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  và  $\text{PO}_4^{3-}$  của hãng Sera.

### 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

#### 3.1. Sự thay đổi pH của nước thải qua các công trình của mô hình thí nghiệm

Nước thải vào mô hình có pH trung tính và khá ổn định, dao động trong khoảng từ 6,7 – 7,4, trung bình là  $7,04 \pm 0,18$ . Nước thải ra khỏi bể lọc HF trồng cây và HF không trồng cây có pH trung tính, dao động trong khoảng từ 6,5–7,5 và 6,7–7,5 trung bình là  $7,2 \pm 0,32$  và  $7,2 \pm 0,23$  tương ứng. Các giá trị này nằm trong khoảng giới hạn cho phép của QCVN 62-MT:2016/BTNMT. Như vậy, nước thải sau xử lý của các bể lọc HF trong mô hình có pH trung tính và khá ổn định trong suốt thời gian thí nghiệm.

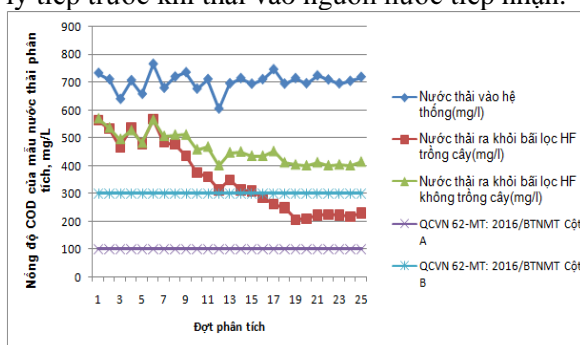
#### 3.2. Hiệu quả xử lý COD qua các công trình xử lý trong mô hình thí nghiệm

Kết quả phân tích sự thay đổi nồng độ COD của các mẫu phân tích và hiệu suất xử lý nước thải của các công trình trong mô hình thí nghiệm được thể hiện trong đồ thị Hình 3 và Hình 4.

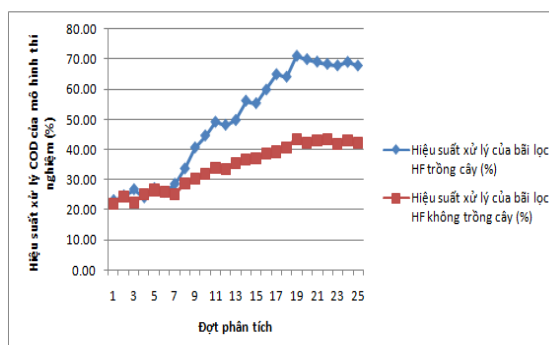
Từ kết quả phân tích và đồ thị Hình 3, Hình 4 cho thấy:

Nước thải vào mô hình có nồng độ COD khá cao, dao động từ 604,16 – 764,94 mg/L, trung bình là  $701,76 \pm 33,21$  mg/L và vượt QCVN 62-MT:2016/BTNMT cột B và cột A trung bình tương ứng từ 2,34 và 7,06 lần. Như vậy, nước thải vào mô hình có mức ô nhiễm cao bởi các chất hữu cơ dễ phân hủy chứa trong phân, nước tiểu và thức ăn thừa của lợn. Mặc dù nước thải đã

được xử lý qua Biogas nhưng hàm lượng các chất hữu cơ vẫn còn khá cao, cần phải thu gom xử lý tiếp trước khi thải vào nguồn nước tiếp nhận.



**Hình 3.** Sự thay đổi nồng độ COD của nước thải qua các công trình của mô hình thí nghiệm



**Hình 4.** Hiệu suất xử lý COD của các công trình trong mô hình thí nghiệm

Hiệu suất xử lý COD của bãi lọc HF trồng cây và HF không trồng cây đều có sự thay đổi qua 3 giai đoạn như sau:

- *Giai đoạn 1 (từ ngày 02/10/2018 đến 23/10/2018):* Nồng độ COD của nước thải ra khỏi bãi lọc HF trồng cây dao động trong khoảng 467,91 mg/L đến 566,80 mg/L, trung bình là 518,83 mg/L tương ứng với hiệu suất xử lý dao động trong khoảng 24,10% đến 28,56% trung bình là 25,72%. Nồng độ COD của nước thải ra khỏi bãi lọc HF không trồng cây dao động trong khoảng 482,19 mg/L đến 570,97 mg/L, trung bình là 527,08 mg/L tương ứng với hiệu quả xử lý dao động trong khoảng 22,05% đến 25,63% trung bình là 24,53%.

- *Giai đoạn 2 (từ ngày 25/10/2018 đến 15/11/2018):* Nồng độ COD của nước thải ra khỏi bãi lọc HF trồng cây dao động trong khoảng từ 261,41 mg/L đến 477,06 mg/L, trung bình là 339,04 mg/L tương ứng với hiệu suất xử lý dao động trong khoảng 40,64% đến 64,94% trung bình là 51,54%. Nồng độ COD của nước thải ra khỏi bãi lọc HF không trồng cây dao động trong khoảng từ 400,84 mg/L đến 512,17 mg/L, trung bình là 452,96 mg/L tương ứng với hiệu quả xử lý dao động trong khoảng 28,84% đến 40,8% trung bình là 35,26%.

- *Giai đoạn 3 (từ ngày 16/11/2018 đến 29/11/2018):* Nồng độ COD của nước thải ra khỏi bãi lọc HF trồng cây dao động trong khoảng từ 206,66 mg/L đến 231,09 mg/L, trung bình là 219,36 mg/L tương ứng với hiệu quả xử lý dao động trong khoảng 67,82% đến 71,05% trung bình là 69,03%. Nồng độ COD của nước thải ra khỏi bãi lọc HF không trồng cây dao động trong khoảng từ 400,13 mg/L đến 413,60 mg/L, nồng độ trung bình là 404,57 mg/L với hiệu suất xử lý dao động trong khoảng từ 42,01% đến 43,54%, trung bình đạt 42,88%.

Như vậy, hiệu suất xử lý COD của các BLTC trong mô hình thay đổi qua 3 giai đoạn thể hiện rõ rệt qua đồ thị Hình 4. Giai đoạn 1 có hiệu suất xử lý khá thấp và thay đổi chậm. Giai đoạn 2 hiệu suất xử lý COD tăng nhanh theo thời gian với độ dốc của đồ thị tăng nhanh. Giai đoạn 3, hiệu suất xử lý COD của cả hai bãi lọc đều khá ổn định duy trì ở mức đã đạt được ở giai đoạn 2.

Nguyên nhân là do, giai đoạn 1 là thời gian hệ thống vừa được khởi động, mới bước đầu hình thành hệ vi sinh vật, cây trồng đang thích nghi với môi trường mới. Vì vậy cơ chế xử lý COD chủ yếu là nhờ vào các quá trình lắng, lọc cơ học qua lớp vật liệu lọc trong các bãi lọc nên hiệu suất xử lý COD đạt được ở mức còn thấp. Thời gian của giai đoạn 1 là 22 ngày. Giai đoạn 1 có thể được coi là giai đoạn khởi động của hệ thống các bãi lọc. Đây là giai đoạn thích nghi của cây thủy trúc trồng trong bãi lọc. Đây cũng là giai đoạn dần hình thành hệ vi sinh vật trong các lớp vật liệu lọc. Sang giai đoạn 2, hệ vi sinh vật trong các bãi lọc đã được hình thành và phát triển. Vì thế COD không chỉ được xử lý nhờ quá trình lắng - lọc mà còn được xử lý bởi quá trình phân hủy sinh học bởi các vi sinh vật phát triển trong lớp vật liệu lọc của các bãi lọc dần hình thành lớp màng vi sinh trên bề mặt các lớp vật liệu lọc. Giai đoạn này có thể được coi là giai đoạn sinh trưởng, phát triển của hệ vi sinh vật và cây trồng trong các bãi lọc của mô hình thí nghiệm. Trong

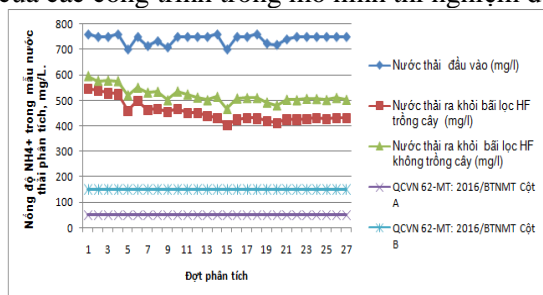
giai đoạn 3, các quá trình xử lý diễn ra trong các bãi lọc đã dần ổn định và duy trì được hiệu suất xử lý ở mức ổn định có sự thay đổi không đáng kể. Giai đoạn 3 có thể được coi là giai đoạn ổn định của các bãi lọc trong mô hình thí nghiệm.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, thời gian để hệ thống bãi lọc HF trồng cây và không trồng cây hoạt động ổn định từ khi bắt đầu vận hành đến khi đạt hiệu suất xử lý ổn định đối với chất hữu cơ có trong nước thải chăn nuôi lợn là 47 ngày (từ ngày 02/10/2018 đến ngày 17/11/2018). Khi các bãi lọc hoạt động ổn định, hiệu suất xử lý COD trung bình của bãi lọc HF trồng cây và không trồng cây tương ứng là 69,03% và 42,88%; nồng độ COD trung bình trong nước thải sau xử lý của các bãi lọc này tương ứng là 219,36 mg/L và 404,57 mg/L. So với giá trị giới hạn hàm lượng COD theo quy định trong QCVN 62-MT:2016/BTNMT thì nước thải ra khỏi bãi lọc HF trồng cây đạt giá trị giới hạn cột B và chưa đạt giá trị giới hạn cột A. Kết quả này tương đương với kết quả “Nghiên cứu công nghệ bãi lọc ngầm trồng cây để xử lý nước thải chăn nuôi sau biogas ở Thanh Chương” của Nguyễn Thị Thúy Hà – Trường Đại học Vinh với hiệu suất xử lý là 71% [7] và cũng khá tương đồng với kết quả nghiên cứu của Celia De La Mora-Orozco với hiệu suất xử lý COD của bãi lọc trồng cây với nước thải chăn nuôi lợn đạt 75% [8]. Trong khi đó, nồng độ COD của nước thải ra khỏi bãi lọc HF không trồng cây vượt QCVN 62-MT:2016/BTNMT cột B và cột A trung bình tương ứng 1,35 lần và 4,05 lần.

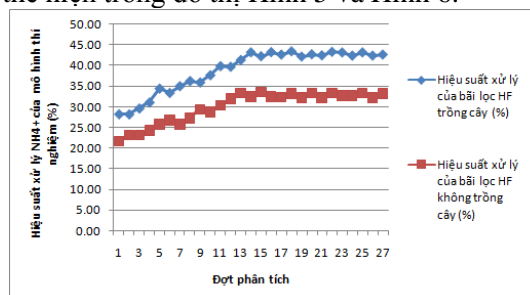
Hiệu suất xử lý COD trung bình của bãi lọc HF trồng cây luôn cao hơn so với bãi lọc HF không trồng cây. Điều này cho thấy, cây thủy trúc trồng trong bãi lọc HF có vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu suất xử lý COD của bãi lọc lên. Vai trò cây trồng trong bãi lọc là cung cấp môi trường thích hợp cho vi sinh vật thực hiện quá trình phân hủy sinh học hiếu khí cư trú, vận chuyển oxy vào vùng rễ để cung cấp cho quá trình phân hủy sinh học hiếu khí trong lớp vật liệu xung quanh bộ rễ của cây. Ngoài ra, hệ rễ còn tránh tắc nghẽn làm lưu thông nước trong bãi lọc tốt hơn [9].

### 3.3. Hiệu suất xử lý $NH_4^+$ qua các công trình xử lý trong mô hình thí nghiệm

Kết quả phân tích sự thay đổi nồng độ  $NH_4^+$  của các mẫu phân tích và hiệu suất xử lý nước thải của các công trình trong mô hình thí nghiệm được thể hiện trong đồ thị Hình 5 và Hình 6.



Hình 5. Sự thay đổi nồng độ  $NH_4^+$  của nước thải qua các công trình của mô hình thí nghiệm



Hình 6. Hiệu suất xử lý  $NH_4^+$  của các công trình trong mô hình thí nghiệm

Từ đồ thị Hình 5 và Hình 6 cho thấy:

Nồng độ  $NH_4^+$  trong nước thải vào mô hình dao động trong khoảng 700,00 - 760,00 trung bình là  $740,67 \pm 18,57$  mg/L, giá trị này cao hơn giới hạn trong QCVN 62-MT: 2016/BTNMT của cột A là 14,81 và cột B là 4,94 lần. Như vậy, cũng giống như nước thải chăn nuôi lợn thông thường khác, nước thải vào mô hình thí nghiệm có hàm lượng nito rất cao. Mặc dù nước thải đã được xử lý qua hệ thống biogas nhưng nồng độ nito trong nước thải vẫn rất cao và tồn tại chủ yếu ở dạng amoni.

Kết quả phân tích nồng độ  $NH_4^+$  trong nước thải sau xử lý của các bãi lọc HF trồng cây và không trồng cây từ ngày 03/11 - 30/11/2018 cho thấy hiệu suất xử lý  $NH_4^+$  của bãi lọc HF trong mô hình thí nghiệm có sự thay đổi qua 2 giai đoạn như sau:

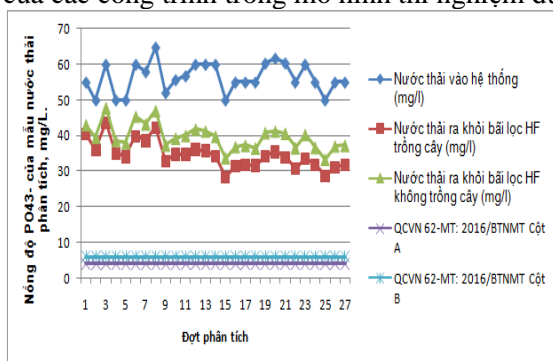
- *Giai đoạn 1 (từ ngày 03/11/2018 đến ngày 15/11/2018):* Nồng độ  $\text{NH}_4^+$  của nước thải ra khỏi bãi lọc HF trồng cây dao động trong khoảng từ 440,2 – 545,56 mg/L, trung bình là 480,04 mg/L, hiệu suất xử lý tương ứng đạt từ 28,17 – 41,30%, trung bình là 34,62%. Nồng độ  $\text{NH}_4^+$  của nước thải ra khỏi bãi lọc HF không trồng cây dao động trong khoảng từ 500,32 – 594,57 mg/L, trung bình là 543,62 mg/L với hiệu suất xử lý đạt từ 21,78 – 31,87% và hiệu suất trung bình đạt 26,49%.

- *Giai đoạn 2 (từ 16/11/2018 đến 30/11/2018):* Nồng độ  $\text{NH}_4^+$  của nước thải ra khỏi bãi lọc HF trồng cây dao động trong khoảng từ 404,54 – 432,24 mg/L, trung bình là 425,23 mg/L với hiệu suất xử lý đạt từ 42,13 – 43,39% và hiệu suất trung bình đạt 42,77%. Nồng độ  $\text{NH}_4^+$  của nước thải ra khỏi bãi lọc HF không trồng cây dao động trong khoảng từ 466,03 – 513,72 mg/L, trung bình là 500,13 mg/L với hiệu suất xử lý đạt từ 32,09 – 33,42% và hiệu suất trung bình đạt 32,73%.

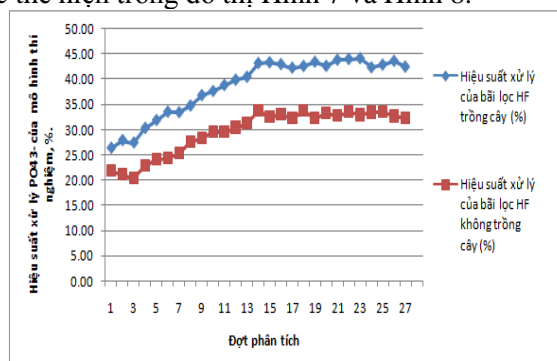
Như vậy, hiệu suất xử lý  $\text{NH}_4^+$  của bãi lọc HF trồng cây thay đổi qua 2 giai đoạn: giai đoạn 1 là giai đoạn hiệu suất xử lý  $\text{NH}_4^+$  tăng dần và giai đoạn 2 hiệu suất xử lý  $\text{NH}_4^+$  khá ổn định và có sự thay đổi không đáng kể. Thời gian thay đổi hiệu suất xử lý  $\text{NH}_4^+$  của bãi lọc HF trồng cây và không trồng cây ở giai đoạn 1 và giai đoạn 2 tương ứng với thời gian thay đổi hiệu suất xử lý COD của các bãi lọc này trong giai đoạn 2 và giai đoạn 3 đã phân tích ở trên. Sau 47 ngày vận hành mô hình đã đi vào ổn định với nồng độ trung bình của  $\text{NH}_4^+$  trong nước thải ra khỏi bãi lọc HF trồng cây và không trồng cây tương ứng là 425,23 mg/L và 500,13 mg/L. Giá trị này vượt QCVN 62-MT:2016/BTNMT cột B tương ứng là 2,83 và 3,33 lần. Khả năng xử lý  $\text{NH}_4^+$  của bãi lọc HF trồng cây cao hơn so với của bãi lọc HF không trồng cây. Điều này cho thấy vai trò của cây thủy trúc trồng trong bãi lọc HF trong việc nâng cao hiệu suất xử lý  $\text{NH}_4^+$  trong nước thải.

### 3.4. Hiệu suất xử lý $\text{PO}_4^{3-}$ qua các công trình xử lý trong mô hình thí nghiệm

Kết quả phân tích sự thay đổi nồng độ  $\text{PO}_4^{3-}$  của các mẫu phân tích và hiệu suất xử lý nước thải của các công trình trong mô hình thí nghiệm được thể hiện trong đồ thị Hình 7 và Hình 8.



**Hình 7.** Sự thay đổi nồng độ  $\text{PO}_4^{3-}$  của nước thải qua các công trình của mô hình thí nghiệm



**Hình 8.** Hiệu suất xử lý  $\text{PO}_4^{3-}$  của các công trình trong mô hình thí nghiệm

Từ đồ thị Hình 7 và Hình 8 cho thấy:

Nồng độ  $\text{PO}_4^{3-}$  trong nước thải đầu dao động trong khoảng từ 50,00 – 64,80 mg/L, trung bình là  $56,58 \pm 4,11$  mg/L. Giá trị này cao hơn giá trị giới hạn trong QCVN 40:2011/BTNMT Cột A, Cột B tương ứng là 14,07 và 9,38 lần và cần phải xử lý trước khi thải ra ngoài môi trường.

Kết quả phân tích nồng độ  $\text{PO}_4^{3-}$  trong nước thải sau xử lý của các bãi lọc HF trồng cây và không trồng cây từ ngày 03/11 - 30/11/2018 cho thấy hiệu suất xử lý  $\text{PO}_4^{3-}$  của bãi lọc HF trong mô hình thí nghiệm có sự thay đổi qua 2 giai đoạn như sau:

- *Giai đoạn 1 (từ ngày 03/11/2018 đến ngày 15/11/2018):* Nồng độ  $\text{PO}_4^{3-}$  của nước thải ra khỏi bãi lọc HF trồng cây dao động trong khoảng từ 32,91 – 43,55 mg/L, trung bình là 37,23 mg/L, hiệu suất xử lý tương ứng đạt từ 26,36 – 40,42%, trung bình là 33,90%. Nồng độ  $\text{PO}_4^{3-}$  của nước

thải ra khỏi bãi lọc HF không trồng cây dao động trong khoảng từ 37,33 – 47,78 mg/L, trung bình là 40,70 mg/L. Hiệu suất xử lý tương ứng đạt từ 21,00 – 31,86%, trung bình là 25,96%. Trong giai đoạn này, hiệu suất xử lý  $\text{PO}_4^{3-}$  của hai BLTC tăng dần theo thời gian.

- *Giai đoạn 2 (từ 16/11/2018 đến 30/11/2018)*: Nồng độ  $\text{PO}_4^{3-}$  của nước thải ra khỏi bãi lọc HF trồng cây dao động trong khoảng từ 28,35 – 35,44 mg/L, trung bình là  $31,62 \pm 1,79$  mg/L, hiệu suất xử lý tương ứng đạt từ 42,23 – 44,10%, trung bình là 43,1%. Nồng độ  $\text{PO}_4^{3-}$  của nước thải ra khỏi bãi lọc HF không trồng cây dao động trong khoảng từ 33,25 – 41,19 mg/L, trung bình là  $37,38 \pm 2,49$  mg/L, hiệu suất xử lý trung bình là 32,98%. Trong giai đoạn này, hiệu suất xử lý  $\text{PO}_4^{3-}$  của hai BLTC có tính ổn định và thay đổi không đáng kể theo thời gian.

Như vậy, thời gian thay đổi hiệu suất xử lý  $\text{PO}_4^{3-}$  của bãi lọc HF trồng cây và không trồng cây ở giai đoạn 1 và giai đoạn 2 tương ứng với thời gian thay đổi hiệu suất xử lý COD của các bãi lọc này trong giai đoạn 2 và giai đoạn 3. Sau 47 ngày vận hành, hiệu suất xử lý  $\text{PO}_4^{3-}$  của các bãi lọc HF của mô hình thí nghiệm đạt mức ổn định. Nồng độ  $\text{PO}_4^{3-}$  trung bình của nước thải sau xử lý của bãi lọc HF trồng cây và không trồng cây vượt QCVN 40:2011/BTNMT cột B tương ứng là 5,27 lần và 6,23 lần. Khả năng xử lý  $\text{PO}_4^{3-}$  của bãi lọc HF trồng cây cao hơn so với của bãi lọc HF không trồng cây. Điều này cho thấy vai trò của cây thủy trúc trồng trong bãi lọc HF trong việc nâng cao hiệu suất xử lý  $\text{PO}_4^{3-}$  trong nước thải. Kết quả này phù hợp với các kết quả của các nghiên cứu trước đây của Vi Thị Mai Hương, Nguyễn Văn Anh, Vũ Thị Thao, Nguyễn Thị Hường (2016) với hiệu suất xử lý riêng đối với bãi lọc HF trồng cây là 43,7% [10].

#### 4. Kết luận

Sau thời gian nghiên cứu cho thấy, nước thải chăn nuôi lợn sau khi xử lý qua bể biogas có mức độ ô nhiễm cao, với giá trị trung bình các thông số pH, COD,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  tương ứng là  $7,04 \pm 0,18$ ;  $701,76 \pm 33,21$  mg/L;  $740,67 \pm 18,57$  mg/L;  $56,58 \pm 4,11$  mg/L. Sau 47 ngày vận hành, các BLTC đạt hiệu suất xử lý ổn định. Nồng độ trung bình các thông số pH, COD,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  của nước thải sau xử lý của bãi lọc HF trồng cây và HF không trồng cây tương ứng là  $7,2 \pm 0,32$ ;  $219,36 \pm 8,77$  mg/L;  $428,30 \pm 3,00$  mg/L;  $31,62 \pm 1,79$  mg/L và  $7,2 \pm 0,23$ ;  $404,57 \pm 5,57$  mg/L;  $503,67 \pm 3,16$  mg/L;  $37,38 \pm 2,49$  mg/L. Hiệu suất xử lý trung bình với các thông số COD,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  tương ứng với bãi lọc HF trồng cây và không trồng cây là 69,03%; 42,76%; 43,28% và 42,88 %; 32,72%; 32,99%. Bãi lọc HF trồng cây có hiệu suất xử lý cao hơn so với bãi lọc HF không trồng cây với hầu hết các thông số phân tích.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] T. M. Ngo, "Proposed wastewater treatment technology for pig farm to reduce impact on Suoi Hai lake, Ba Vi district," *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 185, no. 09, pp. 9-14, 2018.
- [2] T. H. Nguyen and K. L. Pham, "Assessment the pollutants removal in swine farm wastewater by household-scale biogas in Thua Thien Hue," *Journal of Science, Hue University*, vol. 73, no. 4, pp. 83-91, 2021.
- [3] D. T. Vu, T. C. Lai, and V. D. Nguyen, "Evaluation of waste treatment efficiency with biogas tanks of some pig farms in the Red River Delta," *Hanoi University of Agriculture, Journal of Science and Development*, vol. VI, no. 6, pp. 556-561, 2008.
- [4] J. Vymazal, *A review Constructed wetlands for wastewater treatment*, Institute of systems Biology and Ecology in Czech Republic, 2003.
- [5] T. K. A. Bui, V. T. Nguyen, H. C. Nguyen, and Q. L. Bui, "Analysis and evaluation: applicability of the constructed wetland for piggery wastewater treatment after biogas process," *Journal of Water resources & Environmental engineering*, vol. 66, no. 9/2019, pp. 10-15, 2019.
- [6] N. T. Phan, T. T. Hoang, T. M. T. Cao, and T. H. Tran, "Investigate the efficient of piggery wastewater treatment after biogas process by biofilter combining to constructed wetlands," *Ho Chi Minh City Open University Journal of Science*, no. 15(7), pp. 25-43, 2020.
- [7] T. T. H. Nguyen, "Research sub surface flow constructed wetlands to treat swine farm wastewater treated by biogas in Thanh Chuong," *Journal of Science and Technology Nghe An*, vol. 7/2016, pp. 10-11, 2016.



- 
- [8] C. De La Mora-Orozco, I. J. González-Acuña, R. A. Saucedo-Terán, H. E. Flores-López, H. O. Rubio-Arias, and J. M. Ochoa-Rivero, "Removing Organic Matter and Nutrients from Pig Farm Wastewater with a Constructed Wetland System," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 15, 2018, Art. no. 1031, doi: 10.3390/ijerph15051031.
- [9] D. S. Brown, A. P. Kruzic, W. C. Boyle, and R. J. Otis, *Constructed wetlands treatment of municipal wastewater*, EPA/625/R – 99/010, 2000.
- [10] T. M. H. Vi, V. A. Nguyen, T. T. Vu, and T. H. Nguyen, "Researching the treatment ability to dormitory wastewater at college of technology by combined model between pond and constructed wetland," *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 154, no. 09, pp. 91-96, 2016.