

PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CỦA BÃI LỌC TRỒNG CÂY NHÂN TẠO ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHĂN NUÔI LỢN SAU BIOGAS

Bùi Thị Kim Anh¹, Nguyễn Văn Thành¹, Nguyễn Hồng Chuyên¹, Bùi Quốc Lập²

Tóm tắt: Tại Việt Nam, nước thải chăn nuôi lợn chủ yếu được xử lý qua là mô hình biogas. Tuy nhiên, qua thực tế vận hành, nước thải sau biogas chưa đạt QCVN 62-MT:2016/BTNMT. Nhằm bắt được vấn đề đó, nghiên cứu này đưa ra mô hình bãi lọc trồng cây nhân tạo sử dụng cây sậy (*Phragmites australis* Cav.) trồng trên các lớp vật liệu lọc sỏi, đá vôi và vỏ trấu để xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau biogas. Kết quả thí nghiệm cho thấy, nước thải đầu ra đạt quy chuẩn cho phép, pH của nước thải luôn ổn định trong khoảng từ 6,9 đến 7,2, hiệu suất loại bỏ tổng phốt pho lên đến 86%; các chỉ tiêu khác như TSS, COD, tổng Nitơ và Amoni đều giảm đáng kể, hiệu suất xử lý lần lượt là 78%, 74,6%, 67,1% và 74,2% sau 168 giờ thí nghiệm. Bãi lọc trồng cây nhân tạo có hiệu suất xử lý cao, thời gian xử lý ngắn và có triển vọng ứng dụng trong xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau biogas.

Từ khóa: Bãi lọc trồng cây, nước thải chăn nuôi sau biogas, sậy.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Theo thống kê năm 2014, cả nước ta có 26,7 triệu lợn. Tổng số trang trại chăn nuôi nói chung của Việt Nam là khoảng 10.044. Các trang trại nuôi lợn chủ yếu là tự phát, công nghệ xử lý nước thải phổ biến là mô hình biogas. Tuy nhiên, qua thực tế vận hành tại các trang trại cho thấy, nước sau xử lý bằng hầm biogas có hàm lượng COD, TSS, TN, TP, NH₄⁺ vẫn còn cao và vượt quy chuẩn cho phép. Do vậy, cần nghiên cứu công nghệ xử lý phù hợp có tính khả thi đối với loại nước thải này, tạo điều kiện để các trang trại chăn nuôi ứng dụng và xây dựng hệ thống xử lý nước thải góp phần bảo vệ môi trường và phát triển bền vững, giảm dịch bệnh, nâng cao hiệu quả kinh tế của trang trại chăn nuôi.

Bãi lọc trồng cây nhân tạo với ưu điểm là chi phí vận hành thấp, thân thiện với môi trường và hiệu suất loại bỏ cao đang được ứng dụng xử lý nước thải chăn nuôi ở nhiều nơi trên thế giới. J. Vymazal và công sự năm 2002 đã sử dụng bãi lọc trồng cây dòng chảy ngầm xử lý nước thải tại Cộng hòa Séc. F. T. González và công sự, 2009 đã

nghiên cứu ứng dụng bãi lọc trồng cây nhân tạo xử lý nước thải chăn nuôi lợn tại Yucatán, Mexico. Một số nghiên cứu khác sử dụng hệ bãi lọc gồm thực vật thủy sinh và vật liệu lọc có khả năng loại bỏ TSS, COD, N, P cao (J. Vymazal, 2007; A.M. Ibekwe et al., 2016). Trong nghiên cứu này, công nghệ bãi lọc trồng cây nhân tạo dùng cây sậy (*Phragmites australis* Cav.) trồng trên các lớp vật liệu lọc sỏi, đá vôi và vỏ trấu đã được nghiên cứu để xử lý nước thải chăn nuôi sau biogas. Trong đó, cây sậy là thực vật thủy sinh có khả năng xử lý nước thải giàu hữu cơ, N và P. Đá vôi và sỏi với thành phần chính là CaCO₃ và SiO₂ có khả năng trung hòa axit đồng thời là vật liệu mang cho vi sinh vật bám dính và phát triển. Vỏ trấu là phế phẩm nông nghiệp được sử dụng nhằm cung cấp nguồn cacbon cho cây trồng sinh trưởng thông qua sự phân cắt của các vi sinh vật phân hủy cellulose (Z.X. Luo et al., 2018), đồng thời vỏ trấu cũng góp phần làm giá thể lọc, chất hấp phụ và giá thể cho các vi sinh vật tham gia quá trình loại bỏ chất ô nhiễm trong nước thải chăn nuôi lợn sau biogas.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Đối tượng nghiên cứu

- Cây Sậy - *Phragmites australis* (Cav.) là một

¹ Viện Công nghệ Môi trường, VAST

² Khoa Môi trường, Đại học Thủy lợi

loài cây thuộc họ hòa thảo (Poaceae), phân bố ở những vùng đất lầy ở cả khu vực nhiệt đới và ôn đới của thế giới. Sậy được thu từ ven Sông Hồng về trồng tại Viện Công nghệ môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

- Sỏi là vật liệu có nguồn gốc tự nhiên, hình dạng, kích thước đồng đều.

- Đá vôi là loại đá màu xanh, thường dùng trong xây dựng, được rửa sạch trước khi bổ sung vào hệ thống thí nghiệm.

- Vỏ trấu là phế phẩm nông nghiệp, rẻ tiền, sẵn có tại vùng nông thôn của Việt Nam.

- Nước thải chăn nuôi sau biogas được lấy tại trang trại chăn nuôi lợn, quy mô 4000 con ở xóm Trại xã Tốt Động, Chương Mỹ, Hà Nội. Thông số chất lượng nước thải đầu vào được trình bày tại bảng 1.1.

Bảng 1.1. Thông số chất lượng nước thải đầu vào

Chất ô nhiễm	Nồng độ trong nước thải	QCVN62-MT:2016/BTNMT cột B
pH	4,3	5,5 - 9
COD	1327,08 mg/l	300 mg/l
NH ₄ ⁺	61,75 mg/l	-
TSS	210 mg/l	150 mg/l
TN	184,45 mg/l	150 mg/l
TP	420 mg/l	-

2.2 Phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Phương pháp lấy mẫu và phân tích

- Phương pháp lấy mẫu theo TCVN 6663-1:2011 (ISO 5667-1:2006) và TCVN 6663-3:2008 (ISO 5667-3:2003).

- Xác định pH theo TCVN 6492:2011 (ISO 10523:2008)

- Xác định tổng chất rắn lơ lửng (TSS) theo SMEWW 2540.

- Phương pháp phân tích COD theo TCVN 6491:1999 (ISO 6060:1989)

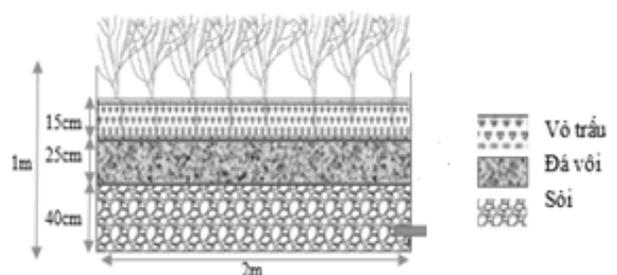
- Phương pháp phân tích tổng Nitơ (theo amoni) theo TCVN 6638:2000 TCVN 5988:1995 (ISO 5664:1984)

- Phương pháp phân tích tổng Phot pho theo TCVN 6202:2008 (ISO 6878:2004), dùng phương pháp đo phổ sử dụng amoni molipdat

- Phương pháp phân tích NH₄⁺ theo TCVN 6179-1:1996 (ISO 7150-1:1984)

2.2.2 Phương pháp bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được đặt ngoài trời, có mái kính để che mưa, ở điều kiện ánh sáng tự nhiên và nhiệt độ dao động từ 24-28°C, nhằm đánh giá hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau biogas của bãi lọc trồng cây nhân tạo theo thời gian trong điều kiện thực tế. Ba bãi lọc trồng cây được thiết kế có kích thước 2m (dài) x 0,25m (rộng) x 1m (cao), khi cho mức nước nằm dưới mặt vật liệu 5cm thì thể tích nước rỗng của mỗi bể là 50 lít. Một bể đối chứng cho 50 l nước thải không có vật liệu và cây. Bể thí nghiệm thiết kế gồm 3 lớp vật liệu (hình 2.1). Trong đó, lớp dưới cùng là sỏi cỡ 3x5 cm, lớp giữa là đá vôi cỡ 2x3 cm và trên cùng vỏ trấu. Cây sậy được trồng trên lớp vật liệu lọc với độ che phủ 60%. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Cho 50 lít nước thải vào bể thí nghiệm. Lấy mẫu tại các mốc thời gian là 0,5h, 4h, 24h, 48h, 72h, 120h, 144h và 168h. Quy trình lấy mẫu như sau: Mỗi lần lấy mẫu xả hết nước trong bể và đưa mẫu vào trong bình định mức 50 lít, lấy 100 ml mẫu dùng để phân tích. Sau đó bổ sung thêm 100 ml nước thải và định mức lên 50 lít rồi đổ lại vào bể thí nghiệm để tiến hành theo dõi tại các mốc thời gian tiếp theo.



Hình 2.1. Sơ đồ bố trí thí nghiệm

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

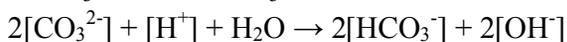
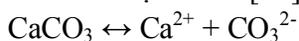
3.1 Đánh giá các thông số chất lượng nước thải pH

Kết quả khảo sát giá trị pH của nước thải đầu ra theo thời gian thí nghiệm được trình bày tại bảng 3.1.

Bảng 3.1. Giá trị pH của nước thải đầu ra theo thời gian

Thí nghiệm	pH	QCVN62-MT:2016/BTNMT cột B
Đầu vào	4,3±0,4	5,5 - 9
0,5h	6,9±0,5	
4h	7,2±0,6	
24h	7,1±0,5	
48h	7,2±0,5	
72h	7,0±0,4	
120h	7,2±0,3	
144h	7,1±0,5	
168h	7,1±0,4	

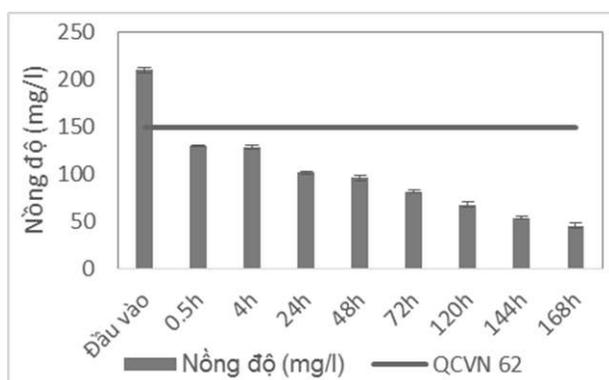
Từ kết quả thí nghiệm cho thấy nước thải đầu vào có giá trị pH= 4,3±0,4 chưa đạt QCVN 62-MT:2016/BTNMT cột B. Tuy nhiên, sau khi đi qua bãi lọc trồng cây chứa các vật liệu lọc đá vôi, sỏi với thành phần chính là silic dioxit, các hợp chất cacbonat có khả năng trung hòa axit. Thêm vào đó, thí nghiệm sử dụng cây sậy trồng trên các lớp vật liệu lọc. Sự phát triển của rễ cây cùng các vi sinh vật vùng rễ có thể làm biến đổi tính chất của vật liệu. Cơ chế loại bỏ ion $[H^+]$ có thể như sau:



Do vậy, giá trị pH nước thải đầu ra tăng, pH ổn định nằm trong khoảng 6,9 - 7,2 và đạt QCVN 62-MT:2016/BTNMT, cột B.

TSS

Kết quả khảo sát giá trị TSS của nước thải đầu ra theo thời gian được trình bày tại hình 3.1.

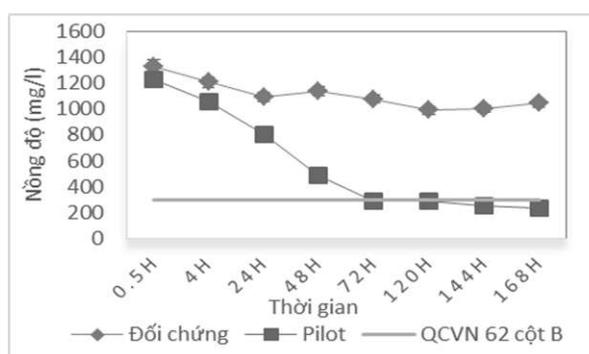


Hình 3.1. Giá trị TSS theo thời gian

Kết quả thể hiện trên hình 3.1 cho thấy, nước thải đầu vào có TSS là 210 mg/l khá cao, sau khi đi qua bãi lọc trồng cây nhờ có cơ chế lắng và lọc các hạt cặn sẽ được giữ lại bởi các các lớp vật liệu lọc. Thêm vào đó, sự phát triển phong phú của hệ rễ sậy làm tăng khả năng giữ các chất lơ lửng lại trong hệ thống. Giá trị TSS giảm trong suốt thời gian thí nghiệm, đều thấp hơn quy chuẩn. Hiệu suất loại bỏ TSS đạt 78% sau 168h. Nghiên cứu của F.T. González1 có kết quả tương đồng, hiệu suất loại bỏ TSS đạt 64 -78%. Các nghiên cứu khác (P. Klomjek, 2016, J. Vymazal, 2002) cũng cho rằng bãi lọc trồng cây nhân tạo có khả năng loại bỏ tốt TSS trong nước thải.

COD

Giá trị COD của nước thải giảm dần theo thời gian. Diễn biến hàm lượng COD được thể hiện tại Hình 3.2.



Hình 3.2. Giá trị COD theo thời gian

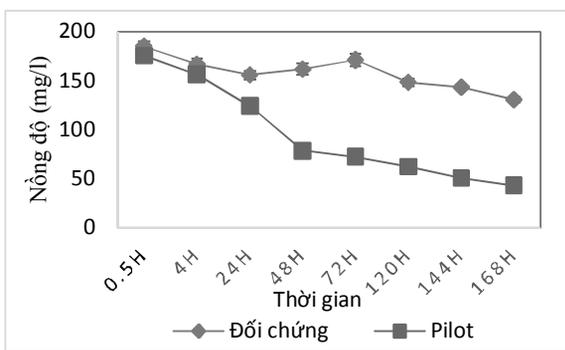
Hàm lượng COD của cả mẫu đối chứng và thí nghiệm đều có xu hướng giảm theo thời gian. Tuy nhiên, mẫu pilot có tốc độ giảm nhanh hơn do khi nước thải đi qua lớp vật liệu lọc, các hợp chất hữu cơ không tan sẽ bị giữ lại, đồng thời trong bãi lọc trồng cây có sự hoạt động của vi sinh vật yếm khí phân hủy chất hữu cơ thành CO_2 và CH_4 , các vi sinh vật này phát triển mạnh trong khoảng 24-72h. Sau 72h thí nghiệm, giá trị COD là 293,2 mg/l đạt quy chuẩn cho phép. Thực vật có khả năng chuyển hóa các chất hữu cơ làm thức ăn nuôi cơ thể. Đây là lý do trong khoảng thời gian này giá trị COD giảm nhanh. Từ 72h trở đi hiệu suất gần như không thay đổi. Hiệu suất loại bỏ COD đạt 74,6% sau 168h.

Tại Thái Lan, hệ bãi lọc trồng cây dòng chảy ngầm sử dụng cỏ Napier làm vật liệu thủy sinh để xử

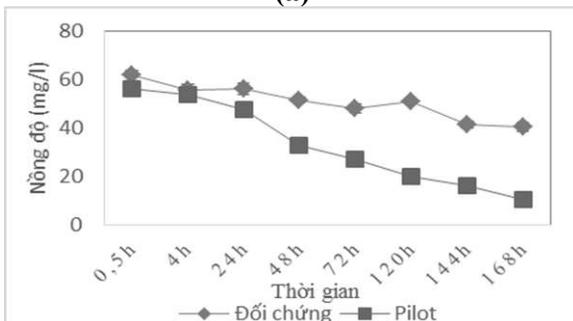
lý nước thải chăn nuôi lợn, hiệu suất xử lý COD là 64% (P. Klomjek, 2016). Trong nghiên cứu của F.T. González1 đã sử dụng vùng bãi lọc ngầm có dòng chảy dọc để xử lý nước thải chăn nuôi ở Yucatán, Mexico hiệu suất xử lý COD đạt được từ 52-78% (F.T. González1 et al., 2009). So sánh với nhiều nghiên cứu xử lý COD đã công bố, kết quả thí nghiệm này có sự tương đồng. Như vậy, hoàn toàn có thể ứng dụng bãi lọc trồng cây nhân tạo với cây sậy trồng trên các lớp vật liệu vỏ trấu, sỏi, đá vôi để xử lý COD trong nước thải chăn nuôi.

Các hợp chất Nitơ (TN, NH₄⁺) và Phốt pho

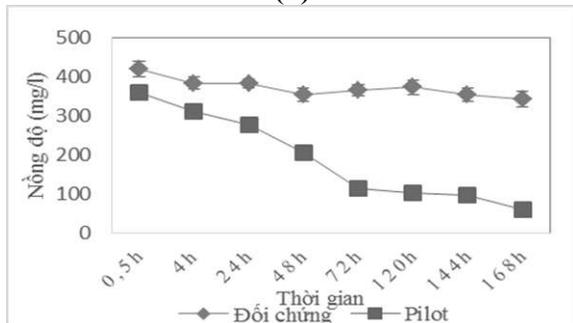
Hàm lượng tổng Nitơ (TN), Amoni (NH₄⁺) và tổng Phốt pho (TP) biến đổi theo thời gian được biểu diễn tại hình 3.3.



(a)



(b)



(c)

Hình 3.3. Sự biến đổi các thông số chất lượng nước thải theo thời gian (a. TN, b. NH₄⁺, c. TP)

Kết quả trên hình 3.3 cho thấy, nồng độ TN, TP và NH₄⁺ có xu hướng giảm dần theo thời gian. Trong bãi lọc trồng cây, các chất dinh dưỡng bị loại bỏ nhờ sự hấp thụ thực vật thủy sinh, sự chuyển hóa của vi sinh vật và một phần nhờ vào sự hấp phụ của vật liệu lọc. Trong khoảng 24h đầu tiên, tốc độ xử lý chậm, quá trình loại bỏ chất ô nhiễm chủ yếu là do sự hấp phụ của vật liệu lọc, hiệu suất xử lý TN, NH₄⁺, TP lần lượt là 32,8%, 22,6% và 34%. Trong khoảng từ 24-72h sự chuyển hóa bắt đầu diễn ra, nồng độ chất ô nhiễm giảm nhanh, giá trị TN giảm từ 123,84mg/l xuống 72,1 mg/l, NH₄⁺ giảm từ 47,75mg/l xuống 27 mg/l, TP giảm từ 277 mg/l xuống 114 mg/l. Lúc này, chất ô nhiễm thông qua các quá trình nitrat hóa, amoni hóa, photphat hóa từ dạng khó tiêu thành chất dinh dưỡng cho cây trồng hấp thụ (Kadlec R.H and Knight R.L, 1996). Khoảng thời gian tiếp theo, sự chuyển hóa vẫn diễn ra. Tuy nhiên, tốc độ chậm dần. Sau 168h, hiệu suất loại bỏ TN, NH₄⁺, TP lần lượt là 67,1%, 74,2% và 86%.

Hiệu suất loại bỏ TN, NH₄⁺, TP tương đương hoặc cao hơn so với các nghiên cứu khác. F.T.González đã xử lý nước thải chăn nuôi tại Yucatán, Mexico bằng bãi lọc trồng cây dòng chảy ngầm sử dụng thực vật thủy sinh là cây cỏ nến (*Typha latifolia*) trồng trên lớp vật liệu lọc cát và sỏi, hiệu suất loại bỏ NH₄⁺ từ 63-75%, TN từ 57-79%, TP chỉ từ 0-28% (F.T. González et al., 2009). Trong nghiên cứu của P.G. Hunt hiệu suất loại bỏ N đạt >75% (P.G. Hunt et al., 2002); C.Y Lee xử lý nước thải chăn nuôi lợn ô nhiễm nồng độ cao, hiệu quả loại bỏ đối với TN, NH₄⁺ và NO₃⁻ tương đối thấp dao động từ 1 đến 22% (C.Y. Lee et al., 2004). Báo cáo của P. H. Sezerino về sử dụng bãi lọc trồng cây dòng chảy ngầm để xử lý chất dinh dưỡng trong nước thải chăn nuôi lợn có kết quả tương đồng, hiệu suất xử lý phốt pho trung bình đạt 83%, tổng Nitơ đạt 72% và NH₄⁺ đạt 72%. (P. H. Sezerino et al., 2003).

Sự hấp thụ chất dinh dưỡng của cây sậy làm nồng độ chất ô nhiễm giảm đáng kể. Trong suốt quá trình thí nghiệm không cần bổ sung phân bón, cây sậy sinh trưởng và phát triển bình thường.

3.2. Thảo luận

Bổ sung vỏ trấu vào bãi lọc trồng cây có thể làm tăng TSS, COD trong nước thải. Tuy nhiên, vỏ trấu lại là chất nền thuận lợi hơn cho sự phát triển của vi sinh vật và thực vật thủy sinh so với các vật liệu thông thường khác như đá dăm, cát... do khả năng cung cấp nguồn cacbon dễ tiêu cho cây trồng sinh trưởng thông qua các vi sinh vật phân hủy cellulose (Z.X. Luo et al., 2018). Mặt khác, việc sử dụng vỏ trấu làm vật liệu xử lý ô nhiễm sẽ làm giảm phế thải hữu cơ, đóng góp một phần vào việc giảm thiểu hiệu ứng khí nhà kính do quá trình đốt vỏ trấu gây ra.

Thực vật thủy sinh và vi sinh vật đóng vai trò quan trọng trong việc loại bỏ COD và chất dinh dưỡng (TN, NH_4^+ , TP) có trong nước thải (Kadlec R.H and Knight R.L, 1996). Trong khi đó, vật liệu lọc đá, sỏi lại có khả năng loại bỏ TSS và ổn định pH đạt quy chuẩn cho phép.

Trong khoảng thời gian đầu từ 0,5h-24h, hầu hết các thông số chất lượng nước đều giảm nhẹ. Từ 48h-72h quá trình xử lý diễn ra nhanh sau đó chậm dần. Sau 72h, hiệu suất loại bỏ NH_4^+ , TN, COD, TSS đều cao và đạt từ 60% trở lên, các giá trị pH, TSS, TN, COD đạt quy chuẩn cho phép. Sau 168h hiệu suất xử lý đều lớn hơn 67%, riêng TP được xử lý với hiệu suất cao nhất đạt 86%. So

sánh kết quả của nghiên cứu này với các kết quả nghiên cứu khác (P. H. Sezerino et al., 2003, C.Y. Lee et al., 2004, F.T. González et al., 2009), có thể thấy hệ bãi lọc trồng cây nhân tạo dòng chảy ngầm sử dụng thực vật thủy sinh là cây sậy được trồng trên lớp vật liệu vỏ trấu, đá, sỏi có thời gian xử lý ngắn và hiệu suất xử lý tương đối cao. Như vậy, hoàn toàn có thể ứng dụng bãi lọc trồng cây nhân tạo dạng này để xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau biogas.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả phân tích nước thải sau khi đi qua bãi lọc trồng cây nhân tạo sử dụng cây sậy trồng trên lớp vật liệu vỏ trấu, đá vôi và sỏi, một số kết luận được rút ra như sau:

1. Bãi lọc trồng cây nhân tạo theo thiết kế có thời gian xử lý nhanh, sau 72h hiệu suất xử lý đều đạt từ 60% trở lên, các giá trị pH, TSS, TN, COD đạt quy chuẩn cho phép

2. Trong quá trình thí nghiệm, pH của nước thải luôn ổn định trong khoảng từ 6,9 - 7,2, sau 168h, hiệu suất loại bỏ TSS, COD, tổng Nitơ, Amoni và tổng phốt pho lần lượt là 78%, 74,6%, 67,1%, 74,2% và 86%.

3. Có thể ứng dụng bãi lọc trồng cây nhân tạo sử dụng cây sậy trồng trên lớp vật liệu vỏ trấu, đá vôi, sỏi để xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau biogas.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- González F.T, G. G. Vallejos, J. H. Silveira, C. Q. Franco, J. García and J. Puigagut. (2009) *Treatment of swine wastewater with subsurface-flow constructed wetlands in Yucatán, Mexico: Influence of plant species and contact time*, Water SA, Vol. 35 No. 3, 335-342.
- Hunt P. G., A. A. Szögi, F. J. Humenik, J. M. Rice, T. A. Matheny and K. C. Stone. (2002) *Constructed wetlands for treatment of swine wastewater from an anaerobic lagoon*, American Society of Agricultural Engineers, Vol. 45(3), 639-647.
- Ibekwe A. M., J. Ma, S. Murinda and G. B. Reddy. (2016) *Bacterial community dynamics in surface flow constructed wetlands for the treatment of swine waste*, Science of the Total Environment, 544, 68-76.
- Kadlec R.H and Knight R.L (1996) *Treatment Wetlands*, Lewis, CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Klomjek P. (2016) *Swine Wastewater Treatment Using Vertical Subsurface Flow Constructed Wetland Planted With Napier Grass*, Sustainable Environment Research, Vol 26, Issue 5, 217-223.
- Lee C. Y, C. C. Lee, F. Y. Lee, S. K. Tseng and C. J. Liao. (2004) *Performance of subsurface flow constructed wetland taking pretreated swine effluent under heavy loads*, Bioresour Technol, 92, 173-179.
- Luo Z.X., S.J. Li, X.F. Zhu and G.D. Ji (2018) *Carbon source effects on nitrogen transformation processes and the quantitative molecular mechanism in long-term flooded constructed wetlands*, Ecol. Eng, 123, 19-29

- Sezerino P. H., V. Reginatto, M. A. Santos, K. Kayser, S. Kunst, L. S. Philippi and H. M. Soares (2003) *Nutrient removal from piggery effluent using vertical flow constructed wetlands in southern Brazil*, Water Science & Technology, 48(2):129-35
- Vymazal J. (2007) *Removal of nutrients in various types of constructed wetlands*, Science of the Total Environment, 380, 48–65.
- Vymazal J. and L. Kröpfelová (2009) *Removal of organics in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow: A review of the field experience*, Science Of The Total Environment, 407, 3911 – 3922.
- Vymazal J., 2002, *The use of sub-surface constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic: 10 years experience*, Ecological Engineering, 18, pp 633–646
- Kowalik, P., Obarska-Pempkowiak, H., 1998. Poland. In: Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P.F., Green, M.B., Haberl, R. (Eds.), *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp. 217– 225.

Abstract:

ANALYSIS AND EVALUATION: APPLICABILITY OF THE CONSTRUCTED WETLAND FOR PIGGERY WASTEWATER TREATMENT AFTER BIOGAS PROCESS

*In Vietnam, the common technique used for piggery wastewater treatment is biogas model. However, from actual operations, this model results higher than the permitted standard - QCVN 62-MT:2016/BTNMT. Acknowledging the current situation, this study focuses on the application of the constructed wetland (CW) to treat piggery wastewater after biogas process. The CW using reed (*Phragmites australis* Cav.) and the filter system consisting of gravel, limestone and rice husk. From the experimental results, the pHs value of the wastewater stable in the range of 6.9 to 7.2, meeting the permitted standards. The removal efficiency of total phosphorus is up to 86% while the other parameters, namely TSS, COD, Total Nitrogen and Ammonium after 168 hours experiment have the efficiency 78%, 74.6%, 67.1% and 74.2%, respectively. Therefore, the proposed constructed wetland shows various advantages, which higher treatment efficiency and shorter retention time for the piggery wastewater treatment after biogas.*

Keywords : Constructed wetland, piggery waterwaste after biogas process, reed.

Ngày nhận bài: 20/3/2019

Ngày chấp nhận đăng: 12/6/2019