

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHĂN NUÔI LỢN SAU BIOGAS BẰNG CÔNG NGHỆ DÒNG CHẢY NGẦM TRỒNG CỎ VOI KẾT HỢP THAN SINH HỌC

Nguyễn Thị Vĩnh Hằng¹, Vũ Thị Mai¹, Vũ Thị Nguyệt²

¹Trường Đại học Tài Nguyên và Môi trường Hà Nội

²Viện Công nghệ Môi trường

Tóm tắt

Chăn nuôi là lĩnh vực gắn liền với cuộc sống của con người. Mặc dù có những đóng góp tích cực cho sự phát triển kinh tế - xã hội, việc phát triển chăn nuôi lợn đã gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Hiện nay, nước thải chăn nuôi lợn từ các cơ sở chăn nuôi sau xử lý vẫn chưa đáp ứng được các tiêu chuẩn thải của quốc gia. Trong nghiên cứu này, nước thải chăn nuôi lợn sau công đoạn biogas được xử lý bằng công nghệ dòng chảy ngầm trồng cây Cỏ Voi kết hợp than sinh học, lưu lượng 10 l/ ngày, thời gian lưu là 6 ngày. Kết quả thực nghiệm cho thấy hiệu suất xử lý COD, TN, TP, PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_3^- lần lượt là 53,59%, 62,46%, 29,69%, 33,57%, 61,51%, 33,41%. Nước thải sau khi xử lý đạt tiêu chuẩn cột B của QCVN 62-MT:2016/BTNMT về COD, tổng nitơ.

Từ khóa: Công nghệ dòng chảy ngầm; Cỏ Voi; Than sinh học; Nước thải chăn nuôi lợn

Abstract

A study on Piggery farm wastewater treatment post biogas using the floating platform technique with Pennisetum purpureum - Schumacher combined Biochar

Breeding is played an important role in socio-economic development. However, the development of piggery production has caused serious environmental pollution. At the present, after treatment, piggery farm wastewater still has not met the Vietnam National Wastewater Standards. This study was aimed to evaluate Swine farm wastewater treatment post biogas using the floating platform technique with *Pennisetum purpureum* - Schumacher combined Biochar, flow rate: 10l per day and retention time: 6 days. The result showed that COD, TN, TP, PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_3^- treatment efficiencies are 53,59%, 62,46%, 29,69%, 33,57%, 61,51%, 33,41%, respectively. Waste water after treatment meets criteria B column QCVN 62-MT: 2016 / BTNMT on COD, TN.

Keywords: The floating platform technique; *Pennisetum purpureum* - Schumacher; Biochar; Piggery farm wastewater.

1. Giới thiệu

Công nghệ xử lý nước thải sử dụng thực vật thủy sinh đã được phát triển rất thành công. Hệ thống này xử lý nước thải sau công đoạn xử lý yếm khí ở trang trại chăn nuôi quy mô hàng ngàn đầu lợn

cho kết quả loại bỏ COD, BOD, N của hệ thống tương đối cao [5, 6, 7, 10, 11]. Rất nhiều các loại thực vật thủy sinh đã được sử dụng để xử lý nước thải chăn nuôi lợn,...Tuy nhiên rất ít các nghiên cứu sử dụng Cỏ Voi làm đối tượng xử lý.

Nghiên cứu

Than sinh học có tiềm năng tạo ra các lợi ích xã hội, kinh tế và môi trường và được đánh giá là một trong những sản phẩm có tính ứng dụng cao trong đời sống và thân thiện với môi trường. Than hoạt tính và than sinh học được sử dụng xử lý nước thải cho hiệu quả xử lý cao đối với COD đều là 99%, riêng than sinh học loại bỏ được 89% tổng phốt pho và 86% PO_4^{3-} [4].

Sự kết hợp thực vật thủy sinh và than sinh học để xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau biogas đang còn là vấn đề mới mẻ tại Việt Nam. Do đó trong nghiên cứu này tập trung đánh giá vai trò của cây Cỏ Voi trong xử lý nước ô nhiễm cũng như khả năng sử dụng loại thực vật này kết hợp với than sinh học trong xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau biogas. Việc kết hợp này như là giải pháp thân thiện với môi trường với mục đích lựa chọn công nghệ tối ưu hơn để xử lý triệt để các chất thải lỏng trong quá trình chăn nuôi lợn ở Việt Nam.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Thực vật nghiên cứu

Cỏ Voi (*Pennisetum purpureum* - Schumacher) dùng trong thí nghiệm được

lấy ở ruộng trồng cỏ nuôi bò tại Cát
Quế, Hoài Đức, Hà Nội.

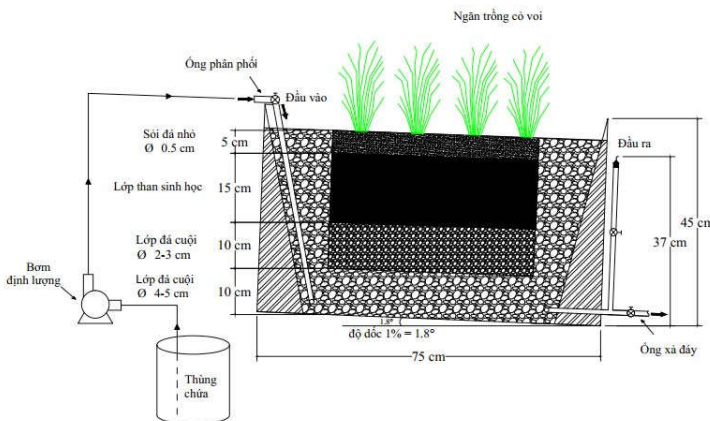
Than sinh học: Gỗ củi được đốt yếm khí, kế thừa vật liệu có sẵn của Phòng Công nghệ xử lý chất thải rắn và khí thải, Viện Công nghệ Môi trường, Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Nước thải chăn nuôi lợn: Nguồn nước thải sử dụng trong nghiên cứu này được lấy từ nước thải sau quá trình xử lý yếm khí ở hầm biogas tại hộ gia đình chăn nuôi lợn ở xã Cát Quế, huyện Hoài Đức, Hà Nội. Các giá trị tổng Nito, COD và TSS cũng đều cao hơn so với tiêu chuẩn thải của QCVN 62:2016/ BTNMT (cột B) rất nhiều lần.

2.2. Mô hình nghiên cứu

Thí nghiệm được tiến hành trong bể có kích thước chiều dài x rộng x sâu: 74,5 cm x 53 cm x 45 cm. Vật liệu trồng cây Cỏ Voi là sỏi, đá, than sinh học có kích thước và chia lớp như sau:

- Lớp đá cuội kích thước phi 4-5 cm: 10 cm
- Lớp đá cuội kích thước phi 2-3 cm: 10 cm
- Lớp than sinh học: 15 cm
- Sỏi, đá nhỏ 0,5 cm: 5 cm



Hình 1: Mô hình xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau biogas bằng công nghệ dòng chảy ngầm trồng Cỏ Voi kết hợp than sinh học

Hoạt động của hệ thống: Nước thải đầu vào được dẫn từ thùng chứa vào bể xử lý bằng một ống nhựa có van điều chỉnh tốc độ dòng chảy. Nước sau xử lý sẽ chảy ra ngoài qua ống thoát theo cơ chế chảy tràn.

2.3. Phương pháp phân tích

Các thông số được đo đạc và phân tích theo phương pháp chuẩn. Cụ thể các chỉ tiêu: COD, TN, TP, PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_3^- được xác định theo phương pháp chuẩn (APHA, 1995), so màu trên máy đo quang UV-Vis 2450, Shimadzu-Nhật Bản. Các số liệu phân tích lập lại 3 lần và lấy số liệu trung bình.

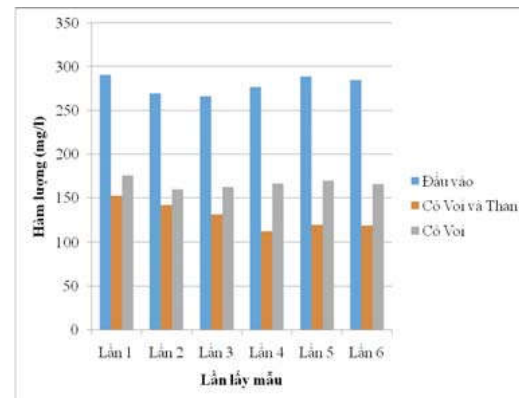
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Khả năng xử lý COD

Kết quả nghiên cứu khả năng xử lý COD của mô hình dòng chảy ngầm sử dụng Cỏ Voi kết hợp than sinh học được thể hiện trong hình 2.

Hình 2 cho thấy nồng độ của COD đưa vào thí nghiệm trung bình là 279,49 mg/l (dao động từ 266,01 mg/l đến 290,6 mg/l), nước đầu ra có hàm lượng COD còn trung bình là 129,6 mg/l (dao động từ 112,4 mg/l đến 152,4 mg/l). Hiệu suất xử lý COD trung bình của hệ thống đạt 53,59%, nước thải sau khi xử lý đạt tiêu chuẩn cột B của QCVN 62-MT:2016/BTNMT. Tính trên một đơn vị diện tích, tải trọng loại bỏ COD trung bình của mô hình là 3,8 g/m².ngày. Kết quả nghiên cứu của chúng tôi cũng phù hợp với các kết quả nghiên cứu của các tác giả trong và ngoài nước [3], sử dụng Cỏ Vetiver để xử lý nước thải sinh hoạt, tải trọng loại bỏ COD của hệ thống xử lý dao động trong khoảng 3,12 - 4,9g COD/m².ngày. Nghiên cứu của [8] cũng chỉ ra rằng hiệu suất xử lý COD của Sậy dòng chảy ngầm là 59%, tải trọng loại bỏ COD của hệ thống dao động trong

khoảng 1,6 - 3,4 g COD/m².ngày. Theo [9], xử lý nước thải chăn nuôi lợn bằng hệ thống dòng chảy ngầm trồng Cỏ Vetiver cũng chỉ ra rằng tải trọng loại bỏ COD của hệ thống dao động trong khoảng 2,2 - 4,68 g COD/m².ngày.



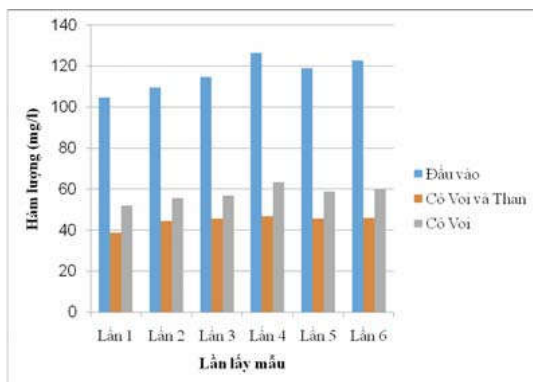
Hình 2: Khả năng xử lý COD của mô hình dòng chảy ngầm sử dụng Cỏ Voi kết hợp Than sinh học

Đối với hệ chỉ trồng Cỏ Voi, hàm lượng nước thải đầu vào giống hệt so với hệ sử dụng Cỏ Voi kết hợp Than (dao động từ 266,01 mg/l đến 290,6 mg/l), sau khi xử lý hàm lượng COD đầu ra dao động từ 39,08 mg/l đến 41,75 mg/l. Hiệu suất xử lý trung bình đạt 40,38% tương ứng với tải trọng loại bỏ là 2,86 g/m².ngày. So sánh với kết quả nghiên cứu cùng mẫu đầu vào, cùng lưu lượng, có thể thấy khả năng xử lý của mô hình sử dụng Cỏ Voi kết hợp với Than cao hơn so với chỉ sử dụng Cỏ Voi (cao hơn 13,21%).

Tính trên một đơn vị diện tích, tải trọng loại bỏ COD của hệ chỉ dùng Cỏ Voi thấp hơn so với hệ dùng cả Cỏ Voi và Than là 0,94 g/m².ngày. Việc trồng Cỏ Voi và sử dụng thêm Than đã làm khả năng xử lý COD của hệ thống cao hơn so với chỉ sử dụng Cỏ Voi riêng lẻ.

3.2. Khả năng xử lý NH_4^+

Hiệu quả xử lý NH_4^+ từ nước thải chăn nuôi lợn của mô hình dòng chảy ngầm sử dụng Cỏ Voi kết hợp với Than sinh học được trình bày trong hình 3.



Hình 3: Khả năng xử lý NH_4^+ của mô hình dòng chảy ngầm sử dụng Cỏ Voi kết hợp Than sinh học

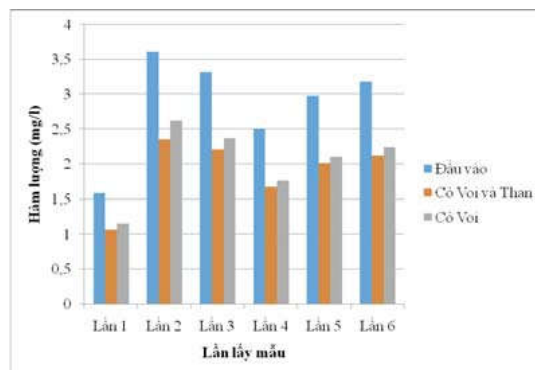
Ở hệ trồng Cỏ Voi kết hợp Than sinh học, với hàm lượng amoni đầu vào trung bình là 116,25 mg/l, đầu ra trung bình là 44,71 mg/l, hiệu suất xử lý NH_4^+ trung bình đạt 61,51%. Tính trên một đơn vị diện tích, tải trọng loại bỏ amoni trung bình của hệ thống là 1,74 mg/m².ngày.

Đối với hệ chỉ trồng Cỏ Voi, hàm lượng đầu vào dao động từ 104,69 mg/l đến 126,54 mg/l, hàm lượng đầu ra sau khi xử lý dao động từ 52,03 mg/l đến 63,47 mg/l, hiệu quả xử lý amoni trung bình đạt 50,12% (dao động từ 49,01% đến 50,76%). Tính trên một đơn vị diện tích, tải trọng loại bỏ amoni của mô hình dùng Cỏ Voi là 1,48 g/m².ngày.

Qua hình 3.2 ta thấy mô hình dòng chảy ngầm dùng Cỏ Voi và Than sinh học có hiệu quả xử lý cao hơn so với mô hình dòng chảy ngầm chỉ sử dụng Cỏ Voi là 12,26%, tương ứng với đó thì tải trọng loại bỏ trung bình cao hơn là 0,26 g/m².ngày. Như vậy sử dụng Than sinh học làm tăng khả năng xử lý amoni cho mô hình dòng chảy ngầm.

3.3. Khả năng xử lý NO_3^-

Kết quả nghiên cứu khả năng xử lý NO_3^- của mô hình dòng chảy ngầm sử dụng Cỏ Voi và Than sinh học được thể hiện trong hình 4.



Hình 4: Khả năng xử lý NO_3^- của mô hình dòng chảy ngầm sử dụng Cỏ Voi kết hợp Than sinh học

Hàm lượng NO_3^- đầu vào hệ thống trung bình là 2,68 mg/l, đầu ra hệ Cỏ Voi kết hợp Than sinh học trung bình là 1,9 mg/l, đầu ra hệ cỏ Voi trung bình là 2,04 mg/l. Hiệu suất của hệ thống Cỏ Voi kết hợp Than sinh học trung bình đạt 33,41%, tải trọng loại bỏ trên một đơn vị diện tích tương ứng là 24,31 mg/m².ngày. Ở hệ thống Cỏ Voi hiệu suất xử lý trung bình đạt 28,78%, tải trọng loại bỏ NO_3^- là 20,77 mg/m².ngày.

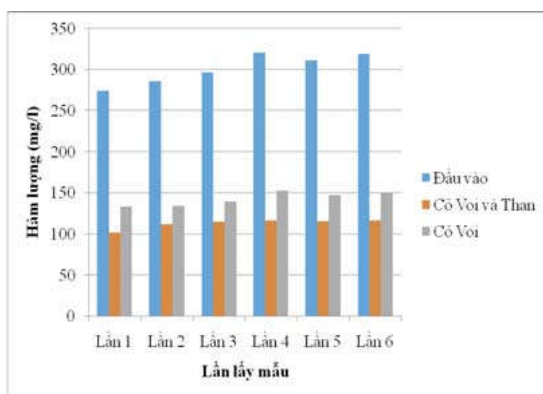
Như vậy với hệ thống chỉ sử dụng Cỏ Voi có hiệu quả xử lý nitrat trung bình thấp hơn so với hệ thống sử dụng kết hợp Cỏ Voi và Than sinh học, nhưng không đáng kể (thấp hơn 4,63%).

3.4. Khả năng xử lý tổng Nitơ

Khả năng xử lý tổng nitơ của thí nghiệm khá cao. Bên cạnh đó, ở tất cả các lần lấy mẫu, hiệu quả xử lý đều tương đối ổn định, không có sự chênh lệch quá nhiều giữa các đợt phân tích. Với hàm lượng đầu vào trung bình 301 mg/l (dao động từ 274 mg/l đến 321 mg/l), khi ra khỏi hệ thống Cỏ Voi và Than sinh học lượng TN còn trung bình 113 mg/l, hiệu suất xử lý TN trung bình đạt 62,46%, nước thải sau khi xử lý đạt tiêu chuẩn cột B của QCVN 62-MT:2016/BTNMT. Như vậy, hệ thống sử dụng Cỏ Voi và Than sinh học đã xử lý được hơn một nửa lượng tổng nitơ đầu

vào trong thời gian lưu 6 ngày với tải trọng loại bỏ trung bình trên một đơn vị diện tích là 4,77 g/m².ngày. Nghiên cứu trước đây ở Úc, [2] sử dụng Cỏ Vetiver để xử lý nước thải cũng thu được kết quả tương tự, tải trọng loại bỏ TN của hệ thống xử lý dao động trong khoảng 2,1 - 5,2 g TN/m².ngày. Nghiên cứu của [1] cũng thu được kết quả tương tự, tải trọng loại bỏ TN của hệ thống sử dụng Cỏ Vetiver để xử lý nước sinh hoạt và nước thải kênh mương thủy lợi dao động trong khoảng 2,5 - 4,7 g TN/m².ngày

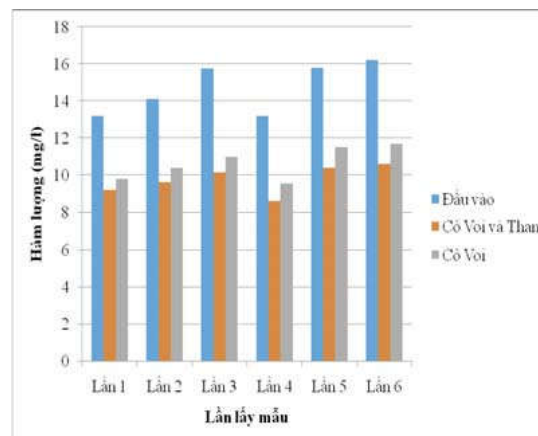
Ở thí nghiệm chỉ sử dụng Cỏ Voi, với hàm lượng đầu vào như nhau thì hàm lượng tổng nitơ đầu ra sau 6 ngày lưu nước dao động từ 133 mg/l đến 103 mg/l, theo đó, khả năng xử lý TN trung bình đạt 52,48%. Tính trên một đơn vị diện tích thì tải trọng loại bỏ tổng nitơ trung bình là 4,01 g/m².ngày. Hiệu suất xử lý của hệ chỉ trồng Cỏ Voi thấp hơn so với thí nghiệm dùng cả Cỏ Voi và Than sinh học là 9,98%, tải trọng loại bỏ thấp hơn 0,76 g/m².ngày.



Hình 5: Khả năng xử lý tổng nitơ của mô hình dòng chảy ngầm sử dụng Cỏ Voi kết hợp Than sinh học

3.5. Khả năng xử lý PO_4^{3-}

Kết quả nghiên cứu khả năng xử lý PO_4^{3-} của mô hình dòng chảy ngầm sử dụng Cỏ Voi được thể hiện trong hình 6 dưới đây:



Hình 6: Khả năng xử lý PO_4^{3-} của mô hình dòng chảy ngầm sử dụng Cỏ Voi kết hợp Than sinh học

Qua hình 6 ta thấy, hàm lượng photphat đầu vào trung bình là 14,71 mg/l, đầu ra hệ thống dòng chảy ngầm Cỏ Voi và Than trung bình hàm lượng PO_4^{3-} là 9,76 mg/l, hiệu quả xử lý PO_4^{3-} trung bình đạt 33,57%. Tính trên một đơn vị diện tích, tải trọng loại bỏ photphat trung bình là 125 mg/m².ngày.

Ở thí nghiệm dòng chảy ngầm chỉ sử dụng Cỏ Voi đầu ra hàm lượng PO_4^{3-} trung bình là 10,7 mg/l, hiệu quả xử lý PO_4^{3-} trung bình đạt 27,16%. Tính trên một đơn vị diện tích, tải trọng loại bỏ photphat trung bình là 101 mg/m².ngày.

So sánh hai hệ cùng chạy song song thì hệ dùng Cỏ Voi kết hợp Than sinh học có hiệu quả xử lý trung bình cao hơn so với hệ chỉ sử dụng Cỏ Voi là 6,41%, tải trọng loại bỏ ít hơn là 24,06 mg/m².ngày.

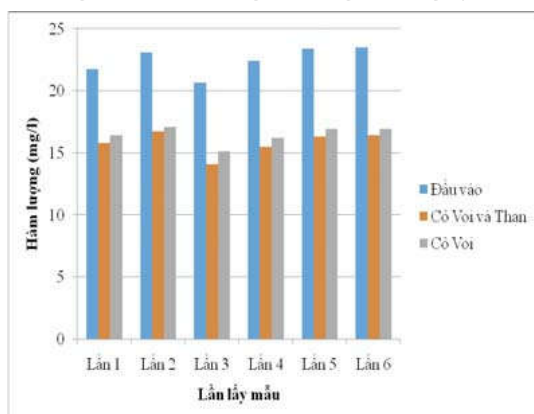
3.6. Khả năng xử lý tổng photpho

Mô hình dòng chảy ngầm sử dụng Cỏ Voi và Than sinh học đem lại hiệu quả xử lý TP nằm trong khoảng từ 27,36 - 31,72%. Hàm lượng tổng photpho đầu vào có giá trị trung bình là 22,47 mg/l, đầu ra là 15,8 mg/l ứng với khả năng loại bỏ là 29,69%. Khả năng loại bỏ TP cũng có sự tương đồng với khả năng loại bỏ

photphat. Tính trên một đơn vị diện tích, tải trọng loại bỏ trung bình của tổng photpho là 0,17 g/m².ngày. Năm 2008, [3] cũng thu được kết quả tương tự khi sử dụng Cỏ Vetiver để xử lý nước thải sinh hoạt, tải trọng loại bỏ TP của hệ thống xử lý dao động trong khoản 0,12 - 0,31 g TP/m².ngày. Nghiên cứu mới đây của [1] cũng thu được kết quả tương tự, tải trọng loại bỏ TP của hệ thống sử dụng Cỏ Vetiver để xử lý nước sinh hoạt và nước thải kênh mương thủy lợi dao động trong khoảng 0,21 - 0,42 g TP/m².ngày.

Với mô hình chỉ sử dụng Cỏ Voi, hàm lượng đầu ra dao động dao động từ 15,1 mg/l đến 17,1 mg/l, hiệu quả xử lý TP trung bình đạt 26,83% tương đương với tải trọng loại bỏ trung bình trên một đơn vị diện tích là 153 mg/m².ngày.

So sánh giữa hai mô hình thí nghiệm, với thí nghiệm chỉ dùng Cỏ Voi, hiệu quả xử lý tổng photpho thấp hơn so với thí nghiệm dùng Cỏ Voi kết hợp với Than sinh học là 2,86%, tương đương với tải trọng 0,15 g/m².ngày.



Hình 7: Khả năng xử lý tổng photpho của mô hình dòng chảy ngầm sử dụng Cỏ Voi kết hợp Than sinh học

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu hệ thống dòng chảy ngầm sử dụng Cỏ Voi và Than sinh

học để xử lý COD, N và P trong nước thải chăn nuôi lợn sau công đoạn biogas cho thấy:

Hệ thống dòng chảy ngầm sử dụng Cỏ Voi và Than sinh học đã xử lý hiệu quả COD, N và P. Ở lưu lượng 10 l/m².ngày, hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm COD, N-NH₄⁺, NO₃⁻, TN, P-PO₄³⁻, TP lần lượt là 53,59%, 61,51%, 33,41%, 62,46%, 33,57% và 29,69%. Tính ra, tải trọng loại bỏ COD, TN và TP tương ứng là 3,8 gCOD/m².ngày, 4,77gN/ m².ngày và 169 mgP/m².ngày. Nước thải sau khi xử lý đạt tiêu chuẩn cột B của QCVN 62-MT:2016/BTNMT về COD và TN.

Khả năng ứng dụng hệ thống dòng chảy ngầm sử dụng Cỏ Voi và Than sinh học để xử lý COD, N và P trong nước thải chăn nuôi lợn là khả thi và có triển vọng áp dụng hệ thống này trong điều kiện thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Akbarzadeh A, Jamshidi S, Vakhshouri M (2015). *Nutrient uptake rate and removal efficiency of Vetiveria zizanioides in contaminated waters*. Pollution, 1(1), 1-8.
- [2]. Ash R, Truong P (2004). *The Use of Vetiver Grass for Sewerage Treatment*. Presented at the Sewage Management QEPA Conference, Cairns, Australia.
- [3]. Boonsong K, Chansiri M (2008). *Domestic Wastewater Treatment using Vetiver Grass Cultivated with Floating Platform Technique*. AU J.T, 12(2), 73-80.
- [4]. Christina Berger (2012). *Biochar and activated carbon filters for greywater treatment – comparison of organic matter and nutrients removal*. Master thesis, Department of Energy and technology.
- [5]. Hunt P.G, Szögi A. A, Humenik F. J, Rice J. M, Matheny T.A, Stone K.C (2002). *Constructed wetlands for treatment* (Xem tiếp trang 58)

3. Thảo luận và kiến nghị

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định cho thấy, mô hình SWAT có khả năng mô phỏng dòng chảy với độ chính xác tương đối cao (chỉ số Nash từ 0,65 đến 0,85); mô phỏng bùn cát với độ chính xác khá (chỉ số PBAIS từ -30 đến 6). Quan hệ $Q-Q_s$ được xây dựng từ dòng chảy và bùn cát tính toán bằng mô hình SWAT so với quan hệ $Q-Q_s$ được xây dựng từ số liệu quan trắc có sự khác nhau nhưng chấp nhận được.

Như vậy, có thể sử dụng mô hình SWAT để tính toán dòng chảy và bùn cát cho những lưu vực thiếu hoặc không có số liệu quan trắc để tạo biên đầu vào cho mô hình HEC-6 tính bồi lắng hồ chứa.

Để kết quả tính toán được chính xác cần có DEM độ phân giải cao, đủ số liệu

mưa đại diện cho toàn lưu vực, nguồn dữ liệu về hiện trạng sử dụng đất và thổ nhưỡng chi tiết và luôn được cập nhật. Ngoài ra cần tiếp hành khảo sát bổ sung số liệu thực đo lưu lượng nước và bùn cát, phục vụ hiệu chỉnh và kiểm định, xác định bộ thông số tối ưu của mô hình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. S.L. Neitsch, J.G. Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Williams (2011). *Soil and Water Assessment Tool*. Theoretical Documentation, Version 2009.

[2]. US Army Corps of Engineers (1993). *HEC-6: Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs*. User's Manual.

[3]. Nguyễn Kiên Dũng (2002). *Nghiên cứu, tính toán bồi lắng và nước dâng ứng với các phương án xây dựng khác nhau của hồ chứa Sơn La*. Đề tài cấp Bộ, Bộ Tài nguyên và Môi trường.

BBT nhận bài: Ngày 03/11/2017; Phản biện xong: Ngày 14/12/2017

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHĂN NUÔI LỢN SAU BIOGAS BẰNG CÔNG NGHỆ..... (tiếp theo trang 38)

of swine wastewater from an anaerobic lagoon. American Society of Agricultural Engineers, 45(3), 639-647.

[6]. López D, Sepúlveda M, Vidal G (2016). *Phragmites australis and Schoenoplectus californicus in constructed wetlands: Development and nutrient uptake*. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 16 (3), 763-777.

[7]. Poacha, M. E, Hunt P.G, Reddy G.B, Stone K.C, Johnson M.H and Grubbs A (2004). *Swine wastewater treatment by marsh-pond-marsh constructed wetlands under varying nitrogen loads*. Ecological Engineering, 23, 165-175.

[8]. Shahi D. H, Eslami H, Hasan M (2013). *Comparing the Efficiency of Cyperus alternifolius and Phragmites australis in Municipal Wastewater Treatment by*

Subsurface Constructed Wetland. Pakistan Journal of Biological Sciences, 16(8), 379-384.

[9]. Vũ Thị Nguyệt, Nguyễn Trung Kiên, Trần Văn Tựa, Lê Thị Thu Thủy, Nguyễn Triều Dương (2014). *The use of subsurface constructed wetland grown Vetiver grass for removal of Nitrogen and phosphorus from swine wastewater*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, số 52, 3A, tr: 74-80.

[10]. Vymazal J, Kröpfelová L (2011). *A three-stage experimental constructed wetland for treatment of domestic sewage: first 2 years of operation*. Ecol. Eng, 37, 90-98.

[11]. Xindi L, Luo S, Wu Y and Wang Z (2003). *Studies on the Abilities of Vetiveria zizanioides and Cyperus alternifolius for Pig Farm Wastewater Treatment*. Proc. Third International Vetiver Conference, Guangzhou, China.

BBT nhận bài: Ngày 09/7/2017; Phản biện xong: Ngày 05/12/2017