

EVALUATING THE TREATMENT EFFICIENCY OF THE SUBSURFACE CONSTRUCTED WETLANDS SYSTEM AND FREE FLOATING PLANTS SYSTEM FOR THE WASTEWATER FROM NOODLE HANDICRAFT VILLAGE IN HIEP HOA COMMUNE, QUANG YEN TOWN, QUANG NINH PROVINCE

Nguyen Van Thanh¹, Duong Trong Hai^{2*}, Nguyen Thi Thu Thuy³,
Bui Thi Kim Anh¹, Tran Viet Khanh⁴

¹Institute of Environmental Technology – VAST, ²TNU – University of Sciences,

³Vietnam-Russia Tropical Center, ⁴Thai Nguyen University

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 29/4/2022	The wastewater from noodle handicraft village in Hiep Hoa commune, Quang Yen town, contain large amount of organic and nutritional compounds with high C/N ratio. Experimental treatment of wastewater from craft villages with floating plants system (system 1 was planted with umbrella sedge) and subsurface constructed wetlands system (system 2 was planted with taro) gave optimistic results. The COD, TN, TP, TSS treatment efficiency of system 1 were 80.3 - 81.1%; 52.1 - 53.8%; 59.4 - 66.4% and 63.7 - 86.8%, respectively. After 7 days, the COD value in wastewater after biogas has not reached the allowed standards. In system 2, the COD, TN, TP, TSS treatment efficiency were 88.6 - 93%; 85.4 - 86.1%; 91.8 - 93.9% and 78.5 - 95.1%, respectively. After 5 days, the wastewater quality met the permitted standards. Thus, system 2 has higher performance and processing speed than system 1, but the investment cost is higher.
Revised: 26/5/2022	
Published: 26/5/2022	
KEYWORDS	
Noodle handicraft village	
Subsurface constructed wetland	
Floating plants system	
Organic	
Nutrition	

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ CỦA HỆ BÃI LỌC TRỒNG CÂY NHÂN TẠO DÒNG CHẢY NGẦM VÀ HỆ THỰC VẬT NỔI ĐỐI VỚI NƯỚC THẢI LÀNG NGHỀ SẢN XUẤT BÚN BÁNH TẠI XÃ HIỆP HÒA, THỊ XÃ QUẢNG YÊN, TỈNH QUẢNG NINH

Nguyễn Văn Thành¹, Dương Trọng Hải^{2*}, Nguyễn Thị Thu Thủy³,
Bùi Thị Kim Anh¹, Trần Việt Khanh⁴

¹Viện Công nghệ môi trường – Viện Hàn lâm Khoa học Công nghệ Việt Nam

²Trường Đại học Khoa học - ĐH Thái Nguyên, ³Trung tâm nhiệt đới Việt Nga, ⁴Đại học Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 29/4/2022	Nước thải làng nghề sản xuất bún bánh xã Hiệp Hòa, thị xã Quảng Yên chứa một lượng lớn các hợp chất hữu cơ và dinh dưỡng với tỷ lệ C/N cao. Thử nghiệm xử lý nước thải làng nghề bằng hệ thực vật nổi (hệ 1 trồng cây thủy trúc) và hệ bãi lọc trồng cây nhân tạo dòng chảy ngầm trồng khoai nước (hệ 2 trồng cây khoai nước) cho kết quả khả quan. Hiệu suất xử lý COD, TN, TP, TSS của hệ 1 lần lượt là 80,3 - 81,1%; 52,1 - 53,8%; 59,4 - 66,4% và 63,7 - 86,8%. Sau 7 ngày chỉ số COD trong nước thải sau biogas chưa đạt quy chuẩn cho phép. Tại hệ 2, hiệu suất xử lý COD, TN, TP, TSS lần lượt là 88,6 - 93%; 85,4 - 86,1%; 91,8 - 93,9% và 78,5 - 95,1%. Sau 5 ngày chất lượng nước thải đạt quy chuẩn cho phép. Như vậy, hệ 2 có hiệu suất và tốc độ xử lý cao hơn so với hệ 1, tuy nhiên chi phí đầu tư lớn hơn.
Ngày hoàn thiện: 26/5/2022	
Ngày đăng: 26/5/2022	
TỪ KHÓA	
Nước thải làng nghề	
Bãi lọc ngầm trồng cây	
Hệ thực vật nổi	
Hữu cơ	
Dinh dưỡng	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.5926>

* Corresponding author. Email: Duongtronghaimc@gmail.com

1. Giới thiệu

Làng nghề sản xuất bún bánh xã Hiệp Hòa, tỉnh Quảng Ninh nổi tiếng với nghề làm bún bánh hơn 400 năm tuổi. Mỗi ngày, làng nghề bún cung cấp cho thị trường hơn 6 tấn bún và giải quyết việc làm cho phần lớn lao động trên địa bàn xã. Tuy nhiên, quá trình sản xuất bún bánh thải ra một khối lượng lớn nước thải chứa hàm lượng lớn các hợp chất hữu cơ và dinh dưỡng phức tạp, tỷ lệ C/N cao [1], [2], trong khi công nghệ xử lý nước thải của làng nghề hiện tại (biogas) không đáp ứng yêu cầu xử lý, đang gây ra tình trạng ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Đối với làng nghề bún ở Việt Nam, thách thức lớn nhất liên quan đến nước thải không chỉ là giải pháp công nghệ mà còn là chi phí xử lý. Trên thực tế, các công nghệ được coi là khả thi để xử lý ô nhiễm nước thải tại các làng nghề, vốn được sử dụng trong các nhà máy xử lý nước thải tập trung có thể không khả thi do chi phí xây dựng, bảo trì và vận hành cao [3]. Để làng nghề có thể chấp nhận công nghệ xử lý nước thải đòi hỏi công nghệ phải có chi phí đầu tư, vận hành thấp, ít phải sửa chữa, bảo dưỡng.

Công nghệ sinh thái điển hình là bãi lọc trồng cây (CWs) nổi tiếng là công nghệ có thể loại bỏ hiệu quả các chất ô nhiễm hữu cơ và dinh dưỡng (nitơ, photpho) [4]-[6] và các vi sinh vật (vi khuẩn, vi rút, ký sinh trùng, v.v.) trong nhiều loại nước thải khác nhau [6]-[8]. Hơn nữa, CWs là một công nghệ xử lý nước thải hiệu quả, bền vững, thân thiện với môi trường và dễ thực hiện [9], [10]. Do đó, CW được sử dụng rộng rãi ở các nước phát triển và đang phát triển. Tuy nhiên, các nghiên cứu đánh giá chi tiết về công nghệ này trong xử lý nước làng nghề sản xuất bún bánh còn hạn chế. Đặc biệt đối với đặc điểm của từng loại nước thải cần có nghiên cứu đánh giá lựa chọn công nghệ phù hợp đảm bảo tính ổn định hiệu quả và tiết kiệm chi phí.

Trong nghiên cứu này, hai loại bãi lọc phổ biến là hệ bãi lọc trồng cây nhân tạo dòng chảy ngầm và hệ thực vật nổi được tiến hành thử nghiệm xử lý đối với nguồn nước thải làng nghề sản xuất bún bánh tại xã Hiệp Hòa, thị xã Quảng Yên. Các tiêu chí về hiệu suất xử lý, tính ổn định và chi phí của từng công nghệ được tính đến. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để đề xuất giải pháp bảo vệ môi trường phù hợp, hiệu quả và chi phí thấp tại làng nghề.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

- Nước thải làng nghề sản xuất bún bánh: Do nước thải sản xuất đã được thu gom xử lý, nguồn nước thải có tác động trực tiếp đến môi trường làng nghề là nước thải đã qua hệ thống xử lý hiện tại (theo khảo sát chưa đạt quy chuẩn cho phép). Do vậy, nghiên cứu sử dụng nước thải từ đầu ra của từng công đoạn trong hệ thống xử lý nước thải bao gồm: đầu ra bể biogas, đầu ra hồ sinh học và nước tại thủy vực tiếp nhận nước thải (hồ Rộc Bông) để tiến hành thử nghiệm. Đặc điểm của nước thải được trình bày tại bảng 1.

Bảng 1. Đặc điểm nước thải đầu vào của các hệ thí nghiệm

Chỉ tiêu	Đơn vị	Biogas	Hồ sinh học	Xung quanh	QCVN 40:2011/ BTNMT cột B	QCVN 08:2015/ BTNMT cột B1
pH	-	6,2 ±0,5	6,8±0,2	6,7±0,4	5,5-9	5,5-9
TSS	mg/l	238,8±5,7	175,3±7,3	61,18±3,2	100	50
COD	mg/l	855,7±11,2	458,3±10,3	83,8±5,7	150	30
TN	mg/l	52,3±4,9	44,3±3,3	24,26±3,3	40	-
TP	mg/l	11,4±1,1	8,7±1,2	8,5±1,5	6	-

- Cây khoai nước: *Colocasia esculenta* (L.) Schott là một loài cây thuộc họ Ráy (*Araceae*) được cung cấp bởi Trung tâm Giống cây trồng, Học viện Nông nghiệp và được ươm trong vườn thực nghiệm Viện Công nghệ môi trường 1 tháng trước khi tiến hành thí nghiệm.

- Cây thủy trúc: *Cyperus alternifolius* là một loài thực vật có hoa trong họ Cói. Cây được cung cấp bởi Trung tâm Giống cây trồng, Học viện Nông nghiệp và được ươm trong vườn thực nghiệm Viện Công nghệ môi trường 1 tháng trước khi tiến hành thí nghiệm.

- Vật liệu lọc: Cát, đá vôi (1 x 2cm), sỏi (0,5 x 1cm) là những vật liệu rẻ tiền, sẵn có. Các vật liệu này được lựa chọn phổ biến trong thiết kế các loại bãi lọc trồng cây nhân tạo để xử lý nước thải. Vật liệu được rửa sạch, để ráo nước trước khi đưa vào hệ thí nghiệm.

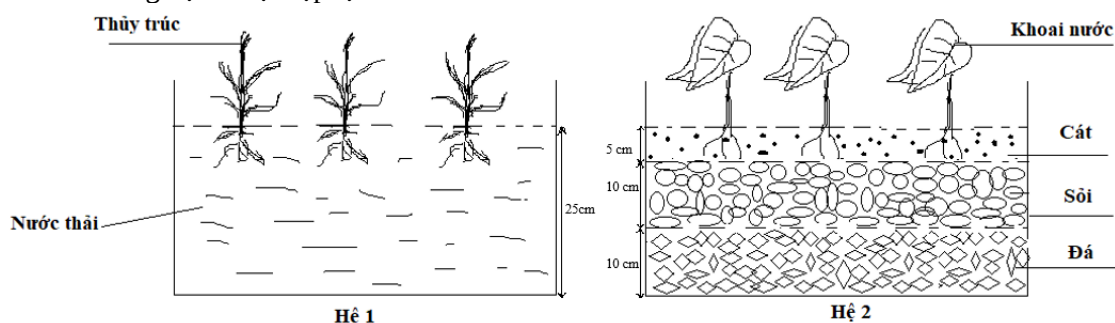
2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Bố trí thí nghiệm theo mẻ gồm 2 hệ bao gồm hệ thực vật nổi và bãi lọc trồng cây nhân tạo dòng chảy ngầm. Thiết kế thí nghiệm của mỗi hệ thí nghiệm cụ thể như sau:

Hệ 1: Hệ thực vật nổi được đặt trong hộp nhựa có kích thước như sau: dài x rộng x cao: 50cm x 30cm x 30cm (hình 1). Trong đó, thiết kế bể nổi trồng thủy trúc bằng xốp, chia thành 6 ô, mỗi ô trồng 3 cây tương ứng với mật độ 18 cây/ thí nghiệm. Bố trí 3 hệ thí nghiệm giống nhau, bổ sung 20 lít nước thải tương ứng với nước thải sau bể biogas, nước thải sau hồ thủy sinh và nước ở hồ Rộc Bông vào mỗi hệ. Mỗi ngày lấy mẫu và phân tích 1 lần liên tục trong vòng 7 ngày. Các thông số nước thải được quan trắc bao gồm pH, TSS, COD, TN, TP. Mỗi thí nghiệm được lặp lại 3 lần.

Hệ 2: Hệ bãi lọc trồng cây nhân tạo dòng chảy ngầm được đặt trong hộp nhựa có kích thước như sau: dài x rộng x cao: 50cm x 30cm x 30cm (hình 1). Trong đó, cây khoai nước được trồng trên các lớp vật liệu cát (5cm), đá vôi (10cm) và sỏi (10cm) với mật độ 12 cây/ thí nghiệm. Bố trí 3 hệ thí nghiệm giống nhau, bổ sung 10 lít nước thải tương ứng với nước thải sau bể biogas, nước thải sau hồ thủy sinh và nước ở hồ Rộc Bông vào mỗi hệ. Mỗi ngày lấy mẫu và phân tích 1 lần liên tục trong vòng 7 ngày. Các thông số nước thải được quan trắc bao gồm pH, TSS, COD, TN, TP. Mỗi thí nghiệm được lặp lại 3 lần.



Hình 1. Hình vẽ thiết kế các hệ thí nghiệm

Thí nghiệm đối chứng là mẫu nước thải được đặt ngoài môi trường không qua bất kỳ công đoạn xử lý nào. Các thông số về thời tiết được ghi chép mỗi ngày trong thời gian thí nghiệm.

2.2.2. Phương pháp lấy mẫu, phân tích số liệu

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

Phương pháp phân tích các thông số nghiên cứu theo các quy chuẩn hiện hành, cụ thể: pH theo TCVN 6492:2011 (ISO 10523:2008); Chất rắn lơ lửng (TSS) theo SMEWW 2540; COD theo TCVN 6491:1999 (ISO 6060:1989); tổng nitơ (theo amoni) qua TCVN 6638:2000, TCVN 5988:1995 (ISO 5664:1984); tổng Phốt pho theo TCVN 6202:2008 (ISO 6878:2004).

Hiệu suất xử lý được tính bằng hiệu số của nồng độ đầu vào và nồng độ đầu ra của chất ô nhiễm chia cho nồng độ đầu vào nhân với 100%. Công thức cụ thể như sau:

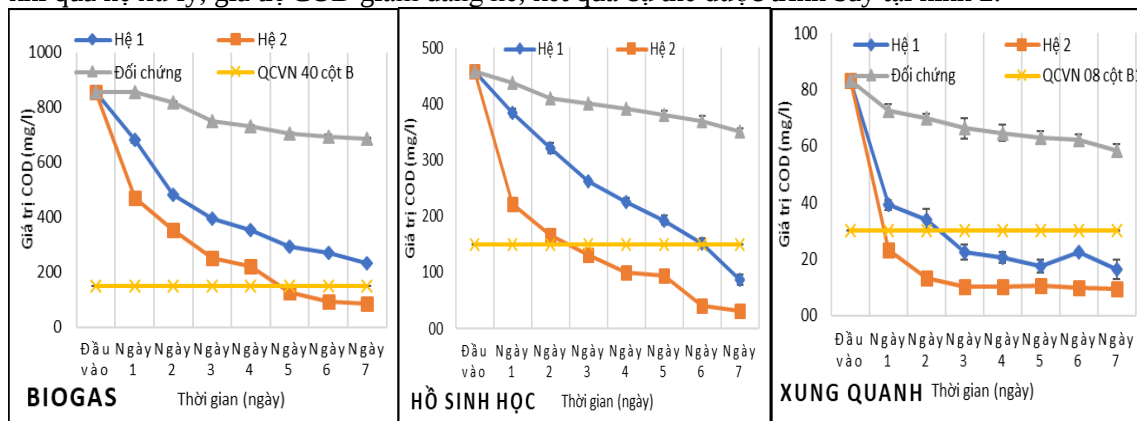
$$H (\%) = \frac{C_o - C_r}{C_o} \times 100\% \quad [10]$$

Trong đó: H là hiệu suất (%)
 C_o là nồng độ đầu vào của chất ô nhiễm (mg/l)
 C_r là nồng độ đầu ra của chất ô nhiễm (mg/l)

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Diễn biến giá trị COD trong nước thải

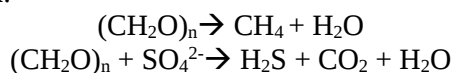
Giá trị COD ban đầu trong nước thải làng nghề có giá trị cao, vượt quy chuẩn nhiều lần. Sau khi qua hệ xử lý, giá trị COD giảm đáng kể, kết quả cụ thể được trình bày tại hình 2.



Hình 2. Diễn biến giá trị COD trong các hệ thí nghiệm

Các chất hữu cơ có thể bị loại bỏ ngoài môi trường thông qua các quá trình phân giải cacbon tự nhiên nhờ các vi sinh vật. Đối với mẫu đối chứng, nước thải không qua bất cứ công đoạn xử lý nào, tuy nhiên so với ban đầu giá trị COD vẫn giảm từ 23,6-30%. Trong khi đó, sự có mặt của thực vật đã làm gia tăng hiệu quả xử lý COD. Kết quả thí nghiệm ở hệ 1 cho thấy, giá trị COD sau 7 ngày đã giảm từ 80,3-81,1%. Sự khuếch tán oxy từ quá trình hô hấp của thực vật đã làm gia tăng các phản ứng hiếu khí. Ngoài ra, sự hoạt động của vi sinh vật vùng rễ cũng đóng vai trò phân hủy hiệu quả chất hữu cơ trong nước [11]. Đối với nguồn nước thải làng nghề sản xuất bún bánh, Thủy trúc giúp gia tăng đến 50% hiệu quả xử lý.

Hệ 2 có hiệu quả xử lý cao hơn so với hệ 1. Hiệu suất xử lý nhanh, ngay trong ngày đầu tiên đã đạt trên 50%. Vật liệu lọc có thể loại bỏ ô nhiễm thông qua quá trình hấp phụ, hấp thụ đối với các chất hữu cơ hòa tan. Đối với các chất hữu cơ không tan, có thể bị loại bỏ bằng quá trình lắng, lọc. Sau thời gian từ 2-3 ngày, quá trình chuyển hóa diễn ra sẽ loại bỏ đáng kể lượng COD thông qua phương trình phản ứng sau:



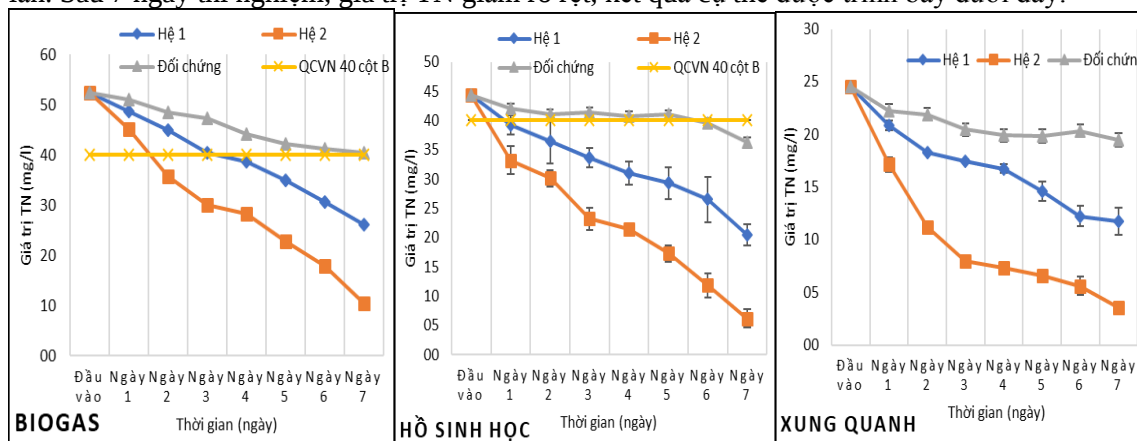
Qua đó loại bỏ được một phần của COD và một phần của các hợp chất hữu cơ. Mặt khác, các hợp chất hữu cơ này thông qua quá trình lên men, cũng có thể tạo thành các chất hữu cơ mạch ngắn, qua đó quá trình chuyển hóa thành CO_2 và CH_4 dễ dàng hơn, điều này làm cho nồng độ COD trong nước giảm [9]. Sau thời gian 7 ngày, hiệu suất xử lý đạt từ 88,6-93%. Kết quả này cao hơn so với nghiên cứu của Bùi Thị Kim Anh và cộng sự (2021), hiệu suất xử lý COD của hệ bãi lọc trồng cây chỉ từ 33,9 – 89,8%, tuy nhiên so với nghiên cứu này, nồng độ COD đầu vào cao hơn khá nhiều từ 1200 mg/l [2]. Nồng độ ô nhiễm có thể ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả xử lý của bãi lọc do ở nồng độ COD cao có thể ức chế sự phát triển của thực vật và các vi sinh vật trong hệ bãi lọc. Trong nghiên cứu này, ở các loại nước thải đầu vào có nồng độ COD khác nhau, kết quả phản ánh hiệu quả xử lý COD đối với nước thải có nồng độ COD cao nhất là nước tại hồ Rộc Bông có hiệu suất xử lý cao nhất. Tuy nhiên, với tất cả các loại nước thải, hiệu quả xử lý của hệ 2 đều cao, chất lượng nước thải đạt quy chuẩn cho phép sau 5 ngày đối với nước thải biogas, 3 ngày đối với nước thải hồ sinh học và 1 ngày đối với nước xung quanh.

Đồng thời, kết quả thí nghiệm còn chỉ ra rằng, đối với nồng độ COD cao, hệ 1 không thể xử lý đạt quy chuẩn trong thời gian thí nghiệm. Trong khi đó, hệ 2 có tốc độ xử lý nhanh, hiệu quả xử lý đạt yêu cầu sau 5 ngày đối với nước thải biogas, sau 3 ngày đối với nước thải hồ sinh học và

chỉ cần 1 ngày đối với nước hồ Rộc Bồng. Đây là cơ sở khi lựa chọn công nghệ phù hợp ứng dụng trong hệ thống xử lý nước thải tại làng nghề sản xuất bún bánh Hiệp Hòa.

3.2. Diễn biến giá trị nitơ tổng số (TN) trong nước thải

Giá trị TN trong nước thải sau biogas và hồ sinh học cao hơn quy chuẩn cho phép đến 1,25 lần. Sau 7 ngày thí nghiệm, giá trị TN giảm rõ rệt, kết quả cụ thể được trình bày dưới đây:



Hình 3. Diễn biến giá trị TN trong các hệ thí nghiệm

Đối với công nghệ xử lý bằng thực vật lượng nitơ trong nước thải lại được coi như một nguồn dinh dưỡng cho cây. Thực vật hút thu nitơ để phát triển, đồng thời giảm lượng ô nhiễm trong nước thải. Kết quả thí nghiệm chỉ ra sự khác biệt rõ ràng đối với các thí nghiệm. Ở thí nghiệm đối chứng, giá trị TN giảm ít nhất. Ở thí nghiệm này sau 7 ngày hiệu suất xử lý chỉ đạt 18-20%. Trong khi đó, hiệu suất xử lý tại hệ 1 và hệ 2 vượt trội hơn hẳn.

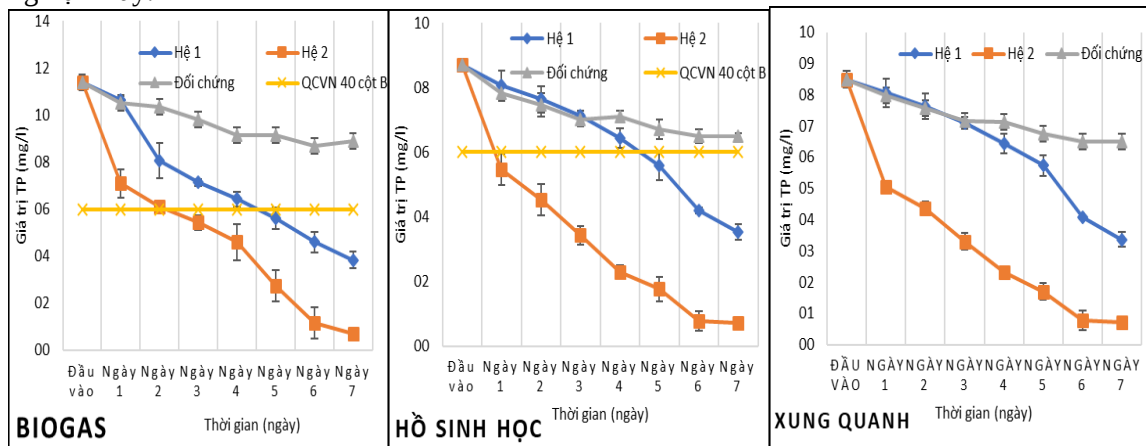
Tại hệ 1, sử dụng thực vật thủy sinh là cây Thủy trúc đã được kiểm chứng có khả năng loại bỏ nitơ trong nước thải. Hiệu suất ghi nhận được trong nghiên cứu của Lương Thị Thúy Vân và cộng sự (2021) chỉ ra khả năng xử lý TN của hệ bãi lọc trồng cây nhân tạo sử dụng thủy trúc đạt 66,8% sau 7 ngày [10]. Kết quả này cao hơn so với thí nghiệm trong nghiên cứu này, sau 7 ngày thí nghiệm hiệu suất của hệ 1 chỉ đạt 52,1-53,8%. Đặc điểm nước thải đầu vào và thiết kế thí nghiệm là nguyên nhân chính dẫn đến sự khác biệt về hiệu quả xử lý. Trong nghiên cứu Lương Thị Thúy Vân và cộng sự (2021), cây Thủy trúc được trồng trên lớp vật liệu, sự có mặt của vật liệu có thể gia tăng hiệu suất xử lý. Đối với thí nghiệm trong nghiên cứu này, thực vật được thả nổi, quá trình xử lý nitơ phụ thuộc chủ yếu vào sự hấp thu của cây trồng. Tuy nhiên, giá trị TN trong các loại nước thải đều được xử lý hiệu quả, đối với nước thải biogas sau 4 ngày đạt QCVN 40:2011/BTNMT cột B và chỉ sau 2 ngày đối với nước thải tại hồ sinh học (hình 3).

Tại hệ 2, tốc độ xử lý TN diễn ra rất nhanh. Đối với nước thải biogas đạt QCVN 40:2011/BTNMT cột B sau 2 ngày và đối với nước hồ sinh học là sau 1 ngày thí nghiệm. Trong hệ thí nghiệm có sử dụng các vật liệu lọc và thực vật thủy sinh (cây khoai nước). Quá trình nitrat hóa - khử nitơ đã được coi là cơ chế loại bỏ nitơ chính trong bãi lọc trồng cây (chiếm 60 - 96% loại bỏ TN) [12]. Các tác giả khác cho rằng các thực vật góp phần đáng kể trong quá trình khử TN (chiếm 14,29 - 51,89%) [6]. Loài thực vật được sử dụng cũng đóng vai trò then chốt trong cơ chế loại bỏ chất dinh dưỡng trong bãi lọc trồng cây nhân tạo. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu suất xử lý của hệ đạt từ 85,4-86,1% sau 7 ngày thí nghiệm. Trong các nghiên cứu trước đây, báo cáo về hiệu quả xử lý TN của Sậy chỉ đạt 67,1% [4], rau muống chỉ đạt 60,4% [13] và cây cỏ nến chỉ đạt 52% [10] đều thấp hơn khi sử dụng cây khoai nước trong nghiên cứu này. Như vậy có thể thấy, hệ bãi lọc trồng cây nhân tạo ngâm trồng cây khoai nước hoàn toàn phù hợp để xử lý nước thải tại làng nghề sản xuất bún bánh xã Hiệp Hòa.

3.3. Diễn biến giá trị photpho tổng số (TP) trong nước thải

Giá trị TP trong nước thải làng nghề vượt quy chuẩn cho phép từ 1,5-2 lần theo QCVN 40:2011/BTNMT cột B. Nồng độ TP cao nếu không được xử lý khi thải ra môi trường sẽ gây ra hiện tượng phú dưỡng. Kết quả thí nghiệm cho thấy, so với mẫu đối chứng các hệ 1 và 2 có hiệu quả xử lý vượt trội hơn hẳn (hình 4). Cũng giống nitơ, photpho là một loại dinh dưỡng cần thiết cho cây trồng. Trong hệ bãi lọc trồng cây, lượng photpho chủ yếu được loại bỏ bằng thực vật.

Tại hệ 1, sử dụng thủy trúc có khả năng hấp thu cao, hiệu quả xử lý sau 7 ngày đạt từ 59,4-66,4%. Giá trị TP đạt quy chuẩn cho phép sau 5 ngày. Kết quả này cao hơn một chút so với nghiên cứu của Phạm Thương Giang (2020), hiệu suất xử lý TP được báo cáo đạt 56,1% [14], tuy nhiên nước thải đầu vào là nước thải chăn nuôi sau biogas có nồng độ TP cao hơn hẳn so với thí nghiệm này.



Hình 4. Diễn biến giá trị TP trong các hệ thí nghiệm

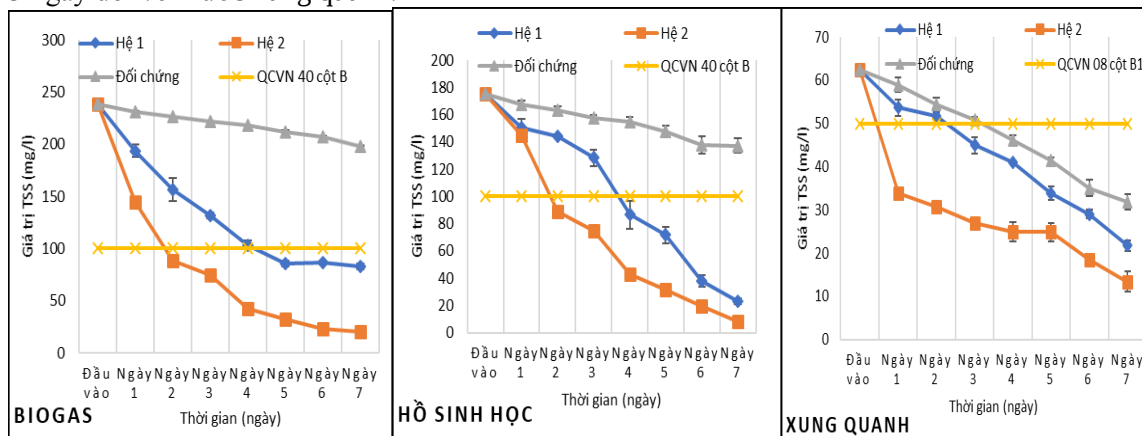
Tại hệ 2 hiệu suất xử lý TP cao hơn, lên đến hơn 90% sau 7 ngày thí nghiệm. Giá trị TP đạt QCVN 40:2011/BTNMT cột B sau 3 ngày đối với nước thải biogas và sau chỉ 1 ngày đối với nước hồ sinh học. Các báo cáo trước đây cũng chỉ ra hiệu quả xử lý TP của bãi lọc trồng cây dòng chảy ngầm cao hơn đáng kể so với hệ thực vật nổi. Ngoài việc tích lũy chất dinh dưỡng trong thực vật, quá trình lọc/lắng các hạt lơ lửng bằng vật liệu lọc trong bãi lọc ngầm và các hoạt động của vi sinh vật cũng đóng một vai trò quan trọng [5]. So với các hệ bãi lọc sử dụng thực vật khác trước đây, hiệu suất của hệ bãi lọc ngầm trồng cây khoai nước có hiệu suất cao hơn. Claudio Leto và cộng sự (2013) chỉ ra hiệu quả loại bỏ TP của Thủy trúc rất thấp chỉ 14,2%. Cỏ Nền có hiệu suất xử lý đạt 47,9% [15]. H. Sezerino về sử dụng bãi lọc trồng cây dòng chảy ngầm trồng sậy và cỏ để xử lý chất dinh dưỡng trong nước thải có hiệu suất trung bình đạt 83%. Bùi Thị Kim Anh và cộng sự báo cáo hiệu suất xử lý TP lên đến 86% [4]. Nhìn chung, với thiết kế và điều kiện môi trường khác nhau sẽ có tác động đến hiệu suất xử lý. Thêm vào đó, nồng độ TP đầu vào của nước thải ở thí nghiệm thấp hơn nhiều so với thí nghiệm nêu trên, do vậy hiệu suất xử lý cao hơn.

3.4. Diễn biến giá trị các chất lơ lửng (TSS) trong nước thải

Giá trị TSS ở trong các loại nước thải ban đầu đều vượt quy chuẩn cho phép. Sau 7 ngày thí nghiệm giá trị TSS giảm rõ rệt. Kết quả thí nghiệm cho thấy, giá trị TSS trong nước thải giảm nhanh chỉ sau 1 ngày thí nghiệm (hình 5).

Thông thường, quá trình lắng tự nhiên cũng có thể loại bỏ TSS ra khỏi nước thải. Tại thí nghiệm đối chứng, giá trị TSS giảm sau 7 ngày từ 13,1-49%. Đối với hệ 1, sự có mặt của thực vật giúp ổn định dòng nước, rễ thực vật cũng tham gia vào quá trình lọc. Đặc tính nước thải đầu vào là nước thải sản xuất bún bánh giàu chất hữu cơ dễ phân hủy. Do vậy quá trình phân hủy chất hữu cơ cũng là nguyên nhân loại bỏ TSS khỏi nước thải. Quá trình quang hợp của Thủy trúc khuếch tán oxy vào môi trường nước tăng tốc độ của các phản ứng phân hủy hiếu khí [14]. Kết

quả sau 7 ngày thí nghiệm tại hệ 1, hiệu suất xử lý TSS đạt 63,7-86,8%. Giá trị TSS đạt quy chuẩn cho phép sau 5 ngày đối với nước thải biogas; sau 4 ngày đối với nước hồ sinh học và sau 3 ngày đối với nước xung quanh.



Hình 5. Diễn biến giá trị TSS trong các hệ thí nghiệm

Tại hệ 2, hiệu suất xử lý cao hơn so với các thí nghiệm khác. Tại thí nghiệm này nhờ có cơ chế lắng và lọc các hạt cặn sẽ được giữ lại bởi các lớp vật liệu lọc. Giá trị TSS giảm, chỉ sau 1-2 ngày thí nghiệm, giá trị TSS đã đạt quy chuẩn cho phép. Hiệu suất loại bỏ TSS đạt từ 78,5-95,1% sau 7 ngày. Kết quả này khá tương đồng với các nghiên cứu trước đây, hiệu suất xử lý TSS đạt 78% trong báo cáo của Bùi Thị Kim Anh và cộng sự (2019) [4]; 80,7% trong báo cáo của Nguyễn Văn Thành (2021) [9].

3.5. Thảo luận

Giữa hệ 1 và hệ 2 có sự khác biệt đáng kể về hiệu quả và tốc độ xử lý. Cụ thể sau 7 ngày thí nghiệm, hiệu suất xử lý COD, TN, TP, TSS của hệ 1 lần lượt là 80,3 - 81,1%; 52,1 - 53,8%; 59,4 - 66,4% và 63,7 - 86,8%. Tại hệ 2, hiệu suất xử lý COD, TSS, TP, TN lần lượt là 88,6 - 93%; 78,5 - 95,1%; 91,8 - 93,9% và 85,4 - 86,1% cao hơn hệ 1 từ 10 - 30%. Thời gian xử lý hệ 2 cũng vượt trội so với hệ 1. Đối với nước thải biogas hệ 2 cần thời gian 5 ngày để các chỉ tiêu đạt quy chuẩn cho phép, trong khi hệ 1 sau 7 ngày chỉ số COD vẫn chưa đạt quy chuẩn. Với đầu vào là nước thải hồ sinh học sau 3 ngày tất cả các chỉ số ô nhiễm đều đạt quy chuẩn cho phép ở hệ 2, trong khi đó ở hệ 1 cần 5 ngày. Đối với nước xung quanh hệ 1 xử lý sau 3 ngày đạt quy chuẩn trong khi hệ 2 cần 1 ngày (bảng 2).

Bảng 2. Thời gian xử lý đạt quy chuẩn cho phép

Chỉ tiêu	Biogas		Hồ sinh học		Xung quanh (hồ Rộc Bông)	
	Hệ 1	Hệ 2	Hệ 1	Hệ 2	Hệ 1	Hệ 2
COD	-	5		3	3	1
TN	4	2	2	1	-	-
TP	5	3	5	1	-	-
TSS	5	2	4	2	3	1

Như vậy, để xử lý nước thải sau biogas của làng nghề cần sử dụng hệ bãi lọc ngầm, đối với nước hồ sinh học và nước xung quanh có thể áp dụng phương pháp sử dụng thực vật nổi. Một vấn đề nữa cần lưu ý là sự khác biệt về giá thành công nghệ. Xét về chi phí xử lý giá thành xây dựng bãi lọc ngầm đất hơn rất nhiều so với thực vật nổi. Chi phí xây dựng bãi lọc ngầm trồng cây dòng chảy ngang khá tốn kém dao động từ 174 (USD/m³) [7] đến 359,6 (USD/m³) [16]. Trong khi đó, chi phí xây dựng bãi lọc trồng cây sử dụng thực vật nổi có giá thành rẻ hơn nhiều chỉ 1 đến 24 (USD/m³) [17]. Để ứng dụng hiệu quả kết quả nghiên cứu vào thực tiễn tại làng nghề, các

vấn đề giá thành, hiệu quả xử lý cần được xem xét; từ đó lựa chọn thiết kế phù hợp, tối ưu để làng nghề chấp nhận sử dụng.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã cho thấy khả năng xử lý nước thải làng nghề sản xuất bún bánh xã Hiệp Hòa của hệ thực vật nổi (hệ 1) và bãi lọc trồng cây nhân tạo dòng chảy ngầm (hệ 2) là rất khả quan. Đối với hệ 1, hiệu suất xử lý COD, TN, TP, TSS lần lượt là 80,3 - 81,1%; 52,1 - 53,8%; 59,4 - 66,4% và 63,7 - 86,8%. Sau 7 ngày chỉ số COD trong nước thải sau biogas chưa đạt quy chuẩn cho phép. Hiệu suất xử lý COD, TN, TP, TSS của hệ 2 lần lượt là 88,6 - 93%; 85,4 - 86,1%; 91,8 - 93,9% và 78,5 - 95,1%. Sau 5 ngày chất lượng nước thải đạt quy chuẩn cho phép. Hệ 2 có ưu điểm về hiệu suất xử lý cao và thời gian xử lý nhanh, tuy nhiên giá thành lại cao hơn nhiều so với hệ 1. Trong ứng dụng thực tế tại làng nghề cần xem lựa chọn thiết kế phù hợp để đảm bảo hiệu quả xử lý nhưng vẫn có giá thành có thể chấp nhận được. Đồng thời tiếp tục nghiên cứu đánh giá hiệu quả xử lý ở điều kiện động, xác định tính ổn định của công nghệ; từ đó đưa ra thiết kế công nghệ chi tiết để ứng dụng vào xử lý thực tiễn địa phương.

Lời cảm ơn

Công trình này được tài trợ bởi đề tài nghiên cứu UQSNMT.01/20-21 thuộc Dự án sự nghiệp Bảo vệ môi trường Ủy quyền cho Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] S. K. Karmee, "Noodle waste based biorefinery: an approach to address fuel, waste management and sustainability," *Biofuels*, vol. 9, no. 3, pp. 395-404, 2018.
- [2] T. K. A. Bui, V. T. Nguyen, T. D. Nguyen, and D. K. Dang, "Evaluating the applicability of taro (*colocasia esculenta*) in the constructed wetlands system to treat wastewater from Da Mai noodle handicraft village, Bac Giang," *Resources and Environment*, 2/2021.
- [3] X. C. Nguyen, S. W. Chang, T. C. P. Tran, T. T. N. Nguyen, T. Q. Hoang, J. R. Banu, Ala'a H. Al-Muhtaseb, D. D. La, W. Guo, H. H. Ngo, and D. D. Nguyen, "Comparative study about the performance of three types of modified natural treatment systems for rice noodle wastewater," *Bioresource Technology*, vol. 282, pp. 163-170, 2019.
- [4] 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, pp. 10-15, 2019.
- [5] J. Vymazal, H. Brix, P. F. Cooper, M. B. Green, and R. Haberl, *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, p. 366, 1998.
- [6] H. Wu, J. Zhang, C. Li, J. Fan, and Y. Zou, "Mass Balance Study on Phosphorus Removal in Constructed Wetland Microcosms Treating Polluted River Water," *CLEAN – Soil, Air, Water*, vol. 41, pp. 844-850, 2013.
- [7] F. L. Me, *Application of High-Effective Vertical Constructed Wetlands*. Central South Academy of Forestry, 2004.
- [8] T. Bindu, V. P. Sylas, M. Mahesh, P. S. Rakesh, and E. V. Ramasamy, "Pollutant removal from domestic wastewater with Taro (*Colocasia esculenta*) planted in a subsurface flow system," *Ecological engineering*, vol. 33, pp. 68-82, 2008.
- [9] V. T. Nguyen, "Research on treatment of pig farming wastewater after biogas using subsurface horizontal flow constructed wetland technology," MSc, VNU University of Science, 2021.
- [10] T. T. V. Luong, T. K. A. Bui, M. N. Chu, and T. G. Pham, "The resistance and livestock wastewater treatment efficiency of umbrella sedge (*cyperus alternifolius*) and cumbungi (*typha orientalis*) after biogas process," *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 226, no. 07, pp. 151-159, 2021.
- [11] N. Pavlineri, N. Th. Skoulidakis, and V. A. Tsihrintzis, "Constructed Floating Wetlands: A review of research, design, operation and management aspects, and data meta-analysis," *Chemical Engineering Journal*, vol. 308, pp. 1120-1132, 2017.

-
- [12] Y. Chen, Y. Wen, Q. Zhou, and J. Vymazal, "Effects of plant biomass on nitrogen transformation in subsurface-batch constructed wetlands: a stable isotope and mass balance assessment," *Water Res*, vol. 63, pp. 158-67, 2014.
- [13] T. K. A. Bui, V. T. Nguyen, T. G. Pham, and D. K. Dang, "Study on using reed (*phragmites australis*) and water spinach (*ipomoea aquatica*) for piggery wastewater treatment after biogas process by constructed wetland," *Journal Of Biology*, vol. 41(2se1&2se2), pp. 327-335, 2019.
- [14] T. G. Pham, "Research on optimal plant selection for pig farming wastewater treatment after biogas," MSc, TNU, 2020.
- [15] C. Leto, T. Tuttolomondo, S. La Bella, R. Leone, and M. Licata, "Effects of plant species in a horizontal subsurface flow constructed wetland – phytoremediation of treated urban wastewater with *Cyperus alternifolius* L. and *Typha latifolia* L. in the West of Sicily (Italy)," *Ecological Engineering* vol. 61, pp. 282-291, 2013.
- [16] Y. B. Li and J. H. Lin. "Rural sewage treatment using hydrolysis and acidification –artificial wetland," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 25, pp. 26-28, 2012.
- [17] D. J. Sample, Chih-Yu Wang, and L. J. Fox, *Innovative Best Management Fact Sheet No. 1: Floating Treatment Wetlands*, 2013.