# THE RESISTANCE AND LIVESTOCK WASTEWATER TREATMENT EFFICIENCY OF UMBRELLA SEDGE (*Cyperus alternifolius*) AND CUMBUNGI (*Typha orientalis*) AFTER BIOGAS PROCESS

**Luong Thi Thuy Van[1*], Bui Thi Kim Anh[2], Chu Manh Nhuong[1*], Pham Thuong Giang[1]**
*[1]TNU – University of Education, [2]Institute of Environmental Technology - VAST*

**ARTICLE INFO**

**Received: 19/4/2021**
**Revised: 22/5/2021**
**Published: 24/5/2021**

**KEYWORDS**

Cyperus alternifolius
Typha orientalis
COD
$NH_4^+$
pH
TSS, T-N
Resistance
After biogas process

**ABSTRACT**

Basing on characteristics of wastewater quality after biogas process in pig farmings, two aquatic plant species had been selected for study in constructed wetland treatmenting piggery wastewater. An experiment was conducted to evaluate the tolerance of *Cyperus alternifolius* and *Typha orientalis* to COD, $NH_4^+$ and pH in different levels via monitoring plant growth. The results indicated that two selected plants can resist to pH of 5 - 9, $NH_4^+$ from 50 - 250 mg/L and tolerate to COD up to 1000 mg/L. The average removal efficience of the TSS, COD, $NH_4$-N, T-N of *Cyperus alternifolius* was 85.9%, 76.8%, 76.8%, 66.8%, respectively while the result by *Typha orientalis* was 85.4%, 66.5%, 61.5%, 52.0%, respectively. The water quality after treatment met the Vietnamese standards for livestock wastewater (QCVN62/2016-BTNMT, column B), and besides, *Cyperus alternifolius* performed the higher ability to removal the nutrients and organic matter thanks to its optimal resistance level and treatment efficiency.

# KHẢ NĂNG CHỐNG CHỊU, HIỆU QUẢ XỬ LÝ CHẤT Ô NHIỄM TRONG NƯỚC THẢI CHĂN NUÔI SAU BIOGAS CỦA THỦY TRÚC (*Cyperus alternifolius*) VÀ CỎ NẾN (*Typha orientalis*)

**Lương Thị Thúy Vân[1*], Bùi Thị Kim Anh[2], Chu Mạnh Nhương[1*], Phạm Thương Giang[1]**
*[1]Trường Đại học Sư phạm - ĐH Thái Nguyên*
*[2]Viện Công nghệ môi trường - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

**THÔNG TIN BÀI BÁO**

**Ngày nhận bài: 19/4/2021**
**Ngày hoàn thiện: 22/5/2021**
**Ngày đăng: 24/5/2021**

**TỪ KHÓA**

Thủy trúc
Cỏ nến
COD
$NH_4^+$
pH
TSS, T-N
Chống chịu
Sau biogas

**TÓM TẮT**

Từ thực trạng chất lượng nước thải sau biogas tại các trang trại chăn nuôi lợn, nghiên cứu đã lựa chọn hai loài thực vật thủy sinh để xử lý nước thải theo định hướng nghiên cứu ứng dụng công nghệ bãi lọc trồng cây nhân tạo. Thí nghiệm được thiết kế nhằm đánh giá khả năng chống chịu COD, $NH_4^+$ và pH của Thủy trúc (*Cyperus alternifolius*) và Cỏ nến (*Typha orientalis*) thông qua khả năng sinh trưởng ở các nồng độ khác nhau. Cả hai loài thực vật cho sinh khối ổn định trong dải pH từ 5 đến 9, nồng độ COD đến 1000 mg/L và nồng độ $NH_4^+$ từ 50 đến 250 mg/L. Hiệu suất xử lý TSS (Total Suspended Solids – Tổng chất rắn lơ lửng), COD (Chemical Oxygen Demand – Nhu cầu oxy hóa học), $NH_4^+$, T-N (Total Nitrogen – Tổng nitơ) của Thủy trúc tương ứng là 85,9%, 76,8%, 76,8%, 66,8% và Cỏ nến là 85,4%, 66,5%, 61,5%, 52,0%. Chất lượng nước thải sau xử lý đều đạt quy chuẩn cho phép đối với nước thải chăn nuôi (QCVN62-MT:2016/BTNMT, cột B). Tuy nhiên, Thủy trúc có ưu thế hơn nhờ khả năng chống chịu tối ưu, hiệu quả xử lý và thời gian xử lý các chất ô nhiễm của loài thực vật này.

**DOI: https://doi.org/10.34238/tnu-jst.4401**

[*] Corresponding author. *Email: vanltt@tnue.edu.vn; nhuongcm@tnue.edu.vn*

## 1. Giới thiệu

Lĩnh vực chăn nuôi được coi là thế mạnh của ngành nông nghiệp Việt Nam. Nhiều trang trại với quy mô lớn đã mang lại công ăn việc làm và thu lợi nhuận cao cho người sản xuất. Mặc dù được đầu tư hệ thống xử lý chất thải, trong đó có hầm biogas (vừa xử lý chất thải, vừa thu hồi nhiên liệu khí sinh phục vụ sản xuất và sinh hoạt) chiếm 31,79% trong các trang trại chăn nuôi trên cả nước [1] nhưng chất lượng nước sau xử lý vẫn chưa đạt yêu cầu xả thải. Hàm lượng COD, T-N, T-P (Total Phosphorus – Tổng photpho) và lượng coliform trong nước thải vẫn vượt quá quy chuẩn QCVN 62-MT:2016/BTNMT.

Công nghệ xử lý nước thải chăn nuôi bằng thực vật thủy sinh là biện pháp đơn giản và dễ thực hiện, được xem như giải pháp hữu hiệu và an toàn trong xử lý ô nhiễm môi trường nước, tạo ra hệ sinh vật hấp thụ các chất dinh dưỡng còn lại trong nước thải đã xử lý trước đó bằng các biện pháp hóa lý [2], [3]. Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện ở Việt Nam, công trình của Trần Văn Tựa và cộng sự (2010) sử dụng 4 loại thực vật thủy sinh là Bèo tây, Rau muống, Ngổ trâu, Cải xoong để xử lý nước phú dưỡng [4], [5]... Các nghiên cứu đều cho rằng, công nghệ sinh thái sử dụng thực vật thủy sinh có nhiều ưu điểm như thân thiện với môi trường, chi phí thấp, dễ dàng vận hành và hiệu suất xử lý cao đối với nước thải chăn nuôi [6], [7]. Trong nghiên cứu mang tính hệ thống này, xuất phát từ chất lượng môi trường nước thải chăn nuôi lợn sau biogas tại huyện Chương Mỹ, Hà Nội, khả năng chống chịu của Thủy trúc (*Cyperus alternifolius*) và Cỏ nến (*Typha orientalis*) được đánh giá thông qua khả năng sinh trưởng của cây, đồng thời tiến hành so sánh hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm để tìm ra loài thực vật tối ưu trong xử lý nước thải.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Đối tượng nghiên cứu*

Hình 1 mô tả loài Thủy trúc (*Cyperus alternifolius*) được thu tại các thủy vực thuộc xóm Trại, xã Tốt Động, huyện Chương Mỹ, Hà Nội và Cỏ nến (*Typha orientalis*) được thu tại xã Gia Hưng, huyện Gia Viễn, tỉnh Ninh Bình (hình 2).

**Hình 1.** *Thủy trúc (Cyperus alternifolius)*

**Hình 2.** *Cỏ nến (Typha orientalis)*

Thủy trúc là thực vật bán cạn nên phát triển rất tốt trong môi trường nước ngập úng qua rễ, thích nghi được trong nhiều điều kiện đất, nước và khí hậu khác nhau. Cây ưa sống ở ven bờ nước, nơi đất ẩm. Rễ cây Thủy trúc có dạng chùm và có khả năng sinh rễ mới trong môi trường ngập nước nên có khả năng hấp thụ tốt các chất lơ lửng trong nước thải cần xử lý [8].

Cỏ nến là cây sống lâu năm, có tốc độ sinh trưởng nhanh, thích nghi trong điều kiện môi trường thay đổi, sinh trưởng và ra hoa quanh năm. Cỏ nến phát triển thích hợp nhất trong điều kiện đủ ánh sáng, tuy nhiên trong bóng râm cây vẫn tồn tại. Cỏ nến có thể sống dễ dàng ở nhiều điều kiện môi trường, khí hậu, thổ nhưỡng khác nhau, thậm chí các vùng đầm lầy ven sông hay môi trường có nhiều đất mùn lại là nơi thích hợp cho cây phát triển tốt [8].

**Bảng 1.** *Thông số chất lượng nước thải đầu vào*

| Chất ô nhiễm | Đơn vị | Nồng độ trong nước thải | QCVN62-MT:2016/BTNMT, cột B |
|---|---|---|---|
| pH | - | 5,3 ± 0,2 | 5,5 – 9 |
| COD | mg/L | 757,8 ± 44,7 | 300 |
| $NH_4^+$ | mg/L | 61,75 ± 10,4 | - |
| TSS | mg/L | 213,6 ± 12,4 | 150 |
| T-N | mg/L | 184,6 ± 16,4 | 150 |
| T-P | mg/L | 35,5 ± 5,7 | - |

Nước thải chăn nuôi sau biogas được lấy tại trang trại chăn nuôi lợn với quy mô 4000 con tại xóm Trại, xã Tốt Động, huyện Chương Mỹ, Hà Nội. Thông số chất lượng nước thải đầu vào được trình bày tại bảng 1.

Thí nghiệm được đặt tại phòng Thủy sinh học môi trường – Viện Công nghệ môi trường – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam từ 9/2019 - 3/2020.

### *2.2. Phương pháp nghiên cứu*

#### *2.2.1. Phương pháp đánh giá khả năng chống chịu của Thủy trúc và Cỏ nến*

Khả năng chống chịu của Thủy trúc và Cỏ nến với các nồng độ COD, $NH_4^+$ và độ pH khác nhau được đánh giá qua khả năng sinh trưởng của cây. Ngưỡng chống chịu của thực vật được xác định dựa trên kết quả khảo sát nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải chăn nuôi lợn sau biogas (bảng 1). Pha dung dịch mẹ để điều chỉnh nồng độ COD, $NH_4^+$, pH khi đặt thí nghiệm: glucose 100.000 mg/L, $NH_4Cl$ 10.000 mg/L, $HNO_3$ 1M, NaOH 1M. Các thí nghiệm được thiết kế như sau:

- Đánh giá ảnh hưởng của độ pH theo 5 công thức: pH = 5; 6; 7; 8 và 9.
- Đánh giá khả năng chống chịu COD theo 4 công thức: 250; 500; 750 và 1000 mg/L.
- Đánh giá khả năng chống chịu $NH_4^+$ theo 5 công thức: 50; 100; 150; 200 và 250 mg/L.

Thí nghiệm được bố trí theo khối ngẫu nhiên đầy đủ, mỗi công thức lặp lại 3 lần. Các công thức thí nghiệm được đặt trong các chậu có dung tích 15 lít. Cây trồng theo phương pháp thủy canh, 6 khóm/chậu. Thực vật dùng cho thí nghiệm có sức sống khỏe, nhiều rễ, kích thước gần như đồng đều. Hàng ngày bổ sung lượng nước bay hơi của các chậu thí nghiệm. Sau 4 tuần cân khối lượng cây (sinh khối tươi) bằng cân phân tích Sartorius (Đức) để đánh giá sự sinh trưởng của cây. Các thông số đánh giá gồm sinh khối tươi trước và sau thí nghiệm.

#### *2.2.2. Phương pháp đánh giá hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau biogas*

Thí nghiệm được bố trí theo khối ngẫu nhiên đầy đủ, mỗi công thức lặp lại 3 lần. Thí nghiệm sử dụng các bình có dung tích 20 lít, được chia làm 3 lớp, thực vật thủy sinh được trồng trên lớp vật liệu trên cùng gồm 6 khóm, khoảng cách 15 × 15 cm. Mẫu đối chứng không trồng cây. Thể tích nước rỗng của bình là 10 lít. Trong đó, Thủy trúc và Cỏ nến được trồng riêng rẽ trên hệ vật liệu đá, sỏi, cát trong vòng 30 ngày.

Đổ 10 lít nước thải chăn nuôi lợn sau biogas vào các chậu thí nghiệm. Lấy mẫu ở các mốc thời gian khác nhau: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ngày. Mỗi lần lấy 100 mL mẫu nước để phân tích sự thay đổi hàm lượng của pH, TSS, T-N, T-P, COD và $NH_4^+$ của các công thức thí nghiệm.

#### *2.2.3. Phương pháp lấy mẫu, phân tích và xử lý số liệu*

Các mẫu nghiên cứu được lấy theo TCVN 6663-1:2011 (ISO 5667-1:2006) và TCVN 6663-3:2008 (ISO 5667-3:2003).

Nghiên cứu chỉ số pH theo TCVN 6492:2011 (ISO 10523:2008); chất rắn lơ lửng (TSS) theo SMEWW 2540; COD theo TCVN 6491:1999 (ISO 6060:1989); $NH_4^+$ theo TCVN 6179-1:1996 (ISO 7150-1:1984); tổng Nitơ theo TCVN 6638:2000 và TCVN 5988:1995 (ISO 5664:1984). Hiệu suất xử lý tính theo công thức:

$$\%H = \frac{C_0 - C_r}{C_0}.100$$

Trong đó: $C_o$ là nồng độ đầu vào của chất ô nhiễm (mg/L) và $C_r$ là nồng độ đầu ra của chất ô nhiễm (mg/L).

Các số liệu thí nghiệm được thống kê và xử lý bằng phần mềm Excel, SPSS.

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### 3.1. Khả năng chống chịu pH, COD, $NH_4^+$ của Thủy trúc và Cỏ nến

*3.1.1. Ảnh hưởng của pH đến sinh trưởng của Thủy trúc và Cỏ nến*

**Bảng 2.** *Biến động sinh khối của Thủy trúc và Cỏ nến theo pH trước thí nghiệm (TTN) và sau thí nghiệm (STN)*

| TT | pH | Thủy trúc | | Cỏ nến | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Sinh khối TTN (gam) | Sinh khối STN (gam) | Sinh khối TTN (gam) | Sinh khối STN (gam) |
| 1 | 5 | 180,40 ± 4,35$^a$ | 224,70 ± 3,55$^b$ | 245,40 ± 8,75$^a$ | 300,10 ± 1,14$^a$ |
| 2 | 6 | 181,80 ± 3,77$^a$ | 235,60 ± 6,58$^{bc}$ | 251,10 ± 2,42$^a$ | 327,60 ± 2,62$^c$ |
| 3 | 7 | 184,30 ± 4,82$^a$ | 243,60 ± 11,39$^c$ | 253,40 ± 0,62$^a$ | 314,20 ± 3,80$^b$ |
| 4 | 8 | 179,60 ± 5,58$^a$ | 237,40 ± 15,12$^{bc}$ | 250,70 ± 2,06$^a$ | 310,40 ± 2,07$^b$ |
| 5 | 9 | 185,30 ± 4,43$^a$ | 200,10± 4,36$^a$ | 254,60 ± 3,45$^a$ | 294,30 ± 6,14$^a$ |

*Ghi chú: Các số có cùng chỉ số a, b, c (theo cột) có sự sai khác không đáng kể ở mức ý nghĩa α = 0,05*

Khả năng chống chịu của cây được đánh giá thông qua sự biến động sinh khối sau 4 tuần thí nghiệm. Sự tăng giảm sinh khối của Thủy trúc và Cỏ nến ở các giá trị pH khác nhau được trình bày tại bảng 2. Kết quả nghiên cứu ở bảng 2 cho thấy, Thủy trúc và Cỏ nến đều có khả năng thích nghi tốt trong dải pH rộng. Sinh khối thu được đều tăng ở các thí nghiệm có pH từ 5 đến 9. Tuy nhiên có sự khác biệt về sinh khối giữa hai loài cỏ này. Sinh khối Thủy trúc tăng cao nhất đạt 243,60 g (pH = 7); ở pH = 6 và pH = 8 không có sự sai khác rõ rệt; ở pH = 5 sinh khối đạt 224,70 g; trong khi đó sinh khối thu được ở công thức pH = 9 là thấp nhất, chỉ đạt 200,10 g. Cây Thủy trúc đã được sử dụng phổ biến trong các hệ thống xử lý có giá trị pH trong khoảng từ 7 - 8 [9], [10]. Cỏ nến thích nghi tốt nhất trong nồng độ pH = 6 (sinh khối tăng từ 251,10 g lên 327,60, đạt 30,5%) và thấp nhất khi pH = 9 từ 254,6 đến 294,3 (chỉ tăng 15,6%), sinh khối cỏ thu được ở pH = 7 và pH = 8 là tương đương nhau. Trong nghiên cứu của Jian Zhang và cộng sự (2008) chỉ ra rằng, với khoảng pH từ 2 đến 6 không tác động nhiều đến khả năng chống chịu của cây [11].

*3.1.2. Khả năng chống chịu COD của Thủy trúc và Cỏ nến*

COD là một trong những chỉ số cơ bản để đánh giá hiệu quả xử lý ô nhiễm môi trường nước. Kết quả khảo sát khả năng sinh trưởng của cây Thủy trúc và Cỏ nến trong khoảng COD từ 250 - 1000 mg/L trong 4 tuần được trình bày tại bảng 3.

**Bảng 3.** *Sự biến động sinh khối của Thủy trúc và Cỏ nến theo giá trị COD trước thí nghiệm (TTN) và sau thí nghiệm (STN)*

| TT | COD | Thủy trúc | | Cỏ Nến | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Sinh khối TTN (gam) | Sinh khối STN (gam) | Sinh khối TTN (gam) | Sinh khối STN (gam) |
| 1 | 250 mg/L | 183,40 ± 1,68$^a$ | 224,70 ± 3,51$^c$ | 251,70 ± 2,67$^a$ | 314,20 ± 3,49$^{bc}$ |
| 2 | 500 mg/L | 180,70 ± 2,62$^a$ | 230,40 ± 4,89$^c$ | 243,50 ± 2,60$^a$ | 327,60 ±1,76$^c$ |
| 3 | 750 mg/L | 184,30 ± 2,51$^a$ | 215,60 ± 6,27$^b$ | 245,60 ± 0,70$^a$ | 287,60 ± 4,80$^{ab}$ |
| 4 | 1000 mg/L | 179,60 ±1,56$^a$ | 200,70 ± 3,38$^a$ | 250,70 ± 1,82$^a$ | 266,70 ± 27,73$^a$ |

*Ghi chú: Các số có cùng chỉ số a, b, c (theo cột) có sự sai khác không đáng kể ở mức ý nghĩa α = 0,05*

Bảng 3 cho thấy, sinh khối Thủy trúc và Cỏ nến đều tăng sau 4 tuần thí nghiệm, trong đó cây sinh trưởng tốt nhất trong phạm vi nồng độ COD từ 250 mg/L – 500 mg/L. Khi nồng độ COD

tăng dần, sinh khối Thủy trúc giảm dần, chỉ đạt 200,70 gam ở nồng độ 1000 mg/L. Tuy nhiên không phát hiện cây chết ở các thí nghiệm. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Bùi Thị Kim Anh và cộng sự (2020) sử dụng Thủy trúc trồng trong hệ thống xử lý nước thải có giá trị COD là 1310 ± 23 mg/L [12]. Đối với thí nghiệm của Cỏ nến, sinh khối tăng nhiều nhất được ghi nhận ở thí nghiệm có nồng độ COD 500 mg/L từ 243,5 tăng đến 327,6 (84,1 gam) và thấp nhất ở thí nghiệm có nồng độ COD 1000 mg/L từ 250,7 lên 266,7 (tăng 16 gam). Trước đây, Cỏ nến đã được trồng trong môi trường nước thải chăn nuôi lợn có giá trị COD lớn hơn 600 mg/L [7].

*3.1.3. Khả năng chống chịu $NH_4^+$ của Thủy trúc và Cỏ nến*

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của $NH_4^+$ đến sự sinh trưởng của cây Thủy trúc được trình bày tại bảng 4 cho thấy, Thủy trúc có khả năng sinh trưởng trong điều kiện môi trường có nồng độ $NH_4^+$ từ 50 - 250 mg/L. Tuy nhiên cây phát triển tốt nhất ở nồng độ $NH_4^+$ từ 100 - 150 mg/L, sinh khối tăng từ 65,2 - 69,4 gam so với ban đầu. Trong những môi trường còn lại, sự tăng sinh khối của Thủy trúc không có sự khác biệt một cách có ý nghĩa thống kê. Trong các nghiên cứu trước đây, Thủy trúc chỉ được sử dụng phổ biến trong các hệ thống có nồng độ $NH_4^+$ nhỏ hơn 100 mg/L [12], [13].

**Bảng 4.** *Sự biến động sinh khối của Thủy trúc và Cỏ nến theo nồng độ $NH_4^+$*

| TT | $NH_4^+$ (mg/L) | Thủy trúc | | Cỏ nến | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Sinh khối TTN (gam) | Sinh khối STN (gam) | Sinh khối TTN (gam) | Sinh khối STN (gam) |
| 1 | 50 | 182,30 ± 9,85$^a$ | 213,70 ± 12,40$^a$ | 251,60 ± 5,17$^a$ | 300,10 ± 1,73$^c$ |
| 2 | 100 | 178,50 ± 3,50$^a$ | 243,70 ± 17,96$^b$ | 251,10 ± 1,21$^a$ | 318,50 ± 5,31$^d$ |
| 3 | 150 | 182,30 ± 8,71$^a$ | 251,70 ± 18,37$^b$ | 253,40 ± 2,26$^a$ | 307,60 ± 8,13$^c$ |
| 4 | 200 | 179,60 ± 6,36$^a$ | 200,70 ± 10,30$^a$ | 255,40 ± 4,42$^a$ | 264,40 ± 5,43$^b$ |
| 5 | 250 | 180,70 ± 10,98$^a$ | 200,10 ± 16,77$^a$ | 252,70 ± 2,31$^a$ | 244,60 ± 2,79$^a$ |

*Ghi chú: Các số có cùng chỉ số a, b, c, d (theo cột) có sự sai khác không đáng kể ở mức ý nghĩa α = 0,05*

Sinh khối của Cỏ nến sau 4 tuần thí nghiệm thể hiện ở các mức độ khác nhau. Trong môi trường nồng độ $NH_4^+$ từ 50 – 200 mg/L, sinh khối cỏ đạt được từ 264,40 đến 300,10 gam. Khi tăng nồng độ $NH_4^+$ lên 250 mg/L, sinh khối giảm so với ban đầu (từ 252,7 gam xuống còn 244,6 gam). Như vậy, môi trường nồng độ $NH_4^+$ cao đã ảnh hưởng đến khả năng sinh trưởng, phát triển của cây. Trong nghiên cứu của Thái Vân Anh và Lê Thị Cẩm Chi, Cỏ nến chỉ được sử dụng trong môi trường nước thải có nồng độ $NH_4^+$ chỉ từ 55 – 65 mg/L [14].

Như vậy, mặc dù $NH_4^+$ trong nước thải đóng vai trò là nguồn cung cấp chất dinh dưỡng cho sự sinh trưởng của thực vật thủy sinh, nhưng nếu nồng độ dư thừa sẽ ảnh hưởng đến sinh trưởng của cây.

### *3.2. Đánh giá hiệu suất loại bỏ các chất ô nhiễm trong nước thải chăn nuôi lợn sau biogas của Thủy trúc và Cỏ nến*

*3.2.1. Khả năng xử lý TSS trong nước thải của Thủy trúc và Cỏ nến*

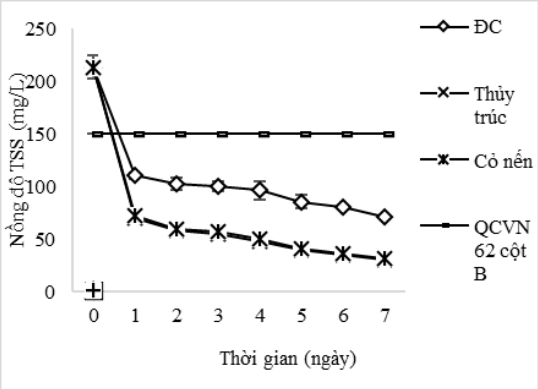
Trong bãi lọc trồng cây nhân tạo, các chất lơ lửng bị giữ lại bởi vật liệu lọc và rễ thực vật. Kết quả thí nghiệm (bảng 5, hình 3) cho thấy, TSS trong nước thải đầu vào là 213,6 mg/L cao hơn quy chuẩn cho phép, sau khi đi qua các hệ thí nghiệm, nồng độ TSS đã giảm đáng kể. Chỉ sau 1 ngày TSS trong nước thải đã đạt quy chuẩn, nồng độ TSS là 68,4 - 105,52 mg/L. Sau 7 ngày, hiệu suất xử lý TSS ghi nhận được là 81% - 86,7%. Thí nghiệm với Thủy trúc và Cỏ nến có hiệu suất xử lý TSS lần lượt là 85,9% và 85,4%. Theo kết quả nghiên cứu đã công bố, hệ thống sử dụng Thủy trúc để xử lý nước thải sinh hoạt có hiệu suất loại bỏ TSS đạt 78,82% [10]. Sử dụng Cỏ nến để loại bỏ TSS trong nước thải chăn nuôi đạt 73% [15]. Như vậy, các loài thực vật thí nghiệm đều xử lý TSS đạt hiệu quả phù hợp với quy chuẩn cho phép.

**Bảng 5.** *Kết quả quan trắc nồng độ TSS trong nước thải theo thời gian nghiên cứu*

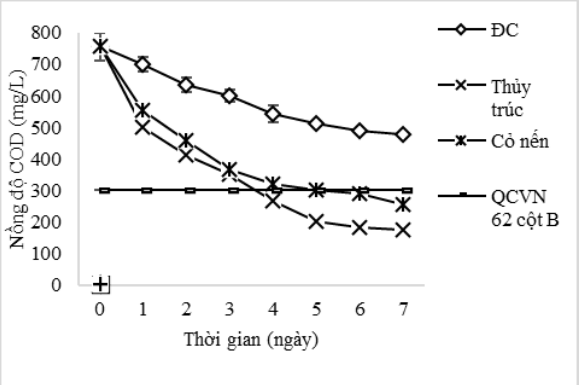
| Thời điểm lấy mẫu (ngày) | Đối chứng (ĐC) | | Thủy trúc | | Cỏ nến | | QCVN 62 cột B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nồng độ (mg/L) | Hiệu suất (%) | Nồng độ (mg/L) | Hiệu suất (%) | Nồng độ (mg/L) | Hiệu suất (%) | |
| 0 | 213,6 | 0,0 | 213,6 | 0,0 | 213,6 | 0,0 | 150 |
| 1 | 110,5 | 48,3 | 70,5 | 67,0 | 72,6 | 66,0 | 150 |
| 2 | 102,7 | 51,9 | 58,4 | 72,7 | 60,1 | 71,9 | 150 |
| 3 | 100,5 | 52,9 | 55,3 | 74,1 | 57,3 | 73,2 | 150 |
| 4 | 96,4 | 54,9 | 47,6 | 77,7 | 50,4 | 76,4 | 150 |
| 5 | 85,6 | 59,9 | 40,2 | 81,2 | 41,2 | 80,7 | 150 |
| 6 | 80,3 | 62,4 | 35,4 | 83,4 | 36,7 | 82,8 | 150 |
| 7 | 70,7 | 66,9 | 30,2 | 85,9 | 31,2 | 85,4 | 150 |

**Bảng 6.** *Kết quả quan trắc nồng độ COD trong nước thải theo thời gian nghiên cứu*

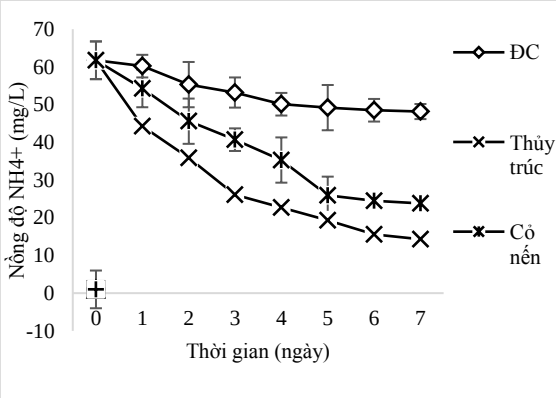
| Thời điểm lấy mẫu (ngày) | Đối chứng (ĐC) | | Thủy trúc | | Cỏ Nến | | QCVN 62 cột B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nồng độ (mg/L) | Hiệu suất (%) | Nồng độ (mg/L) | Hiệu suất (%) | Nồng độ (mg/L) | Hiệu suất (%) | |
| 0 | 757,8 | 0,0 | 757,8 | 0,0 | 757,8 | 0,0 | 300 |
| 1 | 700,2 | 7,6 | 500,9 | 33,9 | 555,9 | 26,6 | 300 |
| 2 | 635,5 | 16,1 | 411,6 | 45,7 | 458,2 | 39,5 | 300 |
| 3 | 601,4 | 20,6 | 350,7 | 53,7 | 366,7 | 51,6 | 300 |
| 4 | 543,2 | 28,3 | 266,1 | 64,9 | 321,8 | 57,5 | 300 |
| 5 | 512,5 | 32,4 | 200,7 | 73,5 | 301,4 | 60,2 | 300 |
| 6 | 488,2 | 35,6 | 182,8 | 75,9 | 288,4 | 61,9 | 300 |
| 7 | 478,9 | 36,8 | 175,6 | 76,8 | 253,7 | 66,5 | 300 |



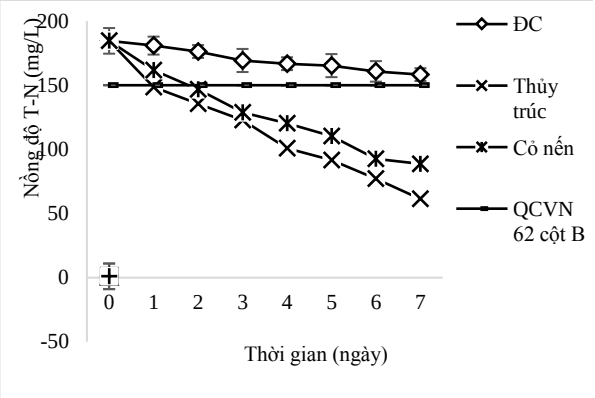

**Hình 3.** *Khả năng xử lý TSS của Thủy trúc và Cỏ nến theo thời gian*




**Hình 4.** *Khả năng xử lý COD của Thủy trúc và Cỏ nến theo thời gian*




**Hình 5.** *Khả năng xử lý $NH_4^+$ của Thủy trúc và Cỏ nến theo thời gian*




**Hình 6.** *Khả năng xử lý T-N của Thủy trúc và Cỏ nến theo thời gian*

*3.2.2. Khả năng xử lý COD trong nước thải của Thủy trúc và Cỏ nến*

COD trong nước thải bị loại bỏ thông qua các quá trình phân hủy hiếu khí. Hàm lượng oxy trong nước có vai trò là xúc tác cho quá trình hiếu khí xảy ra mạnh hơn được khuếch tán vào hệ thống thông qua quá trình hô hấp của thực vật. Ngoài ra, sự hoạt động của vi sinh vật vùng rễ cũng đóng vai trò phân hủy hiệu quả chất hữu cơ trong nước [3].

Kết quả ở bảng 6 và hình 4 cho thấy, nồng độ COD ban đầu là 757,8 mg/L, vượt quy chuẩn cho phép QCVN62-MT:2016/BTNMT cột B. Thời gian xử lý đạt quy chuẩn xả thải đối với Thủy trúc là 4 ngày (nồng độ COD là 266,1 mg/L), trong khi Cỏ nến là 6 ngày (đạt 288,4 mg/L). Hiệu suất loại bỏ COD của hai loài thực vật sau 7 ngày là rất rõ ràng, đạt 76,8% đối với Thủy trúc và 66,5% ở Cỏ nến, so với mẫu đối chứng không xử lý chỉ đạt 36,8%. Cây Rau muống cũng được sử dụng để kiểm soát COD trong nước thải với hiệu suất đạt 84,5% [16]. Tại hệ thống ở Italy, Thủy trúc và Cỏ nến xử lý được 75,7% hàm lượng COD trong nước thải [9].

Mặc dù có sự khác biệt về khả năng xử lý COD giữa các loài thực vật thí nghiệm nhưng nhìn chung hiệu quả xử lý đều đạt quy chuẩn cho phép, do vậy có thể sử dụng Thủy trúc và Cỏ nến để kiểm soát COD trong nước thải chăn nuôi lợn sau biogas. Tuy nhiên cần xem xét sự khác biệt về tốc độ xử lý, hiệu suất xử lý để lựa chọn loài cây phù hợp nhất cho hệ thống, đặc tính nước thải và điều kiện trang trại ứng dụng.

*3.2.3. Khả năng xử lý nitơ trong nước thải của Thủy trúc và Cỏ nến*

**Bảng 7.** *Kết quả quan trắc nồng độ $NH_4^+$ trong nước thải theo thời gian nghiên cứu*

| Thời điểm lấy mẫu (ngày) | ĐC | | Thủy trúc | | Cỏ nến | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nồng độ (mg/L) | Hiệu suất (%) | Nồng độ (mg/L) | Hiệu suất (%) | Nồng độ (mg/L) | Hiệu suất (%) |
| 0 | 61,75 | 0,0 | 61,75 | 0,0 | 61,75 | 0,0 |
| 1 | 60,2 | 2,5 | 44,3 | 28,3 | 54,3 | 12,1 |
| 2 | 55,3 | 10,4 | 35,9 | 41,9 | 45,6 | 26,2 |
| 3 | 53,2 | 13,8 | 26,1 | 57,7 | 40,7 | 34,1 |
| 4 | 50,1 | 18,9 | 22,7 | 63,2 | 35,3 | 42,8 |
| 5 | 49,2 | 20,3 | 19,3 | 68,7 | 25,9 | 58,1 |
| 6 | 48,5 | 21,5 | 15,6 | 74,7 | 24,5 | 60,3 |
| 7 | 48,16 | 22,0 | 14,3 | 76,8 | 23,8 | 61,5 |

Kết quả nghiên cứu xử lý nitơ tại bảng 7 và hình 5 cho thấy, hiệu suất xử lý của thí nghiệm đối chứng (chỉ dùng giá thể) chỉ đạt 22% trong khi tại các thí nghiệm có trồng cây, hiệu suất đạt từ 61,5 và 76,8%. Thí nghiệm với Thủy trúc trong môi trường nước thải sinh hoạt cho thấy hiệu suất thấp hơn so với nghiên cứu này, chỉ đạt 50,5% [10]. Trong một nghiên cứu khác, Cỏ nến được sử dụng trong hệ thống xử lý nước thải chăn nuôi cho hiệu quả xử lý đạt 72% [6].

Sử dụng các loài thực vật thủy sinh trong xử lý T-N cũng đạt hiệu quả rõ rệt. Kết quả quan trắc nồng độ T-N trong nước thải tại các thí nghiệm được trình bày ở bảng 8 và hình 6.

**Bảng 8.** *Kết quả quan trắc nồng độ T-N trong nước thải theo thời gian nghiên cứu*

| Thời điểm lấy mẫu (ngày) | ĐC | | Thủy trúc | | Cỏ nến | | QCVN 62 cột B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nồng độ (mg/L) | Hiệu suất (%) | Nồng độ (mg/L) | Hiệu suất (%) | Nồng độ (mg/L) | Hiệu suất (%) | |
| 0 | 184,6 | 0,0 | 184,6 | 0,0 | 184,6 | 0,0 | 150 |
| 1 | 180,9 | 2,0 | 148,6 | 19,5 | 161,8 | 12,4 | 150 |
| 2 | 176,3 | 4,5 | 135,6 | 26,5 | 146,8 | 20,5 | 150 |
| 3 | 169,3 | 8,3 | 122,7 | 33,5 | 128,8 | 30,2 | 150 |
| 4 | 166,8 | 9,6 | 100,8 | 45,4 | 120,4 | 34,8 | 150 |
| 5 | 165,3 | 10,5 | 91,5 | 50,4 | 110,3 | 40,2 | 150 |
| 6 | 160,8 | 12,9 | 77,2 | 58,2 | 92,7 | 49,8 | 150 |
| 7 | 158,3 | 14,2 | 61,3 | 66,8 | 88,7 | 52,0 | 150 |

Bảng 8 cho thấy, nồng độ T-N trong nước thải đã giảm ở tất cả các thí nghiệm. Trong đó, đối với thí nghiệm sử dụng Thủy trúc cho hiệu quả xử lý đạt QCVN 62 cột B chỉ sau 1 ngày thí nghiệm, đối với Cỏ nến là 2 ngày. Trong khi đó, đối với thí nghiệm không trồng cây, nồng độ T-N giảm không đáng kể, sau 7 ngày vẫn chưa đạt quy chuẩn cho phép. Wu và cộng sự (2011) cho rằng, hiệu quả loại bỏ chất dinh dưỡng phụ thuộc rất nhiều vào loài thực vật thủy sinh được lựa chọn, sự hấp thu chất dinh dưỡng của thực vật chỉ loại bỏ 51,89% đối với nitơ, sự mất đi của nitơ trong nước thải còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố môi trường khác [17].

### *3.3. So sánh khả năng chống chịu và hiệu quả xử lý chất ô nhiễm của Thủy trúc và Cỏ nến*

Tiềm năng ứng dụng thực vật thủy sinh trong xử lý ô nhiễm môi trường nước đã được chứng minh qua nhiều dự án nghiên cứu bằng công nghệ bãi lọc trồng cây nhân tạo. Tại Việt Nam, hệ thống xử lý nước thải công nghiệp luyện thép tại Hà Tĩnh sử dụng kết hợp cây Sậy và Thủy trúc [18]; hệ thống xử lý nước thải mỏ tại Thái Nguyên sử dụng cỏ Vetiver [19]. Ưu điểm nổi bật của hệ thống là tiết kiệm chi phí và thân thiện với môi trường. Hiệu quả của hệ thống xử lý phụ thuộc rất lớn vào những loài thực vật được lựa chọn thông qua khả năng chống chịu và hiệu quả xử lý chất ô nhiễm của chúng. Bảng 9 chỉ ra kết quả khả năng chống chịu và hiệu quả xử lý của loài thực vật, là cơ sở ban đầu cho việc lựa chọn thực vật thủy sinh phù hợp để xử lý nước thải chăn nuôi sau biogas trong thực tiễn.

**Bảng 9.** *Khả năng chống chịu và hiệu quả xử lý của Thủy trúc và Cỏ nến*

| Loài thực vật | Khả năng chống chịu | | | | | | Hiệu quả xử lý | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | pH | | COD (mg/L) | | $NH_4^+$ (mg/L) | | pH (%) | TSS (%) | COD (%) | $NH_4^+$ (%) | T-N (%) |
| | Min-max | Tối ưu | Min-max | Tối ưu | Min-max | Tối ưu | | | | | |
| Thủy trúc | 5-9 | 7-8 | 250-1000 | 500 | 50-250 | 100-150 | 7,1 ± 0,2 | 85,9 | 76,8 | 76,8 | 66,8 |
| Cỏ nến | 5-9 | 6 | 250-1000 | 500 | 50-200 | 100 | 7,6 ± 0,2 | 85,4 | 66,5 | 61,5 | 52,0 |

*Ghi chú: Giá trị "Min - max" là giá trị chất ô nhiễm thấp nhất và cao nhất mà cây có khả năng cho sinh khối dương. Giá trị tối ưu là giá trị chất ô nhiễm mà cây cho sinh khối cao nhất*

Từ kết quả ở bảng 9, chúng tôi nhận thấy, khả năng chống chịu tối ưu của Thủy trúc đối với nồng độ pH, $NH_4^+$ và hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm trong nước thải đều cao hơn so với Cỏ nến. Như vậy, lựa chọn Thủy trúc là phù hợp hơn trong công nghệ bãi lọc trồng cây nhân tạo để xử lý nước thải chăn nuôi.

## 4. Kết luận

Về khả năng chống chịu, Thủy trúc và Cỏ nến đều sinh trưởng, phát triển tốt và cho sinh khối ổn định trong phạm vi các chất ô nhiễm của nước thải đầu vào. Thủy trúc (*Cyperus alternifolius*) chống chịu pH trong khoảng từ 5 - 9, nồng độ COD đến 1000 mg/L và nồng độ $NH_4^+$ đến 250 mg/L; hiệu suất xử lý TSS, COD, $NH_4^+$ và T-N tương ứng là 85,9%, 76,8%, 76,8%, 66,8%. Cỏ nến (*Typha orientalis*) có khả năng chống chịu ở điều kiện pH từ 5 - 9, nồng độ COD đến 1000 mg/L và nồng độ $NH_4^+$ nhỏ hơn hoặc bằng 250 mg/L; hiệu suất xử lý TSS, COD, $NH_4^+$, T-N tương ứng là 85,4%, 66,5%, 61,5% và 52,0%.

Cả hai loài thực vật đều phù hợp cho việc xử lý ô nhiễm môi trường nước thải chăn nuôi sau biogas. Nước thải sau xử lý đều đạt quy chuẩn cho phép (QCVN62-MT:2016/BTNMT, cột B); tuy nhiên, Thủy trúc có ưu thế hơn nhờ khả năng chống chịu tối ưu, hiệu quả xử lý và thời gian xử lý các chất ô nhiễm của loài thực vật này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

[1] Vietnam Environment Administration, Rural environment, *National environment report*, 2014, pp. 34-162.

[2] B. L. Chavan and V. P. Dhulap, "Developing a Pilot Scale Angular Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland for Treatment of Sewage through Phytoremediation with Colocasia esculenta," *International Research Journal of Environment Sciences*, vol. 2, no. 2, pp. 6-14, 2013.

[3] N. Pavlineri, N. Th. Skoulikidis, 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.

[4] T. N. Vu, V. T. Tran, T. K. Nguyen, and D. K. Dang, "Study on the use of water hyacinth Eichhornia crassipes (Mart.) Solms to treat nitrogen and phosphorus in pig wastewater after biogas technology," *Journal of Biological Sciences*, vol. 37, no. 1, pp. 53-59, 2014.

[5] T. N. Vu, V. T. Tran, D. K. Dang, T. K. A. Bui, and H. Y. Vu, "Application of ecological technology for removal of COD, Nitrogen and Phosphorus from piggery wastewater after biogas production technology," *Journal of Vietnamese environment*, vol. 8, no. 5, pp. 252-256, 2016.

[6] P. H. Sezerino, V. Reginatto, M. A. Santos, K. Kayser, S. Kunst, L. S. Philippi, and H. M. Soares, "Nutrient removal from piggery effluent using vertical flow constructed wetlands in southern Brazil," *Water Science & Technology*, vol. 48, no. 2, pp. 129-35, 2003.

[7] T. C. Truong, "Treatment of piggery wastewater by bioprocess technology – upflow sludge blanket filter (USBF)," *Science and Technology Development Journal, University of Science, VNU-HCM*, vol. 13, no. 1, pp. 48-58, 2010, doi: https://doi.org/10.32508/stdj.v13i1.2081.

[8] H. H. Pham, *Vietnamese plants*, vol. 3, Tre publishing house, Ho Chi Minh city, 1999.

[9] 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.

[10] S. Y. Chan, Y. F. Tsang, H. Chua, S. N. Sin, and L. H. Cui, "Performance study of vegetated sequencing batch coal slag bed treating domestic wastewater in suburban area," *Bioresource Technology*, vol. 99, pp. 3774-3781, 2008.

[11] J. Zhang, Q. Shi, C. Zhang, J. Xu, B. Zhai, and B. Zhang, "Adsorption of Neutral Red onto Mn-impregnated activated carbons prepared from Typha orientalis," *Bioresource Technology*, vol. 99, pp. 8974-8980, 2008.

[12] T. K. A. Bui, V. T. Nguyen, M. P. Nguyen, T. H. H. Nguyen, H. Y. Nguyen, Q. L. Bui, and D. K. Dang, "Selection of Suitable Filter Materials for Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland Treating Swine Wastewater," *Water Air Soil Pollut*, vol. 231, 2020, Art. no. 88, doi: https://doi.org/10.1007/s11270-020-4449-6.

[13] D. H. Shahi, H. Eslami, M. H. Ehrampoosh, A. Ebrahimi, M. T. Ghaneian, S. Ayatollah, and M. R. Mozayan, "Comparing the Efficiency of Cyperus alternifolius and Phragmites australis in Municipal Wastewater Treatment by Subsurface Constructed Wetland," *Pakistan Journal of Biological Sciences*, vol. 16, no. 8, pp. 379-384, 2013.

[14] V. A. Thai and T. C. C. Le, "Study domestic wastewater treatment by constructed wetland with parallely reed, vetiver, bulrush," *Journal of Science Technology and Food*, Specialist in Biotechnology & Environmental Engineering, pp. 53-60, 2016.

[15] S. W. Chen, C. M. Kao, C. R. Jou, Y. T. Fu, and Y. I. Chang, "Use of a Constructed Wetland for Post-Treatment of Swine Wastewater," *Environmental Engineering Science*, vol. 25, no. 3, pp. 407-417, 2008, doi: 10.1089/ees.2007.0004.

[16] M. H. Hu, Y. S. Ao, X. E. Yang, and T. Q. Li, "Treating eutrophic water for nutrient reduction using an aquatic macrophyte (Ipomoea aquatica Forsskal) in a deep flow technique system," *Agricultural water management*, vol. 95, pp. 607-615, 2008.

[17] H. Wu, J. Zhang, P. Li, J. Zhang, H. Xie, and B. Zhang, "Nutrient removal in constructed microcosm wetlands for treating polluted river water in northern China," *Ecological Engineering*, vol. 37, pp. 560-568, 2011.

[18] V. A. Nguyen, T. K. A. Bui, and N. H. Giang, "Design of wetland system for wastewater quality improvement at formosa ha tinh steel company," *Vietnam Journal of Science and Technology*, vol. 56(2C), pp. 165-171, 2018.

[19] X. S. Ha, T. K. N. Nguyen, D. M. Le, V. T. Dang, T. H. Do, and X. L. Ha, "Study using Vetiver (Vetiveria zizanioides (L.) Nash), ferns (Marattiopsida (p. Calomelanos), Pteris vittata) and Eleusine indica (L.) Gaertn treatment of the lead (Pb) contamination in soil around the lead and zinc mine of Hich village, Dong Hy district, Thai Nguyen province," *Journal of Science and Technology*, vol. 185, no. 09, pp. 111-116, 2018.