

NGHIÊN CỨU TÁC DỤNG CỦA BÈO TAI TƯỢNG (*Pistia stratiotes* L.) XỬ LÝ NƯỚC THẢI BIOGAS

Nguyễn Văn Công¹, Bùi Thị Chuyên¹, Nguyễn Công Thuận^{1,*}

TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá hiệu quả của bèo tai tượng (BTT) (*Pistia stratiotes* L.) trong cải thiện chất lượng nước thải từ hệ thống phân hủy yếm khí phân heo. Hai nghiệm thức được thiết kế gồm nghiệm thức không có BTT và nghiệm thức có BTT. Khoảng 100 g của 15 BTT được nuôi trong các thùng xốp chứa 15 lít nước thải có nồng độ đạm amôn 15 mg/L N-NH₄⁺ trong một tuần. Mẫu nước được thu ở các ngày 1, 3 và 7 để đo nhiệt độ, oxy hòa tan (DO), nhu cầu oxy hóa học (COD), tổng nitơ Kjeldahl (N-TKN), N-NH₄⁺, ni-trít (N-NO₂⁻), ni-trát (N-NO₃⁻), photphát (P-PO₄³⁻) và khối lượng tươi của BTT được đo vào cùng thời điểm thu mẫu nước. Kết quả cho thấy, hiệu suất giảm COD, N-TKN-N, N-NH₄⁺-N và P-PO₄³⁻ ở nghiệm thức có BTT cao hơn có ý nghĩa so với nghiệm thức không có BTT và sự giảm các chất ô nhiễm ở giai đoạn ngày 1 - 3 cao hơn giai đoạn ngày 4-7. Nồng độ N-NO₂⁻ và N-NO₃⁻ thấp trong thời gian thí nghiệm và có khuynh hướng tăng dần so với ngày đầu thí nghiệm. Sự gia tăng sinh khối BTT trong 7 ngày thí nghiệm nhỏ (tăng 4,41% ở ngày thứ 3 và tăng 10,60% ở ngày thứ 7). BTT có khả năng làm giảm chất ô nhiễm như COD, NH₄⁺ và PO₄³⁻ trong nước thải từ hệ thống phân hủy yếm khí phân heo và giảm nhiều nhất đối với NH₄⁺ (82,19%). BTT không có đóng góp để làm giảm NO₂⁻ và NO₃⁻. Nghiên cứu cho thấy, BTT có thể được sử dụng để xử lý nước thải từ hệ thống khí sinh học.

Từ khóa: Khí sinh học, giảm ô nhiễm, bèo tai tượng, nước thải.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xử lý phân heo bằng sản xuất khí sinh học được xem là một biện pháp khả thi để làm giảm ô nhiễm môi trường từ chăn nuôi heo ở Việt Nam [1]. Tuy nhiên khi so sánh với Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về nước thải chăn nuôi thì nước thải từ hệ thống sản xuất khí sinh học vẫn còn chứa nồng độ cao của nitơ, photpho và chất hữu cơ [2, 3]. Vì thế nước thải từ hệ thống khí sinh học cần tiếp tục xử lý trước khi được thải ra các thủy vực tiếp nhận.

Thực vật bậc cao thủy sinh có tiềm năng lớn trong hấp thu vật chất hữu cơ và dinh dưỡng để phát triển và làm sạch các nguồn nước ô nhiễm [4]. Như một loài ngoại lai, bèo tai tượng (BTT) (*Pistia stratiotes* L.) là thực vật bậc cao sống nổi có khả năng tích tụ sinh học cao và chống chịu tốt với các yếu tố sinh thái và môi trường [5]. BTT có thể được sử dụng để làm sạch chất ô nhiễm trong môi trường. Đã có các nghiên cứu sử dụng BTT để xử lý nước thải [6-7]. Nghiên cứu sử dụng BTT để xử lý nước thải từ hệ thống lên men yếm khí cho sản xuất khí sinh học đã được thực hiện [8, 9] như là một phương

pháp xử lý nước thải với chi phí thấp, tuy nhiên nghiên cứu này vẫn còn rất hạn chế.

BTT sống phổ biến ở các thủy vực nước ngọt ở Việt Nam và là sinh khối xanh tiềm năng cho sản xuất năng lượng sinh học [10]. Nghiên cứu trong điều kiện phòng thí nghiệm, BTT được thí nghiệm để xác định hiệu suất làm giảm chất ô nhiễm trong nước thải từ hệ thống lên men yếm khí phân heo. Nghiên cứu giới thiệu một mô hình tuần hoàn chất thải sử dụng BTT để xử lý nước thải, sau đó sinh khối từ BTT được sử dụng như vật liệu nạp cho hệ thống sản xuất khí sinh học.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

BTT dùng trong thí nghiệm với kích cỡ tương đồng được thu từ thủy vực nước ngọt, sau đó nuôi trong các bể chứa nước máy trong hai tuần. Thí nghiệm sử dụng nước thải từ hệ thống khí sinh học xử lý phân heo. Nước thải được phân tích các thông số pH, nhu cầu oxy hóa học (COD), tổng nitơ Kjeldahl (N-TKN tính theo N), N-NH₄⁺ (tính theo N), ni-trít tính theo N (N-NO₂⁻ tính theo N), ni-trát (N-NO₃⁻ tính theo N) và photphát (P-PO₄³⁻ tính theo P) trước khi bố trí thí nghiệm (Bảng 1). Nước thải có nồng độ cao của COD, N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻ và nồng độ thấp của DO (Bảng 1). Giá trị COD và N-NH₄⁺ đã vượt ngưỡng cho phép khi so sánh với Quy chuẩn kỹ

¹ Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

*Email: ncthuan@ctu.edu.vn

thuật Quốc gia về nước thải chăn nuôi (QCVN 62-MT: 2011/BTNMT) cột A.

Bảng 1. Đặc điểm nước thải từ hệ thống khí sinh học được sử dụng cho thí nghiệm

Thông số	Đơn vị	Giá trị	QCVN 62-MT: 2011/BTNMT, cột A
pH	-	7,8	6-9
DO	mg/L	0,4	-
COD	mg/L	1.012,8	100
N-NH ₄ ⁺	mg/L	161,4	5
P-PO ₄ ³⁻	mg/L	24,0	-

BTT có thể tăng sinh khối nhanh và loại bỏ lượng lớn chất ô nhiễm, tuy nhiên nồng độ chất ô nhiễm cao có thể ảnh hưởng đến sự sống và giảm hiệu suất loại bỏ chất ô nhiễm [6, 9]. Vì thế nước thải có nồng độ chất ô nhiễm cao phải được pha loãng để BTT đáp ứng với nước thải. Nghiên cứu về sử dụng BTT để hấp thụ đạm amôn trong dung dịch tự pha cho thấy khả năng hấp thụ cao của BTT ở nồng độ 10 mg/L N-NH₄⁺ [11]. Vì vậy, trong nghiên cứu này nồng độ đạm amôn trong nước thải được pha loãng đến 15 mg/L N-NH₄⁺.

2.2. Thiết kế thí nghiệm

Thí nghiệm gồm hai nghiệm thức có BTT và không có BTT, mỗi nghiệm thức lặp lại 5 lần. Các thùng xốp với kích thước 600×400×190 đã được sử dụng để chứa 15 lít nước thải. Ở mỗi thùng xốp, 15 BTT với tổng khối lượng tươi khoảng 400 g (khối lượng tươi cho một BTT là 26,70 ± 0,02 g) được nuôi

(Hình 1). Nghiệm thức không có BTT, các thùng xốp được che một phần bởi ni-lông đen như là phần diện tích bị che phủ bởi BTT ở nghiệm thức có BTT. Nồng độ ban đầu của N-NH₄⁺ không cao (khoảng 15 mg/L) nên thí nghiệm được thực hiện trong thời gian một tuần. Thí nghiệm được thực hiện ở khu nhà lưới thí nghiệm của Trường Đại học Cần Thơ, nơi có ánh sáng tự nhiên cho BTT quang hợp.



Hình 1. Thiết kế thí nghiệm cho nghiệm thức có BTT và không có BTT

Mẫu nước được thu trong các thùng xốp ở các ngày 1 (ngày bố trí thí nghiệm), 3 và 7, được đo các thông số chất lượng nước như nhiệt độ, pH, DO, COD, N-TKN-N, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻ và P-PO₄³⁻ (Bảng 3). Thêm vào đó, khối lượng tươi của BTT cũng được đo cùng thời gian thu mẫu nước. Ở mỗi lần thu mẫu, tất cả BTT trong thùng xốp được vớt ra, để ráo nước trong 10 phút, sau đó cân cho khối lượng tươi [11].

Bảng 2. Phương pháp phân tích các thông số môi trường nước và đo đạc BTT

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Phương pháp
1	Nhiệt độ	°C	Đo trực tiếp bằng máy cầm tay Hanna HI 9146
2	pH	-	Đo trực tiếp bằng máy cầm tay Hanna HI 8424
3	DO	mg/L	Đo trực tiếp bằng máy cầm tay Hanna HI 9146
5	COD	mg/L	Phương pháp oxi hóa bằng K ₂ Cr ₂ O ₇ (APHA, 1998) [12]
6	TSS	mg/L	Phương pháp khối lượng, sấy ở 105°C
7	N-NH ₄ ⁺	mg/L	Phương pháp Salicylate (APHA, 1998) [12]
8	N-NO ₃ ⁻	mg/L	Phương pháp Salicylate (APHA, 1998) [12]
9	N-NO ₂	mg/L	Phương pháp Colorimetric (APHA, 1998) [12]
10	P-PO ₄ ³⁻	mg/L	Phương pháp Ascorbic Acid (APHA, 1998) [12]

Hiệu suất giảm chất ô nhiễm được xác định bởi công thức sau:

$$H (\%) = \frac{C_{t0} - C_t}{C_t} \times 100$$

Trong đó: H (%) là hiệu suất giảm chất ô nhiễm; C_{t0} (mg/L) và C_t (mg/L) lần lượt là nồng độ chất ô nhiễm ở thời điểm ban đầu vào thời điểm t.

Khả năng hấp thụ tương đối chất dinh dưỡng được xác định theo công thức sau:

$$A (g/kg) = [(Cb_{t0} - Cb_t) - (Ckb_{t0} - Ckb_t)] * V / (M_t - M_0)$$

Trong đó: A (g/kg) là lượng chất dinh dưỡng được BTT hấp thụ; Cb_{t0} (mg/L) và Cb_t (mg/L) là nồng độ chất dinh dưỡng ở thời điểm ban đầu và t ở

nghiệm thức có BTT; Ckb_{10} (mg/L và Ckb_t (mg/L) là nồng độ chất dinh dưỡng ở thời điểm ban đầu và t ở nghiệm thức không có BTT; M_0 và M_t là khối lượng BTT ở thời điểm ban đầu và t ; V (L) là thể tích nước thải.

2.3. Xử lý số liệu

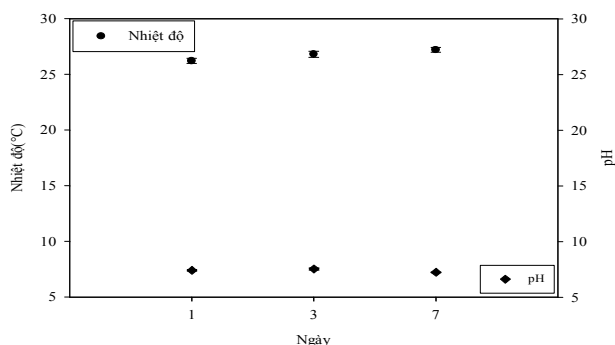
Giá trị trung bình các thông số chất lượng nước được thể hiện ở dạng trung bình $\pm$ stdev. So sánh sự khác biệt các thông số chất lượng nước, khối lượng tươi BTT và hiệu suất làm giảm chất ô nhiễm được thực hiện bằng phân tích thống kê sử dụng phép thử T-Test trong SPSS (sau khi kiểm tra tính đồng nhất của phương sai).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sự thay đổi nồng độ của nhiệt độ, pH và oxy hòa tan

3.1.1. Sự thay đổi nhiệt độ

Nhiệt độ nước ở các nghiệm thức dao động 25,80 - 27,20°C (Hình 2). Theo Rivers (2002) [13], nhiệt độ tối ưu cho sự phát triển của BTT là 22 - 30°C. Như vậy, nhiệt độ nước của thí nghiệm là phù hợp cho sự phát triển của BTT. Nhiệt độ nước ở nghiệm thức không có BTT là $2,65 \pm 0,09^\circ\text{C}$, trong khi nhiệt độ ở nghiệm thức có BTT là $2,64 \pm 0,10^\circ\text{C}$. Nhiệt độ nước ở nghiệm thức không có BTT khác biệt không có ý nghĩa so với nghiệm thức có BTT ($p = 0,376$), vì vậy yếu tố nhiệt độ không ảnh hưởng đến sự khác biệt nồng độ các chất ô nhiễm giữa hai nghiệm thức. Thêm vào đó, nhiệt độ nước của thí nghiệm cũng thuộc khoảng nhiệt độ tối ưu cho quá trình ni-trát hóa bởi vi sinh vật (25 - 35°C) [14].



Hình 2. Giá trị nhiệt độ, pH ở ngày 1, 3 và 7 của thí nghiệm

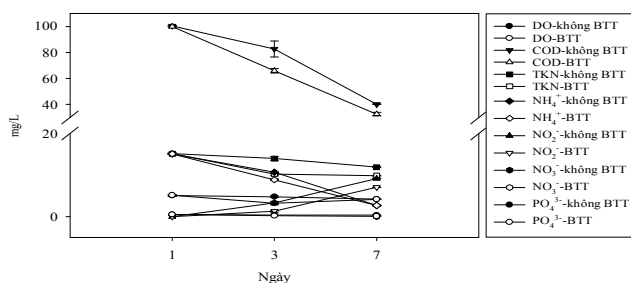
3.1.2. Sự thay đổi pH

Giá trị pH nước ở các nghiệm thức dao động 7,12 ÷ 7,56 (Hình 2). BTT phát triển tốt trong nước có pH

= 7 [15], vì thế pH nước của thí nghiệm là phù hợp cho sự phát triển của BTT. pH nước ở nghiệm thức không có BTT là $7,33 \pm 0,04$, trong khi nhiệt độ ở nghiệm thức có BTT là $7,36 \pm 0,03$. Sự khác biệt pH giữa nghiệm thức không có BTT và có BTT là không có ý nghĩa ($p = 0,849$), vì vậy yếu tố pH không ảnh hưởng đến sự khác biệt nồng độ các chất ô nhiễm giữa hai nghiệm thức.

3.1.3. Sự thay đổi DO

Sự thay đổi giá trị DO trong nước là 3,21 - 5,28 mg/L (Hình 3). Nhìn chung, giá trị DO nước của thí nghiệm thuộc ngưỡng an toàn cho sự sống của thực vật thủy sinh (lớn hơn 2 mg/L), vì vậy khoảng DO của thí nghiệm cũng an toàn cho sự sống của BTT. DO nước ở nghiệm thức không có BTT là $4,72 \pm 0,40$ mg/L, trong khi nhiệt độ ở nghiệm thức có BTT là $4,20 \pm 0,81$ mg/L. Giá trị DO của nghiệm thức không có BTT cao hơn có ý nghĩa so với nghiệm thức có BTT ($p = 0,028$). DO ở nghiệm thức không BTT giảm dần qua thời gian ($5,10 \pm 0,22$ mg/L ở ngày 1, $4,82 \pm 0,19$ mg/L ở ngày 3 và $4,24 \pm 0,01$ mg/L ở ngày 7). Đối với nghiệm thức có BTT, DO ở ngày 3 ($3,24 \pm 0,27$ mg/L) và ngày 7 ($4,20 \pm 0,01$ mg/L) đều thấp hơn ngày 1 ($5,16 \pm 0,11$ mg/L). Sự giảm oxy hòa tan trong nước ở ngày 3 và ngày 7 của cả hai nghiệm thức được giải thích bởi vi sinh vật sử dụng oxy cho quá trình oxy hóa. Thêm vào đó, thực vật bậc thủy sinh có thể làm giảm oxy bởi sự hô hấp và phân hủy của chúng [16]. Vì thế, sự hô hấp và phân hủy của BTT có thể đã đóng góp cho sự giảm oxy ở nghiệm thức có BTT so với nghiệm thức không có BTT.



Hình 3. Nồng độ trung bình ($\pm$ stdev) của COD, N-TKN, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻ và P-PO₄³⁻ vào các ngày 1, 3 và 7

3.2. Sự giảm nồng độ chất ô nhiễm

3.2.1. Sự giảm nồng độ COD

Nồng độ COD giảm dần theo thời gian ở cả hai nghiệm thức thí nghiệm (Hình 3). Sự thay đổi nồng độ COD ở ngày 3 và 7 so với ngày đầu thí nghiệm

được thể hiện ở bảng 3. Ở nghiệm thức không có BTT, COD giảm lần lượt $17,71 \pm 6,08\%$ và $59,99 \pm 0,16\%$ ở ngày 3 và 7. Ở nghiệm thức có BTT, COD giảm lần lượt $34,05 \pm 1,87\%$ và $67,39 \pm 1,08\%$ ở ngày 3 và 7. Ở nghiệm thức không có BTT, sự giảm COD/ngày ở các ngày 1 - 3 và 4 - 7 lần lượt là $6,75 \pm 2,75\%/ngày$ và $11,45 \pm 0,68\%/ngày$. Ở nghiệm thức có BTT, sự giảm COD/ngày ở các ngày 1-3 và 4-7 lần lượt là $11,35 \pm 0,63\%/ngày$ và $12,63 \pm 0,56\%/ngày$.

Bảng 3. Mức độ giảm nồng độ COD, N-TKN, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻ và P-PO₄³⁻ ở ngày 3 và 7 so với ngày 1

Thông số	Ngày	Sự thay đổi nồng độ chất ô nhiễm so với ngày đầu (mg/L)	
		Không có BTT	Có BTT
COD	3	$-17,76 \pm 6,08^a$	$-34,03 \pm 1,96^b$
	7	$-60,18 \pm 0,26^a$	$-67,35 \pm 0,77^b$
N-TKN	3	$-1,16 \pm 0,47^a$	$-3,23 \pm 0,13^b$
	7	$-4,92 \pm 0,45^a$	$-5,28 \pm 0,13^b$
N-NH ₄ ⁺	3	$-4,45 \pm 0,13^a$	$-6,24 \pm 0,34^a$
	7	$-12,40 \pm 0,14^a$	$-12,43 \pm 0,12^a$
P-PO ₄ ³⁻	3	$-0,09 \pm 0,00^a$	$-0,31 \pm 0,00^b$
	7	$-0,15 \pm 0,01^a$	$-0,40 \pm 0,01^b$
N-NO ₂ ⁻	3	$3,30 \pm 0,43^a$	$1,32 \pm 0,21^b$
	7	$9,16 \pm 0,04^a$	$7,03 \pm 0,06^b$
N-NO ₃ ⁻	3	Không phát hiện	Không phát hiện
	7	$0,02 \pm 0,00^a$	$0,11 \pm 0,00^b$

Ghi chú: Số liệu âm thể hiện nồng độ ở ngày 3 và 7 giảm so với ngày 1. Ngược lại, giá trị dương thể hiện nồng độ ở ngày 3 và 7 tăng so với ngày 1. Trong cùng một hàng, các chữ cái (a, b) khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa giữa hai nghiệm thức ($p < 0,05$); trong khi chữ cái giống nhau thể hiện khác biệt không có ý nghĩa giữa hai nghiệm thức ($p > 0,05$).

Sự giảm nồng độ COD là cao hơn ở nghiệm thức có BTT so với nghiệm thức không có BTT ở cả ngày 3 và ngày 7 ($p < 0,001$ cho cả ngày 3 và 7). Ở nghiệm thức không có BTT, sự giảm COD/ngày ở ngày 1-3 nhỏ hơn có ý nghĩa so với ngày 4 - 7 ($p = 0,011$). Ở nghiệm thức có BTT, sự giảm COD/ngày ở ngày 1-3 cao hơn có ý nghĩa so với ngày 4 - 7 ($p = 0,009$). Thêm vào đó, sự giảm COD/ngày cao hơn có ý nghĩa ở nghiệm thức có BTT so với nghiệm thức không có BTT ở ngày 1 - 3 ($p = 0,008$) và ngày 4 - 7 ($p = 0,024$) (Bảng 3). Điều này thể hiện sự đóng góp của BTT đối với sự giảm COD là lớn hơn ở giai đoạn 3 ngày đầu. Sự giảm COD theo thời gian thí nghiệm có thể được giải thích do rễ của BTT đã lọc chất rắn lơ lửng

và hấp thu dinh dưỡng hòa tan trong nước thải [17]. Mức độ giảm COD ở thí nghiệm này thấp hơn so với nghiên cứu của Sooknah & Wilkie (2004) [9] (72,2 – 74,0%). Điều này được giải thích là do thời gian thí nghiệm ở nghiên cứu của Sooknah & Wilkie (2004) [9] lâu hơn (31 ngày), dẫn đến hiệu suất giảm COD cao hơn.

3.2.2. Sự giảm nồng độ N-TKN

Nồng độ N-TKN giảm dần theo thời gian ở cả hai nghiệm thức thí nghiệm (Hình 3). Sự thay đổi nồng độ N-TKN ở ngày 3 và 7 so với ngày đầu thí nghiệm được thể hiện ở bảng 3. Ở nghiệm thức không có BTT, N-TKN giảm lần lượt là $7,63 \pm 3,12\%$ và $32,48 \pm 2,72\%$ ở ngày 3 và ngày 7. Ở nghiệm thức có BTT, N-TKN giảm lần lượt là $21,30 \pm 0,74\%$ và $34,84 \pm 0,60\%$ ở ngày 3 và ngày 7. Ở nghiệm thức có BTT, giảm lần lượt $34,05 \pm 1,87\%$ và $67,39 \pm 1,08\%$ ở ngày 3 và 7. Ở nghiệm thức không có BTT, sự giảm N-TKN/ngày ở các ngày 1 - 3 và 4 - 7 lần lượt là $2,79 \pm 1,12\%/ngày$ và $0,59 \pm 0,80\%/ngày$. Ở nghiệm thức có BTT, sự giảm N-TKN/ngày ở các ngày 1 - 3 và 4 - 7 lần lượt là $10,83 \pm 0,91\%/ngày$ và $1,17 \pm 0,70\%/ngày$.

Mức độ giảm N-TKN ở nghiệm thức có BTT cao hơn có ý nghĩa so với nghiệm thức không có BTT ở ngày 3 (13,67%) và 7 (2,39%) ($p < 0,001$ cho ngày 3 và 7) (Bảng 3). Hay nói cách khác, hiệu suất giảm N-TKN ở nghiệm thức có BTT cao hơn so với nghiệm thức không có BTT. Ở nghiệm thức không có BTT, mức độ giảm N-TKN/ngày ở ngày 1 - 3 khác biệt không có ý nghĩa so với ngày 4 - 7 ($p = 0,255$). Ở nghiệm thức có BTT, mức độ giảm N-TKN/ngày ở ngày 1 - 3 cao hơn có ý nghĩa so với ngày 4 - 7 ($p < 0,001$). Thêm vào đó, mức độ giảm N-TKN/ngày ở nghiệm thức có BTT cao hơn có ý nghĩa so với nghiệm thức không có BTT ở ngày 1 - 3 ($p < 0,001$); tuy nhiên xu hướng ngược lại cho ngày 4 - 7 ($p < 0,004$) (Bảng 2). Điều này thể hiện sự đóng góp của BTT cho sự giảm nồng độ N-TKN ở ngày 1 - 3 cao hơn ngày 4 - 7.

3.2.3. Sự giảm nồng độ N-NH₄⁺

Có sự giảm nồng độ N-NH₄⁺ ở cả hai nghiệm thức theo thời gian của thí nghiệm (Hình 3). Sự thay đổi nồng độ N-NH₄⁺ ở ngày 3, 7 so với ngày 1 được thể hiện ở bảng 3. Ở nghiệm thức không có BTT, nồng độ N-NH₄⁺ giảm lần lượt là $29,45 \pm 0,73\%$ và $82,02 \pm 0,40\%$ ở ngày 3 và 7. Ở nghiệm thức có BTT, nồng độ N-NH₄⁺ giảm lần lượt là $41,28 \pm 1,85\%$ và $82,19 \pm 0,08\%$ ở ngày 3 và 7. Ở nghiệm thức không có

BTT, sự giảm N-NH_4^+ /ngày ở các ngày 1 - 3 và 4 - 7 lần lượt là $11,29 \pm 3,61\%$ /ngày và $18,63\% \pm 0,20\%$ /ngày. Trong khi, sự giảm N-NH_4^+ /ngày ở các ngày 1 - 3 và 4 - 7 lần lượt là $13,76 \pm 0,62\%$ /ngày và $17,41\% \pm 0,25\%$ /ngày ở nghiệm thức có BTT.

Mức độ giảm nồng độ N-NH_4^+ ở nghiệm thức có BTT cao hơn có ý nghĩa so với nghiệm thức không có BTT ở ngày 3 ($p < 0,001$), nhưng sự khác biệt có ý nghĩa không được tìm thấy ở ngày 7 ($p = 0,800$). Qua đó cho thấy sự đóng góp của BTT cho sự giảm N-NH_4^+ ngày 1 - 3 cao hơn ngày 4 - 7; ngược lại quá trình ni-trát hóa có thể có đóng góp có ý nghĩa cho sự giảm N-NH_4^+ ở ngày 4 - 7. Sự giảm N-NH_4^+ ở nghiệm thức có BTT cao hơn 1,83% so với nghiệm thức không có BTT ở ngày 3; nói cách khác hiệu suất giảm N-NH_4^+ ở nghiệm thức có BTT cao hơn so với nghiệm thức không có BTT ở ngày 3. Mức độ giảm nồng độ N-NH_4^+ /ngày ở ngày 1 - 3 thấp hơn ngày 4 - 7. Mức độ giảm nồng độ N-NH_4^+ /ngày ở nghiệm thức có BTT khác biệt không có ý nghĩa so với nghiệm thức không có BTT ở ngày 1 - 3 ($p = 0,168$) (Bảng 3). Tuy nhiên, mức độ nồng độ N-NH_4^+ /ngày ở nghiệm thức có BTT thấp hơn có ý nghĩa so với nghiệm thức không có BTT ở ngày 4 - 7 ($p < 0,001$). Kết quả này minh chứng cho sự đóng góp của BTT cho sự giảm nồng độ N-NH_4^+ nhiều hơn ở ngày 1 - 3 so với ngày 4 - 7. A-môn là dạng đạm mà thực vật hấp thu được cho phát triển, sự giảm nồng độ N-NH_4^+ nhiều hơn ở nghiệm thức có BTT so với nghiệm thức không có BTT được cho là do sự hấp thu NH_4^+ bởi BTT. Khả năng hấp thu NH_4^+ tương đối của BTT sau 7 ngày thí nghiệm là 0,01 mg/kg.

3.2.4. Sự thay đổi nồng độ N-NO_2^- và N-NO_3^-

Nồng độ N-NO_2^- và N-NO_3^- ban đầu rất thấp, nồng độ N-NO_2^- ($0,022 \pm 0,001$ mg/L) cao hơn nồng độ N-NO_3^- ($0,003 \pm 0,000$ mg/L) (Hình 3). Sự thay đổi nồng độ N-NO_2^- và N-NO_3^- ở ngày 3 và 7 so với ngày 1 được thể hiện ở bảng 3. Ở ngày 3, nồng độ N-NO_2^- ở nghiệm thức không có BTT và có BTT lần lượt là $3,322 \pm 0,433$ mg/L và $1,344 \pm 0,213$ mg/L; nồng độ N-NO_3^- ở nghiệm thức không có BTT và có BTT lần lượt là $0,003 \pm 0,000$ mg/L và $0,003 \pm 0,000$ mg/L. Ở ngày 7, nồng độ N-NO_2^- ở nghiệm thức không có BTT và có BTT lần lượt là $9,180 \pm 0,038$ mg/L và $7,058 \pm 0,062$ mg/L; nồng độ N-NO_3^- ở nghiệm thức không có BTT và có BTT lần lượt là $0,024 \pm 0,001$ mg/L và $0,117 \pm 0,001$ mg/L.

Nồng độ N-NO_2^- và N-NO_3^- có khuynh hướng tăng dần theo thời gian, nhưng nồng độ N-NO_2^- luôn cao hơn nồng độ N-NO_3^- , điều này ngụ ý rằng quá trình ôxy hóa a-môn nhiều hơn quá trình ôxy hóa ni-trít. Ở ngày 1 - 3, nồng độ N-NO_3^- không được phát hiện và chỉ được phát hiện ở ngày 7 với nồng độ rất thấp. Nó chỉ thị rằng quá trình ni-trát hóa diễn ra chậm, đặc biệt ở giai đoạn đầu của thí nghiệm. Nồng độ N-NO_2^- ở nghiệm thức không có BTT cao hơn có ý nghĩa so với nghiệm thức có BTT ở cả ngày 3 và 7 ($p < 0,001$ cho cả 2 ngày) (Bảng 3). Ngược lại, nồng độ N-NO_3^- ở nghiệm thức không có BTT thấp hơn có ý nghĩa so với nghiệm thức có BTT ở ngày 7. Điều này ngụ ý rằng quá trình ni-trát hóa ở nghiệm thức có BTT diễn ra nhiều hơn so với nghiệm thức không có BTT; nói cách khác sự hiện diện của BTT đã thúc đẩy quá trình ni-trát hóa. Ni-trát hóa là quá trình quan trọng trong chu trình nitơ và các dạng nitơ trong quá trình này có ý nghĩa cho môi trường như ni-tơ là dinh dưỡng cho thực vật. Nồng độ ni-trát rất thấp nên BTT đã sử dụng NH_4^+ cho phát triển. Qua đây khẳng định vai trò của BTT cho sự giảm N-NH_4^+ trong nước thải. Đã thực hiện một nghiên cứu khác [11] về hấp thụ của BTT trong dung dịch tự pha gồm NH_4^+ và NO_3^- , kết quả cho thấy BTT hấp thụ chủ yếu NH_4^+ . Vai trò của BTT cho sự giảm N-NO_3^- không được nhận thấy ở nghiên cứu này. Ni-trát là sản phẩm cuối của quá trình ni-trát hóa qua hai giai đoạn ôxy hóa a-môn và tiếp theo ôxy hóa ni-trít. Trong thí nghiệm này, quá trình ôxy hóa a-môn ưu thế hơn quá trình ôxy hóa ni-trít dẫn đến nồng độ N-NO_3^- thấp. Vì vậy, sự hấp thụ NO_3^- bởi BTT không được nhận thấy.

3.2.5. Sự giảm nồng độ P-PO_4^{3-}

Cả hai nghiệm thức có nồng độ P-PO_4^{3-} giảm dần theo thời gian (Hình 3). Sự thay đổi nồng độ P-PO_4^{3-} ở ngày 3 và 7 so với ngày 1 được thể hiện ở bảng 3. Ở nghiệm thức không có BTT, nồng độ P-PO_4^{3-} giảm lần lượt là $16,30 \pm 0,36\%$ và $28,03 \pm 1,45\%$ ở ngày 3 và 7. Ở nghiệm thức có BTT, nồng độ P-PO_4^{3-} giảm lần lượt là $58,76 \pm 0,37\%$ và $75,02 \pm 1,13\%$ ở ngày 3 và 7. Ở nghiệm thức không có BTT, sự giảm P-PO_4^{3-} /ngày ở các ngày 1 - 3 và 4 - 7 lần lượt là $5,04 \pm 0,97\%$ /ngày và $3,62 \pm 0,28\%$ /ngày; trong khi, sự giảm P-PO_4^{3-} /ngày ở các ngày 1 - 3 và 4 - 7 lần lượt là $19,59 \pm 0,12\%$ /ngày, $9,86\% \pm 0,67\%$ /ngày ở nghiệm thức có BTT.

Sự giảm nồng độ P-PO_4^{3-} ở nghiệm thức không có BTT là nhỏ hơn nghiệm thức có BTT ở cả ngày 3 và 7 ($p < 0,001$ cho cả 2 ngày). Điều này thể hiện sự

đóng góp của BTT cho giảm nồng độ P-PO_4^{3-} trong nước thải. Phốt-phát là dạng lân mà thực vật hấp thu được cho phát triển, sự giảm nồng độ P-PO_4^{3-} nhiều hơn ở nghiệm thức có BTT so với nghiệm thức không có BTT được cho là do sự hấp thu PO_4^{3-} bởi BTT. Khả năng hấp thu PO_4^{3-} tương đối của BTT sau 7 ngày thí nghiệm là 0,09 mg/kg. Ở nghiệm thức không có BTT, sự giảm nồng độ P-PO_4^{3-} ở ngày 1 - 3 cao hơn có ý nghĩa so với ngày 4 - 7 ($p = 0,024$) và xu hướng tương tự cũng được tìm thấy cho nghiệm thức có BTT ($p < 0,001$). Mức độ giảm nồng độ P-PO_4^{3-} /ngày ở nghiệm thức có BTT cao hơn có ý nghĩa so với nghiệm thức không có BTT ở cả ngày 3 và 7 ($p < 0,001$ cho cả 2 ngày). Giống như kết quả của N-TKN và N-NH_4^+ , sự đóng góp của BTT cho giảm nồng độ P-PO_4^{3-} là cao hơn ở ngày 1 - 3 so với ngày 4 - 7. A-môn và phốt-phát là các chất dinh dưỡng được cây trồng hấp thu. BTT có vai trò cho giảm a-môn và phốt-phát ở giai đoạn đầu của thí nghiệm khi nồng độ các chất này cao. Khi nồng độ a-môn và phốt-phát trong nước thải giảm thấp, vai trò của BTT cũng giảm. Thay vào đó, quá trình vi sinh vật như quá trình ni-trát hóa có thể có vai trò chính cho sự thay đổi nồng độ các dạng ni-tơ vô cơ trong nước.

3.3. Sự gia tăng sinh khối BTT

Khối lượng tươi của BTT ở ngày 1, 3 và 7 lần lượt là $400,57 \pm 0,23$ g, $418,25 \pm 5,46$ g và $443,08 \pm 13,70$ g. Sự tăng sinh khối BTT trong thời gian thí nghiệm là 4,41% ở ngày 3 và 10,6% ở ngày 7. Sự gia tăng sinh khối tương đối ở ngày 1 - 3 và 4 - 7 là $1,47 \pm 0,46$ g/ngày và $1,48 \pm 0,51$ g/ngày. Sự gia tăng sinh khối của BTT trong thời gian 7 ngày là nhỏ. Sự tăng sinh khối tương đối ngày 1 - 3 khác biệt không có ý nghĩa so với ngày 4 - 7 ($p = 0,980$). Để sử dụng sinh khối của BTT, các nghiên cứu tiếp theo cần thực hiện ở nồng độ chất ô nhiễm cao hơn và thời gian thí nghiệm cao hơn. Hơn nữa, nghiên cứu về thời gian tái ô nhiễm bởi BTT để chọn thời gian thu hoạch BTT phù hợp cũng cần được nghiên cứu.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

BTT đóng góp cho giảm chất ô nhiễm như vật chất hữu cơ và dinh dưỡng như a-môn và phốt-phát trong nước thải từ hệ thống lên men tạo khí sinh học và hiệu suất giảm cao nhất đối với a-môn. Ở nồng độ ban đầu khoảng 15 mg/L N-NH_4^+ , sự đóng góp của BTT cho giảm chất ô nhiễm là nhiều hơn ở ngày 1 - 3 so với ngày 4 - 7 trong thí nghiệm không bổ sung nước thải định kỳ.

Sự tăng dần nồng độ ni-trít và ni-trát của thí nghiệm thể hiện không có sự đóng góp của BTT cho giảm nồng độ của ni-trít và ni-trát; thay vào đó, quá trình ni-trát hóa đã làm thay đổi, mặc dù tiến trình này diễn ra chậm.

4.2. Kiến nghị

Cần có nghiên cứu khả năng giảm chất ô nhiễm trong mối quan hệ giữa nồng độ chất ô nhiễm cao hơn và mật độ BTT, cũng như thời gian tái ô nhiễm bởi BTT để xác định thời gian phù hợp để thu BTT. Thêm vào đó, những nghiên cứu về khả năng giảm chất ô nhiễm của BTT trong điều kiện nước thải được nạp hàng ngày cũng cần được thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Võ Châu Ngân, Phan Trung, Võ Hoàng Nam (2012). Các kiểu hầm ủ khí sinh học phổ biến ở ĐBSCL. *Tạp chí Môi trường, Việt Nam*. 1, 8-19.
2. Trần Thị Phả, Đào Thị Huyền Trang, Dương Thị Minh Hòa (2017). Đánh giá chất lượng nước thải chăn nuôi sau bể biogas. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Thái Nguyên*. 166, 197-200.
3. Lê Hoàng Việt, Lưu Thị Như Ý, Võ Thị Đông Nhi, Nguyễn Võ Châu Ngân (2017). Xử lý nước thải từ hầm ủ biogas bằng ao thâm canh tảo *Spirulina* sp. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 49a: 1-10.
4. Rezania S., Ponraj M., Talaiekhosani A., Mohamad S. E., Din M. F., Taib S. M., Sabbagh F., Sairan F. M. (2015). Perspectives of phytoremediation using water hyacinth for removal of heavy metals, organic and inorganic pollutants in wastewater. *Journal of Environmental Management*. 163, 125-133.
5. Pandey V. C. (2012). Invasive species-based efficient green technology for phytoremediation of fly ash deposits. *Journal of Geochemical Exploration*. 123, 13-18.
6. Nguyễn Thành Lộc, Võ Thị Cẩm Thu, Nguyễn Trúc Linh, Đặng Cường Thịnh, Phùng Thị Hằng, Nguyễn Võ Châu Ngân (2015). Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt của một số loại thủy sinh thực vật. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu*, 119-128.
7. Nguyễn Thị Hồng Nho, Trương Quốc Phú, Phạm Thanh Liêm (2022). Khả năng xử lý nước của bèo tai tượng (*Pistia stratiotes*) trong hệ thống tuần hoàn nuôi cá trê vàng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp*. Tập 6 (1), 2769-2778.

8. Kumar V., Singh J., Pathak V. V., Ahmad S., Kothari R. (2017). Experimental and kinetics study for phytoremediation of sugar mill effluent using water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) and its end use for biogas production. 3 Biotech. 7(5):330.
9. Sooknah R. D, Wilkie A. C. (2004). Nutrient removal by floating aquatic macrophytes cultured in anaerobically digested flushed dairy wastewater. Ecological Engineering. 22, 27–42. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2004.01.004>
10. Cong N. V., Thanh T. V., Kha L. TM., Hoàng N. X. (2022). Water Lettuce (*Pistia stratiotes* L.) as a Potential Material for Biogas Production. *J. Ecol. Eng.* 23, 182–188.
11. Thuan, N. C., Cong, N. V. (2022). Removal of ammonium and nitrate in water by an aquatic plant: water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). Applied ecology and environmental research. Accepted
12. APHA (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, Washington DC.
13. Rivers L. (2002). Water Lettuce (*Pistia stratiotes*). Gainesville, USA: the University of Florida and Sea Grant. [online], website: https://seagrant.psu.edu/sites/default/files/Water%20lettuce%202020_red.pdf (accessed 20 August, 2022).
14. Guo J., Peng Y., Huang H., Wang S., Ge S., Zhang J., Wang Z. (2010). Short- and long-term effects of temperature on partial nitrification in a sequencing batch reactor treating domestic wastewater. *Journal of Hazardous Materials*. 179 (1–3), 471–4.
15. Pieterse A. H., Lange Lde., Verhagen L. (1981). A study on certain aspects of seed germination and growth of *Pistia stratiotes* L. *Acta Botanica Neerlandica*. 30 (1/2) , 47–57.
16. Lesiv M. S., Polishchuk A. I., Antonyak H. L. (2020). Aquatic macrophytes: ecological features and functions. *Studia Biologica*. 14(2):79–94.
17. Shah M., Hashmi H. N., Ali A., Ghumman A. R. (2014). Performance assessment of aquatic macrophytes for treatment of municipal wastewater. *J Environ Health Sci Eng*. 12:106.

STUDY ON THE USE OF WATER LETTUCE (*Pistia stratiotes* L.)

ON BIOGAS-WASTEWATER TREATMENT

Nguyen Van Cong¹, Bui Thi Chuyen, Nguyen Cong Thuan^{1,*}

¹College of Environment and Natural Resources, Cantho University

*Email: ncthuan@ctu.edu.vn

Summary

The research investigated the effectiveness of water lettuce (WL) (*Pistia stratiotes* L.) in improving wastewater quality from the biogas digester. The two treatments were designed, including one without WL and another with WL. The 100 g-fifteen WL were raised in containers containing 15 liters of wastewater having ammonium (NH₄⁺-N) of about 15 mg/L for one week. Water samples were collected on days 1, 3 and 7 and measured for temperature, dissolved oxygen (DO), chemical oxygen demand (COD), total Kjeldahl nitrogen (TKN-N), NH₄⁺-N, nitrite (NO₂⁻-N), nitrate (NO₃⁻-N) and phosphate (PO₄³⁻-P) and fresh weights of WL measured at the same time of water collection. The results showed the temperature, pH, and DO values were within the appropriate range for WL growth. The reduction in COD, TKN-N, NH₄⁺-N and PO₄³⁻-P was significantly higher in the treatment with WL than that without WL, and the reduction was more remarkable on days 1-3 than on days 4-7. Concentrations of NO₂⁻-N and NO₃⁻-N were low and tended to increase gradually compared with the initial time. The increases in WL biomass during the seven days were small (increased by 4.41% on day 3 and 10.60% on day 7). The WL reduced pollutants of COD, NH₄⁺ and PO₄³⁻ in wastewater from biogas digester and the most reduction (82.19%) was on account for NH₄⁺-N. There was no contribution of WL to reducing NO₂⁻-N and NO₃⁻-N. Our finding is that water lettuce could be used to treat wastewater from biogas digesters for creating biomass as potential loaded material for biogas digesters in the absence of pig manure.

Keywords: *Biogas digester, pollution reduction, water lettuce, wastewater.*

Người phản biện: PGS.TS. Phạm Quang Hà

Ngày nhận bài: 10/10/2022

Ngày thông qua phản biện: 29/10/2022

Ngày duyệt đăng: 14/11/2022