



NGHIÊN CỨU NUÔI SINH KHỐI TẢO *SPIRULINA* SP. KẾT HỢP XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT

Lê Hoàng Việt, Kim Lavane và Nguyễn Võ Châu Ngân*

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

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Võ Châu Ngân (email: nvcngan@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 01/01/2023

Ngày nhận bài sửa: 20/04/2023

Ngày duyệt đăng: 24/04/2023

Title:

Studying produce *Spirulina* sp. biomass combine domestic wastewater treatment

Từ khóa:

Bể thâm canh tảo, nước thải sinh hoạt, sinh khối tảo, *Spirulina* sp., xử lý nước thải

Keywords:

Algae biomass, domestic wastewater, intensive algae tank, *Spirulina* sp., wastewater treatment

ABSTRACT

The study was conducted on intensive algae tanks to determine the possibility of using domestic wastewater to produce *Spirulina* sp. biomass, and evaluate the efficiency of domestic wastewater treatment. Experiments were implemented at a laboratory scale on two models of intensive algae tanks added with HCO_3^- and without HCO_3^- . The results showed that at the hydraulic retention time of 1.5 days, loaded water of $2,000 m^3 \cdot ha^{-1} \cdot day^{-1}$ and loaded organic matter of $343 kg \cdot ha^{-1} \cdot day^{-1}$; the algae tank added HCO_3^- had higher biomass than the algae tank without added HCO_3^- (258 and $178 kg \cdot ha^{-1} \cdot day^{-1}$) and there was a significant difference. Regarding treatment efficiency, outflow wastewater from two intensive algae tanks reached column A of both QCVN 14:2008/BTNMT and QCVN 40:2011/BTNMT, and there was no significant difference between the two models.

TÓM TẮT

Nghiên cứu được tiến hành trên mô hình bể thâm canh tảo *Spirulina* sp. với mục đích xác định khả năng sử dụng nước thải sinh hoạt để sản xuất sinh khối tảo, đồng thời đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt. Các thí nghiệm được tiến hành ở quy mô phòng thí nghiệm trên hai mô hình bể thâm canh tảo có bổ sung HCO_3^- và không bổ sung HCO_3^- . Kết quả cho thấy ở thời gian lưu nước 1,5 ngày, tải nạp nước $2.000 m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ngày^{-1}$ và tải nạp chất hữu cơ $343 kg \cdot ha^{-1} \cdot ngày^{-1}$; bể có bổ sung HCO_3^- cho sinh khối tảo cao hơn bể không bổ sung HCO_3^- (258 và $178 kg \cdot ha^{-1} \cdot ngày^{-1}$) và khác biệt có ý nghĩa. Về hiệu suất xử lý, nước thải qua hai bể thâm canh tảo đều đạt cột A của QCVN 14:2008/BTNMT và QCVN 40:2011/BTNMT và không khác biệt có ý nghĩa giữa hai bể.

1. GIỚI THIỆU

Ở Việt Nam, việc xử lý nước thải sinh hoạt cho các khu dân cư nông thôn còn gặp nhiều khó khăn do mật độ dân cư thưa thớt, việc đầu tư xây dựng hệ thống thu gom và xử lý nước thải tập trung ở các cộng đồng này rất tốn kém. Do đó, xử lý nước thải ở những khu vực này thường định hướng áp dụng những hệ thống xử lý nước thải phi tập trung. Trong các biện pháp xử lý phi tập trung, ao thâm canh tảo

có tính khả thi do có thể khai thác diện tích đất còn rộng rãi, khả năng xử lý các chất ô nhiễm và tái sử dụng các dưỡng chất trong nước thải phục vụ nuôi trồng thủy sản, tạo nguồn thức ăn cho gia súc, gia cầm. Trong ao thâm canh tảo, hoạt động cộng sinh của tảo và vi khuẩn sẽ phân hủy các chất hữu cơ, sau đó tảo hấp thụ dưỡng chất trong nước thải để chuyển đổi thành các chất dinh dưỡng cho tế bào tảo thông qua quá trình quang hợp (Oswald et al., 1953).

Tảo *Spirulina* sp. có khả năng thích ứng tốt với các yếu tố môi trường, điều kiện và kỹ thuật nuôi khá đơn giản, đây cũng là một lợi thế khi nuôi sinh khối loài tảo này (Ahsan et al., 2008). Tảo *Spirulina* sp. sử dụng nguồn đạm chính là nitrate và lượng carbon chủ yếu là HCO_3^- (Boyd et al., 2002) nhưng theo nghiên cứu của Sassano et al. (2007), tảo vẫn có thể sử dụng nguồn nitrogen chủ yếu trong nước thải sinh hoạt ở dạng amoni. Như vậy, nước thải sinh hoạt phù hợp để nuôi sinh khối tảo *Spirulina* sp. bằng ao thâm canh tảo do có thành phần dinh dưỡng đa lượng (carbon, nitrogen, phosphor) và vi lượng cao (Moraine et al., 1979). Bên cạnh đó, nồng độ pH trong nước thải sinh hoạt có xu hướng kiềm hóa phù hợp với sinh trưởng của tảo *Spirulina* sp. (Jourdan, 2001). Kết quả ghi nhận từ nghiên cứu xử lý nước thải sinh hoạt bằng tảo *Spirulina Platensis* là lượng NO_3^- giảm 76,1%, PO_4^{3-} giảm 98,1%, COD giảm 72,5% (Oanh và ctv., 2011). Khi sử dụng ao thâm canh tảo *Spirulina* sp. xử lý nước thải sinh hoạt, ở thời gian lưu nước (HRT) 3 ngày, tải nạp nước $1.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ngày}^{-1}$ và tải nạp chất hữu cơ $68,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ngày}^{-1}$, nước thải đầu ra đạt tiêu chuẩn xả thải theo QCVN 14:2008/BTNMT cột A (Việt và ctv., 2016).

Nghiên cứu được tiến hành nhằm so sánh hiệu quả loại bỏ chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt của hai mô hình bể thâm canh tảo có và không có bổ sung HCO_3^- . Đồng thời, mục đích của nghiên cứu còn xác định khả năng sản xuất sinh khối tảo *Spirulina* sp. bằng nước thải sinh hoạt trong điều kiện phòng thí nghiệm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thời gian, địa điểm nghiên cứu

Các thí nghiệm được tiến hành trên hai mô hình bể thâm canh tảo quy mô phòng thí nghiệm ở Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ. Các thông số chất lượng nước gồm pH, DO, ánh sáng, nhiệt độ, SS, MLSS, MLVSS, BOD₅, COD, TP, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ được đo đạc và phân tích tại Phòng thí nghiệm Living Lab, Dự án INOWASIA, Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ.

2.2. Đối tượng nghiên cứu

Nước thải thí nghiệm được lấy trực tiếp từ cống nước thải sinh hoạt ở bờ kè Mạc Thiên Tích, phường Xuân Khánh, quận Ninh Kiều, Thành phố Cần Thơ.

Nước thải được lấy vào lúc 10h00 vì khu vực lấy mẫu chủ yếu là những quán ăn và đây là khoảng thời gian dọn vệ sinh, chuẩn bị nguyên liệu cho các hoạt động kinh doanh nên nguồn nước thải có dòng chảy ổn định cho quá trình thu mẫu. Nước thải được lấy hàng ngày để vận hành các mô hình bể thâm canh tảo.

Nguồn tảo giống sử dụng trong nghiên cứu là *Spirulina* sp. được nuôi cấy tại Phòng thí nghiệm Nghiên cứu tảo của Trường Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ. Tảo giống được nuôi trong môi trường Zarrouk độ mặn 20‰ (Zarrouk, 1966).

2.3. Chuẩn bị thí nghiệm

2.3.1. Nước thải thí nghiệm

Nước thải sinh hoạt thu về được lọc qua hệ thống lọc cát để loại bỏ tảo tạp, nguyên sinh động vật và giảm bớt hàm lượng chất rắn lơ lửng, tránh ảnh hưởng đến sự khuếch tán của ánh sáng vào nước làm giảm năng suất tảo. Cột lọc cát có dạng hình trụ tròn, làm bằng ống nhựa PVC với 3 lớp vật liệu lọc được bố trí lần lượt là cát thạch anh, đá 2 cm × 3 cm và đá 4 cm × 6 cm.

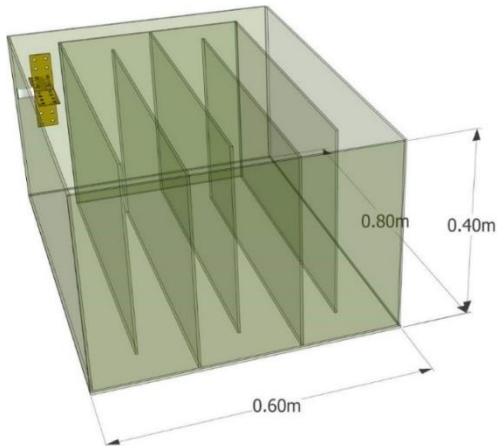
2.3.2. Mô hình bể thâm canh tảo thí nghiệm

Nghiên cứu được tiến hành trên hai mô hình bể thâm canh tảo quy mô phòng thí nghiệm với cùng thiết kế và kích thước. Hai mô hình này có cấu tạo tương tự mô hình bể trong nghiên cứu của Việt và ctv. (2016):

- Bể được chế tạo bằng kính với kích thước dài × rộng × cao là 0,8 m × 0,6 m × 0,4 m (trong đó mực nước công tác là 0,35 m).
- Bể tảo chia thành 6 rãnh, mỗi rãnh rộng 0,1 m để tăng chiều dài dòng chảy trong bể. Vận tốc dòng chảy mặt trong bể kiểm soát ở 7 cm/s.
- Cả hai mô hình bể thâm canh tảo được vận hành với nguồn sáng tự nhiên.
- Một bể thí nghiệm có bổ sung thêm HCO_3^- .

Ngoài ra còn có các thiết bị phụ trợ như:

- Bình Mariotte chế tạo từ bồn composite 60 L cung cấp lượng nước ổn định cho mô hình.
- Máy khuấy để khuấy trộn, tạo dòng chảy và cung cấp khí cho bể.
- Hệ thống năng lượng mặt trời 150 W, bộ điều khiển sạc 30 A 12 V/24 V LCD (360 W).



Hình 1. Mô hình bể thâm canh tảo thí nghiệm

Mô hình được bố trí tại Phòng thí nghiệm Living Lab - Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ (Hình 2).



Hình 2. Bố trí mô hình thí nghiệm

Từ các kích thước của mô hình, các đặc trưng của bể được tính toán như sau:

Thể tích hoạt động của bể là:

$$- V_{bể} = 0,8 \times 0,6 \times 0,35 = 0,168 \text{ m}^3 = 168 \text{ L}$$

$$- \text{Tỉ lệ diện tích/thể tích} = 0,48 \text{ m}^2/0,168 \text{ m}^3 = 2,86/1.$$

$$- \text{Tỷ lệ dài/rộng} = 4,7 \text{ m}/0,1 \text{ m} = 47/1.$$

2.3.3. Tạo thích nghi cho tảo giống

Để có đủ lượng tảo cấy cho bể thí nghiệm, tảo giống được nhân ra và hạ dần độ mặn cho đến khi tảo thích nghi hoàn toàn với nước thải sinh hoạt (Việt và ctv., 2016). Nước thải sinh hoạt được sử dụng để hạ độ mặn, cung cấp dưỡng chất cho tảo cũng như tạo thích nghi cho tảo với môi trường nước

thải. Lượng nước thải sinh hoạt được sử dụng để hạ dần độ mặn được tính toán theo công thức (1).

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \tag{1}$$

Trong đó:

C_1, C_2 : Nồng độ muối trong dung dịch nuôi tảo trước và sau khi pha loãng (%).

V_1, V_2 : Thể tích dung dịch nuôi tảo trước và sau khi pha loãng (L).

$V_2 - V_1$: Lượng nước thải sinh hoạt cần sử dụng.

Trong quá trình nhân giống tảo hàng ngày, pH cần được kiểm tra, muối NaHCO_3 cần bổ sung tạo hệ đệm để duy trì pH nước trong khoảng hoạt động thích hợp của tảo *Spirulina* sp., hạn chế tảo tạp; đồng thời, bổ sung một số thành phần dinh dưỡng cung cấp nguồn đạm cho tảo phát triển (Zarrouk, 1966).

Bảng 1. Thành phần dinh dưỡng của môi trường Zarrouk để nuôi tảo *Spirulina* sp.

Thành phần	Hàm lượng
NaCl	1,00 g/L
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,04 g/L
NaNO ₃ (KNO ₃)	2,50 g/L
FeSO ₄ .7H ₂ O	0,01 g/L
EDTA (Na)	0,08 g/L
K ₂ SO ₄	1,00 g/L
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,20 g/L
NaHCO ₃	16,8 g/L
K ₂ HPO ₄	0,50 g/L
Vi lượng A ₅ : H ₃ BO ₃ , MnCl ₂ .4H ₂ O, ZnSO ₄ .4H ₂ O, NaMoO ₄ ,	1,00 mL
CuSO ₄ .5H ₂ O	

Khi đạt được 20 L tảo giống, hai bể thâm canh tảo cần được tiến hành cấy (mỗi bể 10 L) để tạo thành quần thể tảo trội. Tảo giống trước khi cấy vào mô hình được kiểm tra bằng kính hiển vi để xác định đúng loài tảo cũng như đánh giá về độ thuần của tảo thí nghiệm.

2.4. Tiến hành thí nghiệm

Nghiên cứu được tiến hành theo trình tự sau:

- Bước 1. Chuẩn bị thí nghiệm.

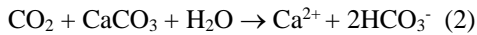
Mẫu nước thải được thu trong 3 ngày liên tiếp và phân tích các chỉ tiêu pH, SS, COD, BOD₅, TP, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺ nhằm đánh giá khả năng phân hủy sinh học và mức độ phù hợp của việc áp dụng biện pháp xử lý sinh học, khả năng đáp ứng với các hoạt động của hệ cộng sinh tảo và vi khuẩn trong bể. Đồng thời, việc phân tích còn làm cơ sở lựa chọn giá trị HRT để tiến hành các thí nghiệm.

– Bước 2. Tạo thích nghi cho tảo giống và tiến hành thí nghiệm định hướng.

Dựa trên thành phần và tính chất nước thải trong nghiên cứu này và một số nghiên cứu ở Thái Lan (Larsdotter, 2006), trong điều kiện nhiệt đới chọn độ sâu của bể 0,35 m, HRT 1,5 ngày, lượng BOD₅ nạp 336 kg.ha⁻¹.ngày⁻¹ là tối ưu cho các bể thâm canh tảo. Thí nghiệm được tiến hành định hướng trong 3 ngày liên tiếp với hai bể có và không có bổ sung HCO₃⁻ và vận hành ở HRT 1,5 ngày.

Khi đạt được 20 L tảo giống, hai bể thâm canh cần được tiến hành cấy để tạo quần thể tảo trội. Đồng thời, một bể thâm canh được bổ sung HCO₃⁻ để đánh giá tác động của yếu tố này lên lượng sinh khối thu được và hiệu quả xử lý nước thải trong mỗi bể tảo.

Hàm lượng HCO₃⁻ bổ sung cho bể thâm canh tảo được tính toán dựa trên lượng alkalinity có trong nước thải thí nghiệm. HCO₃⁻ là dạng độ kiềm chủ yếu và trong nước thải, chúng được thể hiện qua lượng alkalinity (mg CaCO₃/L) theo phương trình (2).



Trong giai đoạn này, chỉ hai thông số COD và N-NH₄⁺ được theo dõi để kiểm tra mô hình đã vận hành ổn định chưa và đánh giá khả năng phân hủy sinh học trong bể thâm canh tảo. Nếu hai thông số này đạt tiêu chuẩn xả thải QCVN 14:2008/BTNMT thì mốc HRT 1,5 ngày được chọn cho thí nghiệm chính thức, nếu không đạt sẽ tăng HRT để lựa chọn mốc thời gian lưu nước thích hợp và tiến hành các thí nghiệm chính thức.

– Bước 3. Tiến hành thí nghiệm chính thức.

Nước thải sinh hoạt được lọc qua cột lọc cát, sau đó bơm lên hai bình Marriote để phân phối vào hai

bể thâm canh tảo với các thông số vận hành đã chọn ở thí nghiệm định hướng. Sau quá trình vận hành, mẫu nước thải đầu vào và đầu ra được thu để phân tích các thông số chất lượng nước. Trong đó, mẫu đầu ra là mẫu gộp được thu ở thời điểm 6h00 (thời điểm tảo hoạt động yếu do cường độ ánh sáng thấp) và 12h00 (thời điểm tảo hoạt động mạnh do cường độ ánh sáng cao). Mẫu đầu ra được chia thành hai phần: một phần phân tích trực tiếp MLSS và MLVSS để đánh giá sinh khối tảo, phần còn lại được tách tảo và phân tích các thông số pH, SS, COD, BOD₅, N-NH₄⁺, TP, N-NO₃⁻ để đánh giá hiệu quả xử lý nước thải.

Trong suốt quá trình thí nghiệm, cường độ ánh sáng, nhiệt độ trong và ngoài bể tảo, pH và DO của nước trong bể được theo dõi 1 giờ/lần.

2.5. Tính toán sinh khối tảo

Các chỉ tiêu MLSS và MLVSS của nước thải được phân tích để đánh giá sinh khối tảo thu được từ quá trình nuôi thâm canh tảo bằng nước thải sinh hoạt (không qua lọc). Sinh khối tảo được đánh giá bằng cách giả sử toàn bộ lượng SS đầu vào là lượng chất chưa kịp phân hủy sinh học có trong nước thải sinh hoạt với hàm lượng là 30,67 ± 4,51 mg/L. Qua đó, lượng sinh khối tảo thu được bằng lượng MLSS ở hai bể thâm canh tảo trừ cho SS đầu vào.

2.6. Phương pháp phân tích mẫu nước

Các thông số pH, DO, ánh sáng, nhiệt độ được đo trực tiếp tại nơi bố trí thí nghiệm bằng các thiết bị đo đặc hiện trường. Các thông số SS, MLSS, MLVSS, BOD₅, COD, TP, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ được phân tích tại Phòng thí nghiệm Living Lab, Dự án INOWASIA, Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ, tuân thủ các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành (Bảng 2).

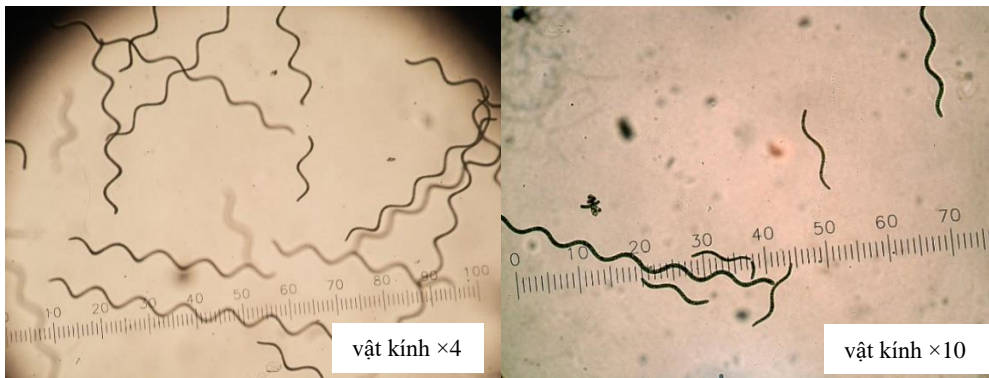
Bảng 2. Các phương pháp phân tích mẫu nước

Chỉ tiêu	Phương pháp phân tích
pH	Đo trực tiếp bằng máy HI 9812-5 (TCVN 4559:1988)
DO	Đo trực tiếp bằng máy HI 9814 (TCVN 4559:1988)
Ánh sáng	Đo trực tiếp bằng máy LX107 (TCVN 4559:1988)
Nhiệt độ	Đo trực tiếp bằng máy TAYLOR 1441 (TCVN 4559:1988)
SS	TCVN 6625:2000 (ISO 11923:1997)
COD	Phương pháp Dicromate đun hoàn lưu kín (TCVN 6491:1999)
BOD ₅	Phương pháp Winkler cải tiến SMEWW 5210B (TCVN 6001-1:2008)
TP	Phương pháp Amino acid (TCVN 6202: 2008)
N-NH ₄ ⁺	Phương pháp Nessler (TCVN 5988: 1995)
N-NO ₃ ⁻	Phương pháp khử Cadmi (ISO 10304-1: 2007)
MLSS	Phương pháp xác định khối lượng
MLVSS	Phương pháp xác định khối lượng

2.7. Phương pháp xử lý số liệu

Kết quả phân tích các thông số chất lượng nước, sinh khối tảo... của hai bể có và không bổ sung HCO₃⁻ được so sánh thống kê sử dụng kiểm định T-test.

Các thông số chất lượng nước đầu ra so sánh với QCVN 14:2008/BTNMT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt, riêng thông số TP, COD so sánh với QCVN 40:2011/BTNMT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp.



Hình 3. Tảo *Spirulina sp.* chụp dưới kính hiển vi Olympus CX 21

3.2. Đặc điểm của nước thải thí nghiệm

Các thông số ô nhiễm trong nước thải sử dụng cho thí nghiệm được trình bày trong Bảng 3. Qua kết quả phân tích, nước thải sinh hoạt ở mức ô nhiễm nhẹ theo thang tính điểm của Metcalf and Eddy (2003).

Bảng 3. Đặc điểm của nước thải thí nghiệm

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Nồng độ ô nhiễm (n = 3)
1	pH	-	7,13 ± 0,06
2	SS	mg/L	35,53 ± 5,61
3	COD	mg/L	324,78 ± 25,48
4	BOD ₅	mg/L	200,67 ± 46,69
5	TP	mg/L	2,27 ± 0,26
6	N-NH ₄ ⁺	mg/L	30,40 ± 3,89
7	N-NO ₃ ⁻	mg/L	0,35 ± 0,14
8	Alkalinity	mgCaCO ₃ /L	283,33 ± 7,64

Giá trị pH của nước thải không nằm trong ngưỡng thích hợp 8,5 - 11,0 cho tảo *Spirulina sp.* sinh trưởng (Zarrouk, 1966). Tuy tảo có khả năng sử dụng nguồn CO₂ và HCO₃⁻ trong nước để quang hợp làm tăng dần pH của nước, nhưng trong quá trình vận hành nên theo dõi thường xuyên tránh để pH giảm quá thấp ảnh hưởng đến sinh trưởng của tảo.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kiểm tra sự thích nghi của tảo giống

Sau thời gian gây nuôi tảo *Spirulina sp.*, mẫu nước trong bể được lấy và quan sát dưới kính hiển vi. Qua kết quả quan sát, tảo *Spirulina sp.* chiếm ưu thế trong thị trường; các sợi tảo dài, vẫn giữ được hình dạng xoắn ốc đặc trưng của tảo và có nhiều tảo đoạn xuất hiện chứng tỏ chúng đang phát triển và sinh sản tốt. Môi trường nuôi tảo có các mảnh chất hữu cơ nhỏ, vi sinh vật lạ lẫn vào nhưng không nhiều và vẫn đảm bảo được tính trội của quần thể tảo (Hình 3).

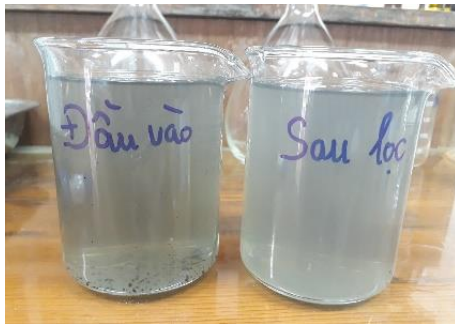
Hàm lượng SS không cao, dao động trong khoảng 35,53 ± 5,61 mg/L nhưng vẫn có thể giảm khả năng khuếch tán của ánh sáng vào bể; do đó, cần lọc nước thải trước khi cho vào bể. Trong nghiên cứu này, cột lọc cát được sử dụng để loại bỏ một phần SS, đồng thời giúp loại bỏ sự hiện diện của các loài tảo, tạo điều kiện phù hợp gây nuôi tảo *Spirulina sp.* thuần.

Tỉ lệ BOD₅/COD = 0,56 > 0,5 chứng tỏ lượng chất hữu cơ có khả năng phân hủy sinh học trong nước thải cao (Việt & Ngân, 2015), thích hợp để áp dụng biện pháp sinh học xử lý nước thải. Giá trị N-NH₄⁺ cao và N-NO₃⁻ thấp cho thấy nước thải chưa bị ảnh hưởng bởi quá trình nitrate hóa. Mặc dù tảo *Spirulina sp.* sử dụng chủ yếu nitrate nhưng chúng vẫn có khả năng sử dụng amoni, vì vậy đây sẽ là nguồn đạm chính cho tảo phát triển.

Để đảm bảo chu trình cộng sinh giữa tảo và vi khuẩn hoạt động tốt thì tỷ lệ BOD₅ : N : P của nước thải phù hợp là 100 : 5 : 1 (Việt & Ngân, 2015). Tỷ lệ được ghi nhận từ nước thải thí nghiệm là 100 : 13 : 1, tỷ lệ này cho thấy nước thải dư dưỡng chất, đảm bảo cho vi sinh vật hoạt động mà không cần phải bổ sung thêm.

Với thành phần và tính chất như trên, nước thải thu thập phù hợp để xử lý sinh học bằng bể thâm

canh tảo *Spirulina* sp. mà không cần phải điều chỉnh hay bổ sung thông số nào.



Hình 4. Nước thải thí nghiệm trước và sau khi lọc qua cột lọc cát

3.3. Kết quả thí nghiệm định hướng

Bảng 2 cho thấy hàm lượng alkalinity trong nước thải đạt $283,33 \pm 7,64$ mg CaCO_3/L . Dựa vào phương trình (2), hàm lượng HCO_3^- được tính bổ sung hàng ngày cho bể thâm canh tảo là $0,63$ g/L.

Kết quả phân tích COD và N-NH_4^+ trong nước thải được trình bày ở Bảng 4.

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm định hướng

Mẫu nước thí nghiệm	Đơn vị	Nồng độ ô nhiễm (n = 3)
Thông số COD		
Nước thải sinh hoạt	mg/L	$297,33 \pm 48,5$
Bể bổ sung HCO_3^-	mg/L	$46,33 \pm 3,21$
Bể không bổ sung HCO_3^-	mg/L	$51,67 \pm 4,73$
QCVN 40:2011/BTNMT (cột A / cột B)	mg/L	75 / 150
Thông số N-NH_4^+		
Nước thải sinh hoạt	mg/L	$29,27 \pm 3,16$
Bể bổ sung HCO_3^-	mg/L	$1,98 \pm 0,18$
Bể không bổ sung HCO_3^-	mg/L	$2,15 \pm 0,25$
QCVN 14:2008/BTNMT (cột A / cột B)	mg/L	5 / 10

Trong thí nghiệm định hướng, giá trị COD ở bể có bổ sung HCO_3^- giảm từ $297,33 \pm 48,50$ mg/L xuống còn $46,33 \pm 3,21$ mg/L và ở bể không bổ sung HCO_3^- giảm xuống còn $51,67 \pm 4,73$ mg/L. Mặc dù COD của nước thải đầu vào khá biến động nhưng đầu ra vẫn đạt QCVN 40:2011/BTNMT (cột A) ở cả hai bể thâm canh tảo. Giá trị N-NH_4^+ trong bể giảm

mạnh từ $29,27 \pm 3,16$ mg/L xuống còn $1,98 \pm 0,18$ mg/L đối với bể có bổ sung HCO_3^- và còn $2,15 \pm 0,25$ mg/L đối với bể không bổ sung HCO_3^- và đạt cột A theo QCVN 14:2008/BTNMT. Dựa trên kết quả này, các hoạt động sinh học trong bể nuôi tảo đã chuyển hóa các chất hữu cơ và nitrogen trong nước thải thành các chất dinh dưỡng trong tế bào tảo. Xét về hiệu suất xử lý, bể có bổ sung HCO_3^- cho hiệu suất xử lý COD và N-NH_4^+ tương đương bể không bổ sung HCO_3^- và không khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%. Như vậy, hai bể được vận hành chính thức với HRT 1,5 ngày.

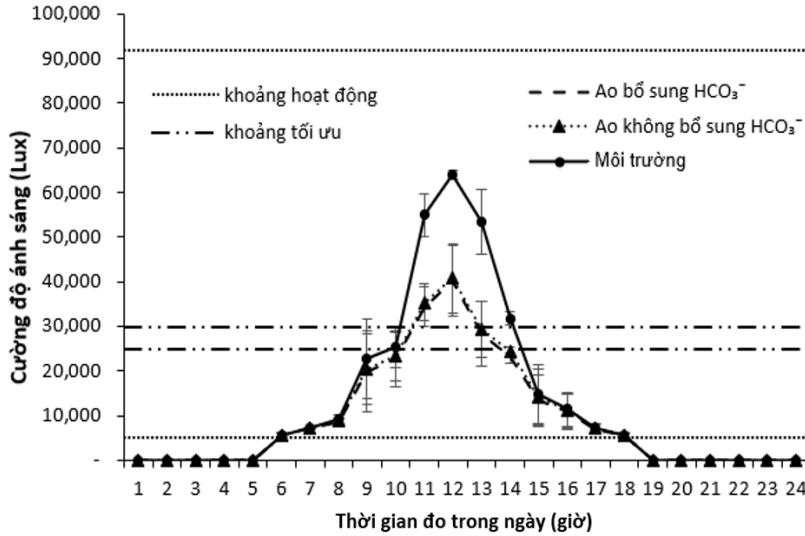
3.4. Kết quả thí nghiệm chính thức

3.4.1. Điều kiện kiểm soát thí nghiệm

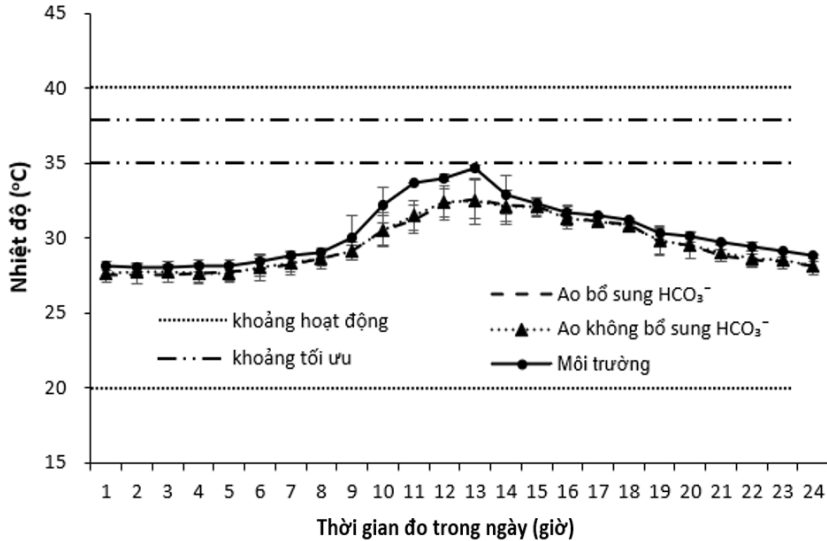
Cường độ ánh sáng theo thời gian trong ngày

Cường độ ánh sáng ảnh hưởng đến nhiệt độ của nước, đến quá trình quang hợp, từ đó ảnh hưởng đến DO và pH trong bể. Do thí nghiệm tiến hành vào mùa mưa nên cường độ ánh sáng biến thiên giữa các thời điểm đo trong, bức xạ mặt trời bị ảnh hưởng bởi mây, cây cối và góc chiếu sáng. Cường độ ánh sáng có giá trị trung bình đạt cao nhất trong khoảng thời gian từ 11h00 đến 13h00, thậm chí lên đến 64.022 Lux lúc 12h00 (Hình 5). Trong khoảng thời gian ban ngày, không bào của tảo *Spirulina* sp. sẽ nạp khí đầy tảo nổi lên trên bề mặt bể để nhận ánh sáng cho quá trình quang hợp (Vonshak, 1997). Tảo *Spirulina* sp. hoạt động tốt trong khoảng cường độ ánh sáng 5.400 - 90.500 Lux (Charenkova et al., 1975) và hoạt động tối ưu trong khoảng 25.000 - 30.000 Lux (Vonshak, 1997).

Cường độ ánh sáng giảm dần về chiều chỉ còn khoảng 5.573 Lux lúc 18h00. Trong khoảng thời gian từ 19h00 đến 5h00 sáng hôm sau cường độ ánh sáng giảm xuống thấp nhất chỉ còn khoảng vài chục Lux. Từ cuối ngày trở đi là lúc tế bào tảo tạo ra một lượng lớn carbohydrate, lúc đó các sợi tảo sẽ tụ tập lại và tạo ra một áp suất thẩm thấu cao bên trong cơ thể. Sau đó, các không bào khí sẽ không thể duy trì áp suất thẩm thấu bên trong tế bào và chúng sẽ vỡ, giải phóng khí làm cho sợi tảo chìm xuống đáy (Vonshak, 1997). Đây là khoảng thời gian để tảo hô hấp và diễn ra quá trình chuyển hóa carbohydrate thành protein ở pha tối.



Hình 5. Diễn biến cường độ ánh sáng theo giờ trong 3 ngày thu mẫu thí nghiệm



Hình 6. Diễn biến nhiệt độ của bể tảo theo giờ trong 3 ngày thu mẫu

Nhiệt độ của bể theo thời gian trong ngày

Nhiệt độ là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển của tảo, vì thế cần phải theo dõi nhiệt độ trong bể và môi trường bên ngoài 24/24 giờ. Nguồn nhiệt cung cấp cho bể tảo chủ yếu dựa vào ánh sáng mặt trời và một phần do các hoạt động sinh học trong bể. Nhiệt độ ngoài môi trường đo được lúc 12h00 là 34,7°C; nhiệt độ nước tại bể có và không bổ sung HCO₃⁻ lần lượt là 32,6°C và 32,5°C lúc 13h00 (Hình 6). Nhiệt độ trung bình trong bể dao động từ 27,6 - 32,6°C, ngưỡng nhiệt độ cao ghi nhận từ 12h00 đến 17h00 là thời điểm nhận được nhiều bức xạ mặt trời nhất và nhiệt độ thấp nhất ghi nhận từ 1h00 đến 5h00 giờ sáng.

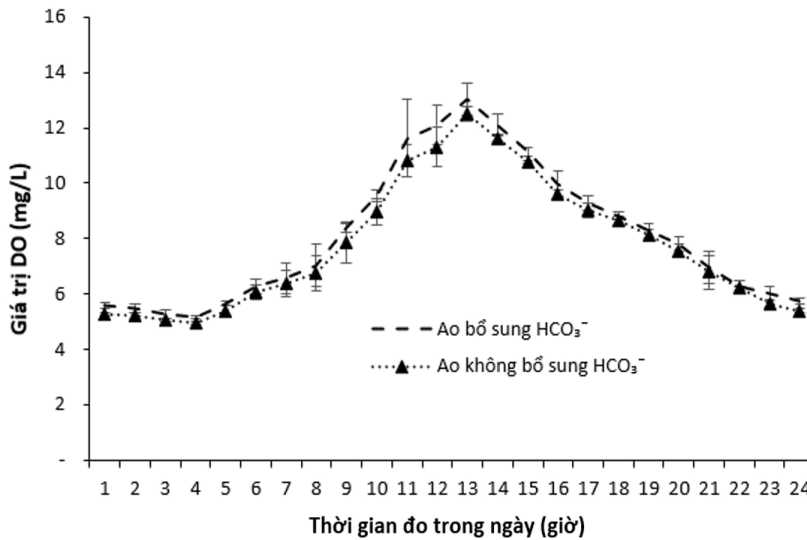
Nhiệt độ không khí và nhiệt độ nước trong bể có cùng xu hướng biến thiên cao ở thời điểm có cường độ ánh sáng cao và thấp vào ban đêm. Tuy nhiên, vào ban ngày, khi nhận ánh nắng mặt trời, nhiệt độ không khí sẽ tăng nhanh hơn nhiệt độ nước, và khi không còn ánh sáng nó sẽ giảm nhanh hơn. Điều này là do tính chất hấp thụ và nhả nhiệt chậm hơn không khí của nước nên khi nhiệt độ môi trường tăng cao (lúc 12h00) thì nhiệt độ trong bể cũng tăng lên nhưng chậm hơn (lúc 13h00). Tương tự khi nhiệt độ môi trường bắt đầu giảm (lúc 14h00) thì nhiệt độ nước trong bể vẫn còn cao và bắt đầu giảm lúc 18h00. Nhìn chung, nhiệt độ nước cao nhất và thấp nhất nằm trong khoảng nhiệt độ thích hợp để tảo

Spirulina sp. hoạt động tốt từ 20 đến 40°C. Nhiệt độ nước cao nhất vẫn nằm trong khoảng nhiệt độ tối ưu 35 - 38°C của tảo *Spirulina* sp. (Gershwin & Belay, 2007). Nhiệt độ nước thấp nhất vào ban đêm lớn hơn 15°C, đây là ngưỡng dưới của khoảng nhiệt độ mà tảo *Spirulina* sp. còn hoạt động tốt.

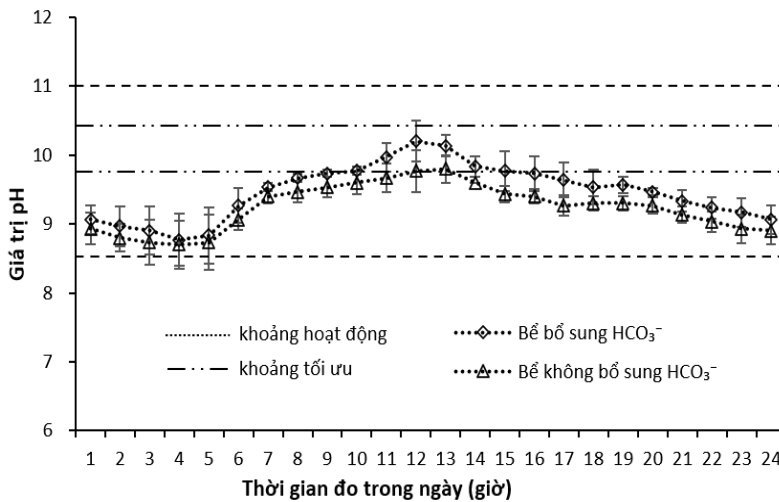
Giá trị DO trong bể

Kết quả đo đạc trong hai bể ghi nhận giá trị DO biến động giữa những lần đo (Hình 7). Ở thời điểm có ánh sáng cao, tảo quang hợp mạnh, DO tăng cao là do một phần amoni trong nước thải đã chuyển hóa thành đạm nitrate cùng với quá trình cộng sinh của tảo và vi khuẩn diễn ra trong bể. Giá trị DO trung bình cao nhất ở bể có và không bổ sung HCO₃⁻ lúc 13h00 lần lượt là 13,03 và 12,5 mg/L.

Nhìn chung, trong suốt quá trình theo dõi thì nồng độ DO ở bể có bổ sung HCO₃⁻ đều cao hơn so với bể không bổ sung HCO₃⁻. Giá trị DO thấp vào sáng sớm vì lúc này chưa có ánh sáng mặt trời nên tảo không quang hợp được, thêm vào đó trong khoảng thời gian ban đêm, vi khuẩn và tảo hô hấp sử dụng nguồn DO trong nước. Giá trị DO tăng dần về trưa và cao nhất từ 11h00 đến 13h00 vì đây là thời gian tảo quang hợp mạnh nhất. Từ 13h00 trở đi, giá trị DO có xu hướng giảm xuống là do khoảng thời gian này tảo chuyển sang quá trình hô hấp cùng với việc sử dụng oxy hòa tan của vi khuẩn, do đó lượng oxy hòa tan sẽ bị mất đi làm giảm hàm lượng DO trong nước thải.



Hình 7. Diễn biến DO theo thời gian trong ngày



Hình 8. Diễn biến pH theo thời gian

Giá trị pH trong bể

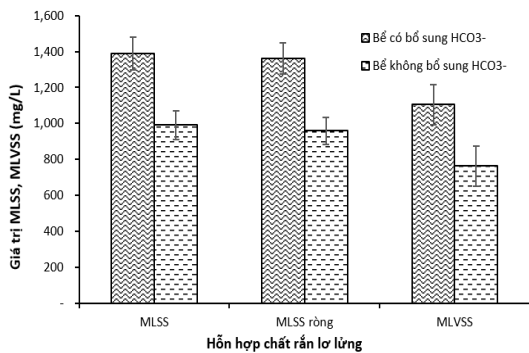
Tảo *Spirulina sp.* sống trong môi trường pH từ 8,5 đến 11,0 (Zarrouk, 1966) và có thể chịu được sự tăng pH. Do thuộc nhóm tảo hấp thu chủ yếu HCO_3^- cho quá trình quang hợp, *Spirulina sp.* phát triển mạnh ở môi trường pH cao từ 9,8 đến 10,3 (Richmond, 1986).

Giá trị pH ở hai bể có xu hướng tăng từ 6h00 đến 17h00, sau đó giảm dần đến 5h00 sáng ngày hôm sau (Hình 8). Điều này là do trong khoảng thời gian có ánh sáng mặt trời tảo quang hợp mạnh sẽ sử dụng CO_2 và HCO_3^- trong nước làm tăng pH nước. Ngược lại, khi không còn ánh sáng, tảo hô hấp thải ra CO_2 làm cho pH nước giảm. Hiện tượng pH nước của bể tăng cao vào ban ngày và giảm vào ban đêm cũng đã được ghi nhận trong nghiên cứu của Việt và ctv. (2016).

Ngoài ra, giá trị pH của bể bổ sung HCO_3^- luôn cao hơn pH của bể không bổ sung HCO_3^- , điều này giúp cho hoạt động của tảo ở bể bổ sung HCO_3^- diễn ra tốt hơn. Giá trị pH cao nhất ở bể có và không bổ sung HCO_3^- lần lượt là 10,2 và 9,7 vào lúc 12h00. Nhìn chung, giá trị pH ghi nhận từ hai bể tảo thí nghiệm đều nằm trong ngưỡng thích hợp để tảo *Spirulina sp.* phát triển.

3.4.2. Sinh khối tảo

Sinh khối tảo thu được từ quá trình nuôi thâm canh tảo bằng nước thải sinh hoạt được ghi nhận ở Hình 9. Qua kết quả tính toán đã ghi nhận, nồng độ MLSS ròng ở bể có bổ sung HCO_3^- ($1360,33 \pm 86,77$ mg/L) cao hơn nồng độ MLSS ròng ở bể không bổ sung HCO_3^- ($959,66 \pm 75,35$ mg/L) và khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.



Hình 9. Nồng độ MLSS và MLVSS sau khi qua bể thâm canh tảo

Tương tự, nước thải đầu ra có nồng độ MLVSS ở bể bổ sung HCO_3^- ($1104,67 \pm 109,87$ mg/L) cao hơn bể không bổ sung HCO_3^- ($762,67 \pm 113,32$

mg/L). Qua kết quả phân tích T-Test, nồng độ MLVSS trong nước sau khi qua bể có bổ sung HCO_3^- và bể không bổ sung HCO_3^- khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.

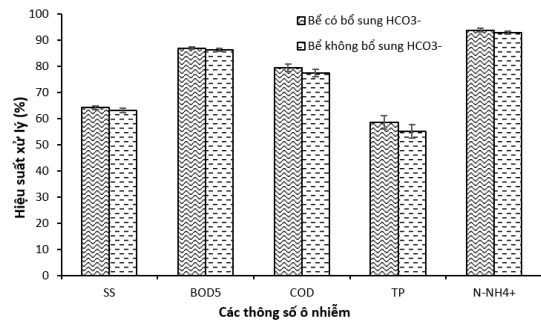
3.4.3. Hiệu suất xử lý nước thải

Trong thí nghiệm chính thức, nước thải sau xử lý là mẫu gộp của các mẫu được thu lúc 6h00 và 12h00 - hai thời điểm tương ứng có cường độ chiếu sáng thấp nhất và cao nhất trong ngày thí nghiệm (ứng với hoạt động thấp nhất và cao nhất của tảo trong bể).

Bảng 5. Kết quả phân tích nồng độ ô nhiễm nước thải đầu vào bể thí nghiệm

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nồng độ ô nhiễm	
		Nước thải	Sau khi lọc
pH	-	7,4 ± 0,1	7,33 ± 0,12
SS	mg/L	43,33 ± 4,93	30,67 ± 4,51
BOD ₅	mg/L	171 ± 9,64	147 ± 14,18
COD	mg/L	278 ± 19,97	208,67 ± 17,21
TP	mg/L	2,17 ± 0,15	1,93 ± 0,15
N-NH ₄ ⁺	mg/L	32,07 ± 3,84	30,37 ± 4,90
N-NO ₃ ⁻	mg/L	0,28 ± 0,03	0,23 ± 0,03

Hiệu suất xử lý các thông số chất lượng nước thải sinh hoạt bằng bể tảo thí nghiệm được tổng kết trong Hình 10. Trong quá trình xử lý, vi khuẩn đã phân hủy chất hữu cơ để tạo thành các chất cần thiết cho quá trình quang hợp của tảo *Spirulina sp.*, góp phần cung cấp các chất dinh dưỡng cho tảo hấp thụ và tạo sinh khối. Vì vậy, nước thải đầu ra của bể tảo có nồng độ chất hữu cơ thấp hơn nhiều so với đầu vào. Hiệu suất xử lý BOD₅ (86,2 - 86,9%) ghi nhận cao hơn COD (77,3 - 79,4%), tuy nhiên, qua kết quả phân tích T-Test, nồng độ chất hữu cơ sau xử lý của hai bể (có và không bổ sung HCO_3^-) không khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%. Trong nghiên cứu này, hiệu suất xử lý BOD₅ cao hơn nghiên cứu tương tự của Việt và ctv. (2016), khi đó hiệu suất xử lý BOD₅ chỉ đạt xấp xỉ 75% cho cả bể tảo có và không có chiếu sáng.



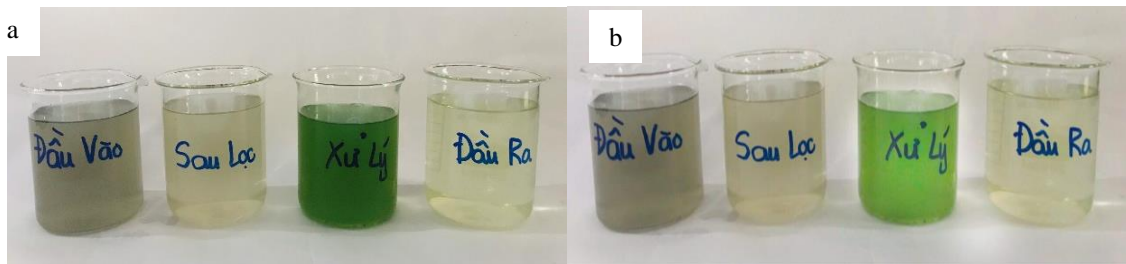
Hình 10. Hiệu suất xử lý nước thải của các bể

Nồng độ TP sau khi xử lý của hai bể thâm canh tảo giảm đi so với ban đầu là do hệ cộng sinh giữa tảo và vi khuẩn trong bể đã sử dụng các dạng phosphor để tạo thành cá thể mới. Hiệu suất xử lý TP ghi nhận là thấp nhất (54,9 - 58,6%) trong các thông số chất lượng nước nghiên cứu. Tuy nhiên, kết quả này cao hơn nghiên cứu trước đây của Việt và ctv. (2016) với hiệu suất xử lý TP chỉ là 46,6 - 48,3%. Qua kết quả phân tích T-Test, nồng độ TP sau xử lý của hai bể (có và có không bổ sung HCO₃⁻) không khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.

Nồng độ N-NH₄⁺ đầu ra của hai bể thấp và ổn định với hiệu suất xử lý không khác biệt có ý nghĩa lần lượt là 93,7% và 92,8% cho bể có bổ sung HCO₃⁻ và bể không bổ sung HCO₃⁻. Dựa trên kết quả này, quá trình nitrate hóa của hai bể thí nghiệm diễn ra tốt, do đó nồng độ N-NH₄⁺ đầu ra của cả hai bể đều giảm so với đầu vào. Bên cạnh đó, hàm lượng N-

NO₃⁻ trong nước thải đầu ra tăng lên là dấu hiệu cho thấy tảo sử dụng đạm và có quá trình nitrate hóa xảy ra trong bể. Điều này cho thấy tảo *Spirulina* sp. đã sử dụng cả hai dạng đạm này để tổng hợp tế bào mới. Việt và ctv. (2016) cũng đã ghi nhận hiện tượng tương tự khi tiến hành xử lý nước thải bằng tảo *Spirulina* sp. trong điều kiện có và không có chiếu sáng.

Nhìn chung, nước thải đầu ra của hai bể thâm canh tảo có các thông số SS, COD, BOD₅, N-NO₃, TP, N-NH₄⁺ đều đạt tiêu chuẩn xả thải ra nguồn tiếp nhận theo cột A của QCVN 14:2008/BTNMT và QCVN 40:2011/BTNMT. Riêng pH của nước thải sau xử lý tăng cao (đạt 11,00 và 11,33 cho bể có và không bổ sung HCO₃⁻) và vượt quá giới hạn cho phép xả thải của QCVN 14:2008/BTNMT, cần phải điều chỉnh pH < 9,0 để đạt quy chuẩn xả thải cho phép.



Hình 11. Mẫu nước trong quá trình thí nghiệm

(a) bể bổ sung HCO₃⁻, (b) bể không bổ sung HCO₃⁻

Dựa vào số liệu đo đặc lưu lượng nước thải nạp cho bể tảo và kết quả phân tích giá trị BOD₅ đầu ra, tải nạp nước và tải nạp chất hữu cơ cho bể được tính toán như sau:

Tải nạp nước:

$$W_i = \frac{67 \text{ (mL.phút}^{-1}) \times 24 \times 60 \times 10^{-6}}{0,48 \text{ (m}^2)} \times 10.000 = 2.000 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ngày}^{-1}$$

Tải nạp chất hữu cơ BOD₅:

$$W_{\text{BOD5}} = \frac{112 \text{ (m}^3.\text{d}^{-1}) \times 147 \text{ (mg.L}^{-1}) \times 10^{-6}}{0,48 \text{ (m}^2)} \times 10.000 = 343 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}.\text{ngày}^{-1}$$

4. KẾT LUẬN

4.1. Kết luận

Nước thải sinh hoạt với nồng độ các thông số ô nhiễm pH, SS, BOD₅, COD, TP, N-NO₃, N-NH₄⁺ lần lượt là 7,4, mg/L, 43,33 mg/L, 171 mg/L, 278 mg/L, 2,17 mg/L, 0,28 mg/L, 32,07 mg/L sau khi xử lý bằng bể nuôi tảo *Spirulina* sp. có HRT 1,5 ngày,

tải nạp nước 2.000 m³.ha⁻¹.ngày⁻¹, tải nạp chất hữu cơ 343 kg.ha⁻¹.ngày⁻¹ cho nước thải đầu ra đạt cột A của QCVN 14:2008/BTNMT ở các thông số SS, BOD₅, N-NO₃, N-NH₄⁺ và đạt QCVN 40:2011/BTNMT (cột A) ở các thông số COD, TP.

Bể có bổ sung HCO₃⁻ cho hiệu quả xử lý nước thải không khác biệt có ý nghĩa với bể không bổ sung HCO₃⁻. Tuy nhiên, lượng sinh khối tảo thu được ở bể có bổ sung HCO₃⁻ cao hơn 1,45 lần so với bể không bổ sung HCO₃⁻. Do vậy, trong quá trình vận hành bể thâm canh tảo nên bổ sung HCO₃⁻ để thu được sinh khối tảo cao hơn.

4.2. Kiến nghị

Để tăng hiệu quả xử lý nước thải và tạo sinh khối tảo *Spirulina* sp., các nghiên cứu cần tiến hành thêm với tải nạp nước, tải nạp chất hữu cơ khác nhau nhằm tìm ra những thông số vận hành phù hợp hơn cho bể thâm canh tảo.

Nước đầu ra sau khi thu hoạch tảo có thể đưa vào ao nuôi cá tiếp tục xử lý và làm thức ăn cho cá hay

tái sử dụng cho mục đích tưới tiêu để tận dụng nguồn dưỡng chất còn lại trong nước.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả cảm ơn sự hỗ trợ bố trí thí nghiệm và phân tích mẫu của nhóm sinh viên Nguyễn Thị

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ahsan, M., Habib, B., Parvin, M., Huntington, T. C., & Hasan, M. R. (2008). *A review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish*. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1304. Food and Agriculture Organization.
- Boyd, C. E., Wood, C. W., & Thunjai, T. (2002). *Aquaculture pond bottom soil: Quality management*. PD/A CRSP, USAID. 48pp.
- Charenkova, H. A., Mihailov, A. A., Pinevitch, V. V., & Verziline, N. N. (1975). Influence des températures extrémales sur la croissance de l'algue bleue - vert *Spirulina platensis* (Gom) Geitler. *AGRIS*, 28(6), 799–802.
- Cơ quan phát triển quốc tế Úc (2013). *Đánh giá hoạt động quản lý nước thải đô thị tại Việt Nam*. Ngân hàng Thế giới.
- Gershwin, M. E., Belay, A. (2007). *Spirulina in human nutrition and healthy*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420052572>
- Jourdan, J. P. (2001). *Grow your own Spirulina*. Agricultural School of Hyères, France.
- Larsdotter, K. (2006). Wastewater treatment with microalgae - A literature review. *Vatten*, 62, 31–38. Lund.
- Metcalf & Eddy (2003). *Wastewater engineering*. McGrawhill, Inc.
- Moraine, R., Shelef, G., Meydan, A., & Levi, A. (1979). Algal single cell protein from wastewater - Treatment and renovation process. *Biotechnol Bioeng*, 21(7), 1191–1207. <https://doi.org/10.1002/bit.260210709>
- Oanh, D. T. H., Út, V. N., & Liên, N. T. K. (2011). *Nghiên cứu kỹ thuật nuôi sinh khối tảo Spirulina*. Kỹ yếu Hội nghị Khoa học Thủy sản lần IV, Trường Đại học Cần Thơ.
- Oswald, W. J., Gotaas, H. F., Ludwig, H. F., & Lynch, V. (1953). Algae symbiosis in oxidation ponds, III. Photosynthesis oxygenation. *Sewage Ind. Wastes*, 25(6), 692–705.
- Richmond, A., & Becker, W. (1986). *Technological aspects of masscultivation-ageneral outline*. In: *Algae Mass culture*. Boca Raton: CrC Press, 245–263.
- Sassano, C. E. N., Gioielli, L. A., Almeida, K. A., Sato, S., Parego, P., Converti, A., & Carvalho, J. C. M. (2007). Cultivation of *Spirulina platensis* by continuous process using ammonium chloride as nitrogen source. *Biomass and Bioenergy*, 31, 593–598. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.04.001>
- Việt, L. H., & Ngân, N. V. C. (2015). *Quản lý và tái sử dụng chất thải hữu cơ*. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ.
- Việt, L. H., Duyên, N. T. K., Thùy, P. T. P., & Ngân, N. V. C. (2016). Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt bằng ao thâm canh tảo *Spirulina* sp. có chiếu sáng vào ban đêm. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Thủ Dầu Một*, 5(30), 34–43.
- Vonshak, A. (1997). *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, cell-biology and biotechnology*. Ben-Gurion University of the Negev, Israel. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482272970>
- Zarrouk, C. (1966). *Contribution à l'étude d. une cyanophyceae. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthese de Spirulina maxima (setch. Et Gardner) Geitler*. PhD. thesis, University of Paris, France.