

# NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN SINH KHỐI VI TẢO *SPIRULINA* SP. TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC MƯA VÀ NƯỚC BIỂN KẾT HỢP XỬ LÝ CO<sub>2</sub>

COUPLING OF *SPIRULINA* BIOMASS PRODUCTION IN RAINWATER AND SEAWATER AND REMOVAL OF CO<sub>2</sub>

Mai Thị Huyền Thương<sup>1</sup>, Trần Đăng Thuận<sup>1,\*</sup>,  
Lại Thị Ngọc Bích<sup>2</sup>, Đỗ Thị Cẩm Vân<sup>2</sup>, Nguyễn Quang Tùng<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Nước biển và nước mưa là hai nguồn nước dồi dào ở Việt Nam. Tảo *Spirulina* phát triển mạnh trong môi trường giàu bicarbonat và cần rất nhiều nước để sinh trưởng. Hơn nữa chủng tảo này có khả năng chuyển hóa CO<sub>2</sub> cao gấp 10 lần so với thực vật và tạo ra sinh khối rất giàu dinh dưỡng như: protein, carbohydrate, lipids. Vì vậy kết hợp nuôi tảo *Spirulina* trong nước biển và nước mưa kết hợp xử lý CO<sub>2</sub>, một khí gây hiệu ứng nhà kính mang lại một ý nghĩa môi trường bền vững, đồng thời sản xuất sinh khối tảo giàu dinh dưỡng ứng dụng cho nhiều ngành công nghiệp khác. Kết quả nghiên cứu cho thấy, vi tảo *Spirulina* SP2 và *Spirulina* SP4 phát triển rất tốt trong môi trường nước mưa, tuy nhiên nước biển tự nhiên có độ mặn quá cao nên SP2 và SP4 sinh trưởng tốt từ nước biển pha loãng hai lần. Bổ sung dinh dưỡng cho hai môi trường nuôi dẫn đến tăng tốc độ sinh trưởng của hai loại tảo, đồng thời tăng khả năng xử lý CO<sub>2</sub> lên khoảng 50 lần. Sinh khối sản xuất bởi SP2 và SP4 trong hai môi trường nuôi đều giàu đạm, với trên 70% hàm lượng protein, chứng minh tiềm năng to lớn của việc ứng dụng SP2 và SP4 trong xử lý khí thải CO<sub>2</sub> công nghiệp và sản xuất sinh khối giàu dinh dưỡng.

**Từ khóa:** *Spirulina*, nước biển, nước mưa, hiệu suất cố định CO<sub>2</sub>.

## ABSTRACT

Seawater and rainwater are two abundant water sources in Vietnam. *Spirulina* thrives in the environment rich in bicarbonate and needs a lot of water to grow. Furthermore, this algae is capable of converting CO<sub>2</sub> with a rate of ten folds higher than plants and produces highly nutritious biomass containing proteins, carbohydrates, and lipids. Thus coupling production of *Spirulina* in seawater and rainwater with treatment of CO<sub>2</sub>, a greenhouse gas contributes a sustainable environmental significance, at the same time producing algae rich biomass applied for many other industries. The results of the research showed that *Spirulina* SP2 and *Spirulina* SP4 grew very well in the rain water medium, however SP2 and SP4 only grew from two-times dilution seawater due to its high salinity. Nutritional supplements for two media led to increased growth of the two algal strains and increased CO<sub>2</sub> removal efficiency of approximately 50 folds. Biomass produced by SP2 and SP4 in the two media are rich in protein, with content of over 70%, proving enormous potential of the SP2 and SP4 in applications for fixation of industrial CO<sub>2</sub> emissions and production of nutrient-rich biomass.

**Keywords:** *Spirulina*, seawater, rainwater, CO<sub>2</sub> fixation efficiency.

<sup>1</sup>Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>2</sup>Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: tdangthuan@gmail.com; tdangthuan@ich.vast.vn

Ngày nhận bài: 10/01/2019

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/5/2019

Ngày chấp nhận đăng: 18/8/2020

## 1. MỞ ĐẦU

Ngày nay ngành công nghiệp sử dụng nhiên liệu hóa thạch như nhiệt điện than, dầu mỏ, xi măng,... phát triển mạnh mẽ đã phát thải ra một lượng lớn CO<sub>2</sub> ra ngoài môi trường. CO<sub>2</sub> là nguyên nhân chính gây biến đổi khí hậu, tính đến năm 2017 lượng CO<sub>2</sub> phát thải lên tới 37 tỉ tấn.

Nước biển chiếm tỉ lệ 3/4 bề mặt trái đất với thể tích là 1,35 tỷ km<sup>3</sup>, hàm lượng ion cao và tỉ lệ bicarbonat cao gấp 2,8 lần nước sông. Trong khi nước ngọt chỉ chiếm 10% lượng nước trên bề mặt trái đất. Nhiều vùng bị hạn hán đặc biệt miền Trung và Tây Nguyên Việt Nam, khiến cho lượng nước ngọt càng trở lên khan hiếm ở các vùng này. Nước mưa dồi dào với lượng mưa hàng năm 1500-2000 mm/năm, chứa nhiều yếu tố hóa học vi sinh vật đã được hấp thụ suốt quá trình giao lưu trong khí quyển.

Tảo *Spirulina* sinh trưởng rất nhanh thông qua quá trình quang hợp dùng ánh sáng làm năng lượng với hiệu suất chuyển hóa CO<sub>2</sub> cao gấp 10 lần so với thực vật. Loài vi khuẩn lam này sống trong môi trường nước và độ kiềm cao [1, 2]. Đặc biệt, chủng tảo này rất giàu dinh dưỡng: protein, lipids, glucids và một số axit amin khác [3]. Mặt khác, nuôi tảo vừa phát triển kinh tế vừa tận dụng được nguồn nước biển, nước mưa đồng thời còn góp phần làm sạch môi trường không khí. Nghiên cứu dùng *Spirulina* để chuyển hóa CO<sub>2</sub> từ khí thải công nghiệp để sản xuất sinh khối giàu dinh dưỡng trong môi trường Zarouk hiệu chỉnh đã được thực hiện ở Việt Nam trong những năm qua bởi các công trình của Đặng Đình Kim [4, 5], Doan Thị Oanh [6]. Chi phí nước

sạch dùng trong nuôi tảo chiếm đến 1/3 tổng chi phí sản xuất tảo bột hoặc viên nén thành phẩm. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu nào về sử dụng nước mưa và nước biển làm môi trường nuôi *Spirulina* trong sản xuất sinh khối. Vì vậy, nghiên cứu này được tiến hành nhằm thử nghiệm nuôi giống tảo *Spirulina* trong hai môi trường nước biển và nước mưa, là hai tài nguyên sẵn có của Việt Nam nhưng không tốn kém xử lý trước khi sử dụng làm môi trường nuôi. Thông qua đó, nghiên cứu cũng đánh giá tiềm năng của hai nguồn nước này trong nuôi trồng vi tảo *Spirulina* cũng như khả năng chuyển hóa CO<sub>2</sub> trong không khí và dinh dưỡng của *Spirulina*.

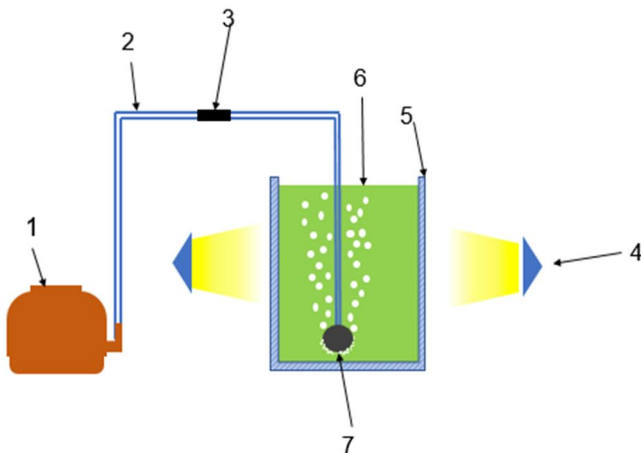
**2. THỰC NGHIỆM**

**2.1. Nguồn tảo giống và nguồn nước**

Giống tảo gồm 2 chủng *Spirulina* SP2 và *Spirulina* SP4, được cung cấp bởi GS. TS. Đặng Đình Kim, Phòng Thủy sinh Môi trường, Viện Công nghệ Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Điều kiện lưu giữ: SP2 và SP4 được nuôi giữ trong các bình tam giác 250mL chứa 200mL môi trường Zarouk hiệu chỉnh có thành phần như sau: NaHCO<sub>3</sub> (4,2g/L); K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (0,5g/L); NaNO<sub>3</sub> (3,75g/L); K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1g/L); NaCl (1g/L); MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O (0,2g/L); CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O (0,04g/L); FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O (0,01g/L); EDTA (0,08g/L); vi lượng A5 (1mL/L) (dung dịch vi lượng A5 gồm H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (2,86g/L); MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O (1,81g/L); ZnSO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O (0,222g/L); Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> (0,0177g/L); CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O (0,079g/L)) dưới điều kiện ánh sáng chiếu từ đèn LED có cường độ 1350 LUX và được lắc liên tục trên máy lắc với tốc độ 150 vòng/phút.

Nguồn nước biển dùng trong nghiên cứu được lấy từ vùng biển Cẩm Phả, Quảng Ninh, Việt Nam. Nước mưa được lấy từ hộ gia đình tại 65 Quán Thánh - Ba Đình - Hà Nội

**2.2. Quy trình nuôi tảo**



Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm nuôi tảo *Spirulina* SP2 và *Spirulina* SP4 trong nước mưa và nước biển. Hỗn hợp tảo nước (6) được chứa trong bình nhựa 5kg (5) và sục khí bởi hệ thống máy sục khí gồm máy sục (1), dây dẫn (2), đầu lọc khí (3), đầu sục bong bóng khí (7). Cường độ ánh sáng cung cấp bởi đèn LED (4)

Trước hết, hai nguồn nước biển và nước mưa sau khi vận chuyển về phòng thí nghiệm được lọc qua giấy lọc với kích thước lỗ lọc 0,45µm nhằm loại bỏ các hạt lơ lửng và phần lớn vi sinh vật. Sau đó, nước lọc được lấy với thể tích

3L và cho vào bình nhựa trong suốt loại đựng được 5kg (Việt Nhật Plastic, Vietnam) và đặt lên hệ phản ứng với sơ đồ được lắp đặt như trong hình 1. Ngoài nước lọc dùng trực tiếp làm môi trường nuôi làm thí nghiệm đối chứng, nghiên cứu còn bổ sung dinh dưỡng Zarouk vào nước mưa và nước biển theo các tỷ lệ thích hợp nhằm tăng khả năng sinh trưởng của tảo. Bởi vậy, pH của môi trường nuôi có khoảng giao động từ 8 - 11, trong khi nhiệt độ môi trường nuôi biến động trong khoảng 21 - 27°C.

Sau đó, tảo giống nuôi trong môi trường Zarouk (mục 2.1) trong 1 - 2 tuần sẽ được cấy (200mL) vào trong bình phản ứng và thực hiện thao tác mở máy sục khí, và bật ánh sáng chiếu bởi 2 - 6 đèn LED. Cường độ ánh sáng được điều chỉnh ở các giá trị 1350 LUX và 3090 LUX.

**2.3. Lấy mẫu và tính động học tăng trưởng của tảo**

Mẫu được lấy 2 ngày một lần với lượng 10 - 20mL để đo tốc độ tăng trưởng sinh khối, sự biến động pH và tính hiệu suất hấp thụ CO<sub>2</sub>. Nồng độ sinh khối được tính theo phương pháp khối lượng bằng cách lọc mẫu tảo (10mL) qua giấy lọc 0,45µm sau đó sấy khô ở nhiệt độ 105°C trong 24 giờ, tiếp theo là cân và tính khối lượng tảo sau đó chia cho thể tích mẫu lọc. Ngoài ra, nồng độ tảo tỷ lệ thuận với đo mật độ quang của mẫu tảo nước trong một giới hạn nhất định (thường trong khoảng mật độ quang nhỏ hơn 1), nên nghiên cứu cũng đo độ hấp thụ quang của mẫu tảo tại bước sóng 680nm tương ứng với những nồng độ tảo nhất định. Trên cơ sở đó, quan hệ giữa mật độ nồng độ tảo và mật độ quang của mẫu tảo được phát triển là  $y = 0,2603x + 0,4288$  ( $R^2 = 0,9988$ ; cho SP2) và  $y = 0,459x + 0,3333$  ( $R^2 = 0,996$ ; cho SP4). Trong đó,  $y$  là nồng độ tảo (g/L) và  $x$  là mật độ quang (Abs). Như vậy, đối với mỗi lần đo được mật độ quang của mẫu tảo, nồng độ tảo có thể được tính chính xác thông qua các phương trình trên.

**Tốc độ sinh trưởng của tảo được tính theo công thức sau:**

$$\mu = \frac{\ln \frac{X_n}{X_0}}{t_n - t_0} \text{ (1/ngày)} \tag{1}$$

Trong đó,  $X_n$  và  $X_0$  (g/L) là nồng độ tảo đo được tại các thời điểm tương ứng là  $t_n$  và  $t_0$  (tính theo ngày);  $\mu$  là tốc độ sinh trưởng riêng của tảo (1/ngày).

**Tính toán tốc năng suất sinh khối tảo:**

Năng suất sinh khối tảo trong thiết bị phản ứng quang sinh học được tính theo công thức như sau:

$$\text{Bình (cột phản ứng): } P = \frac{X_n}{t_n} \text{ (g/L.ngày)} \tag{2}$$

Trong đó,  $P$  là năng suất sinh khối của tảo (g/L.ngày);  $X_n$  là nồng độ tảo (g/L) đo được tại thời điểm  $t_n$  (ngày).

**2.4. Thu hoạch tảo**

Có hai cách để thu hoạch tảo: Lọc qua giấy lọc và lọc qua vải. Sinh khối tảo sau thu hoạch được đem đi sấy ở 105°C trong 24h. Sau đó nghiền mịn thành bột để phân tích các thành phần dinh dưỡng trong tảo.

**2.5. Phân tích thành phần hóa sinh của sinh khối tảo**

**2.5.1. Chlorophyll**

Chlorophyll trong tảo được chiết bằng methanol. Cân 0,01g tảo vào ống nhựa Falcon 15ml, thêm 5ml methanol, đem siêu âm ở 50°C trong 60 phút rồi đem đo quang tại các bước sóng 470nm, 652nm, 665nm. Hàm lượng các loại Chlorophyll được tính như sau:

$$C_a = 16,72A_{665} - 9,16A_{652} \text{ (}\mu\text{g/mL)} \tag{3}$$

$$C_b = 34,09A_{652} - 15,28A_{665} \text{ (}\mu\text{g/mL)} \tag{4}$$

$$C_{x+c} = (1000A_{470} - 1,63C_a - 104,96C_b) / 221 \text{ (}\mu\text{g/mL)} \tag{5}$$

$$m_{\text{Chlorophyll}} = \frac{CV}{1000} \text{ (mg)} \tag{6}$$

$$\text{Chlorophyll} = \frac{m_{\text{Chlorophyll}}}{m_{\text{tảo}}} \times 100 \text{ (\%)} \tag{7}$$

Trong đó:

$C_a, C_b, C_{x+c}$  lần lượt là chlorophyll a, chlorophyll b và carotenoids ( $\mu\text{g/mL}$ ).

$A_{470}, A_{646}, A_{652}, A_{663}, A_{665}$  lần lượt là giá trị đo quang tại các bước sóng tương ứng 470, 646, 652, 663 và 665nm.

$m_{\text{tảo}}$ : Lượng tảo cân ban đầu (g)

**2.5.2. Lipids**

Lipids là thành phần chất béo tổng có trong tảo, được chiết bằng hỗn hợp dung môi hai pha gồm hexane/methanol theo qui trình như sau:

Cân khoảng 1 g tảo khô vào ống nhựa Falcon 15ml, thêm 4ml hexan và 2ml methanol lắc đều, sau đó Vortex 5 phút. Siêu âm ở 50°C trong 20 phút và Vortex 5 phút lần 2. Tiếp theo, li tâm 9000 vòng/phút trong 5 phút để lắng. Hút pha hexan vào đĩa giấy bạc đã cân trước (cân giấy bạc ghi  $m_0$  (g)), để trong tủ hút đến khi bay hơi hết. Đem giấy bạc sấy ở 50 - 80°C trong 15 phút. Cân giấy bạc chứa lipids ghi  $m_1$  (g). Tính phần trăm của lipids trong sinh khối tảo được tính bằng công thức:

$$\text{Lipids} = \frac{m_1 - m_0}{m_{\text{tảo}}} \times 100 \text{ (\%)} \tag{8}$$

**2.5.3. Carbohydrates**

Carbohydrates bao gồm: chất xơ, tinh bột, cung cấp cho cơ thể nguồn năng lượng cần thiết để hoạt động, trong đó thành phần chính là lucose, chúng có nhiều trong tảo. Carbohydrate trong tảo được phân tích theo hàm lượng glucose phân hủy của sinh khối tảo chứa carbohydrate trong xúc tác acid sulfuric đặc ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  98%), glucose thủy phân sau đó kết hợp với phenol tạo màu vàng đỏ sẽ được đo độ hấp thụ quang ở bước sóng 470nm. Qui trình phân tích như sau:

Trước hết, xây dựng đường chuẩn glucose trong dải nồng độ 0, 50, 100, 150 và 200mg/L. Tiếp sau đó, thực hiện phân tích mẫu thật bằng cách hòa 5mg tảo vào 10ml nước

cất trong ống nghiệm lắc để phân tán đều tảo trong nước. Sau đó hút 1mL nước tảo vào ống nghiệm, thêm 1mL phenol, 2mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  lắc đều, phản ứng 10 phút. Đo quang ở bước sóng 470nm, thu được phương trình đường chuẩn glucose  $y = 335,52x + 13,033$  ( $R^2 = 0,98$ ) với  $y$  là nồng độ carbohydrate tính tương đương bằng glucose (mg/L);  $x$  là mật độ quang đo được của mẫu phân hủy trong  $\text{H}_2\text{SO}_4$  và phenol (Abs). Phần trăm lượng carbohydrate có trong tảo được tính bằng công thức:

$$m_{\text{Carbohydrate}} = \frac{Cx \times 10}{1000} \text{ (g)} \tag{9}$$

$$\text{Carbohydrate} = \frac{m_{\text{Carbohydrate}}}{m_{\text{tảo}}} \times 100 \text{ (\%)} \tag{10}$$

Trong đó,  $C$  là nồng độ của carbohydrate tính tương đương với glucose (mg/L).

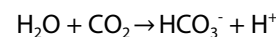
**2.5.4. Proteins**

Hàm lượng tương đối của proteins trong tảo được tính bởi công thức:

$$\text{Proteins (\%)} = 100\% - \text{Chlorophyll (\%)} - \text{Lipids (\%)} - \text{Carbohydrates (\%)} \tag{11}$$

**2.6. Đánh giá khả năng xử lý  $\text{CO}_2$**

Tảo được nuôi dưới ánh sáng và sục khí với tốc độ 1vvm. Trong không khí chứa  $\text{CO}_2$  với hàm lượng tự nhiên thường là 0,04%, hòa tan trong nước theo phản ứng:



$\text{HCO}_3^-$  sẽ khuếch tán vào màng tế bào tảo để phục vụ cho quá trình quang hợp, thông qua đó  $\text{CO}_2$  được chuyển hóa bởi tảo và tạo ra các chất carbohydrate, lipids, protein.

Lượng  $\text{CO}_2$  được cố định bởi tảo ( $\text{FA}$ , g) trong thiết bị phản ứng quang sinh học được tính theo phương trình dưới đây [7]:

$$\text{FA} = (X_f - X_i) \times M_{\text{cbm}} \times V_p \times (M_{\text{CO}_2} / M_C) \tag{12}$$

Trong đó,  $X_i$  và  $X_f$  là nồng độ sinh khối ban đầu và cuối cùng của quá trình nuôi cấy (g/L);  $M_{\text{cbm}}$  là thành phần lượng carbon trong sinh khối tảo (g/g), được tính theo công thức phân tử phổ biến của tảo là  $\text{CO}_{0,48}\text{H}_{1,83}\text{N}_{0,11}\text{P}_{0,01}$ ;  $V_p$  là thể tích làm việc của thiết bị phản ứng;  $M_{\text{CO}_2}$  là khối lượng phân tử của  $\text{CO}_2$  (44 g/mole);  $M_C$  là thành phần khối lượng của carbon (12g). Hiệu suất cố định  $\text{CO}_2$  được xác định theo phương trình sau:

$$\text{FD (\%)} = (\text{FA}_f - \text{FA}_i) / (m_{24h} \times t) \times 100 \tag{13}$$

Trong đó,  $\text{FD}$  (%) hiệu suất cố định  $\text{CO}_2$  bởi tảo tính theo nồng độ sinh khối ban đầu và cuối quá trình nuôi cấy.  $M_{24h}$  là lượng  $\text{CO}_2$  cung cấp qua thiết bị phản ứng quang sinh học (g) trong vòng 24 giờ và  $t$  là thời gian nuôi cấy tảo (ngày).

Lượng  $\text{CO}_2$  tiêu thụ bởi tảo ( $P_{\text{CO}_2}$ , mg/L-ngày) được tính bởi năng suất sinh khối  $P_{\text{tổng}}$  (mg/L-ngày) theo phương trình dưới đây:

$$P_{\text{CO}_2} = 1,88 \times P_{\text{tổng}} \tag{14}$$

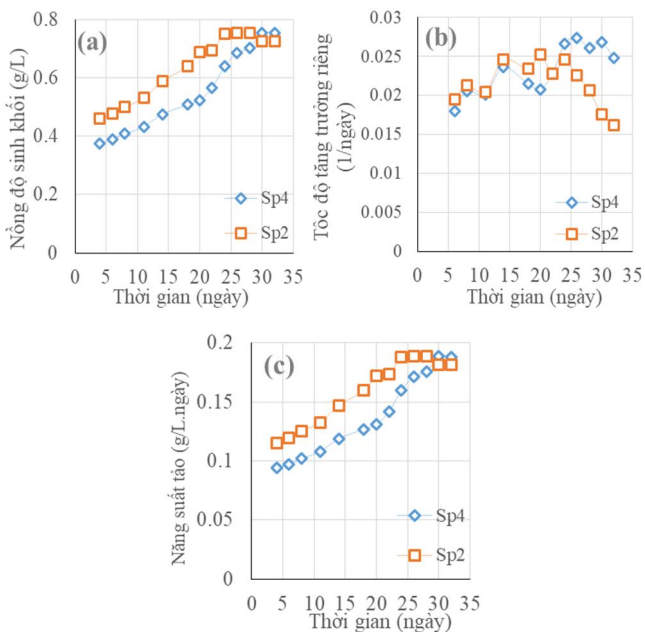
$$P_{\text{tổng}} = (X_f - X_i) / (t_f - t_i) \tag{15}$$

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Ảnh hưởng của cường độ ánh sáng đến sinh trưởng của SP2 và SP4 nuôi trong môi trường nước mưa không và có bổ sung dinh dưỡng Zarouk

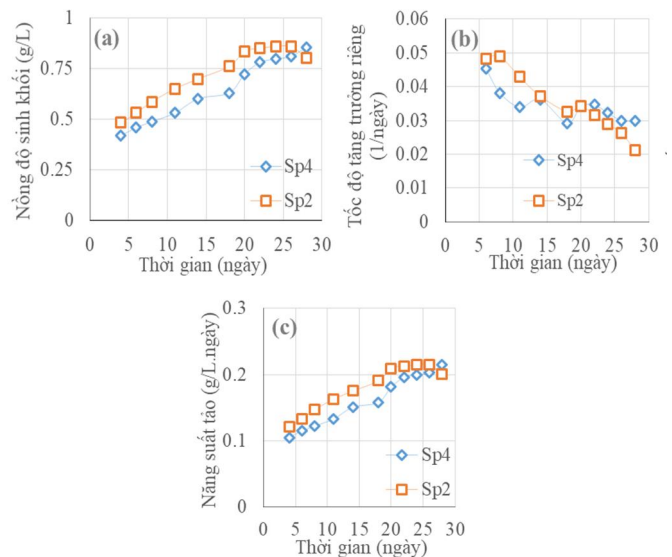
Hình 2 là số liệu thí nghiệm nuôi SP2 và SP4 trong nước mưa không bổ sung dinh dưỡng dưới cường độ ánh sáng 1350 LUX. Kết quả cho thấy, nồng độ sinh khối SP2 và SP4 phát triển tăng lên theo từng ngày, giá trị nồng độ sau 4 ngày nuôi của SP4 = 0,375g/L; SP2 = 0,45g/L và tăng lên cực đại tại ngày nuôi thứ 30 với SP4 = 0,753g/L; SP2 = 0,754g/L tại ngày nuôi thứ 26 (hình 2a). Trong khi đó, tốc độ tăng trưởng riêng thay đổi không đồng đều. Với SP2 tốc độ tăng trưởng riêng tăng mạnh trong 20 ngày nuôi đầu sau đó tăng nhẹ cho đến khi nồng độ sinh khối đạt cực đại tại ngày nuôi thứ 26. Còn SP4 tốc độ tăng trưởng riêng tăng trong 30 ngày nuôi và giảm vào ngày 32 (hình 2b). Năng suất sinh khối của tảo tỉ lệ thuận với nồng độ sinh khối tăng đều theo thời gian nuôi (hình 2c).

Như vậy có thể thấy với môi trường nước mưa không bổ sung dinh dưỡng, tảo *Spirulina* vẫn phát triển, SP2 có sự tăng trưởng nổi trội hơn thời gian phát triển ngắn nhưng nồng độ sinh khối lại cao hơn SP4.



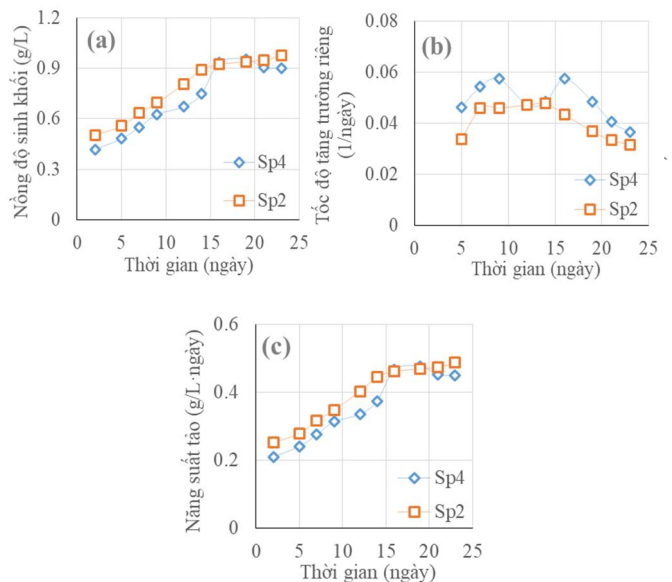
Hình 2. Sự thay đổi các thông số sinh trưởng và phát triển của SP2 và SP4 trong môi trường nước mưa không bổ sung dinh dưỡng Zarouk: (a) Nồng độ sinh khối; (b) Tốc độ tăng trưởng riêng của tảo; (c) Năng suất tăng trưởng sinh khối. Cường độ ánh sáng thí nghiệm 1350 LUX

Mặt khác khi bổ sung dinh dưỡng Zarouk giá trị nồng độ sau 4 ngày nuôi của SP4 = 0,42g/L; SP2 = 0,48g/L và tăng lên cực đại tại ngày nuôi thứ 28 với SP4 = 0,85g/L; SP2 = 0,86g/L tại ngày nuôi thứ 26 (hình 3a). Tốc độ tăng trưởng riêng có xu hướng giảm dần (hình 3b). Năng suất sinh khối tăng đều theo thời gian nuôi đạt cực đại với SP4 = 0,214g/L.ngày tại ngày 28, SP2 = 0,215g/L.ngày tại ngày 26 (hình 3c).



Hình 3. Sự thay đổi các thông số sinh trưởng và phát triển của SP2 và SP4 trong môi trường nước mưa bổ sung dinh dưỡng Zarouk: (a) Nồng độ sinh khối; (b) Tốc độ tăng trưởng riêng của tảo; (c) Năng suất sinh khối tảo. Cường độ ánh sáng thí nghiệm 1350 LUX

Kết quả thu được cho thấy với môi trường nước mưa bổ sung dinh dưỡng, tảo *Spirulina* SP2 vẫn phát triển ưu vượt hơn so với SP4. Mặt khác, tuy cả SP2 và SP4 đều phát triển nhanh hơn trong môi trường nước mưa bổ sung dinh dưỡng và thời gian nuôi ngắn hơn, nồng độ sinh khối đạt được là tương đương nhau. Điều đó cho thấy, nước mưa có thể được dùng để nuôi trồng *Spirulina* mà không cần phải bổ sung thêm dinh dưỡng và có thể giảm giá thành đầu tư dinh dưỡng ban đầu.



Hình 4. Sự thay đổi các thông số sinh trưởng và phát triển của SP2 và SP4 trong môi trường nước mưa dinh dưỡng dưới cường độ ánh sáng 3090 LUX: (a) Nồng độ sinh khối; (b) Tốc độ tăng trưởng riêng; (c) Năng suất tảo

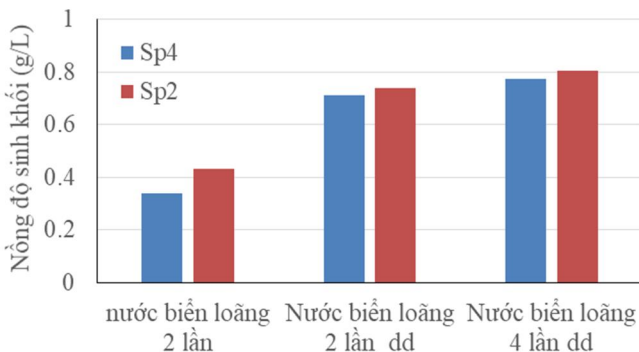
Số liệu biểu thị ở hình 4a cho thấy, giai đoạn tảo phát triển mạnh của SP2 và SP4 là trong vòng 16 ngày đầu và phát triển chậm dần cho đến ngày thu hoạch. Nồng độ sinh

khối của SP2 đạt cực đại ngày thứ 23 là 0,976g/L, SP4 đạt cực đại ngày thứ 19 là 0,95g/L. Tốc độ tăng trưởng riêng của SP2 và SP4 dao động trong các khoảng tương ứng là 0,03 - 0,05 (1/ngày); 0,04 - 0,06 (1/ngày). Trong môi trường này SP4 có tốc độ sinh trưởng riêng cao hơn SP2 nhưng năng suất sinh khối tảo của SP2 lại cao hơn SP4. Như vậy, với cùng một điều kiện nuôi cấy, tuy tốc độ tăng trưởng sinh khối có thấp hơn nhưng năng suất và nồng độ sinh khối của SP2 đều vượt trội hơn so với SP4.

Mặt khác, kết quả thí nghiệm trình bày ở hình 2 và 3 thể hiện năng suất sinh khối tảo nuôi trong nước mưa không bổ sung dinh dưỡng và có bổ sung dinh dưỡng dưới điều kiện ánh sáng 1350 LUX là tương đương nhau. Nhưng khi tăng cường độ ánh sáng lên 3090 LUX, năng suất sinh khối tảo tăng lên hơn 50%, do tốc độ tăng trưởng riêng nhanh hơn vì thời gian nuôi cấy ngắn hơn. Điều đó là hợp lý vì tảo *Spirulina* phát triển mạnh trong môi trường nhiều ánh sáng.

**3.2. Sự sinh trưởng của SP2 và SP4 nuôi trong môi trường nước biển không và có sự pha loãng dinh dưỡng Zarouk**

Độ mặn ban đầu của nước biển là 15,76g/L. Sau khi pha loãng 2 lần với nước cất độ muối đã giảm xuống còn 7,53g/L vẫn rất cao so với độ chịu mặn của tảo. Do đó tảo đã không thể sinh trưởng và phát triển được.



Hình 5. Sự tăng trưởng sinh khối của SP2 và SP4 trong môi trường nước biển không và có pha loãng dinh dưỡng Zarouk dưới cường độ ánh sáng 1350 LUX

Khi vẫn giữ nguyên độ pha loãng 2 lần và bổ sung thêm dinh dưỡng Zarouk, tảo đã sinh trưởng tốt hơn. Nồng độ sinh khối đạt được cho cả SP2 và SP4 > 0,7g/L. Còn khi pha loãng nước biển 4 lần với dinh dưỡng Zarouk, độ mặn của môi trường nuôi đã giảm xuống gần ngưỡng tối ưu của tảo, vì vậy tảo đã phát triển tốt hơn. Nồng độ sinh khối đạt được > 0,8g/L tăng hơn 0,1g/L so với môi trường pha loãng hai lần bổ sung dinh dưỡng (hình 5).

Như vậy, để sản xuất sinh khối SP2 và SP4 trong nước biển, thì nước biển phải được pha loãng với tỷ lệ phù hợp để giảm độ muối. Mặt khác, môi trường pha loãng cũng cần phải bổ sung dinh dưỡng nhằm tăng tốc độ phát triển của tảo.

**3.3. Tính toán khả năng xử lý CO<sub>2</sub>**

Số liệu thể hiện trong bảng 1 cho thấy, năng suất sinh khối khô của SP2 đạt được trong các môi trường đã thí nghiệm là 21,74 - 42,43mg/L.ngày trong khi SP4 chỉ đạt 21,49 - 39,20mg/L.ngày. Lượng CO<sub>2</sub> cố định (FA) được bởi

SP2 là từ 4,06 - 5,52g cao hơn của SP4 chỉ đạt 4,01 - 5,09g. Hiệu suất cố định CO<sub>2</sub> (FD) và tổng CO<sub>2</sub> tiêu thụ (P<sub>CO<sub>2</sub></sub>) bởi SP2 cũng lớn hơn SP4.

Bảng 1. Khả năng xử lý CO<sub>2</sub> của tảo *Spirulina* SP2 và *Spirulina* SP4

Môi trường nuôi/điều kiện nuôi	Tảo	Tổng năng suất sinh khối (P <sub>tổng</sub> mg/L.ngày)	FA (g)	FD (%)	P <sub>CO<sub>2</sub></sub> = 1,88P <sub>tổng</sub> (mg/L.ngày)
Nước mưa	SP2	23,57	4,26	5,99	44,30
	SP4	23,53	4,25	5,98	44,23
Nước mưa bổ sung dinh dưỡng Zarouk, 1350 LUX	SP2	30,74	4,86	7,80	57,78
	SP4	30,64	4,84	7,79	57,60
Nước mưa bổ sung dinh dưỡng Zarouk, 3090 LUX	SP2	42,43	5,52	10,78	79,78
	SP4	39,20	5,09	9,96	73,69
Nước biển loãng 2 lần với nước cất, 1350 LUX	SP2	-	-	-	-
	SP4	-	-	-	-
Nước biển loãng 2 lần dinh dưỡng Zarouk, 1350 LUX	SP2	21,75	4,06	5,53	40,89
	SP4	21,49	4,01	5,46	40,40
Nước biển loãng 4 lần dinh dưỡng Zarouk, 1350 LUX	SP2	28,81	4,56	7,32	54,17
	SP4	28,51	4,51	7,24	53,60

Ghi chú: - Mề nuôi hồng do tảo không thích nghi được với môi trường có nồng độ mặn quá cao.

**3.4. Thành phần hóa sinh của sinh khối tảo SP2 và SP4**

Số liệu tính toán trong bảng 2 cho thấy, với cùng thể tích môi trường nuôi là 3L, sinh khối tảo khô thu được cao nhất là môi trường nước mưa bổ sung dinh dưỡng dưới cường độ ánh sáng 3090 LUX với khối lượng SP4 là 1,53g và của SP2 là 3,53g và thấp nhất là sinh khối thu hoạch được từ môi trường nước mưa không bổ sung dinh dưỡng, với lượng SP4 là 0,90g và của SP2 là 1,16g. Khi môi trường nước được bổ sung dinh dưỡng thì khối lượng tảo thu được đều tăng lên trong cả nước mưa và nước biển, do tảo được cung cấp đầy đủ thức ăn để phát triển trong suốt giai đoạn nhân tế bào.

Về mặt dinh dưỡng, *Spirulina* SP2 và *Spirulina* SP4 đều giàu proteins với hàm lượng từ 77 - 79% (bảng 2). Ngoài ra sinh khối tảo còn chứa các chất khác bao gồm tổng chlorophyll (chlorophyll a và chlorophyll b) chiếm khoảng 0,74 - 1,06%; chất béo (lipids) chiếm 6,95 - 7,23%; và carbohydrates chiếm 13,00 - 14,90%. Hàm lượng protein của SP2 và SP4 còn cao hơn sinh khối *Spirulina* (62,58%) nuôi trong môi trường Zarouk kết hợp xục CO<sub>2</sub> của nhà máy gạch tuynen [8]. Có thể thấy lượng protein tương đối chiếm tỷ lệ cao là ưu điểm vượt trội của tảo *Spirulina* so với các loại thực phẩm khác. Hiện nay, tảo *Spirulina* đã được ứng

dụng rất nhiều trong thực phẩm, dược phẩm, mỹ phẩm,... bởi thành phần giàu dinh dưỡng của nó.

Bảng 2. Thành phần hóa sinh của *Spirulina SP2* và *Spirulina SP4*

Môi trường nuôi/điều kiện nuôi	Tảo	Khối lượng tảo thu hoạch (g)	Chlorophyll (%)	Lipids (%)	Carbohydrate (%)	Protein (%)
Nước mưa	SP4	0,90	0,97	6,95	14,68	77,40
	SP2	1,16	0,90	6,99	14,90	77,21
Nước mưa bổ sung dinh dưỡng Zarouk, 1350 LUX	SP4	1,01	0,95	6,98	14,16	77,91
	SP2	1,56	0,96	7,01	14,11	77,92
Nước mưa bổ sung dinh dưỡng Zarouk, 3090 LUX	SP4	1,53	0,93	7,22	14,55	77,30
	SP2	3,53	1,06	7,23	14,79	76,92
Nước biển loãng 2 lần với nước cất, 1350 LUX	SP4	-	-	-	-	-
	SP2	-	-	-	-	-
Nước biển loãng 2 lần dinh dưỡng Zarouk, 1350 LUX	SP4	1,27	0,74	7,04	13,00	79,22
	SP2	2,15	0,69	7,12	13,02	79,17
Nước biển loãng 4 lần dinh dưỡng Zarouk, 1350 LUX	SP4	1,85	0,98	7,11	14,37	77,54
	SP2	2,52	1,02	7,08	14,33	77,57

Ghi chú: - Mề nuôi hồng do tảo không thích nghi được với môi trường có nồng độ mặn quá cao.

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

##### 4.1. Kết luận

Vi tảo lam *Spirulina SP2* và *Spirulina SP4* phát triển tốt trong môi trường nước mưa và khi có bổ sung dinh dưỡng Zarouk, nồng độ sinh khối tăng hơn 50%. Trong khi đó, nước biển cần pha loãng ít nhất hai lần và tốt hơn khi bổ sung dinh dưỡng để hỗ trợ sự phát triển của tảo.

Cường độ ánh sáng tăng từ 1350 đến 3090 LUX ảnh hưởng tích cực đến tốc độ tăng trưởng của SP2 và SP4.

SP2 sinh trưởng nhanh hơn, chuyển hóa CO<sub>2</sub> và sản xuất sinh khối bằng 1,2 lần SP4 trong cùng điều kiện nuôi cấy.

Thành phần đạm (proteins) chiếm tới hơn 70% tổng khối lượng sinh khối của cả SP2 và SP4.

##### 4.2. Khuyến nghị

Vi *Spirulina* có khả năng cố định và chuyển hóa CO<sub>2</sub>, vì thế có thể kết hợp xử lý khí thải công nghiệp chứa CO<sub>2</sub> từ các

nhà máy nhiệt điện, xi măng, gạch vào môi trường nuôi thay vì phải bổ sung nguồn NaHCO<sub>3</sub>, từ đó giảm giá thành đầu tư cho dinh dưỡng của tảo, đồng thời có thể xử lý được CO<sub>2</sub> thông qua chuyển hóa sinh học tế bào tảo và sản xuất sinh khối giàu dinh dưỡng.

Những nghiên cứu kết hợp nuôi vi tảo *Spirulina* trong nước mưa và nước biển kết hợp cố định và chuyển hóa CO<sub>2</sub> thải từ nhà máy công nghiệp là tiềm năng và bền vững cho môi trường.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 104.99-2017.313.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đặng Đình Kim, Đặng Hoàng Phước Hiền, 1988. *Công nghệ sinh học vi tảo*. NXB Nông nghiệp.
- [2]. Lê Văn Lăng, 1999. *Spirulina* nuôi trồng - sử dụng trong y dược và dinh dưỡng. NXB Y học.
- [3]. Vonshak A., A. Richmond, 1988. *Mass production of the Blue - green Alga Spirulina: An overview*. Biomass, 19-22.
- [4]. Ho S. H., Chen W. M., Chang J. S., 2010. *Scenedesmus obliquus CNW-N as a potential candidate for CO<sub>2</sub> mitigation and biodiesel production*. Bioresource Technology **101**(22), 8725-8730.
- [5]. Oanh Thi Doan, 2016. *Utilization of carbon dioxide from coal-firing flue gas for cultivation of Spirulina platensis*. American Journal of Environmental Protection **5**(6), 152.
- [6]. Dang D. K., Tran V. T., Nguyen T. C., Do T. A., Dang T. T., Hoang T. K., et al., 2011. *Utilization of CO<sub>2</sub> captured from the coal-fired fuel gas for growing Spirulina platensis SP4*. Journal of Science and Technology **49**(4), 65-72.
- [7]. Dang D. K., Kim Anh B. T., Cu N. T., Minh Nguyet T. T., Hong D. D., Chinh M. T., et al., 2013. *Utilization of CO<sub>2</sub> captured from the coal-fired flue gas by catalyst - adsorption method for growing Spirulina having high nutritive value*. Academia Journal of Biology **35**(3), 320-327.
- [8]. Doan T.O., Quach T. H. Y., Nguyen T. T., Nguyen Q. T., Tran Q. C., Nguyen H. C., et al., 2016. *Improvement of CO<sub>2</sub> purifying system by photocatalyst for application in microalgae culture technology*. Journal of Science and Technology **54**(1), 92-98.

#### AUTHORS INFORMATION

**Mai Thi Huyen Thuong<sup>1</sup>, Tran Dang Thuan<sup>1</sup>, Lai Thi Ngoc Binh<sup>2</sup>, Do Thi Cam Van<sup>2</sup>, Nguyen Quang Tung<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Chemistry, Vietnam Academy of Science and Technology

<sup>2</sup>Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry