

**ẢNH HƯỞNG CỦA TỐC ĐỘ DÒNG CHẢY LÊN SINH TRƯỞNG CỦA
VI TẢO BIỂN (*Nannochloropsis oculata* & *Isochrysis galbana*) NUÔI
TRONG HỆ THỐNG ỨNG**

**EFFECT OF LIQUID VELOCITIES ON THE GROWTH OF MARINE MICROALGAE
(*Nannochloropsis oculata* & *Isochrysis galbana*) CULTURED IN TUBULAR
PHOTOBIOREACTOR**

*Đặng Thị Nguyên Nhân**, *Trình Trung Phi*, *Đặng Tổ Văn Cẩm*

Viện Nghiên Cứu Nuôi Trồng Thủy Sản 2

Email: dangnhan1988@gmail.com

ABSTRACT

Study on the effect of liquid velocities on growth of *Nannochloropsis oculata* and *Isochrysis galbana* cultured in tubular photobioreactor were carried out in National Breeding Center for Southern Marine Aquaculture, Research Institute for Aquaculture No.2. Six identical systems were designed by acrylic pipe, have a cultured volume of 85 liters, 60 cm in light-path and 34 meters in length. Each experiment consisted of three treatments are liquid velocities at 0,2-0,3 m.s⁻¹, 0,4-0,5 m.s⁻¹ and 0,6-0,7 m.s⁻¹; two replicates, the experiment was repeated in two times. The results pointed up this parameter effect the growth of both microalgal species. At liquid velocity of 0,6-0,7 m.s⁻¹, *N. oculata* reached maximal density at 520,31 million cells.ml⁻¹ higher than those at 0,4-0,5 m.s⁻¹ was 427,50 million cells.ml⁻¹, but the difference was not significant. The population was not able to reach maximal density and collapsed at 0,2-0,3 m.s⁻¹. In case of *I. galbana*, there was no difference between liquid velocities at 0,4-0,5 and at 0,6-0,7 m.s⁻¹, the population reached maximal at 32,38 and 33,38 million cells.ml⁻¹, respectively; at 0,2-0,3 m.s⁻¹, *I. galbana* cell was not able to multiplied. The obtained results demonstrated that novel tubular photobioreactor can improve the technology of microalgal culture but optimising the designed system is one of the necessary steps before applying on each species.

ĐẶT VẤN ĐỀ

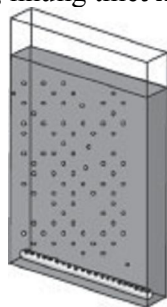
Nhu cầu sử dụng vi tảo biển cho sản xuất giống hải sản ở nước ta ngày càng nhiều, nhất là khi con số các công trình nghiên cứu sinh sản nhân tạo thành công trên nhiều đối tượng cá biển và nhuyễn thể ngày càng tăng. Đặc biệt nhu cầu sử dụng của hai loài vi tảo *Nannochloropsis oculata* và *Isochrysis galbana* là cao nhất do giá trị dinh dưỡng của chúng.

Việc nuôi không ổn định, rủi ro do bị nhiễm bẩn và tàn lụi đột ngột, mật độ thấp là những vấn đề tồn tại đối với bất kỳ hoạt động nuôi trồng thủy sản nào tùy thuộc vào việc nuôi hàng loạt các tảo đơn bào, cần phải có giải pháp về kỹ thuật nuôi nhằm ổn định việc nuôi và đảm bảo chất lượng tảo tốt, kèm theo giảm giá thành.

Ở nước ta công nghệ nuôi vi tảo cho đến nay vẫn còn quá lạc hậu, chỉ theo các phương pháp cổ truyền, bán liên tục, như nuôi kín trong bình nhựa, nuôi hở trong bể xi măng, bể sợi thủy tinh, thậm chí chưa nuôi nhiều trong hệ thống raceway, là hệ thống nuôi mà thế giới cho là lạc hậu nhiều khuyết điểm. Công nghệ nuôi vi tảo này chắc chắn không đảm bảo về mặt số lượng lẫn chất lượng, làm hạn chế qui mô và công suất trại sản xuất giống. Cho đến nay, chỉ một đơn vị nghiên cứu duy nhất là trường Đại học Thủy sản Nha Trang thử nghiệm nuôi *N. oculata* trong hệ thống ống dẫn, mật độ tảo đạt được tuy cao hơn các phương pháp nuôi hiện tại, nhưng vẫn còn rất thấp so với các công trình nghiên cứu ngoài nước khác. Ứng dụng hệ thống ống dẫn, có công ty Cổ phần Chăn nuôi CP Việt Nam đã nhập hoàn toàn hệ thống để nuôi tảo *Skeletonema* làm thức ăn cho tôm thẻ chân trắng và công ty tư nhân Phương Á Lan để nuôi tảo *Spirulina* làm thực phẩm chức năng cho người.

Trong khi đó các nước trên thế giới như Ý và Israel đã từ bỏ công nghệ nuôi theo phương pháp cổ truyền từ lâu, thay vào đó là việc nghiên cứu và ứng dụng hệ thống kín quang phản ứng sinh học và ngày càng có nhiều kiểu thiết kế khác nhau nhằm hoàn thiện và nâng cao

công nghệ nuôi. Có nhiều kiểu thiết kế cho hệ thống nuôi này như tấm, vành khayên, ống, băng, nhưng thiết kế bằng ống dẫn đường như ổn định và hiệu quả nhất.



Tấm



Vành khayên



Ống dẫn

Các hệ thống ống có chiều dài hàng 100 m gần đây được kể đến như hệ thống của Acien và ctv (2001) được lắp đặt ở Almeria có thể tích 200l dùng để nuôi *Phaeodactylum tricornutum* cho năng suất $1,20 \text{ g.l}^{-1}.\text{ngày}^{-1}$; hay của Boussiba và Aflalo (2005) ở Negev (Israel). Hệ thống ống dẫn lớn nhất thế giới hiện nay có chiều dài 500 km, thể tích 600 m^3 , được lắp đặt tại Klotze (Đức) bởi Bisantech (Pulz, 2001), hệ thống được đặt trong nhà kính có diện tích 1,2 hecta, có thiết bị điều chỉnh nhiệt, sử dụng ánh sáng mặt trời. Thu hoạch sinh khối bằng phương pháp ly tâm, tạo sản phẩm là tảo khô có độ ẩm 5%, năng suất thu được là 100 tấn.năm^{-1} .

Tảo nuôi trong hệ thống ống được quản lý chặt, không những không nhiễm tạp mà còn có thể nuôi liên tục ở mật độ cao hơn rất nhiều so với hệ thống cũ. Khả năng duy trì việc nuôi liên tục, sử dụng ánh sáng tự nhiên, không những giảm giá thành mà còn giúp cung cấp một lượng sinh khối lớn ổn định (Borowitzka, 1997). Ưu điểm rõ rệt của hệ thống nuôi kín là có thể duy trì các điều kiện thủy-hóa thích hợp cho tốc độ phát triển tối ưu của tế bào. Không những cho năng suất cao, mà còn cung cấp sinh khối tảo với chất lượng cao, tối ưu hóa thành phần sinh hóa học của tế bào. Bởi vì tất cả các yếu tố như: dinh dưỡng, ánh sáng, pH, nhiệt độ, giai đoạn phát triển đều ảnh hưởng đến thành phần sinh hóa học tế bào và những yếu tố này đều được điều khiển và duy trì ổn định trong hệ thống nuôi. Tuy nhiên, nghiên cứu thiết kế hệ thống ống không phải là điều dễ dàng, nhất là khi tối ưu cho từng loài vi tảo nuôi.

Sự đảo nước mạnh là rất cần thiết để ngăn tảo không bị lắng, đảm bảo tất cả các tế bào của quần thể tiếp xúc được với ánh sáng và các chất dinh dưỡng như nhau, tránh sự phân tầng nhiệt và cải thiện sự trao đổi khí giữa môi trường nuôi và không khí (Michels và ctv, 2010). Tuy nhiên, đảo trộn mạnh sẽ gây ra hiện tượng shear stress làm tổn hại tế bào tảo và mỗi loài tảo có mức độ chịu đựng khác nhau. Đã có không ít nghiên cứu để xác định mức độ shear stress của từng loài tảo như Contreras và ctv (1998) trên *Phaeodactylum tricornutum*; Garca và ctv (2007) trên *Protocercatium reticulatum*. Vì vậy, hệ thống thiết kế sẽ tối ưu khi vận hành nuôi một loài tảo nào đó là khi xác định được sự cân bằng giữa mức độ sục khí tối đa và ngưỡng chịu đựng shear stress của loài tảo đó. Đối với hệ thống ống, sự đảo trộn được thực hiện bằng dòng chảy bên trong hệ thống kín. Vì vậy, tối ưu hóa hệ thống ống, ngoài việc cung cấp khí CO_2 , vận tốc dòng chảy và trao đổi khí là cực kỳ quan trọng. Theo Weissman và ctv (1988), việc thải O_2 ra khỏi hệ thống ống còn khó khăn nhiều hơn so với việc cung cấp khí CO_2 . Đối với bất kỳ hệ thống ống, O_2 tạo ra từ quá trình quang hợp sẽ được tích tụ trong nước nuôi cho đến khi dòng chảy đến chỗ trao đổi khí, nơi đó O_2 sẽ được tách ra không khí. Molina và ctv (2001) kết luận rằng vận tốc dòng chảy và tốc độ thải O_2 ra khỏi hệ thống ống có liên quan mật thiết với nhau, hàm lượng O_2 cao kết hợp với cường độ ánh sáng cao sẽ làm tổn hại tế bào tảo do sự oxy hóa bằng ánh sáng (photo-oxidation). Vận tốc dòng chảy lớn hơn có khuynh hướng tốt hơn cho sinh trưởng của quần thể tảo, do giảm hàm lượng O_2 tích tụ xuống dưới mức ức chế quang hợp. Tuy nhiên vận tốc dòng chảy lớn quá giới hạn cho phép không những giảm sản lượng thu hoạch mà còn hại tế bào tảo, chẳng hạn Carlozzi và Torzillo (1996) nuôi *Spirulina* trong hệ thống ống với vận tốc dòng chảy cao $0,97 \text{ m.giây}^{-1}$. Mới đây, Norsker

và ctv (2011) cũng đã kết luận rằng nồng độ O₂ cao sẽ làm giảm năng suất tảo, việc xả khí O₂ là một trong những vấn đề cần nghiên cứu khi tối ưu hóa hệ thống thiết kế.

Nghiên cứu này được thực hiện trên hệ thống ống tự thiết kế của Đề tài cấp Bộ, thuộc chương trình Công nghệ sinh học: “*Nghiên cứu công nghệ nuôi, thu sinh khối vi tảo I. galbana và N. oculata phục vụ sản xuất giống hải sản*” nhằm tìm ra vận tốc dòng chảy tốt nhất cho sinh trưởng của hai loài vi tảo.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Hệ thống nuôi

Vật liệu lắp đặt hệ thống ống

Ống nhựa acrylic trong suốt đường kính 60mm, chiều dày 2mm, chiều dài 2m;

Co nối hình chữ U bằng ống nhựa PVC Φ60mm;

Ống nhựa, co, van Φ60mm;

Đèn huỳnh quang dài 1,2m và 0,6m, công suất 40W; hộp điều khiển điện và các dụng cụ điện đi kèm;

Đầu bơm hút và đẩy;

Mô tơ 2Hp có trục quay thay đổi được vận tốc trong khoảng 2-10 vòng.giây⁻¹;

Bình cung cấp khí CO₂ tinh khiết và hệ thống cung cấp khí CO₂ (van chuyên dụng, đồng hồ đo tốc độ khí, dây dẫn khí và van chuyên dụng...);

Hệ thống giá đỡ làm bằng inox 304.

Nghiên cứu ảnh hưởng của tốc độ dòng chảy

Tảo giống

Tảo gốc *I. galbana* và *N. oculata* có nguồn gốc từ phòng thí nghiệm biển Dunstaffnage của CCAP (the Culture Collection of Algae and Protozoa, Oban, UK).

Tảo gốc được giữ giống trên môi trường thạch (đĩa petri) và lỏng (ống nghiệm); các đĩa thạch và ống nghiệm được lưu giữ trong tủ chuyên dụng hiệu MLR-350H (SANYO, Nhật), điều chỉnh ở nhiệt độ 18°C, cường độ ánh sáng 1000-3000 lux, độ ẩm 70 %. Tất cả dụng cụ và môi trường nuôi phải được hấp tiệt trùng ở 121°C trong vòng 20 phút (HVE 50, HIRAYAMA, Nhật); tất cả thao tác được thực hiện trong tủ cấy vô trùng (SANYO, Nhật).

Tảo gốc từ đĩa thạch và ống nghiệm được nhân giống cấp 1 và 2 trong điều kiện vô trùng: các đơn vị nuôi là chai thủy tinh hình trụ, có thể tích 1 và 5 l, có nắp đậy kín, có đường khí vào và ra thông qua lọc khí 0,2 μm (SARTORIUS, Đức).

Nhân giống cấp 3 được thực hiện trong các bình thủy tinh 15 l có nắp đậy kín, lỗ đưa khí vào và ra không qua lọc khí 0,2 μm.

Tảo giống bố trí thí nghiệm được lấy ở pha tăng trưởng, mật độ ban đầu khác nhau tùy vào từng loài vi tảo.

Nước nuôi và điều kiện nuôi

Nước sử dụng để nuôi vi tảo *N. oculata* và *I. galbana* hiệu chỉnh về độ mặn lần lượt ở 20 và 30 ‰ (Đặng Tố Văn Cẩm, 2011) trước khi xử lý.

Nước sử dụng để lưu giữ tảo gốc, nhân giống cấp 1 và 2 được lọc qua giấy lọc 0,2 μm, hấp tiệt trùng, nước hấp sau 2 ngày mới sử dụng, đảm bảo đủ thời gian để cân bằng CO₂ (Banerjee và ctv, 2011). Nước sử dụng để nhân giống cấp 3 và bố trí thí nghiệm trong hệ thống tấm và ống được xử lý diệt trùng bằng calcium hypochlorite Ca(OCl)₂ nồng độ 30 ppm, trung hòa bằng sodium thiosulfate (Na₂S₂O₃), sau cùng lọc qua bộ cột lọc “5μm - than hoạt tính - 1 μm”.

Môi trường dinh dưỡng F/2 (Guillard và Ryther, 1962) được hấp tiệt trùng sử dụng cho cả hai loài vi tảo và cho tất cả hình thức lưu giữ, nhân giống và bố trí thí nghiệm. Bổ sung môi

trường dinh dưỡng ở liều lượng từ 50% đến 80% so với mức ban đầu sau mỗi 2 ngày nuôi nhằm hạn chế sự thiếu hụt các chất dinh dưỡng cho sinh trưởng của vi tảo nuôi.

Cường độ ánh sáng tại bề mặt trong của ống dao động trong khoảng (9.000 ± 500) lux bằng ánh sáng trắng của đèn huỳnh quang (máy đo cường độ ánh sáng, Sper Scientific 840020, Đài Loan).

Nhiệt độ nước nuôi 28 ± 0.5 °C (duy trì bằng 2 máy điều hòa nhiệt độ, công suất 2Hp).

Khí được cung cấp từ máy nén khí có công suất $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{phút}^{-1}$, qua cột lọc trước khi cung cấp vào hệ thống nhân giống cấp 2, 3.

Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm 1: Ảnh hưởng của vận tốc dòng chảy trong hệ thống ống lên sinh trưởng của quần thể *N. oculata*.

Thí nghiệm bao gồm 3 nghiệm thức khác nhau về vận tốc dòng chảy $0,2-0,3 \text{ m} \cdot \text{giây}^{-1}$, $0,4-0,5 \text{ m} \cdot \text{giây}^{-1}$ và $0,6-0,7 \text{ m} \cdot \text{giây}^{-1}$, mỗi nghiệm thức có 2 lần lặp lại, thí nghiệm được thực hiện 2 lần.

Điều kiện thí nghiệm: mật độ ban đầu 20 triệu tb. ml^{-1} , các điều kiện khác như đã được trình bày ở phần trên.

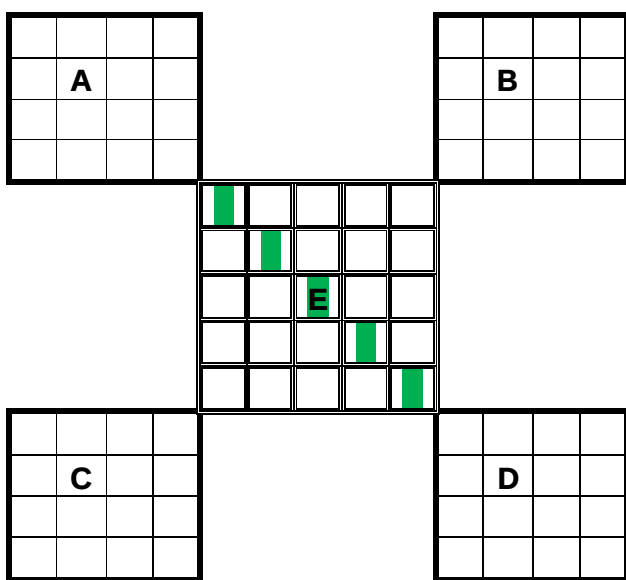
Thí nghiệm 2: Ảnh hưởng của vận tốc dòng chảy trong hệ thống ống lên sinh trưởng của quần thể *I. galbana*.

Thí nghiệm bao gồm 3 nghiệm thức khác nhau về vận tốc dòng chảy $0,2-0,3 \text{ m} \cdot \text{giây}^{-1}$, $0,4-0,5 \text{ m} \cdot \text{giây}^{-1}$ và $0,6-0,7 \text{ m} \cdot \text{giây}^{-1}$, mỗi nghiệm thức có 2 lần lặp lại, thí nghiệm được thực hiện 2 lần.

Điều kiện thí nghiệm: mật độ ban đầu 2 triệu tb. ml^{-1} , các điều kiện khác như đã được trình bày ở phần trên.

Thu thập số liệu

Mật độ tảo: được xác định hàng ngày bằng cách sử dụng buồng đếm Neubauer Haemocytometer (hình 1) dùng để đếm các loài vi tảo có kích thước $2-30 \mu\text{m}$, mật độ $10^4-10^7 \text{ tb} \cdot \text{ml}^{-1}$).



Hình 1: Cấu tạo buồng đếm Neubauer

Thông số được ghi trên buồng đếm Neubauer: $0,0025 \text{ mm}^2$ độ sâu $0,1 \text{ mm}$.

Thể tích của 5 blog A, B, C, D, E là bằng nhau.

Mỗi blog A, B, C, D được chia làm 4 x 4 ô như nhau.

Blog E chia làm 5 x 5 ô và mỗi ô chia làm 16 ô nhỏ, mỗi ô nhỏ có diện tích 0,0025 mm². Nên diện tích trong 25 ô của blog E là $0,0025 \times 16 = 0,04 \text{ mm}^2$. Độ sâu 0,1 mm → thể tích mỗi ô là $0,04 \times 0,1 = 0,004 \text{ mm}^3 = 4.10^{-3} \text{ mm}^3 = 4.10^{-6} \text{ ml}$

Công thức tính mật độ tế bào là: $(\bar{X} / 4 \times 10^6)$ tế bào/mL

$\bar{X}$: số tế bào trung bình của 5 ô nhỏ đếm được trong blog E

Mật độ tảo đo được là giá trị trung bình của 4 lần đếm. Đếm bằng kính hiển vi có ưu điểm là kiểm soát được chất lượng tảo nuôi.

Tốc độ tăng trưởng (K): xác định theo công thức của Abu-Rezq và ctv (1999)

$$K = (\ln N_t - \ln N_0) / t$$

N_t là mật độ cuối, N_0 là mật độ đầu và t khoảng thời gian (ngày)

Các thông số của hệ thống nuôi và môi trường nuôi:

Đo vận tốc dòng chảy theo phương pháp của Molina và ctv (2001), đo vận tốc trực quay của motor bằng máy DIGITAL TACHOMETER DT2234A.

Đo hàm lượng oxy hòa tan, nhiệt độ, pH bằng máy YSI (model 556 MPS, USA).

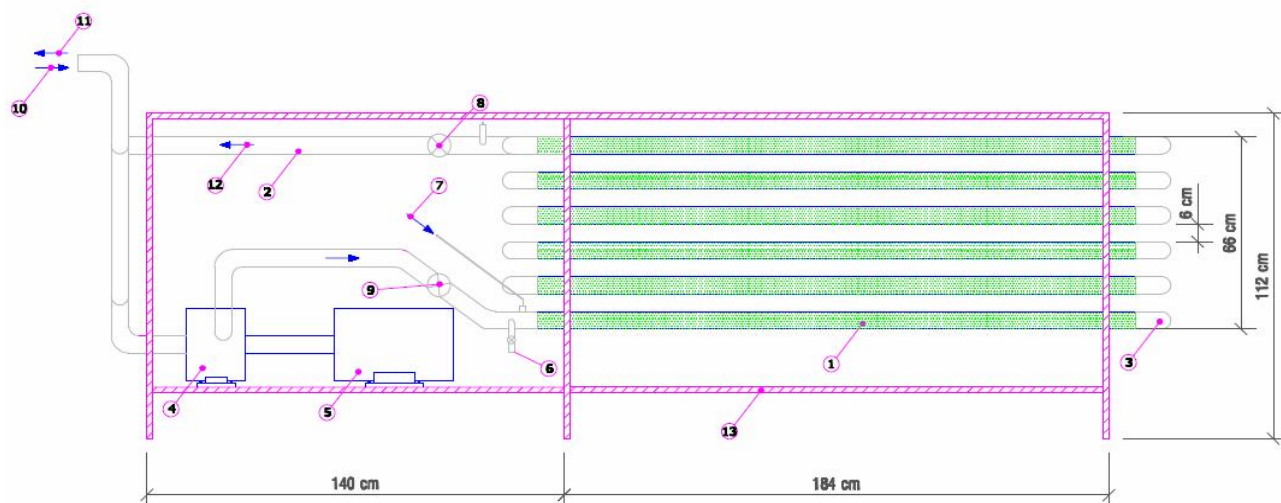
Xử lý số liệu

Sử dụng phân tích One-Way ANOVA và phép thử Duncan (SPSS version 16.0) để so sánh sự khác biệt về mật độ, tốc độ tăng trưởng giữa 3 nghiệm thức trong từng thí nghiệm.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Thiết kế và lắp đặt hệ thống ống

Sử dụng ống nhựa acrylic trong suốt có đường kính 60 mm, chiều dày 2 mm, chiều dài 2m. Một đơn vị nuôi bao gồm hai dãy ống đặt song song và cách nhau 22 cm, mỗi dãy bao gồm 6 ống đặt song song nằm ngang và cách nhau 6 cm theo chiều thẳng đứng. Các ống nối với nhau bởi các co có hình dạng chữ U, chiều dài 50 cm. Ống ở vị trí thấp nhất và cao nhất được nối trực tiếp với 2 đầu của đầu bơm tạo thành một vòng xoắn kín có chiều dài 34 m, tạo nên thể tích nuôi 85 lít. Đầu bơm sẽ đẩy nước và tảo vào ống ở vị trí thấp nhất chảy qua các ống bên trên, đồng thời nước và tảo sẽ bị đầu bơm hút về từ ống ở vị trí cao nhất tạo thành dòng tuần hoàn liên tục trong hệ thống nuôi ống.



Hình 2: Biểu đồ của 1 hệ thống ống

- (1) Ống acrylic trong; (2) ống PVC mờ; (3) Co nối hình chữ U bằng nhựa PVC; (4) đầu bơm; (5) motor điện; (6) van thu hoạch; (7) điểm đưa CO₂ vào hệ thống; (8) (9) các van chức năng; (10) (11) nơi thoát khí O₂ và cung cấp dịch nuôi vào hệ thống (11); (12) hướng dòng chảy; (13) giá đỡ hệ thống bằng inox.

Nơi đóng và mở của hệ thống nuôi là 1 van $\Phi 60$ mm nằm giữa ống ở vị trí thấp nhất và đầu bơm để thu hoạch tảo hoặc xả nước khi vệ sinh, 2 lỗ $\Phi 60$ mm có nút đậy bằng lưới nằm giữa ống ở vị trí cao nhất và đầu bơm là nơi cung cấp nước, tảo, chất dinh dưỡng cho hệ thống, đồng thời là nơi thoát khí O_2 . Hệ thống chiếu sáng bao gồm 12 bóng đèn huỳnh quang dài (1,2+0,6) m, công suất 40 W, đặt theo chiều nằm ngang ở giữa hai dây ống, khoảng cách đến mỗi dây ống là 10cm, nhằm tạo nên 3 mức cường độ chiếu sáng khác nhau 3000, 6000 và 9000 lux.

Đầu bơm hút và đẩy được gắn với mô tơ 2Hp với trục quay có tốc độ 2-10 vòng.giây⁻¹, tương ứng với vận tốc nước chảy trong ống 0,1-1m.giây⁻¹. Mỗi đơn vị nuôi được cung cấp khí CO_2 tinh khiết từ bình CO_2 thông qua hộp điều khiển tốc độ.

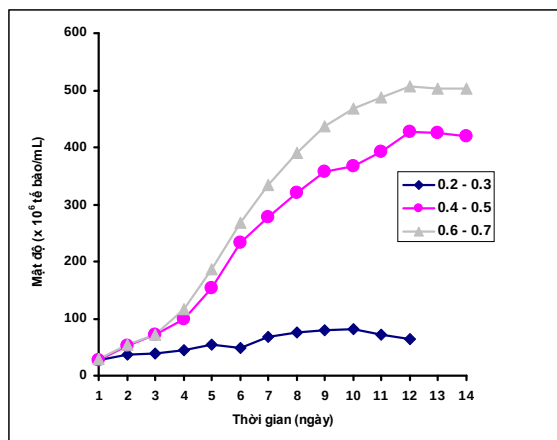
Hai đơn vị nuôi đặt theo chiều thẳng đứng thành 2 tầng trên cùng 1 giá đỡ inox, sử dụng chung 1 hộp điều khiển điện, toàn bộ hệ thống có 6 đơn vị nuôi, xếp song song thành 3 hàng.

Ảnh hưởng của vận tốc dòng chảy lên sinh trưởng của loài *N. oculata*

Hình 3 biểu diễn tăng trưởng của *N. oculata* khi nuôi trong hệ thống ống ở 3 vận tốc dòng chảy khác nhau. Tại vận tốc cao nhất, quần thể *N. oculata* đạt mật độ 520,31 triệu tb.ml⁻¹, tương ứng với tốc độ tăng trưởng 0,27 .ngày⁻¹. Mật độ thấp hơn 427,50 triệu tb.ml⁻¹, tương ứng với tốc độ tăng trưởng 0,26 .ngày⁻¹ ở vận tốc thấp hơn 0,4-0,5 m.giây⁻¹; tuy nhiên mức độ khác biệt về tốc độ tăng trưởng giữa hai vận tốc không đủ độ tin cậy ($p>0,05$). Quần thể *N. oculata* ở vận tốc chảy thấp nhất 0,2-0,3 m.giây⁻¹, mật độ chỉ đạt được 81,56 triệu tb.ml⁻¹ vào ngày nuôi thứ 10 và suy tàn sau đó.

Ảnh hưởng của tốc độ dòng chảy lên sinh trưởng của vi tảo trong hệ thống ống cũng được tác giả Molina và ctv (2001) nghiên cứu trên loài *Phaeodactylum tricornutum*, vận tốc dòng chảy trong khoảng từ 0,35 đến 0,50 m.giây⁻¹ cho sản lượng thu hoạch không khác nhau, nhưng ở vận tốc thấp hơn 0,35 m.giây⁻¹ quần thể bị suy tàn.

Giải thích nguyên nhân quần thể không đạt được cực đại và suy tàn tại vận tốc dòng chảy thấp 0,2-0,3 m.giây⁻¹, là do giá trị DO của nước nuôi cao, dao động trong khoảng 350-400%, tương ứng 27-33 mg.l⁻¹. Bởi vì hàm lượng O_2 trên mức bão hòa (0.2247 mol O_2 .m⁻³ tại 20°C) sẽ ức chế quang hợp của hầu hết các loài tảo, cho dù hàm lượng CO_2 được duy trì ở mức tối ưu (Aiba, 1982). Thật vậy, Tredici và ctv (1992) đã dẫn chứng rằng năng suất của *Spirulina* được cải thiện rõ rệt khi giảm hàm lượng O_2 hòa tan từ 35 mg.l⁻¹ xuống 20 mg.l⁻¹. Giá trị DO của nước nuôi ở 2 vận tốc dòng chảy cao hơn, dao động trong khoảng 120-200 %, tương ứng 8-15 mg.l⁻¹. Giá trị DO tỷ lệ nghịch với vận tốc dòng chảy. Như vậy, vận tốc dòng chảy lớn hơn có khuynh hướng tốt hơn cho sinh trưởng của quần thể tảo, do giảm hàm lượng O_2 tích tụ xuống dưới mức ức chế quang hợp.



Hình 3: mật độ của *N. oculata* nuôi ở hệ thống ống ở 3 vận tốc dòng chảy khác nhau

Như vậy với hệ thống ống đã thiết kế, vận tốc dòng chảy $0,6-0,7 \text{ m.giây}^{-1}$, đạt mật độ $520,31 \text{ triệu tb.ml}^{-1}$. So với kết quả nghiên cứu trong nước trước đây, bằng phương pháp nuôi truyền thống, mật độ đạt được cao gấp 10-23 lần, cụ thể là mật độ *N. oculata* chỉ đạt 22 triệu tb.ml^{-1} khi nuôi sinh khối làm thức ăn cho ấu trùng cá mú đen (*Epinephelus coioides*) tại Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản I (Le Xan và Do Xuan Hai, 2004), 30-50 triệu tb.ml^{-1} khi nuôi sinh khối làm thức ăn cho ấu trùng cá măng (Đặng Tổ Văn Cẩm và ctv, 2009) tại Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản II và tại Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản III chỉ là bước đầu xây dựng qui trình lưu giữ và nuôi sinh khối (Nguyễn Thị Xuân Thu và ctv, 2004). Khi so sánh với hệ thống ống của Bùi Bá Trung và ctv (2009) bao gồm 10 ống thủy tinh $\Phi 32 \text{ mm}$, chiều dài 1270 mm , đạt mật độ 61 triệu tb.ml^{-1} , mật độ trong nghiên cứu này cao gấp 9 lần và hoàn toàn có thể so sánh với hệ thống ống của các tác giả ngoài nước, đạt mật độ từ 10^8 đến 10^9 tb.ml^{-1} , tùy thuộc vào đường kính ống (Lubian và ctv, 2000). Chẳng hạn, đường kính $4,3 \text{ cm}$ trong hệ thống ống dẫn của Chini Zittelli và ctv (1999) ở Florence, cho năng suất *Nannochloropsis* sp. $0,6 \text{ g}$ trọng lượng khô. $\text{l}^{-1}.\text{ngày}^{-1}$.

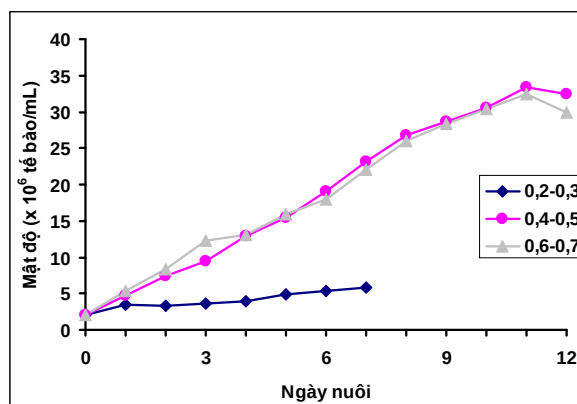
Ảnh hưởng của vận tốc dòng chảy lên sinh trưởng của loài I. galbana

Mỗi thí nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc dòng chảy lên từng loài vi tảo *N. oculata* và *I. galbana*, trong khuôn khổ của bài viết này, tác giả chỉ trình bày kết quả của 1 lần lặp lại.

Hình 4 cho thấy hai đường cong tăng trưởng của hai quần thể nuôi trong hệ thống ống ở hai vận tốc dòng chảy $0,4-0,5$ và $0,6-0,7 \text{ m.giây}^{-1}$ gần như trùng lấp nhau, tách biệt so với đường cong tăng trưởng của quần thể ở vận tốc dòng chảy thấp nhất $0,2-0,3 \text{ m.giây}^{-1}$. Ở cả hai vận tốc dòng chảy $0,4-0,5$ và $0,6-0,7 \text{ m.giây}^{-1}$, quần thể đạt mật độ cực đại vào ngày nuôi thứ 11, tại giá trị 33,38 triệu tb.ml^{-1} và 32,38 triệu tb.ml^{-1} , cùng tốc độ tăng trưởng là $0,25 \text{ .ngày}^{-1}$. Trái lại, quần thể nuôi ở vận tốc dòng chảy $0,2-0,3 \text{ m.giây}^{-1}$, gần như không gia tăng mật độ, từ mật độ ban đầu 2 triệu tb.ml^{-1} , sau 7 ngày nuôi quần thể chỉ đạt 5,81 triệu tb.ml^{-1} .

DO của nước nuôi tỷ lệ nghịch với vận tốc dòng chảy, cụ thể dao động trong khoảng 350-400%, tương ứng $27-33 \text{ mg.l}^{-1}$ tại vận tốc dòng chảy $0,2-0,3 \text{ m.giây}^{-1}$; 200-250%, tương ứng $15-20 \text{ mg.l}^{-1}$ tại vận tốc dòng chảy $0,4-0,5 \text{ m.giây}^{-1}$ và 120-200 %, tương ứng $8-12 \text{ mg.l}^{-1}$ tại vận tốc dòng chảy $0,6-0,7 \text{ m.giây}^{-1}$. Giá trị DO ở vận tốc dòng chảy $0,6-0,7 \text{ m.giây}^{-1}$ thấp hơn ở vận tốc dòng chảy $0,4-0,5 \text{ m.giây}^{-1}$, tuy làm cho việc ức chế quang hợp ít hơn, nhưng không mang lại mật độ cực đại của quần thể *I. galbana* cao hơn, có thể ở vận tốc dòng chảy này đã có ít nhiều ảnh hưởng đến tế bào, do đặc tính hình thái là loài tảo roi.

Giá trị pH của cả 3 nghiệm thức không có sự khác biệt, biến thiên trong suốt chu kỳ nuôi trong khoảng 8-9.



Hình 4: mật độ của *I. galbana* nuôi ở hệ thống ống ở 3 vận tốc dòng chảy khác nhau

Mật độ tảo *I. galbana* trong nghiên cứu này đạt 33,38 triệu tb.ml^{-1} , tốc độ tăng trưởng là $0,25 \text{ .ngày}^{-1}$ tuy có thấp hơn, nhưng thể so sánh được với các công trình nghiên cứu ngoài nước khác do khác nhau ở đường kính ống thiết kế. Hệ thống ống của Molina Grima và ctv (1994) đạt mật độ 2 g/L , tốc độ tăng trưởng $0,38/\text{ngày}$; của Borowitzka (1997) đạt năng suất

1,2g/L/ngày và của Miner và Robert (2000) cho mật độ 40-60 triệu tb.ml⁻¹ bằng ống có đường kính 3 cm, 2,4 cm và 4 cm, theo thứ tự. Hệ thống ống trong nghiên cứu này được lắp đặt bằng ống có đường kính 6 cm, theo Posten (2009) và nhiều tác giả khác đã kết luận rằng đường kính ống càng mỏng mật độ càng cao, thậm chí có tác giả thiết kế hệ thống có đường kính ống chỉ bằng 1,2 cm (Lee và Low, 1991), 2,4 cm (Borowitzka, 1997) và 3 cm (Molina Grima và ctv, 1996).

KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Kết luận

Nghiên cứu đã thiết kế 6 hệ thống nuôi kín quang phản ứng sinh học theo nguyên tắc ống dẫn, mỗi hệ thống có chiều dài 34 m, hay thể tích nuôi 85 l, đường dẫn ánh sáng 60 mm.

Tốc độ dòng chảy trong hệ thống đã thiết kế có ảnh hưởng lên sinh trưởng của vi tảo nuôi:

Đối với loài *N. oculata*: ở vận tốc dòng chảy 0,6-0,7 m.giây⁻¹ quần thể đạt mật độ cao hơn so với vận tốc 0,4-0,57 m.giây⁻¹, 520,31 triệu tb.ml⁻¹ và 427,50 triệu tb.ml⁻¹, theo thứ tự, tuy nhiên mức khác biệt không mang ý nghĩa thống kê; ở vận tốc dòng chảy 0,2-0,37 m.giây⁻¹, quần thể không có khả năng đạt cực đại và suy tàn.

Đối với loài *I. galbana*: ở hai vận tốc dòng chảy 0,4-0,5 và 0,6-0,7 m.giây⁻¹ cho mật độ cực đại tương tự nhau, 32,38 triệu tb.ml⁻¹ và 33,38 triệu tb.ml⁻¹, theo thứ tự; ở vận tốc dòng chảy 0,2-0,3 m.giây⁻¹, quần thể không có khả năng phát triển.

Đề nghị

Nghiên cứu cách thiết kế hệ thống với cùng vận tốc dòng chảy nhưng khả năng tích tụ khí O₂ thấp hơn, nhằm làm tăng mật độ cực đại của quần thể, đặc biệt đối với loài tảo roi là *I. galbana*.

Thực hiện các nghiên cứu nhằm tối ưu hóa vận hành hệ thống như mật độ ban đầu, chế độ chiếu sáng, tỷ lệ thu hoạch từng phần... nhằm xây dựng qui trình nuôi thâm canh vi tảo biển trong hệ thống kín quang phản ứng sinh học.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu tham khảo tiếng Việt

Đặng Tô Vân Cẩm, Nguyễn Thị Kim Vân, Trần Kim Đồng, Nguyễn Hữu Thanh, Nguyễn Xuân Toán, Lâm Văn Đức, 2009. Công nghệ sinh sản nhân tạo cá măng (*Chanos chanos*, Forskal 1775). *Tuyển tập nghề cá sông Cửu Long*, 133-143.

Đặng Tô Vân Cẩm, 2011. Nghiên cứu công nghệ nuôi, thu sinh khối vi tảo *Isochrysis galbana* và *Nannochloropsis oculata* phục vụ sản xuất giống hải sản. *Báo cáo sơ kết năm*, 34 trang.

Nguyễn Thị Xuân Thu, Nguyễn Thị Bích Ngọc và Nguyễn Thị Hương, 2004. Tình hình sử dụng tảo đơn bào làm thức ăn cho động vật thủy sản.

Bùi Bá Trung, Hoàng Thị Bích Mai, Nguyễn Hữu Dũng, Cái Ngọc Bảo Anh, 2009. Ảnh hưởng của mật độ ban đầu và tỷ lệ thu hoạch lên sinh trưởng vi tảo *Nannochloropsis oculata* nuôi trong hệ thống ống dẫn trong suốt nước chảy liên tục. *Tạp chí Khoa học-Công nghệ Thủy sản*, số 1/2009.

Tài liệu tham khảo tiếng Anh

Abu-Rezq, T.S., Al-Musallam, L., Al-Shimmari, J., Dias, P., 1999. Optimum production conditions for different high-quality marine algae. *Hydrobiologia* 403: 97-107.

Acien Fernandez, F.G.A., Sevilla, J.M.F., Perez, J.A.S., Grima, E.M., Chisti, Y., 2001. Airlift-driven external-loop tubular photobioreactors for outdoor production of microalgae: assessment of design and performance. *Chemical Engineering Science* 56(8): 2721-2732.

Aiba, S., 1982. Growth kinetics of photosynthetic microorganisms. *Advance in Biochemical Engineering* 23: 85-156.

Banerjee, S., Hew, W.E., Khatoon, H., Shariff, M., Yusoff, F.M., 2011. Growth and proximate composition of tropical marine *Chaetoceros calcitrans* and *Nannochloropsis oculata* cultured outdoors and under laboratory conditions. *African Journal of Biotechnology*, 8: 1375-1383.

Borowitzka, M.A., 1997. Microalgae for aquaculture: opportunities and constraints. *Journal of Applied Phycology* 9: 393-401.

Boussiba, S., Aflalo, C., 2005. An insight into the future of microalgae biotechnology. *Innovation in Food Techechnology* 28: 37-39.

Carlozzi, P., Torzillo, G., 1996. Productivity of *Spirulina* in a strongly curved outdoor tubular photobioreactor. *Applied Microbiology and Biotechnology* 45: 18-23.

Chini Zittelli G., Lavista F., Bastianini A., Rodolfi L., Vincenzini M., Tredici M.R., 1999. Production of eicosapentaenoic acid by *Nannochloropsis* sp. cultures in outdoor tubular photobioreactors. *Journal of Biotechnology* 70: 299-312.

Contreras, A., Garcia, F., Molina, E., Merchuk, J.C., 1998. Interaction between CO₂-mass transfer, light availability, and hydrodynamic stress in the growth of *Phaeodactylum tricornutum* in a concentric tube airlift photobioreactor. *Biotechnology and Bioengineering* 60: 17-325.

Garca, C.F., Gallardo, R.J.J., Sanchez, M.A., Ceron, G.M.C., Belarbi, E.H., Molina Grima, E., 2007. Determination of shear stress thresholds in toxic dinoflagellates cultured in shaken flasks. *Process Biochemistry* 42: 1506-1515.

Guillard, R.R.L and Ryther, J.H., 1962. Studies on marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. *Canadian Journal of Microbiology* 8: 229-239.

Lubian, L.M., Montero, O., Moreno-Garrido, I., Emma Huertas, I., Sobrino, C., 2000. *Nannochloropsis* (Eustigmatophyceae) as source of commercially valuable pigments. *Journal of Applied Phycology* 12: 249-255.

Michels, M.H.A., Goot, A.G., Norsker, N.H., Wijffels, R.H., 2010. Effects of shear stress on the microalgae *Chaetoceros muelleri*. *Bioprocess and Biosystems Engineering* 33: 921-927.

Miner, P., Robert, R. 2000., Food value of continuous culture of *Isochrysis galbana* on *Crassostrea gigas* larvae. "AQUA 2000: Responsible Aquaculture in the New Millennium," Nice, 2-6 May 2000. European Aquaculture Society, vol. 28. EAS, Slijkensesteenweg 4, B-8400 Oostende, Belgium, p. 482, Special Publication.

Molina Grima, E., Sanchez Perez, J.A., Garcia Camacho, F., Garcia Sanchez, J.L., Acien Ferngmdes, F.G., Lopez Alonso, D., 1994. Outdoor culture of *Isochrysis galbana* ALII-4 in a closed tubular photobioreactor. *Journal of Biotechnology* 37: 159-166.

Molina Grima E., Sanchez Perez J.A., Garcia Camacho F., Fernandez Sevilla J.M., Acien Fernandez F.G., 1996. Productivity analysis of outdoor chemostat cultures in tubular airlift photobioreactors. *Journal of Applied Phycology* 8: 369-380.

Molina Grima, E., Fernandez, J., Acien, F.G., Chisti, Y., 2001. Tubular photobioreactor design for algal cultures. *Journal of Biotechnology* 92: 113-131.

Norsker, N.H., Barbosa, M.J., Vermuë, M.H., Wijffels, R.H., 2011. Microalgal production - A close look at the economics. *Biotechnology Advances* 29: 24-27.

Posten, C., 2009. Design principles of photo-bioreactors for cultivation of microalgae. *Engineering in Life Sciences* 9 (3): 165-177.

Pulz, O. 2001. Photobioreactors: production systems for phototrophic microorganisms. *Applied Microbiology and Biotechnology* 57(3): 287-293.

Tredici, M.R., Zitelli, G.C., Biagiolini, S., 1992. Influence of turbulence and areal density on the productivity of *Spirulina platensis* grown outdoor in a vertical alveolar panel. In: *First European Workshop on Microalgal Biotechnology*, pp. 58-60.