

HIỆU QUẢ HỆ THỐNG TUẦN HOÀN KẾT HỢP AQUAPONICS - VI TẢO: ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC VÀ TĂNG TRƯỞNG SINH KHỐI

Cô Thị Kính^{1,*}, Lê Quang Huy¹, Trà Văn Tung¹, Vũ Quang Mạnh², Lê Thái Hoàng¹

¹*Viện Công nghệ Ứng dụng và Phát triển bền vững, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành*

²*Trung tâm Nghiên cứu Giáo dục Tài nguyên đa dạng sinh học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội*

* Email: ctkinh@ntt.edu.vn

TÓM TẮT

Hệ thống aquaponics kết hợp vi tảo là mô hình nông nghiệp công nghệ cao sử dụng tảo để cải thiện chất lượng nước và tăng hiệu quả sản xuất trong nuôi cá và trồng rau. Nghiên cứu nhằm đánh giá sự tăng trưởng sinh khối của cá và rau, đồng thời theo dõi các chỉ tiêu chất lượng nước. Thí nghiệm gồm ba nghiệm thức: (1) Hệ thống aquaponics, (2) Hệ thống aquaponics kết hợp nuôi vi tảo *Chlorella vulgaris*, (3) Hệ thống nuôi cá điều hồng thâm canh. Sau 63 ngày theo dõi, tốc độ tăng trưởng và sinh khối của cá điều hồng nuôi trong hệ thống aquaponics - vi tảo cao hơn đáng kể so với các nghiệm thức còn lại. Tương tự, sinh khối tươi của rau cải ngọt thu hoạch ở hệ thống aquaponics - vi tảo cũng cao hơn so với hệ thống aquaponics thông thường. Các chỉ tiêu chất lượng nước như: Nhiệt độ, pH, DO, TAN, NO₂⁻, NO₃⁻ và PO₄³⁻ trong bể cá của hệ thống aquaponics - vi tảo được duy trì ở mức thích hợp, đảm bảo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của cá và rau trong hệ thống.

Từ khóa: *Aquaponics, Chlorella vulgaris, nuôi trồng thủy sản, cá điều hồng, cải ngọt.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự gia tăng nhanh chóng của dân số toàn cầu đã dẫn đến nhiều thách thức như: Khan hiếm nước, suy thoái đất canh tác, biến đổi khí hậu, nhiễm mặn, ... gây ảnh hưởng đến sản xuất lương thực [1, 2]. Nhằm góp phần giải quyết nhu cầu thực phẩm trong điều kiện tài nguyên ngày càng khan hiếm, cần có sự chuyển đổi từ các mô hình canh tác dựa trên tăng trưởng vô hạn sang các phương thức canh tác một cách cân bằng và bền vững [3]. Đối với ngành nuôi trồng thủy sản, việc xả thải từ các hoạt động nuôi trồng theo các hình thức nuôi thâm canh truyền thống trong ao đất hoặc trong các thủy vực mở đặt ra mối đe dọa nghiêm trọng đối với môi trường và hệ sinh thái thủy sinh [4, 5]. Ngoài ra, ô nhiễm nước do nước thải nuôi trồng thủy sản có thể tác động xấu đến sức khỏe con người và gây ảnh hưởng đến sự bền vững của nguồn lợi thủy sản [6, 7]. Để giải quyết các vấn đề này, việc áp dụng các phương pháp

canh tác hoặc sản xuất thân thiện với môi trường và bền vững là cần thiết.

Nuôi thủy sản kết hợp với trồng rau thủy canh trong một hệ thống tuần hoàn nước được gọi là aquaponics đây được xem là một phương pháp sản xuất thực phẩm sáng tạo và thân thiện với môi trường [1, 2, 8]. Một cách cụ thể, aquaponics kết hợp nuôi thủy sản và nông nghiệp thủy canh trong một môi trường cộng sinh, trong đó chất dinh dưỡng từ nước thải của quá trình nuôi thủy sản làm nguồn cung cấp dinh dưỡng cho hệ thống thủy canh cây trồng nhờ các chu trình sinh học tự nhiên và tuần hoàn nước tái chế cho bể nuôi thủy sản [1, 9, 10]. Với đặc tính tuần hoàn và gần như không xả thải, aquaponics cung cấp giải pháp khả thi cho việc xử lý nước thải từ nuôi trồng thủy sản bằng cách tái chế chất dinh dưỡng và nước thải trong hệ thống, giảm thiểu chất thải độc hại từ các trang trại nuôi trồng thủy sản, sử dụng tài nguyên đất và nước hạn chế và mang lại lợi ích kinh tế từ

việc sản xuất thực phẩm, bao gồm cá và cây trồng một cách bền vững [8, 11].

Do hiệu suất sử dụng đạm của hệ thống aquaponics thấp, đặc biệt là trong điều kiện mật độ cá nuôi cao, phần lớn đạm sẽ tồn tại trong hệ thống và gây ra những tác động nghiêm trọng về môi trường và đòi hỏi một số cải tiến về mặt kỹ thuật để tăng cường khả năng duy trì hàm lượng dinh dưỡng ở mức tối ưu [2, 9, 12]. Để giải quyết vấn đề này cũng như nâng cao hiệu quả và tính bền vững của hệ thống aquaponics, mô hình aquaponics có kết hợp nuôi vi tảo đã được đề xuất dựa trên khả năng chuyển hóa các chất vô cơ và hữu cơ do sự phối hợp giữa vi khuẩn và vi tảo trong hệ thống [13 - 16].

Một số nghiên cứu cho thấy, vi tảo *Chlorella* sp. có hiệu quả trong việc loại bỏ chất dinh dưỡng từ bể nuôi, cải thiện chất lượng nước [14, 17]. Các loài tảo khác nhau có khả năng hấp thụ dinh dưỡng và tương thích với cây trồng khác nhau, ảnh hưởng đến hiệu quả tái chế dinh dưỡng và năng suất hệ thống. Nghiên cứu của Addy và cs (2017) [14] cho thấy, tảo có thể cải thiện chất lượng nước trong hệ thống aquaponics, giúp kiểm soát sự giảm pH liên quan đến quá trình nitrat hóa, tạo ra oxy hòa tan trong hệ thống. Dựa trên các cơ sở trên, việc xem xét phát triển hệ thống mô hình aquaponics - vi tảo được coi là một trong những hướng phát triển đầy hứa hẹn của nuôi trồng thủy sản hiện đại. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm phát triển mô hình hệ thống nuôi trồng thủy sản tuần hoàn kết hợp aquaponics và vi tảo *Chlorella vulgaris* với mục tiêu đánh giá tăng trưởng sinh khối của các đối tượng nuôi và mức độ duy trì chất lượng nước trong hệ thống.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

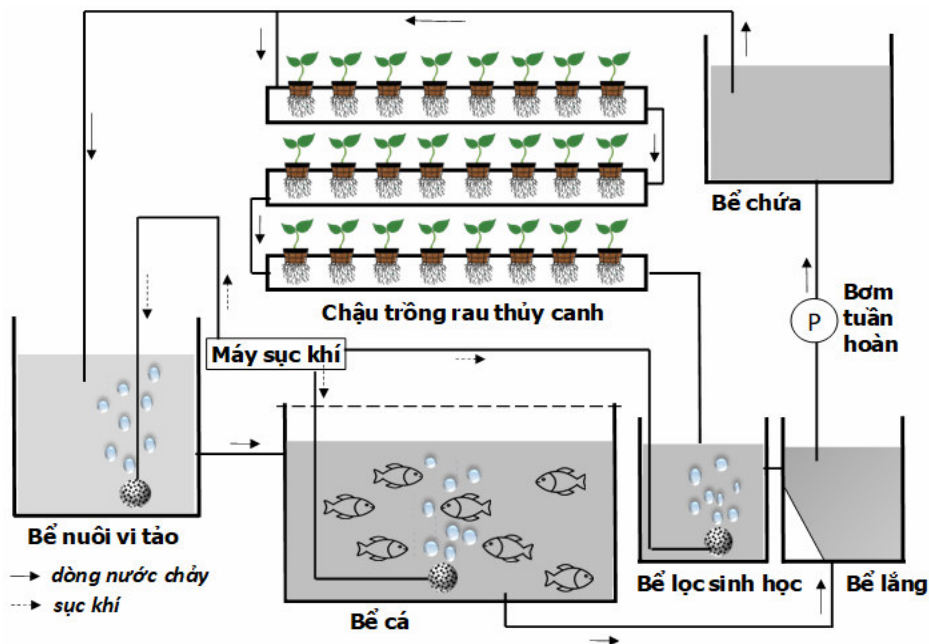
2.1 Phương pháp bố trí thí nghiệm

Nghiên cứu được tiến hành trong 9 tuần tại Phòng thí nghiệm Sinh thái môi trường, Viện Ứng dụng Công nghệ và phát triển bền vững, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành. Có 3 nghiệm thức được triển khai gồm: (1) Hệ thống aquaponics; (2) Hệ thống aquaponics - vi tảo. (3) Hệ thống nuôi cá điều hồng thâm canh. Ở nghiệm thức 1 (NT - 1) và nghiệm thức 2 (NT - 2), mỗi hệ thống aquaponics

gồm các thành phần chủ yếu như sau: Một bể nuôi cá chính bằng kính hình chữ nhật thể tích 360 L, một bể lọc sinh học bằng nhựa thể tích 200 L (sử dụng giá thể hạt Kalnes khoảng 50% thể tích và có sục khí), một bể lắng bằng nhựa thể tích 200 L, bể cấp nước tự động bằng nhựa thể tích 200 L. Hệ thống thủy canh sử dụng 3 chậu nhựa và bố trí theo kỹ thuật màng dinh dưỡng (NFT), mỗi chậu có kích thước 105 x 43 x 16 cm, mỗi chậu trồng 12 cây cải ngọt giống. Ở nghiệm thức 2, một bể nuôi vi tảo bằng kính (hình chữ nhật kích thước 35 x 35 x 70 cm với thể tích 65 L) được nối vào mô hình aquaponics trước bể nuôi cá (được mô tả như hình 1). Ở nghiệm thức 3, cá điều hồng được nuôi trong một bể nhựa tròn thể tích 500 L, có nối với một bể lắng sơ bộ thể tích 200 L. Ở các bể nuôi cá và bể lọc sinh học ở các nghiệm thức, máy bơm và máy sục khí được lắp đặt và hoàn thiện để đảm bảo hệ thống được sục khí và tuần hoàn liên tục.

Cá điều hồng (*Oreochromis* sp.) giống (còn gọi là cá rô phi đỏ) có khối lượng cơ thể trung bình $7,03 \pm 1,45$ g đã được sử dụng. Mật độ thả nuôi là 90 con/m³. Tỷ lệ cho ăn khoảng 2% sinh khối/ngày. Thức ăn cho cá được dùng là loại cám viên 2 mm với thành phần 28% protein chuyên dùng cho cá điều hồng dưới 200 g được sản xuất bởi Công ty Cagrill (Mỹ). Cá điều hồng giống được vận chuyển từ trại giống được nuôi thuần thêm khoảng 10 ngày trong bể ở phòng thí nghiệm để đảm bảo cá nuôi không bị sốc do vận chuyển và thay đổi điều kiện nuôi. Nước được tuần hoàn liên tục trong cả 3 hệ thống và định kỳ nước được thêm vào để bù trừ lượng nước hao hụt do bốc hơi. 10 mẫu cá ngẫu nhiên được lấy mẫu vào đầu và cuối thí nghiệm để cân khối lượng. Rau được trồng trong NT - 1 và NT - 2 là rau cải ngọt (*Brassica integrifolia*). Ở mỗi chậu thủy canh trồng 12 cây non khỏe mạnh đã được ươm trên giá thể xơ dừa trong 15 ngày trước khi đưa vào trồng trong hệ thống. Nghiên cứu này sử dụng ánh sáng mặt trời cho sự phát triển của rau, có bổ sung đèn LED (ánh sáng trắng) 8 giờ/ngày vào buổi chiều (khi không có ánh sáng mặt trời trực tiếp ở khu vực thí nghiệm). Rau được trồng vào hệ thống muộn hơn so với ngày thả cá 14 ngày để đảm bảo có nguồn dinh dưỡng ban đầu trong nước cho rau

phát triển. Rau được thu hoạch sau 49 ngày trồng, nghiệm thức (sau 63 ngày).
tương ứng với thời điểm kết thúc vận hành các



Hình 1. Hình vẽ mô phỏng hệ thống aquaponics - vi tảo ở nghiệm thức NT - 2

Ghi nhận số liệu khối lượng cá ở thời điểm thu hoạch để đánh giá hiệu suất tăng trưởng. Trong quá trình nuôi, quan sát và ghi nhận hành vi, lượng thức ăn và sức khỏe tổng thể của cá để hiệu chỉnh lượng thức ăn nếu cần thiết. Lượng cá bị hao hụt được ghi nhận trong suốt quá trình thí nghiệm.

Ở bể nuôi vi tảo, vi tảo *Chlorella vulgaris* là loại vi tảo được ứng dụng phổ biến làm thức ăn tự nhiên trong nuôi trồng thủy sản có khả năng hấp thụ chất dinh dưỡng và tạo môi trường tốt được sử dụng. Vi tảo *Chlorella vulgaris* được lấy từ mẫu giống thuần của Phòng thí nghiệm Sinh thái môi trường, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành. Trước khi đưa vào nuôi sinh khối trong NT - 2, vi tảo này được nuôi cấy nhân sinh khối bằng môi trường BG11. Vi tảo *Chlorella vulgaris* được nuôi cấy chuyển giữ giống và hoạt hóa trong bình nhựa 5 L (chứa 4 lít môi trường BG11) ở nhiệt độ 25 - 28°C. Chuẩn bị hệ thống sục khí và chiếu sáng liên tục cho bể nuôi tảo. Trong khoảng thời gian từ 10 - 14 ngày tảo nuôi cấy sẽ đạt mật độ cao và tốc độ tăng trưởng ổn định nhất, tảo sẽ được chuyển sang nuôi trong bể nuôi vi tảo ở NT - 2 với tỉ lệ khoảng 5% thể tích bể tảo. Trong nghiên cứu này, vi tảo

được đưa vào hệ thống NT - 2 kể từ ngày thứ 14 sau khi thả cá.

Sự tăng trưởng của vi tảo trong bể nuôi tảo và bể nuôi cá được theo dõi nhằm đánh giá các yếu tố ảnh hưởng quan trọng lên sự sống của tảo trong bể nuôi tảo và bể nuôi cá trong hệ thống. Mật độ tế bào vi tảo trong suốt quá trình thí nghiệm được theo dõi bằng phương pháp đo quang phổ tại bước sóng 680 nm (còn gọi là OD680). Giá trị OD680 càng cao cho thấy, mật độ vi tảo càng nhiều trong bể nuôi.

2.2. Phương pháp lấy mẫu và phân tích

Các thông số quan sát đối với cá bao gồm: Tỷ lệ sống, giá trị tăng trưởng khối lượng và sinh khối cá ở thời điểm thu hoạch. Đối với rau, tiến hành cân khối lượng tươi của rau khi thu hoạch. Các thông số chất lượng nước như: Nhiệt độ, pH, oxy hòa tan (DO) được đo bằng thiết bị kiểm tra nước ở bể cá của các nghiệm thức. Các chỉ tiêu tổng ammonia (TAN), nitrite (NO_2^-), nitrate (NO_3^-) và phosphate (PO_4^{3-}) được thu mẫu với tần suất mỗi tuần 1 lần và được phân tích theo phương pháp tiêu chuẩn [18]. Dữ liệu về tỷ lệ sống và sinh khối được tính bằng các công thức như sau:

- *Tỷ lệ sống*: $SR = (Nt/No) \times 100\%$

Trong đó: SR (Survival rate) là tỷ lệ sống (%); Nt là số lượng cá sau khi kết thúc thí nghiệm; No là số lượng cá ban đầu khi tiến hành thí nghiệm.

- *Tăng trưởng khối lượng*: $\Delta W = Wt - Wo$

Trong đó: ΔW là tăng trưởng khối lượng (g); Wt là khối lượng trung bình ở ngày t (g); Wo là khối lượng trung bình ở thời điểm ban đầu (g).

- *Sinh khối*: $B = W \times n$

Trong đó: B là sinh khối (g); W là khối lượng trung bình (g); N là số lượng cá thể.

Các dữ liệu khối lượng cá trung bình, khối lượng rau trung bình, sinh khối cá và sinh khối rau và giá trị các thông số chất lượng nước được tính toán bằng phần mềm Microsoft Excel.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Chất lượng nước

Biến động giá trị các thông số chất lượng nước bao gồm: pH, nhiệt độ, oxy hòa tan (DO), tổng đạm ammonia (TAN), nitrite (NO_2^-), nitrate (NO_3^-), và phosphate (PO_4^{3-}) đo đặc ở bể cá của các nghiệm thức NT - 1 (hệ thống aquaponics), NT-2 (hệ thống aquaponics - vi tảo), NT - 3 (hệ thống nuôi cá thâm canh) được trình bày bảng 1. Kết quả cho thấy, giới hạn các thông số chất lượng nước đo đặc trong bể nuôi cá ở cả hai hệ thống aquaponics (NT - 1) và aquaponics - vi tảo (NT - 2) trong giai đoạn vận hành các nghiệm thức (63 ngày) đều nằm trong ngưỡng chất lượng nước phù hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của nhóm cá rô phi (bao gồm cá điều hồng) trong hệ thống aquaponics hoặc ở các nghiệm cứu khác (Bảng 1). Giá trị đo đặc cá chỉ tiêu chất lượng nước ở các hệ thống aquaponics (NT - 1 và NT - 2) nhìn chung thấp hơn so với hệ thống nuôi thâm canh (NT - 3).

So sánh chất lượng nước giữa NT - 2 và NT - 1, cho thấy khoảng biến động các chỉ tiêu ở cả 2 nghiệm thức ở mức tương đương nhau, ngoại trừ giá trị TAN và NO_3^- tối đa ở NT - 2. Nồng độ TAN và NO_3^- tối đa ở NT - 2 lần lượt là 8,44 mg N/L và 17,4 mg N/L, ở mức thấp hơn so với giá trị tương ứng ở NT - 1 (nồng độ TAN và NO_3^- tối đa lần lượt là 12,50 mg N/L và 26,9 mg N/L). Amonia (NH_4^+/NH_3) là sản phẩm bài tiết chính của cá và

cũng xảy ra do sự phân hủy của thức ăn thừa. Đây là thành phần gây độc cho cá nếu tích tụ ở mức cao trong hệ thống nuôi cá. Theo Hu và cs (2015) [19], hàm lượng TAN trong hệ thống aquaponics đạt mức 11 - 33 mg N/L vẫn phù hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của cá điều hồng. Tuy nhiên, Li và Li (2009) [20] cảnh báo rằng nồng độ ammonia trong hệ thống nuôi trồng thủy sản nên dưới 3,78 mg N/L. Trong nghiên cứu này, hàm lượng TAN tối đa trong bể cá ở 2 nghiệm thức aquaponics là NT - 1 (12,50 mg N/L) và NT - 2 (8,44 mg N/L) nhìn chung tương đối thấp.

Phần lớn NO_3^- đến từ quá trình nitrate hóa (quá trình oxy hóa NH_4^+ thành NO_2^- và NO_3^-), mà nguồn gốc các dạng đạm này chủ yếu từ thức ăn cho cá nuôi [9]. Hàm lượng NO_3^- thường được xem là tương đối an toàn đối với cá nuôi và rau trồng trong hệ thống aquaponics. Môi trường nước có hàm lượng NO_3^- tăng cao thường không gây độc đối với cá và hầu hết các loài cá có khả năng chịu đựng nồng độ NO_3^- khá cao mà không bị tác động đến sức khỏe. NO_3^- tương đối không độc đối với cá ngoại trừ khi nồng độ quá cao trên 90 mgN/L [21]. Nhiều nghiên cứu cho thấy, NO_3^- không gây hại và là dạng đạm lý tưởng cho cây trồng [22]. Ở các nghiệm thức NT - 1 và NT - 2, rau cải ngọt đã sử dụng NO_3^- có sẵn trong hệ thống, do đó nồng độ NO_3^- trong nước ở các hệ thống này duy trì ở mức không quá cao.

Trong nghiên cứu này, khoảng biến động hàm lượng PO_4^{3-} ghi nhận ở NT - 2 (0,52 - 1,38 mgP/L), thấp hơn so với giá trị tương ứng ở NT - 1 (0,40 - 3,24 mg P/L) và NT-3 (0,84 - 4,86 mg P/L). PO_4^{3-} là một trong những chất dinh dưỡng quan trọng được cây trồng và cá sử dụng cho việc hình thành xương cùng với canxi. Nuwansi và cs (2017) [23] đã công bố hàm lượng PO_4^{3-} trong khoảng 0,74 - 1,31 mg P/l trong các hệ thống aquaponics đã canh, nhìn chung ở mức tương đương với giá trị ghi nhận ở hệ thống aquaponics - vi tảo trong nghiên cứu này.

Như vậy có thể thấy rằng, hệ thống aquaponics - vi tảo có hiệu quả trong việc giảm hàm lượng các dạng dinh dưỡng hòa tan bao gồm: TAN, NO_2^- , NO_3^- và PO_4^{3-} . Một số nghiên cứu đã báo cáo rằng hệ thống aquaponics có thể giảm

tổng lượng đạm ở mức 30,6% [20], 40,32% [24], và 78,3% [25]. Các nghiên cứu khác cũng cho thấy, đối với các hệ thống có trồng rau thủy canh có khả năng làm giảm đáng kể hàm lượng PO_4^{3-} trong hệ thống ở mức 68,3% [24], 89% [26] và 50,3% [27].

Chế độ cho ăn, thiết kế hệ thống, các loài thực vật khác nhau được sử dụng trong các hệ thống aquaponics có thể là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hiệu quả chuyển hóa và loại bỏ dinh dưỡng trong hệ thống [16].

Bảng 1. Giới hạn các thông số chất lượng nước bao gồm: pH, nhiệt độ, oxy hòa tan (DO), tổng amoniac tổng (TAN), nitrite (NO_2^-), nitrate (NO_3^-), phosphate (PO_4^{3-}) đo đạt ở bể cá của các nghiệm thức NT - 1 (hệ thống aquaponics), NT - 2 (hệ thống aquaponics - vi tảo), NT - 3 (hệ thống nuôi cá thâm canh) và so sánh với giá trị phù hợp cho nhóm cá rô phi ở các nghiên cứu khác

Chỉ tiêu phân tích	NT-1	NT-2	NT-3	Giới hạn phù hợp cho nhóm cá rô phi ở các nghiên cứu khác
Nhiệt độ nước ($^{\circ}\text{C}$)	26,9 - 29,1	26,9 - 29,1	26,3 - 28,8	18 - 32,9 [28] 15 - 30 [29]
pH	7,01 - 7,69	6,73 - 7,44	6,96 - 7,65	6 - 9 [28]
DO (mg/L)	3,53 - 5,34	3,61 - 5,68	3,26 - 5,12	≥ 3 [30]
TAN (mg N/L)	0,46 - 12,50	0,24 - 8,44	1,60 - 21,48	0,17 - 3,78 [20] 11 - 33 [19] 1,1 - 2,4 [22]
NO_2^- (mg N/L)	0,04 - 0,18	0,02 - 0,14	0,02 - 0,40	0,02 - 0,12 [31] 6,0 - 8,0 [14] < 5,0 [28]
NO_3^- (mg N/L)	4,30 - 26,90	2,62 - 17,4	3,85 - 36,80	0,2 - 219 [32] 16 - 31 [19] 26,7 - 54,7 [22]
PO_4^{3-} (mg P/L)	0,40 - 3,24	0,52 - 1,38	0,84 - 4,86	0,01 - 4,7 [33] 0,01 - 2,4 [34] 7,6 - 9,0 [22] 2,5 - 4,4 [27]

Khoảng giới hạn các thông số chất lượng nước ở hệ thống aquaponics - vi tảo được ghi nhận trong nghiên cứu này cũng nằm trong phạm vi tối ưu đã được báo cáo bao gồm: Nhiệt độ ($15 - 33^{\circ}\text{C}$) [28, 29], pH (6 - 9) [28], TAN [19, 20, 22], NO_3^- [19, 22, 32], PO_4^{3-} [22, 27, 33, 35]. Ngoài ra, do không có sự khác biệt lớn trong quá trình quang hợp giữa vi tảo và các thực vật bậc cao [36], mặt khác, do kích thước nhỏ hơn và giảm số lượng các bào quan sinh lý cạnh tranh nội tại, vi tảo có thể phát triển nhanh hơn nhiều và sử dụng hiệu quả các chất dinh dưỡng trong nước so với các thực vật bậc cao [37, 38].

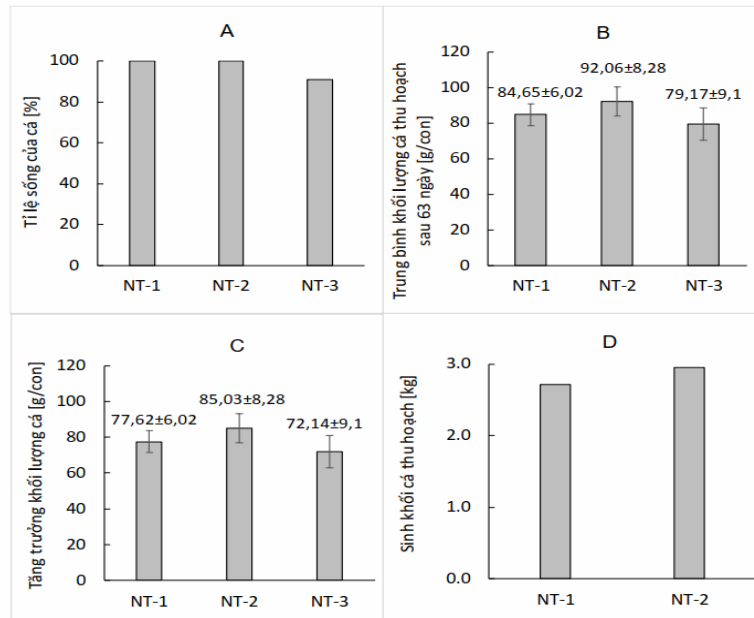
3.2. Tăng trưởng sinh khối của cá và rau

Kết quả đo đặc tỉ lệ sống, khối lượng cá trung bình, tăng trưởng khối lượng cá, sinh khối của cá

điều hồng nuôi trong 3 nghiệm thức được trình bày trong hình 2. Kết quả cho thấy, tỉ lệ sống, tăng trưởng khối lượng và sinh khối của cá điều hồng ở NT - 2 tương đương với NT - 1 và cao hơn so với cá điều hồng nuôi không sử dụng hệ thống aquaponics. Chỉ số tăng trưởng sinh khối cá trung bình ở nghiệm thức aquaponics - vi tảo thu hoạch đạt mức $85,03 \pm 8,28$ g/con so với nghiệm thức aquaponics là $77,62 \pm 6,02$ g/con sau 63 ngày nuôi. Điều này cho thấy, hệ thống aquaponics - vi tảo ảnh hưởng đến tỷ lệ sống, sự sinh trưởng và phát triển của cá nuôi. Ở NT-3, tỉ lệ sống, sự phát triển và sinh khối thấp có thể do chất lượng nước chưa tối ưu. Bảng 1 cho thấy, chất lượng nước của cá điều hồng nuôi không sử dụng hệ thống aquaponics có chất lượng nước kém hơn so với 2

nghiệm thức còn lại, đặc biệt là nồng độ TAN và NO_2^- . Kết quả cho thấy, chất lượng nước rất quan trọng trong nuôi trồng thủy sản vì đây là yếu tố

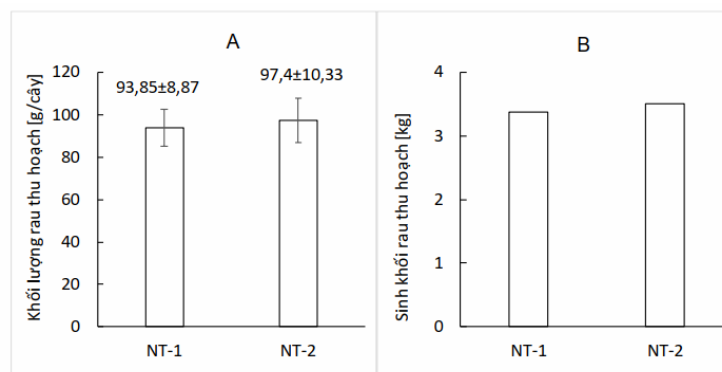
giới hạn, đặc biệt NO_2^- có tính độc hại đối với sự sinh trưởng của cá [39].



Hình 2. Biểu đồ giá trị tỉ lệ sống (A), khối lượng cá trung bình (B), tăng trưởng khối lượng cá (C), sinh khối của cá điều hồng nuôi trong 3 nghiệm thức (NT - 1: Hệ thống aquaponics, NT - 2: Hệ thống aquaponics - vi tảo; và NT - 3: Hệ thống nuôi cá thâm canh)

Kết quả khảo sát khối lượng tươi trung bình và sinh khối rau khi thu hoạch (sau 49 ngày trồng) của các nghiệm thức được thể hiện ở hình 3. Khối lượng rau trung bình của cây rau cải ngọt thu hoạch ở nghiệm thức aquaponics - vi tảo đạt $97,4 \pm 10,33$ g/cây so với ở nghiệm thức aquaponics là

$93,85 \pm 8,87$ g/cây sau 49 ngày trồng. Mặc dù vậy, so với dữ liệu ở các nghiên cứu khác và tài liệu hướng dẫn canh tác, đây chưa phải là khối lượng tối đa của loại rau này. Giống rau này trong điều kiện canh tác thích hợp có thể đạt mức khoảng 150 g/cây sau 40 - 50 ngày trồng.



Hình 3. Trung bình khối lượng rau thu hoạch (A) và tổng sinh khối rau thu hoạch (B) ở các nghiệm thức NT - 1 (Hệ thống aquaponics) và NT - 2 (Hệ thống aquaponics - vi tảo)

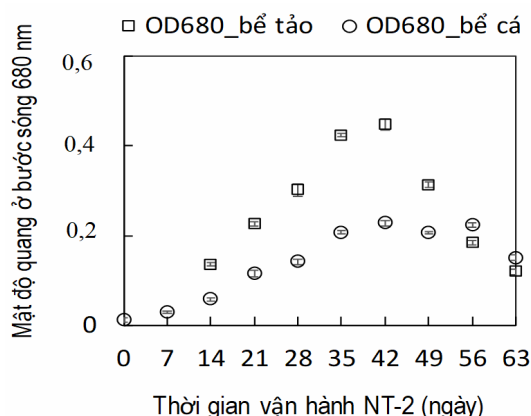
3.3. Sự tăng trưởng sinh khối vi tảo

Kết quả đo mật độ quang ở bảng 4 cho thấy, bước sóng 680 nm (OD 680), mật độ tảo *Chlorella*

vulgaris tăng dần trong 4 tuần sau khi tảo được đưa vào hệ thống (từ ngày 14), tuy nhiên mức độ tăng trưởng sinh khối của vi tảo ở bể vi tảo chưa ở

mức cao (như trong môi trường nuôi cấy thuần khi nhân giống trong môi trường BG11 giai đoạn chuẩn bị giống trước khi tiến hành thí nghiệm - khi giá trị OD 680 đạt mức >1 sau khoảng 10 ngày nuôi cấy). Giá trị OD 680 đo đạc ở bể cá cũng có khuynh hướng tương tự. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, ánh sáng, nhiệt độ và các chất dinh dưỡng (như đạm, lân và car-bon) là những yếu tố then chốt quyết định đến sự sinh trưởng của vi tảo [40]. Trong nghiên cứu này, mặc dù vi tảo *Chlorella vulgaris* có khả năng thích ứng tốt và được kỳ vọng đóng vai trò quan trọng trong xử lý nước và cung cấp oxy cho hệ thống aquaponics, song kết quả nghiên cứu cho thấy, mật độ vi tảo trong hệ thống NT - 2 không đạt mức kỳ vọng như khi nuôi trong môi trường BG11. Nguyên nhân có thể đến từ một số yếu tố hạn chế như: Cường độ ánh sáng không đủ, dao động pH không nằm trong ngưỡng tối ưu và điều kiện dinh dưỡng trong hệ thống aquaponic chưa đáp ứng đầy đủ nhu cầu

của vi tảo. Mặc dù ở có bổ sung ánh sáng đèn LED vào buổi chiều cho hệ thống, nhưng tổng thời gian chiếu sáng và cường độ ánh sáng có thể chưa đạt ngưỡng cần thiết để thúc đẩy tốc độ sinh trưởng tối ưu của *Chlorella vulgaris* [41]. Bên cạnh đó, pH môi trường nước trong NT - 2 dao động trong khoảng 6,87 - 7,53, tương đối thấp hơn so với khoảng pH tối ưu 7,0 - 8,5 được khuyến nghị cho vi tảo *Chlorella vulgaris* [42]. pH ảnh hưởng đến hoạt động enzyme, khả năng hấp thụ dinh dưỡng và hiệu suất quang hợp, do đó sự lệch khỏi khoảng tối ưu có thể làm giảm tốc độ sinh trưởng của vi tảo [43, 44]. Ngoài ra, mặc dù hệ thống NT-2 có hiệu quả trong việc duy trì hàm lượng dinh dưỡng phù hợp cho cá và rau, tuy nhiên thành phần dinh dưỡng dành riêng cho vi tảo như: Lân (P), magiê (Mg^{2+}), sắt (Fe^{3+}) và các vi lượng khác có thể không được cung cấp đầy đủ hoặc cân đối như trong môi trường nuôi cấy BG11, dẫn đến giới hạn sinh trưởng của vi tảo [45].



Hình 4. Kết quả đo mật độ quang ở bước sóng 680 nm (OD 680) theo thời gian vận hành hệ thống aquaponics - vi tảo đo ở bể tảo và bể cá

Để nâng cao hiệu quả nuôi vi tảo *Chlorella vulgaris* trong hệ thống aquaponics, các nghiên cứu tiếp theo cần tập trung cải thiện cung cấp ánh sáng, điều chỉnh pH (trong khoảng 7,0 - 8,5), bổ sung các vi chất dinh dưỡng cần thiết. Ngoài ra, cần tối ưu hóa thiết kế bể nuôi vi tảo để đảm bảo điều kiện dòng chảy, sục khí và tuần hoàn phù hợp với đặc tính sinh trưởng của vi tảo.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đánh giá sinh khối và chất lượng nước trong hệ thống tuần hoàn kết hợp aquaponics - vi tảo cho thấy, hệ thống aquaponics

kết hợp với vi tảo *Chlorella vulgaris* giúp cải thiện chất lượng nước hiệu quả hơn so với hệ thống aquaponics thông thường, thể hiện qua việc giảm các dạng dinh dưỡng hòa tan như TAN, NO_3^- và PO_4^{3-} . Tăng trưởng sinh khối của cá và rau trong hệ thống aquaponics - vi tảo cũng cao hơn so với hệ thống không có vi tảo, cho thấy, tác động tích cực của vi tảo đến năng suất nuôi trồng. Tuy nhiên, mật độ vi tảo trong hệ thống chưa đạt mức tối ưu, cần tiếp tục nghiên cứu các yếu tố môi trường để nâng cao hiệu quả hệ thống.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được hỗ trợ kinh phí từ đề tài nghiên cứu khoa học Quỹ Giáo sư Lê Trí Viễn và Trường Đại học Nguyễn Tất Thành. Nhóm nghiên cứu xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Verma A. K. *et al.* (2023). Aquaponics as an integrated agri-aquaculture system (IAAS): Emerging trends and future prospects. *Technological forecasting and social change*, 194: p. 122709.
2. Yep B and Y. Zheng (2019). Aquaponic trends and challenges - A review. *Journal of Cleaner production*, 228: 1586 - 1599.
3. Al - Hazmi, H. E. *et al.* (2023). Wastewater reuse in agriculture: Prospects and challenges. *Environ Res*, 236(1): p. 116711.
4. Ahmad A. L., Chin J. Y., Harun M. H. Z. M. and Low S. C. (2022). Environmental impacts and imperative technologies towards sustainable treatment of aquaculture wastewater: A review. *Journal of Water process engineering*, 46: p. 102553.
5. Boyd C. E. *et al.* (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(3): 578 - 633.
6. Binh V. N. *et al.* (2018). Antibiotics in the aquatic environment of Vietnam: Sources, concentrations, risk and control strategy. *Chemosphere*, 197: 438 - 450.
7. Angel D., A. Jokumsen and G. Lembo (2019). Aquaculture production systems and environmental interactions. *Organic aquaculture: Impacts and future developments*, 103 - 118.
8. Okomoda V. T. *et al.* (2023). Aquaponics production system: A review of historical perspective, opportunities, and challenges of its adoption. *Food Sci Nutr*, 11(3): 1157 - 1165.
9. Wongkiew S. *et al.* (2017). Nitrogen transformations in aquaponic systems: A review. *Aquacultural Engineering*, 76: 9 - 19. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.01.004>.
10. Graber A. and Junge R. (2009). Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination*, 246(1): 147 - 156.
11. Nuwansi K. K. T. *et al.* (2019). Utilization of phytoremediated aquaculture wastewater for production of koi carp (*Cyprinus carpio* Var. koi) and gotukola (*Centella asiatica*) in an aquaponics. *Aquaculture*, 507: 361 - 369.
12. Han P., Lu Q., Fan L. and Zhou W. (2019). A review on the use of microalgae for sustainable. *Aquaculture*, 9(11), 2377, <https://doi.org/10.3390/app9112377>.
13. Nie X. *et al.* (2020). Current progress, challenges and perspectives in microalgae-based nutrient removal for aquaculture waste: A comprehensive review. *Journal of Cleaner production*, 277: p. 124209.
14. Addy M. M. *et al.* (2017). Co-cultivation of microalgae in aquaponic systems. *Bioresour technol*, 245, 27 - 34.
15. Fang Y. *et al.* (2017). Improving nitrogen utilization efficiency of aquaponics by introducing algal-bacterial consortia. *Bioresour Technol*, 245: 358 - 364.
16. S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen and G. M. Burnell (2019). Aquaponics food production systems: Combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future. Springer International Publishing: Cham, 301 - 330.
17. Ji M. *et al.* (2024). Environmental impacts on algal - bacterial-based aquaponics system by different types of carbon source addition: Water quality and greenhouse gas emission. *Environmental Science and Pollution Research*, 31: 1 - 10.
18. APHA (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st Edition. American Public Health Association/American water works Association/water environment Federation, Washington DC.

19. Hu Z. *et al.* (2015). Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. *Bioresource Technology*, 188: 92 - 98.
20. Li W. and Li Z. (2009). In situ nutrient removal from aquaculture wastewater by aquatic vegetable *Ipomoea aquatica* on floating beds. *Water Sci Technol*, 59(10): 1937 - 1943.
21. Stone N. M. and Hugh K. T. (2004). Understanding your fish pond water analysis report. Cooperative extension program. University of Arkansas at Pine Bluff, US Dept. of Agriculture and County Governmentsb Cooperating.
22. Rakocy J. E., Shultz R. C. *et al.* (2004). Aquaponic production of tilapia and basil: Comparing a batch and staggered cropping system. *Acta Horticulturae*, 648: 63 - 69.
23. Nuwansi T. *et al.* (2017). Standardization of the stocking density ratios of Koi carp (*Cyprinus carpio* Var. koi): Goldfish (*Carassius auratus*) in Polyculture Aquaponic Recirculating System. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17: 1271 - 1278.
24. Zhou X. *et al.* (2005). N and P removal characters of eutrophic water body under planted float. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 16(11): 2199 - 203.
25. Endut A. *et al.* (2009). Effect of flow rate on water quality parameters and plant growth of water spinach (*Ipomoea aquatica*) in an aquaponic recirculating system. *Desalination and Water treatment*, 5(1-3): 19 - 28.
26. Effendi H., Utomo B. A., Darmawangsa G. M. and Sulaeman N. (2015). Combination of water spinach (*Ipomea aquatica*) and bacteria for freshwater cryfish red claw (*Cherax quadricarinatus*) culture wastewater treatment in aquaponic system. *Journal of Advances in Biology*, 6: 1072 - 1078.
27. Lennard W. A. and Leonard B. V. (2006). A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. *Aquaculture International*, 14(6): 539 - 550.
28. DeLong D. P. and Rakocy J. E. (2009). Tank culture of tilapia. Southern Regional Aquaculture Center. Publication, No, 282.
29. Bhatnagar A. and Devi P. (2013). Water quality guidelines for the management of pond fish culture. *International Journal of Environmental Science*, 3: 1980 - 2009.
30. Caldini N., Cavalcante D., Filho P. and Carmo-e-Sá M. (2015). Feeding Nile tilapia with artificial diets and dried bioflocs biomass. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 37: 335 - 341.
31. Cavalcante D. *et al.* (2014). Imbalances in the hardness/alkalinity ratio of water and Nile tilapia's growth performance. *Acta Scientiarum - Technology*, 36: 49 - 54.
32. El-Saidy D. and Gaber M. (2005). Effect of dietary protein levels and feeding rates on growth performance, production traits and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) cultured in concrete tanks. *Aquaculture Research*, 36: 163 - 171.
33. Effendi H., Ajitama P., and Hariyadi S. (2017). Removal of nitrogen and phosphorus of tilapia farming waste (*Oreochromis niloticus*) by butterhead lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Capitata). *Asian Journal of Microbiology*, 19: 847 - 852.
34. Medina M., K. Jayachandran, M. Bhat and A. Deoraj (2015). Assessing plant growth, water quality and economic effects from application of a plant-based aquafeed in a recirculating aquaponic system. *Aquaculture International*, 23(4): 13. DOI:10.1007/s10499-015-9934-3
35. Yavuzcan Y. H. *et al.* (2017). Fish welfare in Aquaponic systems: Its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces - A review. *Water*, 9(1): 13, doi:10.3390/w9010013.
36. Deppeler S. *et al.* (2018). Ocean acidification of a coastal Antarctic marine microbial community reveals a critical threshold for CO₂ tolerance in phytoplankton productivity. *Biogeosciences*, 15(1): 209 - 231.
37. Moheimani N. R. *et al.* (2015). Past, present and future of microalgae cultivation developments, in biomass and biofuels from microalgae: Advances in Engineering and Biology, Springer International Publishing: Cham. 1 - 18.

38. Ayre J., Moheimani N. and Borowitzka M. (2017). Growth of microalgae on undiluted anaerobic digestate of piggery effluent with high ammonium concentrations. *Algal Research*, 24: 218 - 226.
39. Yanbo W., Wenju Z., Weifen L. and Zirong X. (2006). Acute toxicity of nitrite on tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different external chloride concentrations. *Fish Physiology and Biochemistry*, 32(1): 49 - 54.
40. Yaakob M. A. *et al.* (2021). Influence of nitrogen and phosphorus on microalgal growth, biomass, lipid, and fatty acid production: An Overview. *Cells*, 10(2).
41. Moheimani N. R. and Parlevliet D. (2013). Sustainable solar energy conversion to chemical and electrical energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27: 494 - 504.
42. Wang C., Li H., Wang Q. and Wei P. (2010). Effect of pH on growth and lipid content of *Chlorella vulgaris* cultured in biogas slurry. *Chinese journal of Biotechnology*, 26: 1074 - 1079.
43. Sakarika M. and Kornaros M. (2016). Effect of pH on growth and lipid accumulation kinetics of the microalga *Chlorella vulgaris* grown heterotrophically under sulfur limitation. *Bioresource Technology*, 219: 694 - 701.
44. Zhou W., Lu Q., Han P. and Li J. (2020). Chapter 3 - Microalgae cultivation and photobioreactor design, in microalgae cultivation for biofuels production. *Academic Press*, 31 - 50.
45. Smith V. H. (1983). Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science*, 221: 669 - 671.

EFFICIENCY OF THE AQUAPONICS - MICROALGAE CIRCULAR SYSTEM: ASSESSMENT OF WATER QUALITY AND BIOMASS GROWTH

Co Thi Kinh¹, Le Quang Huy¹, Tra Van Tung¹, Vu Quang Manh², Le Thai Hoang¹

¹*Institute of Applied Technology and Sustainable Development,
Nguyen Tat Thanh University*

²*Center for Biodiversity Resources Education Research,
Hanoi National University of Education*

Summary

The aquaponic system combined with microalgae farming a high-tech agricultural approach that utilizes algae to enhance water quality and improve productivity in both aquaculture and crop cultivation. This study aimed to assess the biomass growth of fish and vegetables as well as monitor key water quality parameters. Three experimental treatments were established: (1) A conventional aquaponics system, (2) An aquaponics system integrated with *Chlorella vulgaris*, (3) An intensive red tilapia monoculture system. After 63 days, red tilapia cultured in the microalgae-integrated aquaponics system showed significantly higher growth rates and fresh biomass than those figures of the other treatments. Likewise, the fresh biomass of harvested mustard greens in the microalgae-integrated aquaponics system was greater than that in the conventional aquaponics setup. Water quality parameters such as temperature, pH, DO, TAN, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻ in the fish tanks of the microalgae-integrated aquaponics system were maintained within optimal ranges, creating favorable conditions for the growth of both fish and vegetables.

Keywords: *Aquaponics, aquaculture, Chlorella vulgaris, mustard greens, red tilapia.*

Ngày nhận bài: 25/9/2024

Ngày chuyển phản biện: 6/01/2025

Ngày thông qua phản biện: 20/01/2025

Ngày duyệt đăng: 14/2/2025