



**ẢNH HƯỞNG CỦA SINH KHỐI CÁ CHÌNH BÔNG (*ANGUILLA MARMORATA*) ĐẾN SINH TRƯỞNG VÀ NĂNG SUẤT CẢI THẢO (*BRASSICA CAMPESTRIS* SPP. PEKINENSIS) TRONG HỆ THỐNG AQUAPONIC QUI MÔ TRANG TRẠI**

Lê Thanh Toàn<sup>1</sup>, Võ Thị Hương Dương<sup>2</sup>, Trần Minh Khang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup>Trường Đại học An Giang, ĐHQG-HCM

**Thông tin chung:**

Ngày nhận bài: 20/05/2020

Ngày nhận kết quả bình duyệt:  
08/10/2020

Ngày chấp nhận đăng:  
03/2022

**Title:**

Isolation and selection of antagonistic actinomycete isolates against *Sclerotium rolfsii* and *Fusarium solani* at in vitro conditions

**Keywords:**

Aquaponic system, eel, Chinese cabbage, growth rate

**Từ khóa:**

Hệ thống aquaponic, cá chình, cải thảo, tăng trưởng

**ABSTRACT**

This research determines the effects of biomass of the giant mottled eel (*Anguilla marmorata*) on growth and yield of Chinese cabbage (*Brassica campestris* spp. *pekinensis*) in aquaponic system was conducted aim initial eel biomass determination results in the highest growth and yield of Chinese cabbage when combined in aquaponic system. Experiment was conducted in aquaponic system consisting of three eel tanks and 160 m<sup>2</sup> of Chinese cabbage cultivation. Experiment with three treatments corresponding with of three ininitial eel biomass levels was 200 kg, 250 kg and 300 kg on the same vegetable area of 160 m<sup>2</sup> with density of 16 plants/1,2 m<sup>2</sup>. Each treatment repeated three times, each time lasting 28 days (equivalent to 01 growth cycle of vegetables). Results showed that treatment-2 (250 kg) is the best, the eel weight gain 34.4% and Chinese cabbage has an average weight of 195.3 g and yield of 2.24 kg/m<sup>2</sup>.

**TÓM TẮT**

Nghiên cứu xác định ảnh hưởng của sinh khối cá chình bông (*Anguilla marmorata*) đến sinh trưởng và năng suất cải thảo (*Brassica campestris* spp. *pekinensis*) trong hệ thống aquaponic được thực hiện nhằm xác định mức sinh khối cá chình ban đầu đưa đến tăng trưởng và năng suất cải thảo cao nhất khi kết hợp sản xuất trong hệ thống aquaponic. Thí nghiệm được tiến hành trong hệ thống aquaponic gồm 03 bể nuôi cá chình và 160 m<sup>2</sup> trồng cải thảo cho mỗi hệ thống. Thí nghiệm gồm ba nghiệm thức về mức sinh khối cá chình thả nuôi ban đầu (200 kg, 250 kg và 300 kg) tương ứng trên cùng diện tích trồng cải thảo (160 m<sup>2</sup>) với mật độ như nhau (16 cây/1,2 m<sup>2</sup>). Thời gian thực hiện trong 28 ngày (tương ứng với một chu kỳ rau) và thí nghiệm được lặp lại 03 lần. Kết quả cho thấy, nghiệm thức 2 (250 kg) tốt nhất, cá chình đạt mức tăng trọng 34,4 % và cải thảo đạt trọng lượng trung bình 195,3 g/cây với năng suất đạt 2,24 kg/m<sup>2</sup>.

## 1. GIỚI THIỆU

Aquaponic là hệ thống nuôi thủy sản kết hợp trồng rau thủy canh trong hệ thống tuần hoàn không dùng đất, trong đó chất thải của cá được chuyển thành chất dinh dưỡng cho cây trồng và cây trồng làm sạch nước thải, trả lại cho bể cá bằng các chu trình tự nhiên với sự góp mặt của vi khuẩn có lợi. Aquaponic được ghi nhận từ những năm của thập niên 70 và tiếp tục được nghiên cứu tại nhiều nơi (Neagel, 1977; Lewis, Yopp và Schramm, 1978). Năm 2006, Rakocy và cs đề xuất mô hình aquaponic hoàn chỉnh (UVI aquaponic system) và được đánh giá là có khả năng phát triển mở rộng ở quy mô thương mại vì là mô hình sản xuất bền vững trên phương diện nâng cao năng suất và tiết kiệm chi phí trên cùng một diện tích canh tác (Laura và cs., 2015). Aquaponic là một phương pháp canh tác tạo ra nguồn thực phẩm tự nhiên, thân thiện với môi trường, khai thác các thuộc tính tốt nhất của nuôi trồng thủy sản và trồng rau thủy canh mà không cần phải xả nước thải, lọc nước hoặc thêm các loại phân bón hóa học. Ngoài ra, do hệ thống được xây dựng trên thiết kế tách biệt giữa khu nuôi cá và khu trồng rau nên việc chọn lựa đối tượng thủy sản và rau màu canh tác sẽ thuận lợi hơn và tùy vào điều kiện, mục đích từng nơi mà có sự kết hợp cá, rau phù hợp nhất. Tuy nhiên, theo FAO (2014), để đảm bảo đủ lượng dinh dưỡng cung cấp cho rau cũng như sự cân bằng hệ vi sinh vật hữu ích cho hệ thống aquaponic vấn đề quan trọng nhất là đảm bảo sự cân bằng giữa mật độ hay sinh khối của cá và rau sao cho cân đối đó được duy trì ổn định trong suốt thời gian vận hành hệ thống.

Lược khảo một số kết quả nghiên cứu về aquaponic trên thế giới và tại Việt Nam cho thấy có nhiều đối tượng thủy sản được thử nghiệm như cá rô phi (Rakocy và cs, 2004, 2006; Ngô Thị Lam Giang, 2017), cá lóc (Trần Thị Ngọc Bích, 2015), cá diêu hồng (Hứa Thái Nhân, 2019), cá trắm cỏ (Lennard và Ward, 2019) và thường kết hợp với các loại rau phổ biến như: cải thìa, cải xanh, xà lách, rau muống.

Hiện nay, tại các tỉnh vùng Tây Nam Bộ, nuôi cá chình lồng bè hay trong ao đất đang phát triển mạnh nhờ vào đặc điểm sinh trưởng và giá trị của cá chình cùng với thị trường ổn định, giá bán cao, mang lại thu nhập khá cho người nuôi. Tuy nhiên, nghề nuôi cá chình luôn tiềm ẩn nhiều rủi ro khi chi phí con giống cao và phụ thuộc vào đánh bắt tự nhiên, thời gian nuôi kéo dài và đặc biệt là tình trạng biến đổi khí hậu nắng nóng và xâm nhập mặn thường xuyên xảy ra. Năm 2017, Nguyễn Nhứt đã thử nghiệm nuôi cá chình bông trong hệ thống tuần hoàn và ghi nhận tốc độ tăng trưởng và khối lượng cao (0,6 %/ngày và 940 g/con) sau 13 tháng nuôi với tỉ lệ sống 82 %.

Trong nghiên cứu này chúng tôi chọn cá chình bông, thử nghiệm nuôi trong hệ thống aquaponic cùng với cải thảo. Nghiên cứu nhằm xác định sinh khối cá chình thả ban đầu đưa đến tăng trưởng và năng suất cải thảo cao nhất khi kết hợp sản xuất giữa cá chình – cải thảo trong hệ thống aquaponic ở qui mô trang trại.

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Địa điểm, thời gian và vật liệu nghiên cứu

Địa điểm: Nghiên cứu được thực hiện tại Công ty TNHH Nông sản Đồng Tháp Aqua, Thị trấn Lấp Vò, huyện Lấp Vò, tỉnh Đồng Tháp.

Thời gian thí nghiệm: 84 ngày, từ 04/2020 – 06/2020.

Vật liệu:

- Cá chình bông (*Anguilla marmorata*) đã được thuần dưỡng và chọn lựa tương đồng về kích cỡ với khối lượng ban đầu trung bình  $202,56 \pm 11,32$  gr/con và chiều dài trung bình  $42,222 \pm 0,605$  cm.
- Cải thảo (*Brassica campestris* spp. *pekinensis*) đã qua giai đoạn ươm mầm trên giàn ươm. Cải thảo được trồng áp trên những bè nổi (xốp cách nhiệt XPS) có diện tích  $0,6 \text{ m}^2$  ( $0,6\text{m} \times 1,0\text{m}$ ) đã khoan lỗ với mật độ 8 cây rau/bè ( $16 \text{ cây}/1,2\text{m}^2$ ).

### 2.2 Hệ thống thí nghiệm

Hệ thống aquaponic: Hệ thống được xây dựng dựa theo nguyên lý của Rakocy và cs. (2004, 2006) sử dụng máy bơm công suất lớn bơm lượng nước đủ lớn từ bể hồi – cấp nước để chảy đều về các bể cá. Sau đó nước ra từ các bể cá chảy đều vào các nhánh của bể trồng rau theo phương pháp thủy canh. Sau cùng, nước theo các nhánh riêng lẻ khác chảy về bể hồi – cấp nước.

Thí nghiệm được thực hiện trong nhà lưới có diện tích 1.000 m<sup>2</sup>, gồm 3 hệ thống thủy canh hoàn chỉnh riêng biệt và giống nhau cho 3 nghiệm thức của thí nghiệm. Mỗi hệ thống gồm 4 luống trồng cải thảo với diện tích 160 m<sup>2</sup> và 3 bể nuôi cá với tổng thể tích 12 m<sup>3</sup>.

- Bể nuôi cá: hình tròn, cấu trúc bằng composite gồm 2 bể đường kính 3,0 m và 1 bể đường kính 2,0 m. Mực nước trong luôn được ổn định ở mức 0,7 m.
- Luống rau thủy canh: 4 luống được xây dựng bằng xi măng (lót bạt HDPE 0,5 mm) liền kề nhau với chiều dài 22 m, trong đó 3 luống rộng 2 m, mỗi luống đặt 72 bẹ trồng rau và 1 luống rộng 1,2 m có 44 bẹ trồng rau. Dòng nước từ các bể cá chảy liên tục và nối liền qua các luống rau về bể hồi cấp nước. Mực nước ở các luống được giữ ổn định 0,3 m; đồng thời các luống được lắp các đường ống Aero tube và sục khí liên tục. Dòng nước di chuyển nối tiếp qua 4 luống trước khi ra ngoài.
- Hệ thống lọc – cấp nước: Mỗi hệ thống thí nghiệm (tương ứng với mỗi nghiệm thức) có 1 hệ thống lọc – cấp nước riêng biệt gồm 1 bể lọc thô (1,2 m<sup>3</sup>), 1 bể lọc vi sinh (0,8 m<sup>3</sup>) và 1 bể hồi – cấp nước (1 m<sup>3</sup>).

### 2.3 Bố trí thí nghiệm

Cá chình sau khi nuôi thuần dưỡng, đạt trạng thái khỏe mạnh, bắt mồi tốt được chọn ngẫu nhiên thả vào các bể thí nghiệm. Thí nghiệm bao gồm 3 nghiệm thức, tương ứng với 3 sinh khối cá chình thả ban đầu: 200 kg, 250 kg và 300 kg tương ứng với các mật độ thả cá là 17 kg/m<sup>3</sup>, 21 kg/m<sup>3</sup> và 25 kg/m<sup>3</sup>.

Cải thảo sau khi ươm từ hạt giống trong các rọ nhựa có giá thể (sơ dừa) trên giàn ươm 7 - 8 ngày sẽ nảy mầm và ra 1 - 2 lá được chuyển ngẫu nhiên vào các bể rau của các nghiệm thức với mật độ 8 cây/ tấm xốp (0,6 m<sup>2</sup>). Cải thí nghiệm được bố trí vào các nghiệm thức theo 4 độ tuổi (1 ngày tuổi, 7 ngày tuổi, 14 ngày tuổi và 21 ngày tuổi), mỗi độ tuổi vào 1 luống. Trong thời gian thí nghiệm, cải thảo được thu hoạch 4 kỳ, mỗi kỳ 1 luống. Luống rau sau khi thu hoạch sẽ được trồng lại cải thảo mới (cải 1 ngày tuổi). Kết thúc thí nghiệm lần 1, tiến hành bố trí lô cá khác cho thí nghiệm lặp lại lần 2 và tương tự cho lần 3. Các bố trí ban đầu tại các lần thí nghiệm tương đương nhau về khối lượng và chiều dài ( $p < 0,05$ ).

Nguồn nước thí nghiệm được bơm trực tiếp từ sông vào bể chứa lắng, sau đó nước được xử lý diệt tạp, vi khuẩn. Các yếu tố môi trường được điều chỉnh đạt yêu cầu chỉ tiêu chất lượng nước trước khi cấp vào hệ thống thí nghiệm. Lưu tốc nước trong mỗi hệ thống được giữ ổn định ở mức 20 – 22 m<sup>3</sup>/giờ (Rakocy và cs, 2004). Nhiệt độ được kiểm soát dao động từ 28 – 32 °C. (Chu Văn Công, 2005).

Cá chình được cho ăn thức ăn bột dính 45% protein của Công ty TNHH TM Quốc tế Hải Thiên (Cheng và cs., 2013, trích dẫn bởi Nguyễn Nhứt, 2017). Cá được cho ăn 2 lần/ngày vào 5:00 – 6:00 và 17:00 – 18:00, lượng cho ăn theo nhu cầu và được điều chỉnh thường xuyên qua theo dõi cường độ bắt mồi của cá để tránh việc cho ăn dư thừa hoặc thiếu.

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 nghiệm thức, mỗi nghiệm thức lặp lại 3 lần, mỗi lần 28 ngày.

### 2.4 Chỉ tiêu theo dõi

#### 2.4.1 Các chỉ tiêu chất lượng nước

Nhiệt độ, nồng độ oxy hòa tan (DO) và độ pH: được đo 2 lần/ngày (8:00 và 16:00) bằng máy đo cầm tay hiệu Hanna Ammonia (NH<sub>3</sub>), Nitrite (NO<sub>2</sub>), Nitrate (NO<sub>3</sub>) và độ Kiềm (Alkalinity): Theo dõi 3 ngày/lần bằng máy đo quang học 9500 (YSI) hoặc bộ kit của công ty Sera. Các yếu tố

trên được xác định tại 3 vị trí: bể hồi-cấp, bể nuôi cá và đầu luống rau trong mỗi hệ thống.

Độ dẫn điện của nước (EC): Theo dõi 7 ngày/lần bằng máy đo cầm tay hiệu Hanna.

#### 2.4.2. Các thông số tăng trưởng của cá

Số lượng, khối lượng và chiều dài cá được xác định vào đầu và cuối thí nghiệm (dùng thước kẻ 50 cm và cân đồng hồ Nhon Hòa loại 1,0 kg).

Khối lượng và chiều dài cá được xác định trước khi thí nghiệm 1 ngày với 30 mẫu được thu ngẫu nhiên từ toàn bộ đàn cá thí nghiệm. Sau khi kết thúc, mỗi nghiệm thức được chọn ngẫu nhiên 30 cá thể để xác định khối lượng và chiều dài.

- Khối lượng trung bình (g) = Khối lượng trung bình cộng của cá được cân
- Chiều dài trung bình (cm) = Chiều dài trung bình cộng của cá được đo.
- Tỷ lệ sống (survival ratio, SR (%)) =  $(FF / IF) * 100$ .
- Với: IF, số lượng cá ban đầu (con); FF, số lượng cá cuối TN (con).
- Tốc độ tăng trưởng chiều dài đặc trưng:
- $SGR_L (\%/ngày) = [(LnL_2 - LnL_1) * 100] / (t_2 - t_1)$
- Tốc độ tăng trưởng khối lượng đặc trưng:
- $SGR_W (\%/ngày) = [(LnW_2 - LnW_1) * 100] / (t_2 - t_1)$

Trong đó

W1, W2 (g): Khối lượng cá ở thời điểm t1, t2

L1, L2 (g): Chiều dài cá ở thời điểm t1, t2

t1, t2: Thời điểm kiểm tra

- Hệ số chuyển đổi thức ăn (feed conversion ratio, FCR):

$FCR = Fs / (Mf - Mi)$  Với: Fs, khối lượng thức ăn cung cấp (g)

Mf, Mi: sinh khối cá cuối và đầu thí nghiệm

- **Các thông số tăng trưởng của cải:**

Các chỉ tiêu tăng trưởng được xác định bao gồm: chiều cao toàn cây, chiều dài rễ, số lá và năng suất.

Cải thảo được thu hoạch theo 4 đợt, mỗi đợt cách nhau 7 ngày tương ứng với 1 luống. Chọn ngẫu nhiên 15 cây/luống, tương ứng là 60 cây/nghiệm thức để xác định các chỉ tiêu tăng trưởng của cải. Các luống cải sau khi thu hoạch sẽ được trồng lại cây con như khi bố trí thí nghiệm.

- Chiều cao cây (cm): Chiều dài từ gốc tới chóp ngọn.
- Chiều dài rễ (cm): Chiều dài của rễ tính từ gốc tới chóp cuối rễ.
- Số lá/cây (lá): Số lá trên mỗi cây cải.
- Khối lượng cải thu hoạch (g/cây): Khối lượng của mỗi cây cải sau thu hoạch ở trạng thái tươi, không nước và các tạp chất.
- Năng suất lý thuyết ( $kg/m^2$ ): Được xác định theo khối lượng trung bình của cây \* số cây trên mỗi đơn vị diện tích ( $m^2$ ).
- Năng suất thực tế ( $kg/m^2$ ): Xác định theo khối lượng thu hoạch thực tế tất cả các cây/điện tích tương ứng.

#### 2.5 Phương pháp xử lý số liệu

Tất cả số liệu được thu thập, xử lý bằng phần mềm Excel và Minitab 16. So sánh sự khác biệt về tăng trưởng của cá và sinh trưởng của cải giữa ba nghiệm thức được thực hiện bằng phân tích phương sai một yếu tố với Tukey test được dùng như kiểm định so sánh đôi chiều. Mức xác suất  $p < 0,05$  được chấp nhận như tiêu chuẩn đánh giá sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Số liệu sinh trưởng và tỷ lệ sống được trình bày với giá trị trung bình  $\pm$  độ lệch chuẩn.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1 Biến động các yếu tố chất lượng nước

##### 3.1.1 Các yếu tố nhiệt độ, pH, oxy hòa tan

Sự biến động các yếu tố môi trường ở các nghiệm thức trong thời gian thí nghiệm được thể hiện ở Bảng 1.

**Bảng 1. Biến động nhiệt độ, pH và DO trong hệ thống thí nghiệm**

Yếu tố		Nghiệm thức								
		NT1			NT2			NT3		
		Nhỏ nhất	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Trung bình	Lớn nhất
Nhiệt độ (t°) n = 28	Sáng	26,9	28,4	29,5	27,2	28,6	29,8	27,2	28,6	29,8
	Chiều	27,7	29,5	30,9	28,0	29,5	30,9	27,9	29,5	31,2
pH n = 28	Sáng	6,4	6,8	7,2	6,1	6,7	7,3	6,1	6,8	7,2
	Chiều	6,4	6,9	7,5	5,9	6,8	7,4	6,1	6,9	7,5
DO (mg/L) n = 28	Sáng	4,6	5,7	6,6	4,8	5,7	6,9	4,5	5,7	6,7
	Chiều	4,9	6,0	7,0	5,2	6,0	7,4	5,0	5,9	6,9
Độ Kiềm (mg CaCO <sub>3</sub> /L) n = 8		53,7	68,6	89,5	35,8	62,7	89,5	35,5	62,6	89,5
Độ dẫn điện của nước – EC (mS/cm) n = 5		0,467 ± 0,014			0,575 ± 0,015			0,415 ± 0,033		

Kết quả xác định cho thấy nhiệt độ tại các nghiệm thức trung bình từ 28,4 – 29,5 °C và chênh lệch trong ngày dưới 2 °C vì vậy nhiệt độ trong hệ thống aquaponic của thí nghiệm này phù hợp cho sự tăng trưởng của cá và cải thảo. Theo Chu Văn Công (2005) nhiệt độ thích hợp cho cá chình bông từ 28 – 32 °C với sự biến động trong ngày không quá 5 °C (Boyd và cs, 1998). Đối với rau trồng thủy canh, nhiệt độ thích hợp là 28 – 29 °C (Hứa Thái Nhân, 2019). Đối với hệ vi sinh vật (vi khuẩn nitrate hóa) thì nhiệt độ tối ưu là 17 – 34 °C (FAO, 2014). Ở các nghiệm thức pH có biến động trong ngày và trong thời gian thí nghiệm nhưng trong giới hạn thích hợp, buổi sáng 6,7 - 6,8 và buổi chiều 6,8 – 6,9 chênh lệch trong ngày dưới 0,5. Theo Godded và cs. (2015) pH tối ưu cho hệ thống aquaponic là từ 6,8 - 7,0 do cá phát triển ở pH từ 7,0 - 9,0, các loại cây trồng ăn lá là 6,0 - 6,5 và vi khuẩn là trên 7,0.

Nồng độ oxy hòa tan (DO) tại các nghiệm thức vào buổi sáng trung bình 5,7 mg/L và buổi chiều trung bình 6,0 mg/L, sự chênh lệch trong ngày

không quá 0,5 mg/L. Theo theo Rakocy và cs. (2004, 2006) nồng độ oxy hòa tan thích hợp cho mô hình aquaponic từ 5,0 mg/L trở lên và với cá chình cũng phải đạt ngưỡng 5,0 mg/L (Chu Văn Công, 2005). Nhìn chung, oxy hòa tan tại các nghiệm thức liên tục biến động nhưng luôn trong giới hạn tối ưu cho hệ thống thí nghiệm.

Độ kiềm dao động từ 53,7 – 89,5 mgCaCO<sub>3</sub>/L. Kết quả độ kiềm tại thí nghiệm có sự tương đồng với nghiên cứu của Ngô Thị Lam Giang và cs. (2017) khi ghi nhận độ kiềm trong hệ aquaponic dao động từ 30 – 120 mg CaCO<sub>3</sub>/L.

Độ dẫn điện của nước – EC (**Electrical Conductivity**) tại các nghiệm thức dao động từ **0,47 – 0,58 mS/cm**. Theo Graber và Junge (2009) độ dẫn điện của nước dao động từ **0,4 – 11,0 mS/cm là phù hợp cho hệ thống aquaponic**.

### 3.1.2 Hợp chất nito: Ammonia, Nitrite, Nitrate

Kết quả ghi nhận hàm lượng Aminia, nitrite và nitrate tại các nghiệm thức được thể hiện tại Bảng 2

**Bảng 2. Biến động của Amonia, nitrie và nitrae**

Yếu tố		Nghiệm thức		
		NT1	NT2	NT3
NH <sub>3</sub> (mg/L) n = 10	Bể cấp	0,123 ± 0,016 <sup>b</sup>	0,131 ± 0,017 <sup>b</sup>	0,162 ± 0,023 <sup>a</sup>
	Bể cá	0,269 ± 0,046 <sup>a</sup>	0,273 ± 0,020 <sup>a</sup>	0,287 ± 0,035 <sup>a</sup>
	Luồng rau	0,183 ± 0,014 <sup>ab</sup>	0,172 ± 0,029 <sup>b</sup>	0,202 ± 0,022 <sup>a</sup>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L) n = 10	Bể cấp	0,260 ± 0,039 <sup>b</sup>	0,268 ± 0,050 <sup>ab</sup>	0,309 ± 0,04 <sup>a</sup>
	Bể cá	0,396 ± 0,066 <sup>b</sup>	0,434 ± 0,050 <sup>b</sup>	0,511 ± 0,064 <sup>a</sup>
	Luồng rau	0,331 ± 0,040 <sup>a</sup>	0,351 ± 0,047 <sup>a</sup>	0,387 ± 0,069 <sup>a</sup>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L) n = 10	Bể cấp	20,504 ± 1,828 <sup>b</sup>	24,077 ± 2,769 <sup>a</sup>	23,401 ± 3,417 <sup>ab</sup>
	Bể cá	31,104 ± 2,589 <sup>b</sup>	37,948 ± 3,553 <sup>a</sup>	39,585 ± 3,007 <sup>a</sup>
	Luồng rau	40,920 ± 2,538 <sup>b</sup>	42,614 ± 2,367 <sup>b</sup>	46,666 ± 3,215 <sup>a</sup>

Hàm lượng ammonia (NH<sub>3</sub>) tại các nghiệm thức (NT) nhìn chung dao động từ 0,12 đến 0,29 mg/L và tăng dần từ NT1 đến NT3, trong đó nồng độ NH<sub>3</sub> của NT3 cao nhất và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại (NT1, NT2) (Bảng 2, Hình 2). Khi xét trên từng nghiệm thức, kết quả cho thấy nồng độ NH<sub>3</sub> tại bể cá luôn cao nhất (0,27 – 0,29 mg/L) và thấp dần ở luồng rau (0,18 – 0,20 mg/L) và nhỏ nhất tại bể hồi – cấp nước (0,12 – 0,16 mg/L). Hàm lượng NH<sub>3</sub> trong môi trường ương nuôi tăng cao và nhiều nhất tại bể nuôi cá nguyên nhân chính là do lượng thức ăn dư thừa kết hợp phân cá, xác phiêu sinh, .... tồn dư và hòa tan vào nước gây ra. Sự giảm dần nồng độ NH<sub>3</sub> từ bể cá đến bể rau và bể hồi – cấp nước có thể do sự chuyển hóa từ NH<sub>3</sub> sang NO<sub>2</sub> và NO<sub>3</sub> dưới tác động của hệ vi sinh vật tự nhiên tồn tại trong hệ thống aquaponic, chủ yếu là các dòng vi khuẩn chuyển hóa NH<sub>3</sub> như: *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*. Theo Rakocy và cs. (2004, 2006) nồng độ NH<sub>3</sub> thích hợp cho hệ thống aquaponic < 0,1 mg/L. Tuy nhiên sự ảnh hưởng

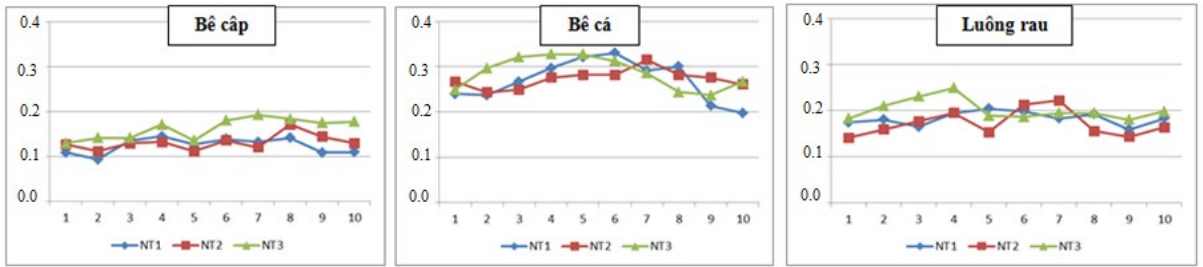
bất lợi của NH<sub>3</sub> tới sinh vật thủy sản sẽ giảm đáng kể ở pH môi trường < 7,0 (Boyd và cs., 1998).

Nồng độ nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) tại các nghiệm thức dao động trong khoảng 0,26 – 0,51 mg/L, trong đó nồng độ NO<sub>2</sub><sup>-</sup> tại bể cá của từng nghiệm thức luôn cao hơn các vị trí còn lại và cao hơn so với nghiệm thức có sinh khối cá ít hơn (0,40mg/L; 0,43mg/L; 0,51 mg/L) và cao hơn mức 0,3 mg/L theo khuyến cáo của Boyd và cs. (1998) về ngưỡng nồng độ nitrie trong môi trường nước nuôi trồng thủy sản. Tuy nhiên, nghiên cứu của Ngô Thị Lam Giang (2017) đã ghi nhận hàm lượng NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ở mức 0,4 – 0,8 mg/L vẫn đảm bảo sự phát triển tốt ở cá rô phi trong thời gian 6 tháng khi kết hợp với các loại rau khác nhau (cải xanh, cải ngọt và xà lách).

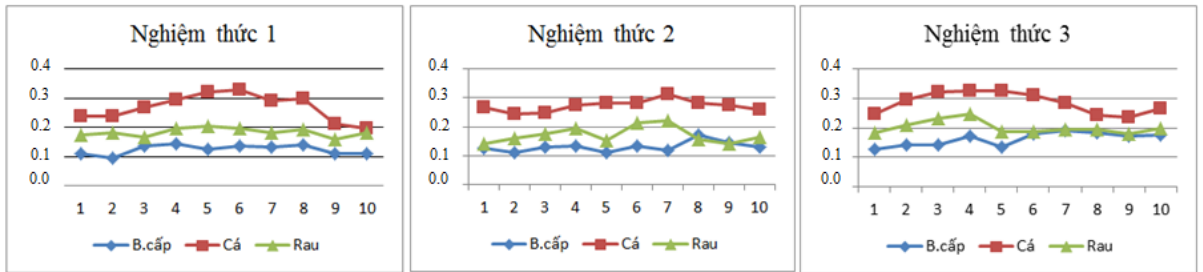
Nồng độ nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dao động từ 20,5 – 46,7 mg/L, thấp nhất ở các bể hồi – cấp nước (20,5 – 24,0 mg/L), tăng lên ở bể cá (31,1 – 39,5 mg/L) và cao nhất tại luồng rau (40,1 – 46,7 mg/L). Trong chu trình chuyển hóa nitơ của vi sinh vật từ

ammonia, nitrite, nitrate ( $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ ), sản phẩm cuối cùng ( $\text{NO}_3^-$ ) vừa không độc hại với thủy sinh vật vừa là một trong những dạng đạm được thực vật hấp thu dễ dàng nhất (Nguyễn Phú Hòa, 2018). Tuy nhiên, giới hạn  $\text{NO}_3^-$  trong hệ aquaponic chỉ khuyến cáo trong khoảng 26,0 –

43,0 mg/L (Rakocy và cs., 2004, 2006). Như vậy, nồng độ nitrate tại các vị trí của NT1 và NT2 là phù hợp cho hệ thống aquaponic. Riêng tại NT3, nồng độ  $\text{NO}_3^-$  cao nhất (46,7 mg/L) vượt ngưỡng giới hạn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) với các NT1 và NT2.



Hình 2. Sự biến động nồng độ  $\text{NH}_3$  tại các vị trí thu mẫu khác nhau



Hình 3. Sự biến động nồng độ  $\text{NH}_3$  trong từng nghiệm thức

### 3.2 Tăng trưởng và tỷ lệ sống của cá chình

Tốc độ tăng trưởng của cá chình ở các nghiệm thức sau khi kết thúc thí nghiệm được thể hiện qua Bảng 3.

Bảng 3. Tốc độ tăng trưởng và tỷ lệ sống cá chình tại các nghiệm thức

Yếu tố	Nghiệm thức		
	NT 1 (200 kg)	NT 2 (250 kg)	NT 3 (300 kg)
Khối lượng ban đầu (g/con)	202,56 ± 11,32 <sup>a</sup>	202,56 ± 11,32 <sup>a</sup>	202,56 ± 11,32 <sup>a</sup>
Khối lượng kết thúc (g/con)	263,70 ± 20,04 <sup>a</sup>	263,83 ± 20,50 <sup>ab</sup>	250,33 ± 23,12 <sup>b</sup>
Chiều dài ban đầu (cm)	42,22 ± 0,61 <sup>a</sup>	42,22 ± 0,61 <sup>a</sup>	42,22 ± 0,61 <sup>a</sup>
Chiều dài kết thúc (cm)	45,93 ± 1,24 <sup>a</sup>	45,73 ± 1,19 <sup>ab</sup>	45,03 ± 1,33 <sup>b</sup>
Sự tăng chiều dài (cm/con)	3,633 ± 0,669 <sup>a</sup>	3,617 ± 0,784 <sup>a</sup>	2,783 ± 0,858 <sup>b</sup>
SGR <sub>L</sub> (%/ngày)	0,25 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,06 <sup>b</sup>

Sự tăng khối lượng (g/con)	60,17 ± 9,14 <sup>a</sup>	60,83 ± 9,92 <sup>a</sup>	48,17 ± 15,89 <sup>b</sup>
SGR <sub>w</sub> (%/ngày)	0,80 ± 0,080 <sup>a</sup>	0,81 ± 0,10 <sup>a</sup>	0,65 ± 0,18 <sup>b</sup>
Sinh khối cá thu hoạch (kg)	264,30	336,00	380,60
Sự tăng sinh khối (kg)	64,30	86,00	80,60
Tỷ lệ tăng sinh khối (%)	32,15	34,4	26,87
Hệ số chuyển đổi thức ăn (FCR)	2,18	2,15	2,38
Tỷ lệ sống – SR (%)	100,00	100,00	100,00

Kết quả tại Bảng 3 cho thấy NT2 có mức tăng sinh khối cao nhất với tỉ lệ 34,4 %, kế tiếp là NT1 (32,15 %) và thấp nhất tại NT3 (26,87 %). Sự khác biệt về sinh khối tại các NT còn thể hiện qua tốc độ tăng trưởng đặc trưng về chiều dài và trọng lượng của cá chình, cao nhất tại NT2 (đạt 0,26 %/ngày về chiều dài và 0,81 %/ngày về khối lượng) giảm dần về NT1 (0,25 %/ngày về chiều dài và 0,80 %/ngày về khối lượng) và NT3 (0,20 %/ngày về chiều dài và 0,65 %/ngày về khối lượng). Tốc độ tăng trưởng đặc trưng giữa NT2 và NT1 là tương đương nhau ( $p>0,05$ ), và đều cao hơn có ý nghĩa thống kê với NT3 ( $p<0,05$ ).

Hệ số chuyển đổi thức ăn (FCR) cao nhất tại NT3 (2,38), tiếp đến ở NT1 (2,18) và thấp nhất ở NT2 (2,15). FCR ở thí nghiệm tương đương với kết quả nghiên cứu khác của Nguyễn Nhứt và cs. (2017), cá chình bông nuôi trong hệ thống tuần hoàn giai đoạn từ 100 – 900g/con, FCR đạt 2,41 – 2,47.

Trong suốt thời gian thí nghiệm, ở cả ba NT đều không ghi nhận sự hao hụt cá chình (tỷ lệ sống đạt 100%) (Bảng 3). Điều này có thể nhờ thí nghiệm đã được chọn lựa kỹ lưỡng, có sức khỏe tốt và môi trường nuôi luôn được duy trì trong khoảng thích hợp cho cá.

Qua kết quả thí nghiệm cho thấy sự tăng trưởng cá chình ở NT1 và NT2 không khác biệt và cùng cao hơn có ý nghĩa với NT3 ( $p<0,05$ ). Khi so sánh giữa NT1 và NT2, mặc dù kết quả tăng trưởng cá là tương đương nhau nhưng khi xét về tổng sinh khối thì NT2 được lựa chọn do có lượng thả nuôi ban đầu nhiều hơn 25 % so với NT1 (250 kg so với 200 kg).

### 3.3 Sinh trưởng và năng suất của cải thảo

Kết quả tăng trưởng và năng suất cải thảo tại các thí nghiệm thức thể hiện qua Bảng 4.

**Bảng 4. Các thông số tăng trưởng cải thảo tại các thí nghiệm thức**

Yếu tố	Thí nghiệm thức		
	NT 1 (200kg)	NT 2 (250kg)	NT 3 (300kg)
Chiều cao thân (cm)	27,58 ± 1,36 <sup>c</sup>	28,44 ± 1,56 <sup>b</sup>	30,17 ± 1,17 <sup>a</sup>
Chiều dài rễ (cm)	38,84 ± 7,84 <sup>a</sup>	38,88 ± 2,78 <sup>a</sup>	39,90 ± 4,65 <sup>a</sup>



Yếu tố	Nghiệm thức		
	NT 1 (200kg)	NT 2 (250kg)	NT 3 (300kg)
Số lá/cây (lá)	13,87 ± 0,87 <sup>b</sup>	14,80 ± 0,44 <sup>a</sup>	14,55 ± 0,65 <sup>a</sup>
Khối lượng cây (g/cây)	141,83 ± 4,69 <sup>b</sup>	159,33 ± 11,70 <sup>a</sup>	163,25 ± 11,89 <sup>a</sup>
Tổng sinh khối thực tế (kg/NT)	927,85	1.073,14	1.094,47
Năng suất thực tế (g/m <sup>2</sup> /NT)	1,93	2,24	2,28

Qua kết quả tại Bảng 4 cho thấy các chỉ tiêu tăng trưởng của rau tại NT3 có kết quả tốt nhất, với các thông số về chiều cao thân, chiều dài rễ, số lá trên cây, khối lượng cây rau và năng suất, tương ứng lần lượt là 30,17 cm; 39,90 cm; 14,55 lá; 163,3 g và 2,28 kg/m<sup>2</sup>, các thông số này giảm ở NT2 (28,44 cm; 38,88 cm; 14,80 lá; 159,33 g và 2,24 kg/m<sup>2</sup>) và thấp nhất tại NT1 (27,57 cm; 38,84 cm; 13,87 lá; 141,83 g và 1,93 kg/m<sup>2</sup>). Trong đó, NT3 và NT2 là tương đương nhau, và cùng cao hơn có ý nghĩa thống kê với NT1.

Theo kết quả nghiên cứu của Trần Thị Ngọc Bích (2016) trên cá lóc với xà lách xoong cho kết quả năng suất rau 1,87 kg/m<sup>2</sup>. Nghiên cứu của Hứa Thái Nhân và cs. (2019) nuôi lươn đồng kết hợp với cải thìa trong hệ aquaponic, năng suất cải thìa dao động từ 1,785 – 2,425 kg/m<sup>2</sup>.

Bảng 4 cũng cho thấy lượng thức ăn hàng ngày cho cá nuôi tính bình quân trên một đơn vị diện tích trồng cải (m<sup>2</sup>) tăng dần từ NT1 (31,3 g/m<sup>2</sup>/ngày) đến NT2 (41,2 g/m<sup>2</sup>/ngày) và cao nhất tại NT3 (42,9 g/m<sup>2</sup>/ngày), trong đó ở NT2 và NT3 cho kết tăng trưởng của cải tốt hơn NT1. Nghiên cứu của Rakocy (Rakocy và cs., 2004) đã ghi nhận khối lượng thức ăn từ 60 – 100 g/m<sup>2</sup>/ngày là phù hợp khi nuôi cá rô phi và một số loại rau ăn lá. Một nghiên cứu khác trên cá trê và rau muống lại ghi nhận lượng thức ăn phù hợp là 15 – 42 g/m<sup>2</sup>/ngày (Endul và cs., 2010). Ngô Thị Lam Giang (2017) xác định lượng thức ăn cá tối ưu trong hệ thống aquaponic khi kết hợp cá rô phi với cải thìa ở mức 1kg/m<sup>3</sup> nước trong cả hệ thống. Xác định lượng thức ăn cần thiết cho đối tượng nuôi thủy sản tương ứng với diện tích trồng rau thủy canh đảm bảo cân bằng cho hệ thống aquaponic còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: loài cá nuôi, sinh khối và dạng thức ăn (độ đậm);

loại rau thủy canh và phương pháp trồng; mật độ rau trồng/m<sup>2</sup>; hệ thống lọc ảnh hưởng đến khả năng chuyển đổi chất dinh dưỡng; điều kiện tự nhiên (nhiệt độ, pH..).

Kết quả thí nghiệm cho thấy khi tăng sinh khối cá thả nuôi trong các hệ thống thí nghiệm từ 200 kg đến 300 kg/hệ thống, lượng thức ăn hàng ngày cho cá tăng theo, dẫn đến lượng chất dinh dưỡng thải ra từ bể cá cung cấp cho rau trong hệ thống cũng tăng lên. Kết quả tăng trưởng và năng suất cải thảo tăng lên theo sinh khối cá chình thả ban đầu từ NT1 đến NT3, trong đó NT2 và NT3 là tương đương nhau và cùng cao hơn có ý nghĩa so với NT1 ( $p < 0,05$ ). Tuy nhiên, đối với cá chình trong thí nghiệm, tốc độ tăng trưởng về sinh khối tốt nhất tại NT2 và giảm dần về NT1 và thấp nhất tại NT3, trong đó NT1 và NT2 là tương đương nhau và cùng cao hơn có ý nghĩa so với NT3 ( $p < 0,05$ ). Như vậy, khi xét tổng thể trên toàn hệ thống thí nghiệm thì NT2 (250 kg) là NT tốt nhất khi cá chình và cải thảo có sự tăng trưởng cao nhất.

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

##### 4.1 Kết luận

Hệ thống aquaponic kết hợp nuôi cá chình bông và cải thảo khi bố trí thích hợp đã duy trì ổn định chất lượng nước trong giới hạn phù hợp cũng như đảm bảo sự tăng trưởng tốt nhất của cá chình và cải thảo trong suốt thời gian thí nghiệm.

Xác định được mức sinh khối ban đầu 250 kg cho kết quả tốt nhất về tăng trưởng của cá khi đạt mức tăng trưởng về khối lượng 34,4% và cải bắp thảo đạt khối lượng 195,3 g/cây với năng suất đạt 2,24 kg/m<sup>2</sup>. Thực tế với hệ thống aquaponic có 160 m<sup>2</sup> trồng cải thảo có thể nuôi cá chình với sinh khối

từ 250 – 336 kg, tương ứng với mức sinh khối đầu và cuối thí nghiệm.

Xác định được khối lượng thức ăn cho cá chình ở mức bình quân 41,2 g/m<sup>2</sup>/ngày là phù hợp cho hệ thống aquaponic thí nghiệm.

#### 4.2 Khuyến nghị

Từ kết quả của thí nghiệm cho thấy mô hình aquaponic kết hợp nuôi cá chình bông với cải thảo có thể phát triển ở quy mô trang trại đạt hiệu quả.

Nghiên cứu thêm về các diện tích trồng rau khác nhau với sinh khối cá chình ban đầu như nhau (250 kg).

Thử nghiệm trên một số đối tượng thủy sản có giá trị kinh tế khác: lươn đồng, chạch lấu.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

Boyd, E. C. (1998). *Water quality for pond aquaculture*. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University.

Chu Văn Công. (2005). *Nghiên cứu xây dựng quy trình kỹ thuật nuôi thương phẩm cá Chình tại miền Trung Việt Nam*. Báo cáo khoa học của Viện nghiên cứu nuôi trồng thủy sản III.

FAO. (2014). *Small-scale aquaponic food production*. FAO Fisheries and aquaculture technical, 589.

Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K.V., Jijakli, H., & Thorarinsdottir, R. (2015). Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. *Sustainability*, 7, 4199 - 4224.

Graber, A., Junge, R. (2009). Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Elsevier Desalination*, 247, 148–157.

Hứa Thái Nhân. (2019). *Thử nghiệm xây dựng một số mô hình aquaponic nuôi thủy sản ở tỉnh Vĩnh Long*. Báo cáo nghiệm thu đề tài cấp Sở của Trường Đại học Cần Thơ.

Lennard, W. & Ward, J. (2019). A Comparison of Plant Growth Rates between an NFT Hydroponic System and an NFT Aquaponic System. *Horticulturae*, 5 (2), 27.

Lewis, W. M., Yopp, J. H., Schramm, & J. H. L. (1978). Use of hydroponics to maintain quality

of recirculated water in a fish culture system. *Transactions of the American Fisheries Society*, 107 (1), 92–99.

Laura, S., Eucario, G.L., Egardo, E., Kevin, M.F., & David, V.L., 2015. Evaluation of Biomass Yield and Water Treatment in Two Aquaponic Systems Using the Dynamic Root Floating Technique (DRF). *Sustainability*, 7 (11), 15384-15399; <https://doi.org/10.3390/su71115384>

Naegel, L. (1977). Combined production of fish and plants in recirculating water. *Aquaculture*, 10, 17–24.

Ngô Thị Lam Giang. (2017). *Xây dựng mô hình kết hợp trồng rau và nuôi cá trong chu trình khép kín (aquaponics) ở quy mô hộ gia đình*. Đề tài nghiên cứu khoa học của Trường Đại học Nguyễn Tất Thành.

Nguyễn Như. (2017). *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tuần hoàn để nuôi cá chình bông (Anguilla marmorata)*. Báo cáo nghiệm thu đề tài cấp Sở của Viện nghiên cứu Nuôi trồng thủy sản II.

Nguyễn Phú Hòa. (2018). *Chất lượng môi trường nước trong nuôi trồng thủy sản*. Thành phố Hồ Chí Minh: Nhà xuất bản Đại học Quốc gia.

Rakocy, J. E., Masser, M. P., & Losordo, T. M., (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics integrating fish and plant culture. *Southern Regional Aquaculture Center (CRAC), Publication No. 454*.

Rakocy, J.E., Shultz, R.C., Bailey, R.S., & Thoman, E.S., (2004). *Aquaponics Production of Tilapia and Basil: Comparing a Batch and Staggered Cropping System*. Agricultural Experiment Station University of the Virgin Islands.

Trần Thị Ngọc Bích. (2016). *Aquaponics: mô hình thủy sản kết hợp bền vững và an toàn sinh học nghiên cứu chuyên sâu: so sánh hiệu quả hai mô hình thủy sản kết hợp: cá lóc (Channa sp) + rau xà lách xoong (Nasturtium officinale L.) và cá diêu hồng (Oreochromis sp) + rau xà lách xoong (Nasturtium officinale L.)*. Đề tài nghiên cứu cấp trường của Trường Đại học Trà Vinh.