



## 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

Võ Phương Tùng<sup>1</sup>, Hồ Thanh Huy<sup>2</sup>, Nguyễn Phúc Cẩm Tú<sup>3</sup>, Châu Hêng<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Chi cục Thủy sản TP. Hồ Chí Minh

<sup>2</sup> Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

<sup>3</sup> Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

<sup>4</sup> Công ty TNHH Nông sản Đồng Tháp Aqua

### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 30/09/2020

Ngày nhận kết quả bình duyệt:

07/02/2021

Ngày chấp nhận đăng:

03/2021

### Title:

Effect of biomass of the giant mottled eel (*Anguilla marmorata*) on growth and yield of Chinese cabbage (*Brassica campestris* spp. *pekinensis*) in a commercial aquaponic systems

### Keywords:

Aquaponic system, eel, Chinese cabbage, growth rate

### Từ khóa:

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

### ABSTRACT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định ảnh hưởng của sinh khối cá chình ban đầu đến sinh trưởng và năng suất cá chình và cải thảo trong hệ thống aquaponic. Thí nghiệm được tiến hành trong các hệ thống aquaponic gồm 3 bể nuôi cá chình và 160 m<sup>2</sup> trồng cải thảo cho mỗi hệ thống. Thí nghiệm gồm ba nghiệm thức về sinh khối cá chình 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 và thí nghiệm được thực hiện với 3 đợt nối tiếp nhau. Kết quả cho thấy, ở nghiệm thức 2 (250 kg) tăng trưởng của cá chình và cải thảo cao nhất, khối lượng cá chình tăng 34,4 % và cải thảo đạt khối lượng trung bình 195,3 g/cây với năng suất đạt 2,24 kg/m<sup>2</sup>.

### TÓM TẮT

This study was conducted to evaluate the effect of initial eel biomasses on growth and yield of eel and Chinese cabbage when combined in aquaponic system. Experimental was conducted in aquaponic systems, with three eel tanks and 160 m<sup>2</sup> of Chinese cabbage cultivation for one. The experiment included three treatments corresponding with of three initial eel biomasses, 200 kg, 250 kg and 300 kg on the same cultivated area of 160 m<sup>2</sup> with same density of 16 plants/1,2 m<sup>2</sup>. The experiment lasted in 28 days and was carried out in 3 consecutive crops. Results showed that in treatment-2 (250 kg) the growth of eel and Chinese cabbage is the highest, the eel weight gained 34.4% and Chinese cabbage obtained an average weight of 195.3 g/plant and yield of 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 sự 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 điêu 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 đặc trưng và khối lượng thu hoạch 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 ảnh hưởng của sinh khối cá chình ban đầu đến tăng trưởng và năng suất cải thảo 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  $202,6 \pm 11,3$  g/con và chiều dài trung bình  $42,2 \pm 0,6$  cm.
- Cải thảo (*Brassica campestris* spp. *Pekinensis*) đã qua giai đoạn ươm mầm trên giàn ươm được trồng áp trên những bề nổi (xốp cách nhiệt XPS, khoan lỗ) có diện tích  $0,6 \text{ m}^2$  ( $0,6\text{m} \times 1,0\text{m}$ ) với mật độ 8 cây rau/bề ( $16 \text{ cây}/1,2\text{m}^2$ ).

### 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  $1.000 \text{ m}^2$ , 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. Mức nước 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 chạy liên tục và nối liền qua các luống rau về bể hồi cấp nước. Mức 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 aquaponic rau-cá chình (tương ứng với mỗi thí nghiệm) 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 mỗi tốt được chọn ngẫu nhiên thả vào các bể thí nghiệm. Thí nghiệm bao gồm 3 thí nghiệm thức, gồm 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 ương từ hạt giống trong các rọ nhựa có giá thể (sơ dừa) trên giàn ương 7 - 8 ngày sẽ nảy mầm và ra 1 - 2 lá được chuyển ngẫu nhiên vào các bể rau của các thí nghiệm thức với mật độ 8 cây/ tấm xốp (0,6 m<sup>2</sup>).

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 dạng bột dính chứa 45% protein của Công ty TNHH TM Quốc tế Hải Thiên (Cheng và cs, 2013, trích dẫn bởi Nguyễn Như, 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 thí nghiệm thức, mỗi thí nghiệm thức được thực hiện với ba đợt theo dõi nối tiếp nhau, mỗi đợt kéo dài 28 ngày (tương ứng với một chu kỳ rau). Kết thúc đợt 1, tiến hành bố trí cá và rau khác cho đợt thứ 2 và tương tự cho đợt thứ 3. Cá bố trí ban đầu tại các đợt thí nghiệm tương đương nhau về khối lượng và chiều dài cá thể.

### 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 nước, 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 Nhơn 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 thí nghiệm thức được chọn ngẫu nhiên 30 cá thể để xác định khối lượng và chiều dài.

- 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 sau 28 ngày (tương ứng với một chu kỳ tăng trưởng). Chọn ngẫu nhiên 15 cây/luồng, tương ứng là 60 cây/nghiệm thức để xác định các chỉ tiêu tăng trưởng của cải. Các luồng cải sau khi thu hoạch đợt 1 sẽ được đồng thời trồng lại cây con như bố trí đầu thí nghiệm để theo dõi đợt 2 và tương tự cho đợt 3.

- 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 thực tế (kg/m<sup>2</sup>): 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 chiếu. 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 tỉ lệ sống được trình bày với giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1 Biến động một số yếu tố chất lượng nước**

**3.1.1 Các yếu tố nhiệt độ, pH, oxy hòa tan (DO), độ kiềm và độ dẫn điện của nước (EC).**

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 (°C) 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)	Sáng	4,6	5,7	6,6	4,8	5,7	6,9	4,5	5,7	6,7

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	
n = 28	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		0,47 ± 0,01			0,58 ± 0,02			0,42 ± 0,03		

Kết quả xác định cho thấy nhiệt độ nước trung bình tại các nghiệm thức từ 28,4 – 29,5°C và chênh lệch trong ngày dưới 2°C là phù hợp cho sự tăng trưởng của cá và cải thảo. Nhiệt độ thích hợp cho cá chình bông từ 28 – 32°C (Chu Văn Công, 2005) với sự biến động trong ngày không quá 5°C (Boyd và cs, 1998) và cho rau trồng thủy canh 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).

Độ pH tại các nghiệm thức có sự biến động trong thời gian thí nghiệm nhưng luôn dao động trong ngưỡng thích hợp, cụ thể buổi sáng độ pH từ 6,7 - 6,8 và buổi chiều từ 6,8 – 6,9 và sự chênh lệch trong ngày dưới 0,5. Theo Godded và cs (2015) độ pH nước thích hợp cho hệ thống aquaponic được xác định trong khoảng 6,8 - 7,0 do cá phát triển tốt ở môi trường pH từ 7,0 - 9,0, rau ăn lá thích hợp với pH 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 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 thích hợp cho hệ thống thí nghiệm.

Độ kiềm dao động từ 53,7 – 89,5 mgCaCO<sub>3</sub>/L. Kết quả này khác 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. Sự khác biệt này có thể đến từ nguồn nước thí nghiệm khác nhau. Tuy nhiên, sự biến động độ kiềm ở các nghiệm thức tương tự nhau và phù hợp cho sự tăng trưởng của cá và cải thảo.

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 nitơ: Ammonia, Nitrite, Nitrate

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 nước	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>

Yếu tố	Nghiệm thức			
	NT1	NT2	NT3	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L) n = 10	Luống rau	0,183 ± 0,014 <sup>ab</sup>	0,172 ± 0,029 <sup>b</sup>	0,202 ± 0,022 <sup>a</sup>
	Bể cấp nước	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>
	Luống 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 nước	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>
	Luống rau	40,920 ± 2,538 <sup>b</sup>	42,614 ± 2,367 <sup>b</sup>	46,666 ± 3,215 <sup>a</sup>

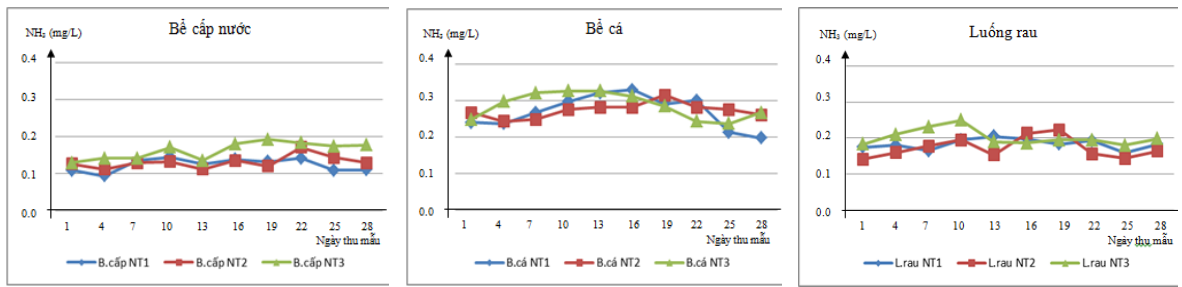
\* Giá trị thể hiện là trung bình ± độ lệch chuẩn;

\* Các giá trị cùng một hàng mang cùng chữ cái thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ( $P > 0,05$ )

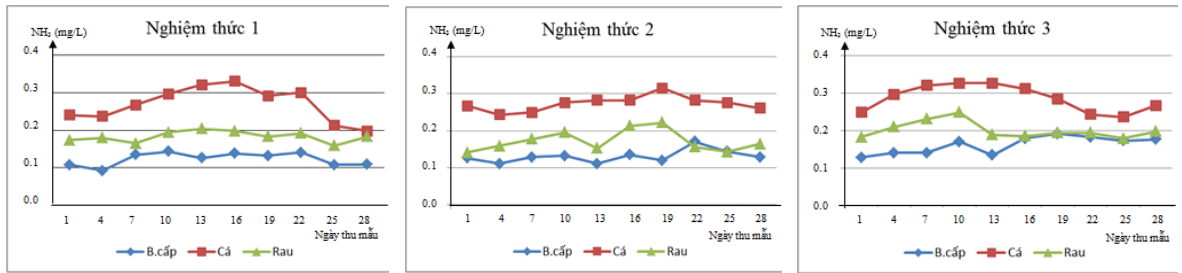
Hàm lượng ammonia (NH<sub>3</sub>) tại các nghiệm thức (NT) nhìn chung dao động từ 0,12 đến 0,29 mg/L và tăng dần từ NT1 đến NT3, trong đó nồng độ NH<sub>3</sub> của NT3 cao nhất và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại (NT1, NT2) (Bảng 2, Hình 2). Khi xét trên từng nghiệm thức, nồng độ NH<sub>3</sub> tại bể cá luôn cao nhất (0,27 – 0,29 mg/L) và thấp dần ở luống 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 cá thải trực tiếp và sự phân hủy liên tục các chất thải hữu cơ từ thức ăn thừa và chất bài tiết 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 được bổ sung định kỳ tại hệ lọc sinh học cũng như 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*. Ngoài ra, NH<sub>3</sub> trong nước ở trạng thái cân bằng với NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NH<sub>3</sub> ↔ NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> được thực vật hấp thu do đó NH<sub>3</sub> chuyển qua NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, và giảm khi nước đi qua các luống rau về bể hồi-cấp nước. Theo Rakocy và cs (2004, 2006) nồng độ NH<sub>3</sub> thích hợp cho hệ thống aquaponic < 0,1 mg/L.

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 luôn cao hơn các vị trí còn lại (tại NT1 là 0,40mg/L; NT2 là 0,43mg/L và tại NT3 là 0,51 mg/L) và cao hơn mức 0,3 mg/L theo khuyến cáo của Boyd và cs (1998) về ngưỡng nồng độ nitrite 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 luống rau (40,1 – 46,7 mg/L). Trong chu trình chuyển hóa nitơ của vi sinh vật từ ammonia, nitrite, nitrate (NH<sub>3</sub> → NO<sub>2</sub><sup>-</sup> → NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sản phẩm cuối cùng (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 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 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 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 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 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 NH<sub>3</sub> tại các vị trí thu mẫu khác nhau



Hình 3. Sự biến động nồng độ NH<sub>3</sub> 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)	202,6 ± 11,3 <sup>a</sup>	202,6 ± 11,3 <sup>a</sup>	202,6 ± 11,3 <sup>a</sup>
Khối lượng kết thúc (g/con)	263,7 ± 20,0 <sup>a</sup>	263,8 ± 20,5 <sup>ab</sup>	250,3 ± 23,1 <sup>b</sup>
Chiều dài ban đầu (cm)	42,2 ± 0,6 <sup>a</sup>	42,2 ± 0,6 <sup>a</sup>	42,2 ± 0,6 <sup>a</sup>
Chiều dài kết thúc (cm)	45,9 ± 1,2 <sup>a</sup>	45,7 ± 1,2 <sup>ab</sup>	45,0 ± 1,3 <sup>b</sup>
Sự tăng chiều dài (cm/con)	3,6 ± 0,7 <sup>a</sup>	3,6 ± 0,8 <sup>a</sup>	2,8 ± 0,9 <sup>b</sup>
SGR <sub>L</sub> (%/ngày)	0,25 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,2 ± 0,06 <sup>b</sup>
Sự tăng khối lượng (g/con)	60,2 ± 9,11 <sup>a</sup>	60,8 ± 9,9 <sup>a</sup>	48,2 ± 15,9 <sup>b</sup>
SGR <sub>w</sub> (%/ngày)	0,8 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,81 ± 0,1 <sup>a</sup>	0,65 ± 0,18 <sup>b</sup>

Sinh khối cá thu hoạch (kg)	264,3	336,0	380,6
Sự tăng sinh khối (kg)	64,3	86,0	80,6
Tỷ lệ tăng sinh khối (%)	32,14	34,40	26,87
Hệ số chuyển đổi thức ăn (FCR)	2,18	2,15	2,38
Tỷ lệ sống – SR (%)	100	100	100

\* Giá trị thể hiện là trung bình ± độ lệch chuẩn;

\* Các giá trị cùng một hàng mang cùng chữ cái thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ( $P > 0,05$ ).

Kết quả tại Bảng 3 cho thấy NT2 cá chình có mức tăng sinh khối cao nhất với tỉ lệ 34,4 %, kế tiếp là NT1 (32,2 %) và thấp nhất tại NT3 (26,9 %). Tốc độ tăng trưởng đặc trưng về chiều dài và khối lượng của cá chình tương đương nhau giữa NT2 và NT1 ( $p < 0,05$ ) và cùng cao hơn có ý nghĩa với NT3 ( $p < 0,05$ ).

Hệ số 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 này tương đương với kết quả nghiên cứu 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.

Kết thúc thí nghiệm, ở cả 3 NT cá chình đều đạt tỷ lệ sống đạt 100% (Bảng 3). Cá thí nghiệm ở kích cỡ lớn và được chọn lựa kỹ, sức khỏe tốt, khả năng thích nghi cao, đồng thời môi trường nuôi luôn được duy trì trong khoảng thích hợp cho cá. Quá

trình thí nghiệm, cá thích nghi và sinh trưởng tốt, không có dấu hiệu bệnh và cá chình không có tập tính tấn công nhau, nhờ đó cá không bị hao hụt trong cả các NT.

Qua kết quả thí nghiệm cho thấy sự tăng trưởng cá chình ở NT1 và NT2 không khác biệt nhau và cùng cao hơn có ý nghĩa so với NT3 ( $p < 0,05$ ). Giữa NT1 và NT2, kết quả tăng trưởng cá là tương đương nhau, nhưng sinh khối cá thả và cá thu ở NT2 cao hơn, nhờ vào mật độ cá thả cao hơn. Trong thực tế sản xuất việc tăng mật độ (cùng với đó là sinh khối) cá thả ban đầu đến mức độ phù hợp có ý nghĩa lớn trong việc tăng năng suất, giảm chi phí nuôi và tăng hiệu quả kinh tế.

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

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

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

Yếu tố	Nghiệm thức		
	NT 1 (200kg)	NT 2 (250kg)	NT 3 (300kg)
Chiều cao thân (cm)	27,6 ± 1,4 <sup>c</sup>	28,4 ± 1,6 <sup>b</sup>	30,2 ± 1,2 <sup>a</sup>
Chiều dài rễ (cm)	38,8 ± 7,8 <sup>a</sup>	38,9 ± 2,8 <sup>a</sup>	39,9 ± 4,7 <sup>a</sup>
Số lá/cây (lá)	13,8 ± 0,9 <sup>b</sup>	14,8 ± 0,4 <sup>a</sup>	14,6 ± 0,7 <sup>a</sup>
Khối lượng cây (g/cây)	141,8 ± 4,7 <sup>b</sup>	159,3 ± 11,7 <sup>a</sup>	163,3 ± 11,9 <sup>a</sup>



Yếu tố	Thí nghiệm		
	NT 1 (200kg)	NT 2 (250kg)	NT 3 (300kg)
Tổng sinh khối thực tế (kg/NT)	928	1.073	1.095
Năng suất thực tế (g/m <sup>2</sup> /NT)	1,93	2,24	2,28

\* Giá trị thể hiện là trung bình  $\pm$  độ lệch chuẩn;

\* Các giá trị cùng một hàng mang cùng chữ cái thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ( $P > 0,05$ )

Qua kết quả tại Bảng 4 cho thấy các chỉ tiêu tăng trưởng của rau (chiều cao thân, chiều dài rễ, số lá trên cây, khối lượng cây rau và năng suất) tại NT3 có kết quả tốt nhất, kế tiếp là NT2 và thấp nhất tại NT1. Trong đó, NT3 và NT2 tăng trưởng của cải sai khác không có ý nghĩa, và cùng cao hơn có ý nghĩa thống kê với NT1 ( $p < 0,05$ ).

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 1,78 – 2,43 kg/m<sup>2</sup>.

Bảng 4 cũng cho thấy lượng thức ăn hàng ngày cho cá chình 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 ( $p < 0,05$ ). 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 200kg 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, trong hệ thống aquaponic kết hợp cá chình với cải thảo, sinh khối cá thả ban đầu phù hợp là 250kg tương ứng với diện tích trồng rau 160 m<sup>2</sup>.

#### 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 chình (sinh khối tăng 34,4 %) và cải thảo đạt khối lượng 195,3 g/cây với năng suất đạt 2,24 kg/m<sup>2</sup>.

##### 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 qui 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).

## 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.

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.

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.

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.

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.

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

5. 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.

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.

Nguyễn Nhưt. (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.

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.