

OPERATING AQUAPONIC SYSTEM IN BAC LIEU UNIVERSITY

Tran Thi Bich Nhu*, Nguyen Thi Hong Van, Tran Thi Be, Le My Phuong

Bac Lieu University

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 23/12/2022	This study was carried out to build a model of lifting and draining Aquaponics system and experimenting with different fish species (<i>Microsynodontis armatus</i> , <i>Clarias gariepinus</i> , <i>Oreochromis niloticus</i> , và <i>Channa striata</i>) and plants (<i>Ipomoea aquatica</i> , <i>L. siceraria</i> , <i>T. cucumerina</i> , and <i>C. sativus</i>). The growth rates of fishes, plants and water environmental parameters (pH, temperature, NH_3 , NO_2^-) in the Aquaponics system were recorded and evaluated during the experiment. The results showed that the four fishes observed in the experiments had high survival rates (>87%). The growth rate in weight was found highest in <i>C. gariepinus</i> (218.2 ± 18.50 g) but lowest in <i>M. armatus</i> (29.95 ± 1.73 g). The growth rate of <i>O. niloticus</i> , and <i>Channa striata</i> were 72.77 ± 3.22 g and 84.55 ± 5.42 g, respectively. The plants selected for testing in this Aquaponics system all grew well, without any pests or diseases. Generally, the environmental parameters surveyed in the Aquaponics model were in the suitable range for the growth of fish and plants.
Revised: 05/4/2023	
Published: 13/4/2023	
KEYWORDS	
Aquaponics	
<i>M. armatus</i>	
<i>O. niloticus</i>	
<i>Channa striata</i>	
<i>L. siceraria</i>	

XÂY DỰNG MÔ HÌNH AQUAPONICS TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC BẠC LIÊU

Trần Thị Bích Như*, Nguyễn Thị Hồng Vân, Trần Thị Bé, Lê Mỹ Phương

Trường Đại học Bạc Liêu

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 23/12/2022	Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xây dựng mô hình Aquaponics nâng ngập xả cạn trên giá thể đất nung và thử nghiệm trên các loài cá khác nhau (<i>Microsynodontis armatus</i> , <i>Clarias gariepinus</i> , <i>Oreochromis niloticus</i> và <i>Channa striata</i>) và cây trồng (<i>I. aquatica</i> , <i>L. siceraria</i> , <i>T. cucumerina</i> và <i>C. sativus</i>). Tốc độ tăng trưởng của cá, thực vật và các thông số môi trường nước (pH, nhiệt độ, NH_3 , NO_2^-) trong hệ thống Aquaponics được ghi lại và đánh giá trong quá trình thí nghiệm. Kết quả cho thấy, bốn loài cá được khảo sát trong thí nghiệm có tỷ lệ sống cao (> 87%). Tốc độ tăng trưởng về trọng lượng cao nhất ở <i>C. gariepinus</i> ($218,2 \pm 18,50$ g) và thấp nhất ở <i>M. armatus</i> ($29,95 \pm 1,73$ g). Tốc độ tăng trưởng của <i>O. niloticus</i> và <i>C. striata</i> lần lượt là $72,77 \pm 3,22$ g và $84,55 \pm 5,42$ g. Các loại rau và dây leo (xà lách xoong Nhật, rau muống, dây bầu, khổ qua tây và dưa leo) được chọn thử nghiệm trong hệ thống Aquaponics đều phát triển tốt, không xuất hiện sâu bệnh. Nhìn chung, các thông số môi trường khảo sát trong các mô hình Aquaponics đều nằm trong khoảng thích hợp cho sự phát triển của cá và rau.
Ngày hoàn thiện: 05/4/2023	
Ngày đăng: 13/4/2023	
TỪ KHÓA	
Aquaponics	
Chạch lấu	
Rô phi vằn	
Cá lóc	
Bầu	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.7160>

* Corresponding author. Email: ttbnhu@blu.edu.vn

1. Giới thiệu

Trong giai đoạn hiện nay thực trạng ô nhiễm môi trường và biến đổi khí hậu ngày càng tăng đã ảnh hưởng nghiêm trọng đến ngành nuôi trồng thủy sản [1]-[3]. Để phát triển bền vững ngành nuôi trồng thủy sản, việc sản xuất giống và ương nuôi động vật thủy sản theo hướng thân thiện môi trường và sản phẩm thu được an toàn đến sức khỏe người tiêu dùng, không tồn lưu hóa chất thuốc kháng sinh là thiết yếu [3], [4].

Aquaponics là một hệ thống sản xuất tích hợp giữa trồng cây thủy canh và nuôi trồng thủy sản tuần hoàn [5]. Dưới tác động của vi khuẩn, chất thải của cá sẽ là nguồn cung cấp dinh dưỡng cho sự phát triển của cây trồng, qua đó cây trồng góp cải thiện chất lượng nước, giảm lượng nước tiêu thụ tổng thể bằng cách hạn chế lượng nước thải môi trường bên ngoài [6]. Aquaponics được đánh giá là hệ thống sản xuất thực phẩm an toàn với các mối nguy về ô nhiễm môi trường thấp [7]. Ngoài ra, các lợi thế của việc liên kết sản xuất cây trồng và nuôi cá là chia sẻ được chi phí vận hành và cơ sở hạ tầng; chất thải từ các bể nuôi cá tuần hoàn được hấp thu bởi thực vật, do đó giúp làm giảm chi phí sử dụng phân bón, hóa chất và giảm thiểu việc xả chất thải ra môi trường; đồng thời tăng lợi nhuận tiềm năng bằng cách sản xuất đồng thời hai nguồn sản phẩm là cá và rau [8]. Do đó, mô hình Aquaponics có thể được xem là lựa chọn thay thế có trách nhiệm với môi trường trồng rau và đánh bắt tự nhiên [9]. Tỷ lệ giữa cá và rau sẽ khác nhau tùy theo loài nuôi, tùy theo chế độ dinh dưỡng và thành phần đạm cá cho ăn, tùy theo từng loại cây trồng, tùy theo giá thể được sử dụng cho trồng rau mà tỷ lệ giữa bể cá và bể rau có thể là 1:1 hay dao động 1:4. Có nhiều loài cá được lựa chọn và đưa ứng dụng vào mô hình tùy theo điều kiện địa lý của từng nước như cá hồi, cá trê, cá chép... [10]. Yếu tố thành công của mô hình aquaponics cần xem xét là tỷ lệ giữa cá và rau, chế độ dinh dưỡng và thành phần đạm cá cho ăn, loại cây trồng hay giá thể được sử dụng... thiết kế cho phù hợp tạo dinh dưỡng để hệ thống aquaponics cân đối, ổn định. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xây dựng hệ thống Aquaponics – mô hình kết hợp giữa trồng các loại rau và nuôi các loài cá khác nhau để góp phần hoàn thiện thêm về thành phần giống loài kết hợp trong mô hình, tỷ lệ kết hợp giữa cá và rau, từ đó đưa ra kích thước hệ hiệu quả. Ngoài ra, nghiên cứu thực hiện dựa trên những loài cá được nuôi thương phẩm phổ biến đã sử dụng thức ăn công nghiệp để so sánh chất lượng thịt hay độ ngon của cá, rau khi được nuôi mô hình aquaponics và mô hình truyền thống.

2. Vật liệu và phương pháp

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Cá: Chọn những loài đã được nuôi thương phẩm: Cá chạch lấu, cá lóc, cá trê phi và cá rô phi (đối chứng). Các loài cá khác nhau được bố trí lần lượt trong 03 mô hình Aquaponics. Trong đó, cá chạch lấu (*M. armatus*), cá trê phi (*C. gariepinus*), cá rô phi (*O. niloticus*) và cá lóc (*Channa striata*) có khối lượng dao động từ 3 – 6 g/con. Tiêu chuẩn lựa chọn cá khi bố trí: kích cỡ đồng đều, khỏe, không xây xát, không bị nhiễm bệnh, đã quen với thức ăn công nghiệp.

Giống cây trồng: Kết hợp các dạng khác nhau: Ổ dạng dây leo có bầu (*L. siceraria*), khổ qua tây (*T. cucumerina*), dưa leo (*C. sativus*) và các loại rau ngắn ngày như: Rau muống, húng quế, xà lách xoong nhật. Cây trồng được áp dụng 2 phương pháp là gieo hạt và dâm cành.

Nguồn nước: Sử dụng nước ngầm, dùng EDTA xử lý kim loại nặng, sau đó để lắng 2 ngày trước khi sử dụng.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thiết kế hệ thống Aquaponics

Hệ thống Aquaponics được bố trí trong nhà lưới để tránh sâu bọ, côn trùng và được lắp hệ thống phun sương, quạt thông gió để điều hòa nhiệt độ khi nắng nóng. Mô hình được thiết kế bao gồm: bể cá (1m³), bể lọc cơ (250 lít), bể lọc vi sinh (250 lít) và 08 khay rau (0,9 x 0,6 x 0,3m).

Bể cá: Được sử dụng là bể composite 1 m³, có mực nước chiếm ¾ bể, có bố trí sục khí và lắp 01 máy bơm chìm (91,2 W) để bơm nước từ bể cá lên bể lọc cơ.

Khay rau: Khay sử dụng là khay dạng nhựa nguyên sinh được làm từ nhựa dẻo chịu nhiệt, độ bền cao. Mỗi khay rau được lắp đặt bellsiphon.

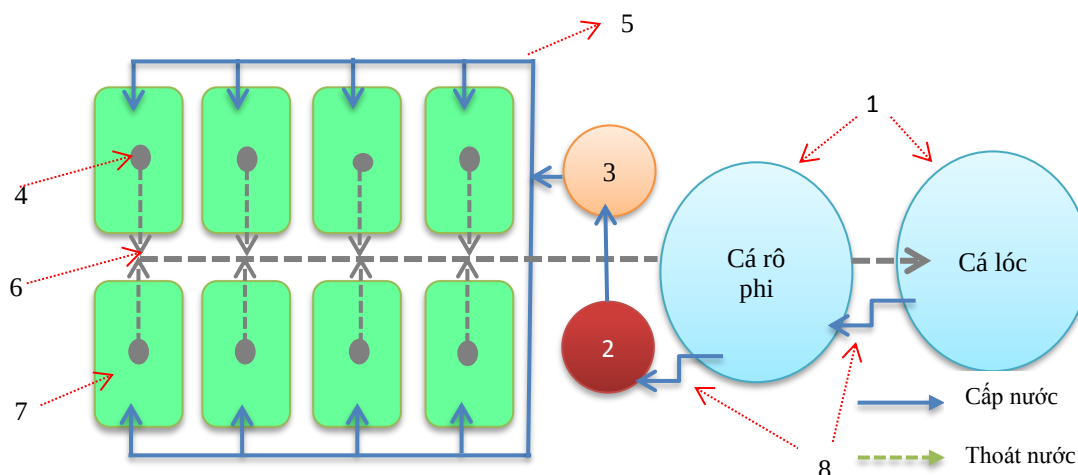
Sỏi viên nung: Được bố trí vào khay rau với 2 kích cỡ (4 – 8 mm và 8 – 12 mm) phối trộn với nhau theo tỉ lệ 1:4. Sỏi được xử lý trước khi đưa vào bố trí thí nghiệm.

Bể lọc cơ học: Bể lọc thể tích 250 lít. Hệ thống lọc gồm 3 lớp chính: trên cùng là lớp bông lọc rồi đến lớp đá trắng và dưới cùng là lớp nham thạch.

Bể lọc sinh học: Sử dụng loại thùng phuy có thể tích 250 lít. Giá thể cho vi khuẩn sử dụng là hạt lọc Kaldnes (chiếm gần 1/3 thể tích bể lọc).

2.2.2. Bố trí các mô hình Aquaponics

Hệ thống được bố trí lần lượt với 3 mô hình, thời gian bố trí cho mỗi thí nghiệm là 2,5 tháng, mật độ là 150 con/bể. Sau mỗi đợt kết thúc mô hình, hệ thống được vệ sinh toàn bộ và công tác chuẩn bị sau 10 ngày bố trí mô hình kế tiếp. Hệ thống được thiết kế và vận hành theo **Hình 1**.



Hình 1. Sơ đồ vận hành của hệ thống thí nghiệm

Ghi chú: 1. Bể cá; 2. Bể lọc cơ; 3. Bể lọc vi sinh; 4. Bell siphon; 5. Hệ thống ống cấp nước vào khay rau; 6. Hệ thống ống thu nước từ khay rau về bể cá; 7. Khay rau; 8. Máy bơm chìm

Mô hình 1: Cá chạch lấu + xà lách xoong nhật + rau muống

- Thời gian bố trí thí nghiệm vào ngày 05/8/2019 đến ngày 17/11/2019.
- Cá: Cá chạch lấu có khối lượng dao động từ 3-5 g/con
- Rau: Xà lách xoong nhật được tỉa bớt rễ và thân sao cho chiều dài còn 4 cm trước khi cấy vào giá thể đất nung. Riêng rau muống tiến hành gieo hạt cùng thời điểm với thả cá.

Mô hình 2: Cá trê phi + bầu + khổ qua tây

- Thời gian bố trí vào ngày 27/11/2019 đến ngày 05/02/2020.
- Cá trê phi: Khối lượng cá dao động trong khoảng từ 4-5 g/con.
- Cây bầu và khổ qua tây hạt được gieo vào thùng xốp đã chuẩn bị sẵn đất và phân bên ngoài. Sau khi xuất hiện 2 lá thật tiến hành bố trí vào hệ thống khay rau.

Mô hình 3: Cá rô phi + cá lóc + bầu + dưa leo

- Thời gian thí nghiệm: Từ 20/04/2020 đến 27/06/2020.
- Cá rô phi và cá lóc: Cá rô phi có khối lượng dao động trong khoảng từ 4-6 g/con, cá lóc có khối lượng dao động 3-5 g/con.

Cá được cho ăn bằng thức ăn công nghiệp (đạm 40%) 2 lần/ngày theo nhu cầu. Thường xuyên theo dõi khả năng bắt mồi của cá để điều chỉnh lượng thức ăn cho phù hợp, tránh thức ăn dư thừa ảnh hưởng đến chất lượng nước. Định kỳ siphon bể cá trong trường hợp phân cá, thức ăn dư thừa nhiều và cấp thêm nước khi cần thiết. Định kỳ vệ sinh hệ thống bellsiphon trong các khay rau để tránh trường hợp rễ cây phát triển nhiều gây cản trở thoát nước. Kiểm tra hệ thống lọc, vệ sinh sau mỗi đợt kết thúc thí nghiệm.

2.2.3. Các chỉ tiêu thu thập và tính toán

Chỉ tiêu tăng trưởng và tỉ lệ sống của cá: Khối lượng và chiều dài cá trong các mô hình thí nghiệm được cân và đo định kỳ 2 tuần/lần. Tỉ lệ sống của cá được xác định vào cuối mỗi vụ nuôi. Công thức tính toán các chỉ tiêu như sau:

1. Tăng trưởng chiều dài (Length Gain; cm): $LG = (L_c - L_d)$

2. Tốc độ tăng trưởng chiều dài theo ngày (Daily length gain – DLG; cm/ngày):

$$DLG = (L_c - L_d)/t$$

3. Tăng trọng (Weigh Gain; g): $WG = W_c - W_d$

4. Tốc độ tăng trọng theo ngày (Daily weight gain – DWG; g/ngày): $DWG = (W_c - W_d)/t$

5. Tốc độ tăng trưởng đặc biệt theo khối lượng (Specific growth rate – SGR; %/ngày):

$$SGR = (\ln W_c - \ln W_d)/t$$

6. Tốc độ tăng trưởng đặc biệt theo chiều dài (%/ngày): $SGR = (\ln L_c - \ln L_d)/t$

7. Tỷ lệ sống (SR – survival rate; %): $SR = (\text{số cá thu được}/\text{số cá thả}) \times 100$

Trong đó: L_d là chiều dài ban đầu (cm), L_c là chiều dài cuối (cm), W_c là khối lượng cuối (g), W_d là khối lượng đầu (g), t là thời gian thí nghiệm (ngày).

Chỉ tiêu theo dõi về cây trồng: Sau mỗi đợt thu hoạch được cân khối lượng tươi. Đối với dây leo (bầu, khổ qua tây và dưa leo), trái được thu và cân khối lượng khi đến giai đoạn thu hoạch.

Chỉ tiêu môi trường: Các chỉ tiêu pH và nhiệt độ nước trong bể cá được đo 2 lần/ngày (lúc 7:00 sáng và 2:00 chiều) bằng máy đo. Hàm lượng khí độc NO_2^- , NH_3 được xác định bằng bộ kit Sera, thời gian đo 4 ngày/lần (vào lúc 2:00 chiều).

2.3. Xử lý số liệu

Các số liệu thu thập của từng chỉ tiêu được tổng hợp và xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel. Số liệu được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ sai số chuẩn.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Biến động của các chỉ tiêu môi trường nước

Biến động pH: Kết quả Bảng 1 cho thấy, pH của các mô hình dao động trong khoảng 7,5 đến 8,3 cao nhất là ở MH3 cá rô phi ($8,3 \pm 0,20$) và thấp nhất là cá chạch lấu ($7,5 \pm 0,1$). pH tối ưu cho sự sẵn có của dinh dưỡng cho cây trồng trong hệ thống thủy canh là 5,5-6,5 [11], trong khi pH tối ưu cho sự phát triển của vi khuẩn nitrate hóa trong bể lọc sinh học là 7,5 – 9,0 [12] và pH thích hợp cho nuôi trồng thủy sản từ 6,5-8,5 [13]. pH nước trong hệ thống được duy trì ở mức tối ưu cho vi khuẩn nitrate hóa hoạt động một cách hiệu quả nhất và đảm bảo cho sự phát triển của các loài cá, tuy nhiên có thể ảnh hưởng đến sự phát triển của cây trồng trong hệ thống, đặc biệt là ở MH3 do mức pH trên 8.

Biến động nhiệt độ: Nhiệt độ trong các mô hình dao động từ 27,4 -31,1°C (Bảng 1). Nhiệt độ là một trong những yếu tố môi trường quan trọng ảnh hưởng đến động vật thủy sản, ngưỡng nhiệt độ tối ưu cho hầu hết các loài cá nhiệt đới là 25 – 32°C [14] và giới hạn cho phép từ 10 – 40°C [9]. Cá lóc tăng trưởng tốt ở nhiệt độ thích hợp là 27,5-29,5°C [15], cá rô phi (*O. niloticus*) tăng nhanh ở nhiệt độ nước 28°C và 32°C [14]. Nhìn chung, kết quả nhiệt độ ở các mô hình hoàn toàn thích hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của các đối tượng nuôi.

Bảng 1. *Biến động pH và nhiệt độ trong các bể cá của hệ thống Aquaponics*

Chỉ tiêu		MH1	MH2	MH3	
		Cá chạch lấu	Cá trê	Cá rô phi	Cá lóc
pH	Sáng	7,5 ± 0,1	7,7 ± 0,01	8,2 ± 0,2	8,0 ± 0,2
	Chiều	7,5 ± 0,1	7,7 ± 0,2	8,3 ± 0,1	8,2 ± 0,2
Nhiệt độ	Sáng	28,5 ± 0,8	28,6 ± 1,53	27,4 ± 0,88	27,4 ± 0,83
	Chiều	31,1 ± 1,28	30,9 ± 145	29,2 ± 1,53	29,9 ± 0,89

Sự biến động các chỉ tiêu NH_3 và NO_2^- được thể hiện trong Bảng 2. Kết quả cho thấy hàm lượng NH_3 ở các bể cá dao động trong khoảng 0,034-0,059 mg/l, thấp nhất là ở bể cá lóc (0,034±0,01 mg/l) và cao nhất là bể cá chạch lấu (0,059±0,01 mg/l). Tuy nhiên, trong cùng một mô hình thì hàm lượng NH_3 của bể cá rô phi đạt 0,058 mg/l và lại cao hơn bể cá lóc 0,034 mg/l, một phần là do quá trình lắp đặt hệ thống, bể cá lóc được lấy nước trực tiếp từ khay rau đổ về, đã qua quá trình xử lý qua bể lọc cơ và lọc vi sinh nên hàm lượng NH_3 thấp hơn so với bể cá rô phi. NH_3 gây độc cho cá khi hàm lượng trên 0,05 mg/L [17] và hàm lượng NH_3 mà các loài thủy sản có thể sinh trưởng tốt là từ 0,2-2 mg/l [13],[16]. Kết quả cho thấy, mặc dù hàm lượng NH_3 ở các mô hình có cao nhưng vẫn nằm trong khoảng tương đối thích hợp cho các loài thủy sản.

Bảng 2. *Sự biến động của yếu tố NH_3 và NO_2^- trong các bể cá của hệ thống Aquaponics*

Chỉ tiêu	MH1	MH2	MH3	
	Chạch lấu	Cá trê	Cá rô phi	Cá lóc
NH_3 (mg/l)	0,059±0,01	0,056±0,01	0,058±0,01	0,034±0,01
NO_2^- (mg/l)	4,217±0,29	2,539±0,42	1,667±0,32	0,306±0,06

Kết quả từ Bảng 2 cho thấy, hàm lượng NO_2^- trong mô hình dao động từ 0,306 - 4,217 mg/l. Trong đó, cao nhất là ở bể cá chạch lấu (4,217 ± 0,29 mg/l) và thấp nhất là ở bể cá lóc (0,306 ± 0,06 mg/l). Nồng độ NO_2^- lớn hơn 0,3 mg/l làm ảnh hưởng đến cá nước ngọt [16]. Trong hệ thống aquaponics, nồng độ NO_2^- đạt 19,08 mg/l sẽ làm cho cá rô phi không tăng trưởng và hao hụt nhiều [18].

3.2. Tỷ lệ sống và tăng trưởng của các loài cá

Các chỉ tiêu về tăng trưởng khối lượng và chiều dài của cá

Các chỉ tiêu tăng trưởng về chiều dài và khối lượng được trình bày ở Bảng 3 và 4. Kết quả Bảng 3 cho thấy khối lượng ban đầu của các đối tượng trong các mô hình không có sự chênh lệch nhiều và dao động trong khoảng từ 3,47 – 5,55 g/con. Tuy nhiên, đến giai đoạn kết thúc các mô hình thì tăng trọng của các loài cá có sự chênh lệch khá cao. Trong đó, đạt cao nhất là cá trê phi sau khoảng 70 ngày tăng trọng đạt 218,2±18,50 g (Bảng 3), chiều dài đạt 22,05±0,95 cm (Bảng 4) và thấp nhất là cá chạch lấu, sau 90 ngày tăng trọng đạt 29,95±1,73 g; chiều dài đạt 9,96±0,50 cm.

Bảng 3. *Chỉ tiêu tăng trưởng về khối lượng của các loài cá nuôi thử nghiệm*

Chỉ tiêu	MH1	MH2	MH3	
	Cá chạch lấu	Cá trê	Cá rô phi	Cá lóc
Wđ (g)	4,95±0,29	4,06±0,23	5,55±0,32	3,47±0,30
Wc (g)	34,90±1,73	228,99±11,57	78,83±3,18	88,18±5,34
WG (g)	29,95±1,73	218,2±18,50	72,77±3,22	84,55±5,42
DWG (g/ngày)	0,33±0,02	3,11±0,27	1,04±0,05	1,2±0,08
SGR (%/ngày)	0,02±0,001	0,06±0,001	0,04±0,001	0,05±0,002

Cá chạch lấu ở MH1 có tốc độ tăng trưởng về khối lượng bình quân theo ngày khá thấp 0,33±0,02 g/ngày (Bảng 3). Nguyên nhân có thể là do trong khoảng thời gian đầu bố trí cá ăn rất ít do chịu tác động của các yếu tố bên ngoài, đặc biệt là trong thời gian đầu hoạt động lắp ráp gây

xáo động môi trường nhiều làm ảnh hưởng đến khả năng bắt mồi của cá. Ở MH3, khối lượng đầu vào của cá lóc thấp hơn so với cá rô phi, sau thời gian 70 ngày nuôi tốc độ tăng trưởng về khối lượng và chiều dài của cá lóc lần lượt đạt $84,55 \pm 5,42$ g; $11,58 \pm 0,42$ cm và cao hơn cá rô phi lần lượt là $72,77 \pm 3,22$ g và $7,61 \pm 0,41$ cm.

Bảng 4. Các chỉ tiêu tăng trưởng về chiều dài của các loài cá nuôi thử nghiệm trong hệ thống Aquaponics

Chỉ tiêu	MH1	MH2	MH3	
	Cá chạch lấu	Cá trê	Cá rô phi	Cá lóc
Lđ (cm)	$12,30 \pm 0,28$	$9,08 \pm 0,22$	$6,89 \pm 0,14$	$7,57 \pm 0,25$
Lc (cm)	$19,97 \pm 0,53$	$31,13 \pm 0,55$	$14,78 \pm 0,47$	$19,22 \pm 0,36$
LG (cm)	$9,96 \pm 0,50$	$22,05 \pm 0,95$	$7,61 \pm 0,41$	$11,58 \pm 0,42$
DWG (cm/ngày)	$0,11 \pm 0,01$	$0,31 \pm 0,01$	$0,11 \pm 0,006$	$0,16 \pm 0,001$
SR (%/ngày)	$0,007 \pm 0,000$	$0,01 \pm 0,001$	$0,01 \pm 0,000$	$0,01 \pm 0,000$

Qua kết quả nghiên cứu cho thấy, tốc độ tăng trưởng về khối lượng và chiều dài bình quân theo ngày ở cá trê là cao nhất (lần lượt là $3,11 \pm 0,27$ g/ngày; $0,31 \pm 0,01$ cm/ngày ở MH2) và thấp nhất là cá chạch lấu (lần lượt là $0,33 \pm 0,02$ g/ngày, $0,11 \pm 0,01$ cm/ngày ở MH1). Ở MH3, cá lóc đạt $1,2 \pm 0,08$ g/ngày; $0,16 \pm 0,001$ cm/ngày cao hơn so với cá rô phi ($1,04 \pm 0,05$ g/ngày; $0,11 \pm 0,006$ cm/ngày) nhưng không đáng kể. Cá lóc có khối lượng dao động từ 1,35 – 2,30 g và chiều dài 5,28 – 7,14 cm thì khả năng gia tăng khối lượng 0,10 g/ngày, còn ở cá có kích thước và khối lượng lớn hơn (2,30 – 5,92 g; 9,20 – 11,2 cm) có tốc độ tăng trưởng nhanh hơn là 0,63 g/ngày [19]. Khi nuôi cá lóc và cá diêu hồng trong hệ thống Aquaponics, tốc độ tăng trưởng về khối lượng bình quân theo ngày ở cá lóc là 1,86 g/con/ngày cao hơn so với cá lóc đối chứng là 0,67 g/con/ngày trong suốt 150 ngày nuôi [20]. Nhìn chung, tốc độ tăng trưởng của các loài cá trong các bể nuôi ở các mô hình tương đối tốt. Đặc biệt là trong quá trình nuôi, hiện tượng cá bệnh ở tất cả các bể hầu như không xuất hiện.

Tỷ lệ sống: Kết quả sau 90 ngày nuôi cho thấy tỷ lệ sống của cá chạch lấu là cao nhất (98%), kế tiếp là cá trê (92%) và cá rô phi là (90%), thấp nhất là cá lóc (87%). Nhìn chung, tỷ lệ sống của các loài cá trong mô hình Aquaponics ở cả 3 mô hình đều có tỷ lệ sống cao. Khi cá lóc (*Channa sp*) được nuôi trên các bể lót bạt tỷ lệ sống của cá lóc dao động trong khoảng $52,7 \pm 10,7\%$ đến $70,5 \pm 9,3\%$ [15], ở mô hình Aquaponics thì tỷ lệ sống của cá lóc là 99,76% và cá diêu hồng là 84,64% [20].

3.3. Sinh khối và đặc điểm phát triển của cây

Hầu hết các loại rau thử nghiệm trong hệ thống Aquaponics đều có khả năng sống và phát triển tốt. Thời gian thu hoạch và khối lượng của các loại rau/dây leo trồng trong hệ thống Aquaponics được thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 5. Thời gian thu hoạch và khối lượng của các loại rau trồng trong hệ thống Aquaponics

Mô hình	Loại rau	Thời gian thu hoạch	Khối lượng (g/khay)
MH1	Xà lách xoong Nhật (<i>Asturtium sp</i>)	25 ngày	3.000
	Rau muống (<i>I. aquatica</i>)	24 ngày	1.400
MH2	Bầu (<i>L. siceraria</i>)	54 ngày	8.000
	Khổ qua tây (<i>T. cucumerina</i>)	56 ngày	4.500
MH3	Bầu (<i>L. siceraria</i>)	65 ngày	7.200
	Dưa leo (<i>C. sativus</i>)	52 ngày	3.600

Rau xà lách xoong nhật: Qua quá trình thử nghiệm cho thấy loại rau này rất thích hợp trồng trong hệ thống Aquaponics. Nhìn chung, khoảng sau 25 ngày có thể thu hoạch rau, sản lượng trung bình thu hoạch là 3 kg/khay (tương đương 5,6 kg/m²). Rau phát triển rất tươi tốt, chiều cao

thân cây dao động khoảng 26 – 35 cm/cây. Nghiên cứu về trồng xà lách trong mô hình aquaponics sản lượng thu được khoảng 338,9 – 362,8 g/m² [18].

Rau muống: Sau 2 tuần gieo hạt vào đất nung, cây phát triển tương đối chậm và giai đoạn này lá rau có dấu hiệu bị vàng. Nguyên nhân có thể là trong giai đoạn này lượng dinh dưỡng thải ra từ bể cá chưa cung cấp đủ dinh dưỡng đáp cho sự phát triển bình thường của cây. Khắc phục giai đoạn này tiến hành bổ sung dinh dưỡng thêm cho cây (dạng khoáng vi lượng, liều lượng 1 g/L nước được phun trực tiếp lên cây) và tiến hành tỉa bớt những lá bị vàng. Sau 7 ngày xử lý, cây bắt đầu phát triển trở lại bình thường. Sau 24 ngày gieo hạt, bắt đầu thu hoạch rau và cho năng suất tương đối tốt với sản lượng 1,4 kg/khay.

Bầu và khổ qua tây: Nhìn chung bầu và khổ qua tây phát triển trong mô hình rất tốt, bình quân mỗi gốc bầu cho thu hoạch gần 7 – 9 trái/gốc. Sau 54 ngày bắt đầu thu hoạch bầu với chiều dài 40 cm/trái, khối lượng 850 g/trái và khổ qua tây thu hoạch sau 56 ngày với chiều dài 32 cm/trái, khối lượng 330 g/trái. Đối với mô hình này, để đảm bảo cây có đầy đủ dinh dưỡng và cho năng suất tốt, khuyến cáo trồng 3 gốc/khay và khổ qua tây là 2 gốc/khay. Tuy nhiên, để tận dụng diện tích bề mặt của mỗi khay có thể kết hợp trồng xen giữa dây leo và một số loại rau màu khác để tăng thêm thu nhập và hiệu quả xử lý nước của cây trong hệ thống khi nước được cấp trở lại bể cá. Cụ thể, trong mô hình này kết hợp trồng thêm húng lủi và cho năng suất là 1,3 kg/m².

Dưa leo: Sau 45 ngày kể từ thời điểm gieo hạt, bắt đầu xuất hiện trái và thu hoạch sau 52 ngày. So về sản lượng của dưa leo và bầu của MH3 thì nhìn chung thấp hơn MH2. Có thể giải thích dựa trên 2 lý do, thứ nhất do tốc độ tăng trưởng của cá trẻ nhanh hơn nhiều so với cá lóc và cá phi nên lượng thức ăn được sử dụng nhiều hơn do đó đảm bảo cung cấp đủ dinh dưỡng cho sự phát triển của bầu và khổ qua tây; thứ hai là yếu tố môi trường: ở MH2 pH dao động trong khoảng 7,5– 7,8, còn MH3 dao động trong khoảng 8,0 – 8,2 tương đối cao hơn so với điều kiện thích hợp phát triển của bầu và dưa leo.

4. Kết luận

Các yếu tố môi trường khảo sát trong hệ thống thí nghiệm đều nằm trong khoảng thích hợp cho sự phát triển của cá và rau. Tuy nhiên, thông số NO₂⁻ trong MH1 đạt 4,22±0,29 mg/l, cao hơn so với các mô hình còn lại; pH trong MH3 cao hơn so với ngưỡng phát triển của rau.

Các loài cá có khả năng sống và phát triển trong hệ thống Aquaponics. Tỷ lệ sống của các loài đều trên 87%; tốc độ tăng trưởng của cá lần lượt là: trê phi (218,2±18,50 g), cá lóc (84,55±5,42 g), cá rô phi (72,77±3,22 g) và cá chạch lấu (29,95±1,73 g). Trong đó, MH2 được xem là có hiệu quả nhất về tốc độ tăng trưởng của cá hay rau và quả.

Thành công của mô hình góp phần khẳng định cá trê phi, chạch lấu, cá lóc và cá rô phi đều có thể ứng dụng vào trong mô hình aquaponics theo phương pháp tưới ngập xả cạn và nuôi ở mật độ 150 con/m³ có thể trồng cây ở diện tích 4m². Các loại dây leo như bầu và khổ qua tây là 2 giống mới đưa vào mô hình và phát triển rất tốt trong mô hình, với mật độ 3 gốc/khay đối với bầu và 2 gốc/khay đối với khổ qua tây. Trong quá trình vận hành hệ thống không sử dụng thuốc bảo vệ thực vật cho các loại rau thí nghiệm cũng như không sử dụng kháng sinh hay các loại hoá chất cho các loài cá nuôi nên sản phẩm cá, rau và quả đều cho chất lượng vượt trội hơn so với mô hình thông thường.

Cần nhiều nghiên cứu tỷ lệ kết hợp giữa các loài cây trồng và trên nhiều loại thủy sản để xây dựng tỷ lệ phù hợp cho sự phát triển nhằm nâng giá trị kinh tế của mô hình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] C. Alvarado-Flores, F. Encina-Montoya, F. Tucça, R. Vega-Aguayo, J. Nimptsch, C. Oberti, and C. Lueders, "Assessing the ecological risk of active principles used currently by freshwater fish farms," *Science of the Total Environment*, vol. 775, 2021, Art. no. 144716.
- [2] S. Maulu, O. J. Hasimuna, L. H. Haambiya, C. Monde, C. G. Musuka, T. H. Makorwa, and J. D. Nsekanabo, "Climate change effects on aquaculture production: sustainability implications, mitigation, and adaptations," *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 5, 2021, Art. no. 609097.

-
- [3] R. C. Borromeo Jr, J. M. Urbano, and A. T. Rivera, "Eco-Friendly Fish Farming: Responsibly Sustainable Aquaculture Among ASEAN Countries," *Sociae Polites*, vol. 23, no. 1, pp. 294-312, 2022.
- [4] A. Frankic and C. Hershner, "Sustainable aquaculture: developing the promise of aquaculture," *Aquaculture international*, vol. 11, no. 6, pp. 517-530, 2003.
- [5] R. V. Tysons *et al.*, "Treadwell Aquaponics—Sustainable Vegetable and Fish Co-Production," *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, vol. 125, pp. 381-385, 2012.
- [6] D. Allen Pattillo, *An Overview of Aquaponic Systems: Aquaculture Components*. North Central Regional Aquaculture Center. Oct, 2017.
- [7] K. N. Azad, "Comparative study of okra production using different bedding media in aquaponic system," MS Thesis, Department of Aquaculture, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, 2015.
- [8] S. Diver and L. Rinehart, *Aquaponics—Integration of hydroponics and aquaculture*, Appropriate technology transfer for rural areas: Horticulture systems guide, 27 Oct. 2010.
- [9] C. Lim and C. D. Webster, *Tilapia: Biology, culture, and nutrition*. Food Products Press, Binghamton, NY, 2006.
- [10] FAO, Fisheries and Aquaculture Technical Paper: Small-scale Aquaponic food production. FAO, 2014.
- [11] G. J. Hochmuth, Nitrogen management practices for vegetable production in Florida, Circ. 1222, EDIS, 2000.
- [12] J. N. Hochheimer and F. Wheaton, "Biological filters: Trickling and RBC design," *Proc. 2nd Intl. Conf. Recirculating Aquaculture*, 1998, pp. 291-318.
- [13] Q. P. Truong, *Water quality management in freshwater fishponds*, Can Tho University, 2012.
- [14] T. T. H. Do, *Fish Physiology – Principles and Applications*, Can Tho University, 2020.
- [15] M. L. Lam, T. H. Nguyen, and N. L. Duong, "Snakehead (*Channa* sp.) farming in tarpaulin tanks in Hau Giang province," *The 4th Fisheries Science Conference*, Can Tho University, 2011, pp. 395-404.
- [16] B. E. Claude, *Water quality for pond Aquaculture*. Department of Fisheries and Allied Aquacultures. Auburn University. Alabama 36849 USA, 1998.
- [17] R. Francis-Floyd, C. Watson, D. Petty, and D. B. Pouder, *Ammonia in aquatic systems*. Univ. Florida, Dept. Fisheries Aquatic Sci., Florida Coop. Ext. Serv. FA-16, 27 Oct. 2010.
- [18] N. A. D. Le, T. T. T. Le, T. B. L. Nguyen, T. H. N. Nguyen, T. T. V. Trieu, and T. D. T. Ngo, "Comparative Feasibility of Growing Tube and Container Hydroponic Sub-Systems in an Aquaponic System," *Vietnam Agriculture Science Journal*, vol. 16, no. 2, pp. 141-15, 2018.
- [19] N. L. Duong, *Freshwater fish farming techniques*, Can Tho University, 2003.
- [20] T. N. B. Tran, "Aquaponics: a great sustain combined model of fisheries and biosecurity – Deep research to compare the effectiveness of two combined models of fisheries: snakehead (*Channa* sp.) + vegetable watercress (*Nasturtium officinale* L) and red tilapia (*Oreochromis* sp.) + vegetable watercress (*N. officinale* L)," *School level research topic - Tra Vinh University*, 2016.