



DOI:10.22144/ctujos.2026.130

# THỰC NGHIỆM NUÔI TÔM THẺ CHÂN TRẮNG (*Litopenaeus vannamei*) SIÊU THÂM CANH TRONG HỆ THỐNG TUẦN HOÀN KẾT HỢP ĐA LOÀI (CTU-RAS) Ở TỈNH CÀ MAU

Trần Ngọc Hải<sup>1</sup>, Hà Thị Yến Nhi,<sup>2</sup> Châu Tài Tảo<sup>1</sup>, Dương Thị Mỹ Hạnh<sup>1</sup>, Nguyễn Tinh Em<sup>1</sup>, Phùng Văn Toàn<sup>3</sup>, Tiết Tiến Dũng<sup>3</sup>, Hồ Văn Việt<sup>3</sup> và Lê Quốc Việt<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Trường Thủy sản, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

<sup>2</sup>Học viên lớp cao học Nuôi trồng thủy sản K29, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

<sup>3</sup>Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Cà Mau, Việt Nam

\*Tác giả liên hệ (Corresponding author): quocviet@ctu.edu.vn

## Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 29/08/2025

Sửa bài (Revised): 05/09/2025

Duyệt đăng (Accepted): 28/04/2026

**Title:** Pilot trial of super-intensive culture of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in an integrated multi-species recirculating aquaculture system (CTU-RAS) in Ca Mau province

**Author(s):** Tran Ngoc Hai<sup>1</sup>, Ha Thi Yen Nhi<sup>2</sup>, Chau Tai Tao<sup>1</sup>, Duong Thi My Han<sup>1</sup>, Nguyen Tinh Em<sup>1</sup>, Phung Van Toan<sup>3</sup>, Tiet Tien Dung<sup>3</sup>, Ho Van Viet<sup>3</sup> and Le Quoc Viet<sup>1,\*</sup>

**Affiliation(s):** <sup>1</sup>College of Aquaculture and Fisheries, Can Tho University, Viet Nam; <sup>2</sup>Post-graduate student of Aquaculture K29, College of Aquaculture and Fisheries, Can Tho University, Viet Nam; <sup>3</sup>Department of Agriculture and Rural Development of Ca Mau Province, Viet Nam

## TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá hiệu quả của mô hình nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) siêu thâm canh trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài (CTU-RAS) tại tỉnh Cà Mau. Thực nghiệm được triển khai ở 3 địa điểm (Thành phố Cà Mau, huyện Năm Căn và huyện U Minh) với mật độ 300 con/m<sup>3</sup>. Hệ thống CTU-RAS bao gồm 1 bể nuôi tôm và 3 bể cá rô phi, 1 bể lắng, 1 bể lọc giá thể và 1 bể rong câu chỉ. Thời gian nuôi tại các địa điểm 1, 2 và 3 lần lượt là 72, 61 và 90 ngày. Trong quá trình nuôi, các yếu tố môi trường nước dao động trong giới hạn cho sự phát triển của tôm. Tỷ lệ sống trung bình đạt 61,7±17,2%, hệ số chuyển hóa thức ăn viên là 1,24±0,11 và bí đồ là 0,18±0,12. Năng suất trung bình đạt 4,28±1,18 kg/m<sup>3</sup>, lợi nhuận 103±10,3 triệu đồng/600m<sup>3</sup>/vụ với tỷ suất lợi nhuận 0,50±0,10. Kết quả cho thấy mô hình có tiềm năng nhân rộng, góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất, giảm rủi ro dịch bệnh và hướng đến phát triển ngành tôm bền vững.

**Từ khóa:** Cà Mau, CTU-RAS, *Litopenaeus vannamei*, năng suất, tỷ lệ sống

## ABSTRACT

This trial aimed to evaluate the performance of super-intensive whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in an integrated multi-species recirculating system (CTU-RAS) in Ca Mau province. The pilot trials were conducted in 3 locations: Ca Mau City, Nam Can district, and U Minh district, with a density of 300 individuals/m<sup>3</sup>. The system consisted of 1 shrimp culture tank, 3 tilapia tanks, 1 sedimentation tank, 1 biofilter tank, and 1 seaweed tank. Culture durations were 72, 61, and 90 days at sites 1, 2, and 3, respectively. Throughout the culture period, water quality parameters remained within the acceptable range for shrimp growth. The average survival rate was 61.7±17.2%, with the feed conversion ratio (FCR) of commercial feed being 1.24±0.11, and the FCR of pumpkin being 0.18±0.12. The average yield reached 4.28±1.18 kg/m<sup>3</sup>, generating a profit of 103±10.3 million VND/600m<sup>3</sup>/crop and a profit ratio of 0.50±0.10. These findings demonstrate that the CTU-RAS model offers promising potential for scaling up, contributing to improved production efficiency, reduced disease risk, and the sustainable development of shrimp farming.

**Keywords:** Ca Mau, CTU-RAS, *Litopenaeus vannamei*, productivity, survival rate

## 1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, Việt Nam nằm trong nhóm các quốc gia dẫn đầu thế giới về nuôi trồng thủy sản, trong đó nuôi tôm nước lợ giữ vị thế chiến lược. Năm 2023, sản lượng tôm nước lợ đạt 1,12 triệu tấn trên diện tích 737 nghìn ha. Trong đó, Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) chiếm khoảng 90% diện tích nuôi và đóng góp 80% sản lượng của cả nước (VASEP, 2024). Tỉnh Cà Mau có hệ thống sông ngòi, kênh rạch dày đặc và đan xen, với nhiều tuyến sông lớn, mực nước sâu. Bên cạnh đó, nguồn nước mặn dồi dào là điều kiện thuận lợi để phát triển nuôi trồng thủy sản và mở rộng rừng ngập mặn (Công Thông tin Điện tử tỉnh Cà Mau, 2025). Với những đặc điểm trên, Cà Mau được đánh giá là địa phương sở hữu tiềm năng kinh tế thủy sản rất lớn. Diện tích nuôi trồng thủy sản toàn tỉnh khoảng 450.900 ha, sản lượng tôm tiếp tục dẫn đầu cả nước khoảng 566.000 tấn, kim ngạch xuất khẩu đạt khoảng 2,48 tỷ USD (Công Thông tin Điện tử tỉnh Cà Mau, 2025). Mục tiêu phát triển ngành tôm Cà Mau là trở thành trung tâm nuôi tôm lớn nhất cả nước, ứng dụng công nghệ tiên tiến để nâng cao năng suất, chất lượng, khả năng cạnh tranh và thích ứng biến đổi khí hậu (Tổng cục Thủy sản, 2024). Tuy nhiên, nghề nuôi tôm ở tỉnh Cà Mau đang chịu tác động bởi biến đổi khí hậu với các hiện tượng thời tiết cực đoan dẫn đến tôm sinh trưởng chậm, gây thiệt hại lớn cho người nuôi (Quach et al., 2017). Bên cạnh đó, các hệ thống nuôi tôm thâm canh đang gặp những thách thức lớn như vấn đề sử dụng nước và quản lý nước thải, làm gia tăng nguy cơ dịch bệnh (Ho et al., 2025). Vì vậy, cần đẩy mạnh các nghiên cứu đổi mới công nghệ nhằm hoàn thiện hệ thống nuôi tôm thâm canh theo hướng giảm thiểu tác động môi trường, sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên và nâng cao hiệu quả chi phí trong sản xuất. Trong đó, nuôi trồng thủy sản kết hợp đa loài (IMTA) đã được xác định là một chiến lược hiệu quả để thích ứng với biến đổi khí hậu ở các quốc gia ven biển (Selim et al., 2021).

IMTA khác với nuôi ghép truyền thống ở chỗ tích hợp nhiều loài thuộc các bậc dinh dưỡng khác nhau (Jerónimo et al., 2020). Chất thải và thức ăn dư thừa từ loài nuôi chính được tái sử dụng bởi loài khác như động vật ăn lọc, rong biển hoạt động như bộ lọc sinh học tự nhiên (Granada et al., 2016). Nhờ đó, hệ thống vừa giảm ô nhiễm môi trường, cải thiện chất lượng nước, vừa nâng cao tỷ lệ sống và giảm rủi ro dịch bệnh (Lal et al., 2023). Trong những năm gần đây, Trường Thủy sản – Đại học Cần Thơ đã phát triển hệ thống nuôi tôm thẻ chân trắng trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài (CTU-RAS). Hệ

thống này áp dụng cho nuôi tôm thương phẩm sử dụng hệ thống tuần hoàn kín với lọc sinh học đa loài kết hợp giá thể chuyên động và bổ sung bí đỏ thay thế một phần thức ăn công nghiệp. Hệ thống đã được nghiên cứu thử nghiệm ở các quy mô khác nhau và cho thấy tính khả thi về vận hành, đồng thời mang lại hiệu quả ổn định. Theo đó, quy mô bể 40 m<sup>3</sup> đạt tỷ lệ sống gần 97%, năng suất 4,4 kg/m<sup>3</sup> và hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR) ~1,1. Trong khi đó, quy mô 500 m<sup>3</sup> đạt năng suất 28–41 tấn/ha/vụ, tỷ lệ sống 75–94% và FCR 1,09–1,21, cho thấy tính ổn định, khả thi và tiềm năng nhân rộng trong sản xuất thương mại bền vững (Hải & Việt, 2022). Việc triển khai thực nghiệm nhằm đánh giá khả năng ứng dụng của CTU-RAS ở tỉnh Cà Mau, là cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc nhân rộng mô hình, góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất, giảm thiểu rủi ro dịch bệnh và hướng đến phát triển ngành tôm bền vững, thích ứng với biến đổi khí hậu.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành ở 3 địa điểm trên địa bàn tỉnh Cà Mau:

Địa điểm 1: Xã Hòa Tân, Thành phố Cà Mau (Phường Hòa Thành sau sát nhập); thời gian nuôi: 05/02/2024 – 18/04/2024 (72 ngày).

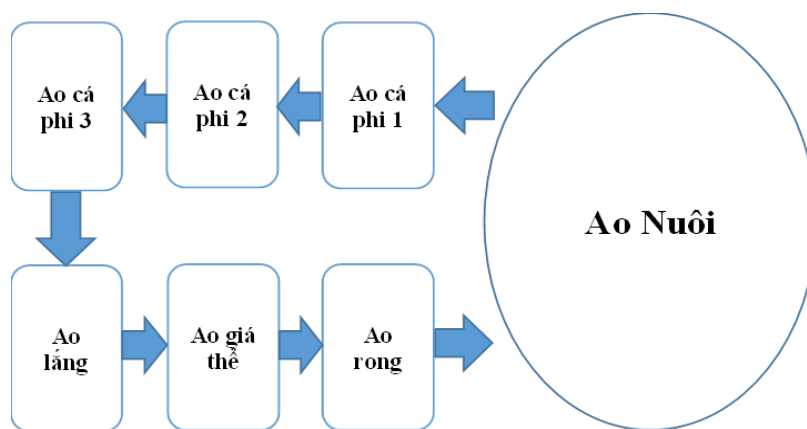
Địa điểm 2: xã Hàm Rồng, huyện Năm Căn (xã Năm Căn); thời gian nuôi: 13/04/2024 – 12/06/2024 (61 ngày).

Địa điểm 3: xã Khánh An, huyện U Minh (xã Khánh An); thời gian nuôi: 04/09/2024 – 02/12/2024 (90 ngày).

### 2.2. Hệ thống nuôi

Hệ thống CTU–RAS gồm 1 bể nuôi tôm 600 m<sup>3</sup>, 3 bể cá rô phi (*Oreochromis niloticus*) 30 m<sup>3</sup> với mật độ 1 kg/m<sup>3</sup> (cỡ 50 con/kg), 1 bể lắng 30 m<sup>3</sup>, 1 bể lọc giá thể 30 m<sup>3</sup> với tổng thể tích giá thể 9 m<sup>3</sup> và 1 bể rong câu chỉ (*Gracilaria tenuistipitata*) 30 m<sup>3</sup> với mật độ 1 kg/m<sup>2</sup> (Hình 1).

Bể lọc sinh học có chứa giá thể là hạt nhựa được đục khí mạnh để cung cấp oxy và đảm bảo giá thể được đảo đều trong nước. Kích hoạt vi khuẩn bằng cách bổ sung NH<sub>4</sub>Cl theo từng bước tăng dần (0,2; 0,4; 0,8 mg/L), mỗi lần cách nhau 3–5 ngày. Khi nồng độ nitrite và TAN giảm xuống dưới 0,1 mg/L sau mỗi lần bổ sung, chứng tỏ vi khuẩn *Nitrosomonas* và *Nitrobacter* đã phát triển và hoạt động tốt, lúc này hệ thống lọc có thể được vận hành.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống ao nuôi

### 2.3. Nguồn tôm giống

Tôm giống (Postlarvae 12) được mua từ cơ sở sản xuất giống ở huyện Năm Căn, tỉnh Cà Mau. Tôm giống được chuyển đến các địa điểm thử nghiệm và được ương tiếp tục thêm 21 ngày trong bể lót bạt 100 m<sup>3</sup> với mật độ 2.000 con/m<sup>3</sup>. Tôm được kiểm tra các bệnh thường gặp gồm đốm trắng, hoại tử gan tụy và vi bào tử trùng trước và sau giai đoạn ương. Sau 21 ngày ương, tôm được chuyển sang bể nuôi thương phẩm với mật độ 300 con/m<sup>3</sup>.

### 2.4. Chăm sóc và quản lý

Tôm được cho ăn 5 lần/ngày (6:00, 10:00, 14:00, 17:00 và 21:00) với 4 lần cho ăn thức ăn công nghiệp (Pro - VINA, 40-42% protein) và 1 lần cho ăn bí đỏ vào lúc 21:00. Bí đỏ được cho ăn dạng tươi và băm nhỏ. Lượng thức ăn dao động từ 3 - 16% trọng lượng thân/ngày tính theo công thức  $Y = 13,391W^{-0,5558}$  (Van Wyk et al., 2001). Trong đó Y là lượng thức ăn và W là khối lượng tôm nuôi. Trong quá trình cho ăn, theo dõi và kiểm tra thường xuyên để điều chỉnh lượng thức ăn cho phù hợp. Các chỉ tiêu chất lượng nước bao gồm nhiệt độ, pH, oxy hòa tan (DO), độ mặn, nitrit (NO<sub>2</sub>), tổng đạm amon (TAN), lân hòa tan (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) và độ kiềm được đo 14 ngày/lần. Các chỉ tiêu được phân tích theo phương pháp APHA (2017), nhiệt độ và DO được đo bằng máy Handy Polaris (OxyGuard, Đan Mạch) và pH được xác định bằng máy Hanna HI98107 (Hanna Instruments Ltd., Anh). Độ mặn được đo bằng khúc xạ kế (Atago-Japan).

### 2.5. Thu mẫu

#### 2.5.1. Các chỉ tiêu tăng trưởng

Tăng trưởng của tôm được kiểm tra 14 ngày/lần. Dùng vợt vớt ngẫu nhiên 30 con tôm trong ao nuôi sau đó tiến hành cân khối lượng và đo chiều dài từng con.

Tăng trưởng tuyệt đối về khối lượng:

$$DWG \text{ (g/ngày)} = (W_2 - W_1)/T$$

Tăng trưởng tuyệt đối về chiều dài:

$$DLG \text{ (cm/ngày)} = (L_2 - L_1)/T$$

Tăng trưởng tương đối về khối lượng:

$$SGR_w \text{ (%/ngày)} = [\ln(W_2) - \ln(W_1)] \times 100/T$$

Tăng trưởng tương đối về chiều dài:

$$SGR_L \text{ (%/ngày)} = [\ln(L_2) - \ln(L_1)] \times 100/T$$

Trong đó: W<sub>1</sub> và W<sub>2</sub> lần lượt là khối lượng tôm ban đầu và tại thời điểm thu mẫu (g); L<sub>1</sub> và L<sub>2</sub> là chiều dài tôm ban đầu và tại thời điểm thu mẫu (cm); T là thời gian nuôi (ngày).

Năng suất:

$$\text{Năng suất (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Tổng lượng tôm trong thu hoạch/thể tích nước}}$$

Tỷ lệ sống (SR):

$$SR \text{ (%) = } \left\{ \frac{\text{Tổng lượng tôm thu hoạch (kg) x cỡ tôm thu hoạch trung bình (con/kg)}}{\text{Số tôm thả}} \right\} \times 100$$

Hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR):

$$\text{FCR thức ăn viên} = \frac{\text{Tổng lượng thức ăn viên cho tôm ăn}}{\text{Tổng tăng trọng ướt của tôm}}$$

$$\text{FCR bí đỏ} = \frac{\text{Tổng lượng bí đỏ cho tôm ăn}}{\text{Tổng tăng trọng ướt của tôm}}$$

#### 2.5.2. Đánh giá hiệu quả kinh tế

Tổng chi phí (triệu đồng/vụ) = chi phí cố định + chi phí biến đổi

Trong đó, chi phí cố định bao gồm chi phí xây ao, mua sắm máy móc, khấu hao chi phí cố định. Chi phí biến đổi bao gồm thuê lao động, con giống, xét

nghiệm, thức ăn, thuốc và hóa chất, cải tạo ao, nhiên liệu, thu hoạch, lãi suất ngân hàng và chi khác.

$$\text{Giá thành (nghìn đồng/kg)} = \frac{\text{Tổng chi phí/sản lượng}}$$

$$\text{Doanh thu (triệu đồng/vụ)} = \text{Giá bán} \times \text{sản lượng}$$

$$\text{Lợi nhuận (triệu đồng/vụ)} = \text{Doanh thu} - \text{tổng chi phí}$$

$$\text{Tỉ suất lợi nhuận (lần)} = \frac{\text{Lợi nhuận}}{\text{chi phí}}$$

## 2.6. Xử lý số liệu

Các số liệu thu thập được tính toán các giá trị trung bình, độ lệch chuẩn bằng phần mềm Excel.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Các yếu tố môi trường

Nhìn chung, nhiệt độ, pH và DO ở cả 3 địa điểm nuôi trong quá trình thử nghiệm nằm trong khoảng thích hợp cho sự phát triển của tôm nuôi (Van Wyk & Scarpa, 1999; Krummenauer et al., 2011; Martins et al., 2019; Zahraie et al., 2019). Trong đó, nhiệt độ ở địa điểm 1 và 2 dao động trong khoảng 28,08 – 30,90°C. Nhiệt độ ở địa điểm 3 thấp hơn, dao động trong khoảng 26,01 – 27,45°C (Bảng 1). Nguyên nhân là do thời gian thả ở địa điểm 3 rơi vào mùa mưa ở ĐBSCL. Đối với tôm thẻ chân trắng (TCT,) khả năng tiêu thụ thức ăn đạt mức tối ưu khi nhiệt độ nước duy trì trong khoảng 27 – 31°C. Khi nhiệt độ nước giảm xuống 24°C, lượng thức ăn tôm tiêu thụ có thể giảm khoảng 50% (Van Wyk & Scarpa, 1999). Tuy nhiên, theo Hồ và ctv. (2003) nhiệt độ thích hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của tôm TCT trong khoảng 25 – 32°C. pH ở cả 3 địa điểm được duy trì ở mức thích hợp (7,64 – 7,83) cho sự phát triển của tôm TCT và tương đối ổn định giữa các bể trong hệ thống nuôi (Bảng 1). Trong các hệ thống nuôi tôm siêu thâm canh, pH được khuyến khích duy trì thích hợp trong khoảng 7 – 9 (Van Wyk & Scarpa, 1999; Krummenauer et al., 2011). Tăng trưởng tôm được ghi nhận giảm đáng kể và hệ số FCR tăng khi pH giảm dưới 7 (Wasielesky et al., 2006). DO ở các bể tôm trong thời gian thí nghiệm được duy trì trên 5 mg/L và trên 4 mg/L ở các bể cá, rong, lắng và bể lọc sinh học (Bảng 1). Trong nuôi trồng thủy sản, tôm cũng như hầu hết các loài nuôi khác không bị ảnh hưởng khi DO lớn hơn 5mg/L. Khi nồng độ DO nhỏ hơn mức 1,5 mg/L trong thời gian dài có thể gây chết tôm (Van Wyk & Scarpa, 1999). Một nghiên cứu khác cho thấy, DO trong nước thích hợp cho tôm nuôi là trên 4 mg/L (Whestone et al., 2000). Tương tự, do địa điểm 3 thả

giống vào mùa mưa (tháng 9 – tháng 12) nên độ mặn ghi nhận ở điểm nuôi này (5,83±4,02‰) thấp hơn ở địa điểm 1 và 2 (29,75 – 32,50‰). Mặc dù là loại rong muối và có khả năng chịu được độ mặn từ 1 đến 40‰. Tuy nhiên, độ mặn thích hợp cho tôm TCT được ghi nhận trong khoảng 15 - 25‰ (Hải & Việt, 2022). Độ kiềm cao nhất ở địa điểm 1 (152 – 157 mgCaCO<sub>3</sub>/L) kế đến là địa điểm 2 (132 – 138 mgCaCO<sub>3</sub>/L) và thấp nhất ở địa điểm 3 (126 – 128 mgCaCO<sub>3</sub>/L). Độ kiềm trong các hệ thống nuôi tôm TCT được khuyến cáo duy trì trên 120 mgCaCO<sub>3</sub>/L (Van Wyk & Scarpa, 1999), tốt nhất trong khoảng 120 – 150 mgCaCO<sub>3</sub>/L (Chanratchakool, 2003). Kết quả phân tích chất lượng nước cho thấy TAN, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ở cả 3 điểm thử nghiệm giảm đi sau khi qua hệ thống lọc.

Hàm lượng TAN dao động trong khoảng 2,67 – 4,04 mg/L ở các bể tôm và 0,35 – 3,06 mg/L ở các bể rong. Tương tự, hàm lượng nitrit và nitrat ở các bể tôm lần lượt 2,03 – 2,63 mg/L và 11,32 – 14,24 mg/l. Sau khi qua hệ thống lọc, nitrit trong nước giảm xuống 0,90 – 1,17 mg/L và nitrat giảm xuống 7,87 – 10,39 mg/L (Bảng 2).

Boyd (1998) và Chanratchakool (2003) cho rằng nồng độ TAN trong các ao nuôi tôm nên được duy trì ở mức dưới 2 mg/L. Trong khi đó, Lin and Chen (2001) xác định ngưỡng an toàn lần lượt là 2,44; 3,55 và 3,95 mg/L cho tôm TCT ở các độ mặn 15, 25 và 35‰. Từ đó cho thấy, khả năng chịu đựng của tôm TCT tăng theo độ mặn. Lin and Chen (2003) xác định ngưỡng nitrit an toàn cho tôm TCT giai đoạn giống ở độ mặn 15‰ là 6,1 mg/L. Nghiên cứu của Huang et al. (2020) cho thấy tỷ lệ sống của tôm TCT không có sự khác biệt đáng kể khi tiếp xúc với nồng độ nitrit từ 0 đến 20 mg/L, tuy nhiên tốc độ tăng trưởng giảm rõ rệt ở nồng độ 20 mg/L. Nồng độ NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ở cả 3 điểm thử nghiệm thấp hơn mức giới hạn an toàn đối với tôm TCT là 45 mg/L (Valencia-Castañeda et al., 2020). PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> được ghi nhận trong các bể tôm ở mức 6,34 – 8,17 mg/L và bể rong là 4,31 – 6,33 mg/L (Bảng 2). Kết quả này tương tự với nghiên cứu trước đây bởi Anh và ctv. (2019) khi nuôi tôm thẻ kết hợp với rong câu giúp giảm 52,4% PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> so với nghiệm thức đối chứng. Kết quả trung bình hàm lượng NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, TAN, và PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> của các ao trong hệ thống nuôi ở 3 địa điểm có xu hướng giảm từ sau khi qua hệ thống lọc. Từ đó, cho thấy được hiệu quả của hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài trong việc cải thiện môi trường ao nuôi tôm trong điều kiện thực tế tại địa phương.

**Bảng 1. Nhiệt độ, pH, hàm lượng oxy hòa tan, độ mặn và độ kiềm ở các địa điểm thử nghiệm**

|                   | Nhiệt độ (°C) | pH        | Oxy (mg/L) | Độ mặn (‰) | Độ kiềm (mgCaCO <sub>3</sub> /L) |
|-------------------|---------------|-----------|------------|------------|----------------------------------|
| <b>Địa điểm 1</b> |               |           |            |            |                                  |
| Tôm               | 28,28±0,83    | 7,83±0,32 | 5,41±0,90  | 29,75±3,50 | 152±22                           |
| Cá rô phi 1       | 29,15±1,08    | 7,70±0,08 | 5,10±1,07  | 30,00±3,92 | 154±22                           |
| Cá rô phi 2       | 29,48±1,08    | 7,75±0,10 | 4,66±1,36  | 30,00±3,92 | 155±52                           |
| Cá rô phi 3       | 29,58±0,95    | 7,75±0,13 | 4,55±1,29  | 30,00±3,92 | 156±20                           |
| Lăng              | 29,73±1,14    | 7,73±0,19 | 4,16±1,46  | 30,00±3,92 | 154±20                           |
| Giá thể lọc       | 29,80±1,08    | 7,55±0,06 | 5,38±0,25  | 30,25±4,35 | 157±20                           |
| Rong              | 29,83±1,07    | 7,70±0,36 | 4,04±2,31  | 30,25±4,35 | 155±21                           |
| <b>Địa điểm 2</b> |               |           |            |            |                                  |
| Tôm               | 29,03±0,09    | 7,88±0,45 | 6,11±0,56  | 31,71±2,29 | 132±13                           |
| Cá rô phi 1       | 30,74±0,93    | 7,60±0,29 | 5,58±1,04  | 32,00±2,00 | 136±17                           |
| Cá rô phi 2       | 30,88±1,12    | 7,70±0,29 | 5,45±1,05  | 32,00±1,73 | 135±17                           |
| Cá rô phi 3       | 30,88±1,04    | 7,70±0,32 | 5,89±0,93  | 32,00±1,73 | 136±16                           |
| Lăng              | 30,78±0,99    | 7,68±0,23 | 5,47±0,73  | 32,50±2,12 | 134±16                           |
| Giá thể lọc       | 30,86±0,93    | 7,80±0,25 | 6,16±0,49  | 32,50±2,12 | 136±17                           |
| Rong              | 30,90±0,89    | 7,90±0,21 | 6,22±0,36  | 32,50±2,12 | 138±19                           |
| <b>Địa điểm 3</b> |               |           |            |            |                                  |
| Tôm               | 26,01±1,07    | 7,64±0,57 | 6,47±0,42  | 5,83±4,02  | 128±19                           |
| Cá rô phi 1       | 27,45±1,22    | 7,95±0,34 | 5,37±0,53  | 5,83±4,02  | 129±19                           |
| Cá rô phi 2       | 27,42±1,19    | 7,88±0,38 | 5,43±0,44  | 5,83±4,02  | 129±18                           |
| Cá rô phi 3       | 27,42±1,25    | 7,87±0,31 | 5,60±0,38  | 5,83±4,02  | 130±18                           |
| Lăng              | 27,33±1,21    | 7,75±0,22 | 4,96±0,51  | 5,83±4,02  | 130±18                           |
| Giá thể lọc       | 27,30±1,22    | 7,87±0,46 | 5,51±0,49  | 5,83±4,02  | 127±21                           |
| Rong              | 27,23±1,19    | 7,88±0,45 | 5,87±0,34  | 5,83±4,02  | 126±19                           |

Ghi chú: Địa điểm 1 (Thành phố Cà Mau) nuôi 72 ngày; địa điểm 2 (huyện Năm Căn) nuôi 61 ngày và địa điểm 3 (huyện U Minh) nuôi 90 ngày

**Bảng 2. TAN, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ở các địa điểm thử nghiệm**

|                   | TAN (mg/L) | Nitrite (mg/L) | Nitrate (mg/L) | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L) |
|-------------------|------------|----------------|----------------|--------------------------------------|
| <b>Địa điểm 1</b> |            |                |                |                                      |
| Tôm               | 4,04±0,70  | 2,03±1,57      | 11,32±2,49     | 6,37±1,24                            |
| Cá rô phi 1       | 3,70±0,69  | 2,12±1,68      | 10,74±1,80     | 6,30±1,20                            |
| Cá rô phi 2       | 3,85±0,66  | 2,16±1,73      | 10,78±1,86     | 5,30±0,98                            |
| Cá rô phi 3       | 3,94±0,72  | 1,99±1,48      | 10,72±1,92     | 5,37±1,29                            |
| Lăng              | 3,88±0,64  | 1,95±1,53      | 10,87±2,16     | 4,39±1,24                            |
| Giá thể lọc       | 3,63±0,18  | 1,42±1,08      | 10,49±1,47     | 4,25±0,95                            |
| Rong              | 3,06±0,55  | 0,90±0,75      | 10,39±1,35     | 4,21±0,79                            |
| <b>Địa điểm 2</b> |            |                |                |                                      |
| Tôm               | 2,37±1,25  | 1,33±1,35      | 14,24±3,01     | 8,17±1,69                            |
| Cá rô phi 1       | 2,28±1,39  | 1,43±1,39      | 11,20±2,41     | 7,92±1,94                            |
| Cá rô phi 2       | 2,47±1,23  | 1,35±1,16      | 11,31±1,46     | 7,75±1,93                            |
| Cá rô phi 3       | 1,89±0,97  | 1,47±0,99      | 12,08±1,28     | 7,58±2,09                            |
| Lăng              | 1,53±0,80  | 1,48±1,30      | 11,27±2,64     | 6,92±1,35                            |
| Giá thể lọc       | 0,68±0,24  | 1,58±1,90      | 11,23±2,70     | 6,75±1,49                            |
| Rong              | 0,60±0,39  | 1,04±0,76      | 11,04±1,30     | 6,33±1,50                            |
| <b>Địa điểm 3</b> |            |                |                |                                      |

|             | TAN (mg/L) | Nitrite (mg/L) | Nitrate (mg/L) | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L) |
|-------------|------------|----------------|----------------|--------------------------------------|
| Tôm         | 2,67±0,55  | 2,63±0,84      | 11,45±1,19     | 6,24±3,29                            |
| Cá rô phi 1 | 1,26±0,55  | 2,81±0,76      | 9,66±3,11      | 6,11±3,24                            |
| Cá rô phi 2 | 1,19±0,48  | 2,86±0,71      | 13,31±5,09     | 6,09±3,26                            |
| Cá rô phi 3 | 1,13±0,45  | 3,03±0,83      | 11,40±3,65     | 6,16±3,28                            |
| Lăng        | 1,18±0,60  | 3,32±0,08      | 11,56±3,70     | 6,25±3,34                            |
| Giá thể lọc | 0,36±0,18  | 1,76±0,44      | 9,71±4,32      | 6,05±2,74                            |
| Rong        | 0,35±0,21  | 1,17±0,52      | 7,87±1,70      | 5,62±2,22                            |

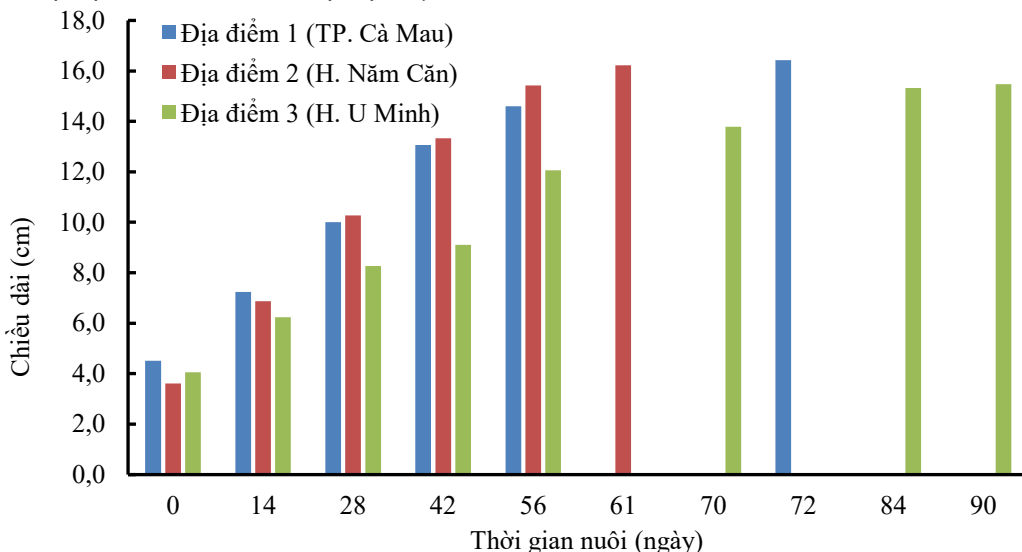
Ghi chú: Địa điểm 1 (Thành phố Cà Mau) nuôi 72 ngày; địa điểm 2 (huyện Năm Căn) nuôi 61 ngày và địa điểm 3 (huyện U Minh) nuôi 90 ngày

### 3.2. Tăng trưởng

#### 3.2.1. Tăng trưởng về chiều dài

Trong giai đoạn 56 ngày sau khi thả giống, tôm nuôi tại địa điểm 1 và 2 tăng trưởng nhanh hơn tôm nuôi tại địa điểm 3. Cụ thể, tại thời điểm 56 ngày, tôm nuôi tại địa điểm 1 và 2 lần lượt đạt 16,60 và

15,42 cm. Trong khi đó, chiều dài của tôm nuôi tại địa điểm 3 là 12,06 cm. Tôm tại địa điểm 2 được thu hoạch sau 61 ngày nuôi và đạt chiều dài 16,23 cm. Trong khi đó, tôm nuôi tại địa điểm 1 và 3 được thu hoạch sau 72 và 90 ngày, đạt chiều dài lần lượt 16,42 cm và 15,48 cm (Hình 2).



Hình 2. Tăng trưởng về chiều dài của tôm ở các điểm thực nghiệm

DLG trung bình là 0,17±0,04 cm/ngày, cao nhất ở địa điểm 2 và thấp nhất ở địa điểm 3 (Bảng 3).

SGR<sub>L</sub> trung bình đạt 1,92 %/ngày, cao nhất ở địa điểm 2 (2,47 %/ngày) và thấp nhất ở địa điểm 3 (1,49 %/ngày).

Bảng 3. Tốc độ tăng trưởng về chiều dài của tôm nuôi tại các điểm thực nghiệm

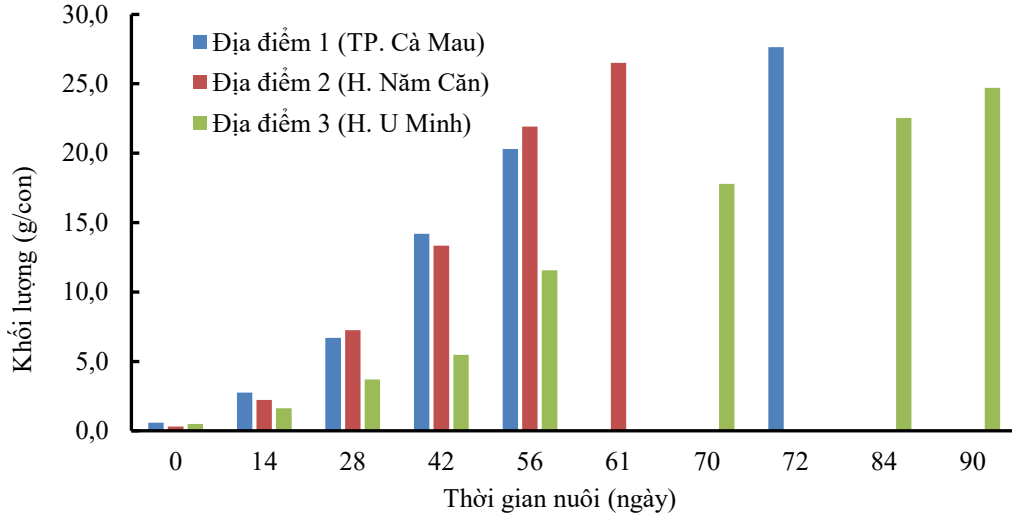
| Chỉ tiêu                  | Địa điểm 1 | Địa điểm 2 | Địa điểm 3 | Trung bình |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|
| L <sub>đầu</sub>          | 4,52       | 3,61       | 4,06       | 4,06±0,64  |
| L <sub>c cuối</sub>       | 16,42      | 16,23      | 15,48      | 16,04±0,05 |
| DLG (cm/ngày)             | 0,17       | 0,21       | 0,13       | 0,17±0,04  |
| SGR <sub>L</sub> (%/ngày) | 1,79       | 2,47       | 1,49       | 1,92±0,50  |

Ghi chú: Địa điểm 1 (Thành phố Cà Mau) nuôi 72 ngày; địa điểm 2 (huyện Năm Căn) nuôi 61 ngày và điểm 3 (huyện U Minh) nuôi 90 ngày

3.2.2. Tăng trưởng về khối lượng

Tương tự như chiều dài, tăng trưởng về khối lượng của tôm cao hơn ở địa điểm 1 và 2 ở các thời điểm thu mẫu. Sau 56 ngày nuôi, khối lượng ở 3 địa điểm lần lượt là 20,30, 21,92 và 11,56 g/con. Tôm ở

địa điểm 2 đạt kích cỡ thu hoạch sau 61 ngày nuôi với khối lượng 26,52 g/con. Tôm ở địa điểm 1 thu hoạch sau 72 ngày nuôi, đạt kích cỡ 27,64 g/con. Trong khi đó, tôm ở địa điểm 3 thu hoạch sau 90 ngày nuôi ở kích cỡ 24,71 g/con (Hình 3).



Hình 3. Tăng trưởng về chiều dài của tôm ở các điểm thử nghiệm

DWG và SGR<sub>w</sub> trung bình của tôm đạt lần lượt 0,36±0,08 g/ngày và 5,68±1,51%/ngày. Trong đó, tôm ở địa điểm 2 tăng trưởng nhanh hơn đáng kể so với địa điểm 3, với DWG đạt 0,43 g/ngày và SGR<sub>w</sub> đạt 7,32%/ngày, trong khi hai giá trị này ở địa điểm 3 chỉ đạt 0,27 g/ngày và 4,36%/ngày (Bảng 4). Nhìn chung, tốc độ tăng trưởng trong nghiên cứu này cao hơn một số kết quả trước đây ở điều kiện bể 2 m<sup>3</sup> và 500 m<sup>3</sup>. Cụ thể, với cùng mật độ nuôi, sau 84 ngày, tôm đạt DWG 0,23 g/ngày và SGR<sub>w</sub> 4,42%/ngày trong bể 500 m<sup>3</sup>, trong khi ở bể 2 m<sup>3</sup>, các giá trị tương ứng là 0,29 g/ngày và 5,52%/ngày (Hải &

Việt, 2022). Ngoài ra, theo Thakur et al. (2018), DWG trung bình của tôm TCT trong hệ thống ao thâm canh ở ĐBSCL chỉ đạt 0,22 g/ngày. Sự khác biệt về tăng trưởng giữa các điểm thử nghiệm trong nghiên cứu này có thể liên quan đến yếu tố độ mặn. Tại địa điểm 3, độ mặn thấp hơn so với hai địa điểm còn lại, làm giảm tốc độ tăng trưởng. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu trước đây, cho thấy tăng trưởng của tôm TCT giảm rõ rệt ở độ mặn 3‰ so với 17‰ và 30‰ (Chen et al., 2014). Tương tự, Gao et al. (2016) ghi nhận SGR của tôm TCT tăng từ 5,40±0,05%/ngày ở 2‰ lên 5,90±0,10%/ngày ở 30‰

Bảng 4. Tốc độ tăng trưởng về khối lượng của tôm nuôi tại các điểm thử nghiệm

| Chỉ tiêu                  | Địa điểm 1 | Địa điểm 2 | Địa điểm 3 | Trung bình |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|
| W <sub>đầu</sub>          | 0,58       | 0,30       | 0,49       | 0,46±0,14  |
| W <sub>cuối</sub>         | 27,64      | 26,52      | 24,71      | 26,29±1,48 |
| DWG (g/ngày)              | 0,38       | 0,43       | 0,27       | 0,36±0,08  |
| SGR <sub>w</sub> (%/ngày) | 5,36       | 7,32       | 4,36       | 5,68±1,51  |

Ghi chú: Địa điểm 1 (Thành phố Cà Mau) nuôi 72 ngày; địa điểm 2 (huyện Năm Căn) nuôi 61 ngày và điểm 3 (huyện U Minh) nuôi 90 ngày

3.3. Tỷ lệ sống, sinh khối và hệ số FCR

Tỷ lệ sống trung bình của mô hình đạt 61,73±17,24%, cao nhất tại địa điểm 1 (74,3%) và thấp nhất tại địa điểm 3 (42,1%). Hệ số FCR đối với thức ăn công nghiệp và bi đò lần lượt là 1,24±0,11

và 0,18±0,12, trong đó thấp nhất tại địa điểm 2 (1,14 và 0,09) và cao nhất tại địa điểm 3 (1,35 và 0,32). Năng suất trung bình đạt 4,28±1,18 kg/m<sup>3</sup>, tương ứng sản lượng 2.566±710 kg/bể 600 m<sup>3</sup>, với giá trị

cao nhất tại địa điểm 2 (5,48 kg/m<sup>3</sup>) và thấp nhất tại địa điểm 3 (3,12 kg/m<sup>3</sup>) (Bảng 5).

Độ mặn được xác định là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến tỷ lệ sống, FCR và năng suất tôm (Chen et al., 2014; Gao et al., 2016; Suantika et al., 2020; Hải & Việt, 2022). Theo kết quả nuôi 70 ngày trong hệ thống CTU-RAS quy mô 2 m<sup>3</sup>, tỷ lệ sống ở các độ mặn 25‰, 15‰ và 5‰ lần lượt là 91,45%, 75,59% và 50,29% (Hải & Việt,

2022). Tỷ lệ sống trung bình trong nghiên cứu này cao hơn mô hình nuôi thâm canh trong ao lót bạt (57,0±22,4%) và tương đương với mô hình siêu thâm canh trong bể nổi (75,3±9,3%). Việc bổ sung bí đỏ giúp giảm FCR so với bể nổi (1,29±0,06) và ao lót bạt (1,3±0,2). Về sản lượng, kết quả thu được tương đương bể nổi (2,51 tấn/600 m<sup>3</sup>) và cao hơn ao lót bạt (2,38 tấn/600 m<sup>3</sup>) (Sĩ và ctv., 2024; Mai và ctv., 2021).

**Bảng 5. Tỷ lệ sống, sinh khối và hệ số FCR của tôm ở các điểm thử nghiệm**

| Chỉ tiêu                                 | Địa điểm 1 | Địa điểm 2 | Địa điểm 3 | Trung bình |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Tỷ lệ sống (%)                           | 74,3       | 68,9       | 42,1       | 61,7±17,2  |
| FCR (thức ăn)                            | 1,22       | 1,14       | 1,35       | 1,24±0,11  |
| FCR (bí đỏ)                              | 0,14       | 0,09       | 0,32       | 0,18±0,12  |
| Năng suất (kg/m <sup>3</sup> )           | 4,23       | 5,48       | 3,12       | 4,28±1,18  |
| Tổng sản lượng (kg/ 600 m <sup>3</sup> ) | 2.540      | 3.288      | 1.869      | 2.566±710  |

Ghi chú: Địa điểm 1 (Thành phố Cà Mau) nuôi 72 ngày; địa điểm 2 (huyện Năm Căn) nuôi 61 ngày và điểm 3 (huyện U Minh) nuôi 90 ngày

**3.4. Hiệu quả kinh tế của mô hình nuôi**

Lợi nhuận trung bình tại 3 địa điểm đạt 103±10,3 triệu đồng/600m<sup>3</sup>/vụ. Trong đó, tại địa điểm 3, tỷ lệ sống thấp và thời gian nuôi kéo dài làm cho giá thành tăng cao (107,2 nghìn đồng/kg), so với 76,0 và 69,5 nghìn đồng/kg lần lượt ở địa điểm 1 và 2 (Bảng 6). Theo kết quả điều tra của Sĩ và ctv. (2024), giá thành của mô hình nuôi tôm TCT siêu thâm canh trên bể nổi là 80,8±5,310 nghìn đồng/kg. Giá bán tôm phụ thuộc vào nhiều yếu tố như kích cỡ thu hoạch, màu sắc, mùa vụ và nhu cầu của thương lái. Trong nghiên cứu này, giá bán tại địa điểm 3 cao hơn đáng kể so với hai địa điểm còn lại, nhờ đó lợi

nhuận đạt mức tương đương địa điểm 1 và cao hơn địa điểm 2, mặc dù năng suất tại địa điểm 3 thấp hơn. Tỷ suất lợi nhuận trung bình của ba địa điểm đạt 0,50±0,10, thấp hơn so với kết quả khảo sát của Sĩ và ctv. (2024), trong đó tỷ suất lợi nhuận dao động từ 0,68 đến 0,82 lần ở các hộ nuôi trong bể nổi. Tuy nhiên, giá trị này vẫn cao hơn so với mô hình nuôi tôm thâm canh trong ao (0,42 lần) (Mai và ctv., 2021). Nhìn chung, mô hình nuôi tôm TCT siêu thâm canh trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài cho thấy hiệu quả kinh tế tương đối khả quan so với các hình thức nuôi truyền thống, đặc biệt khi đây là mô hình sản xuất theo định hướng bền vững với môi trường.

**Bảng 6. Hiệu quả kinh tế của mô hình nuôi ở các địa điểm thử nghiệm (triệu đồng/ 600m<sup>3</sup>/vụ)**

| Các hạng mục                 | Địa điểm 1 | Địa điểm 2 | Địa điểm 3 | Trung bình | Tỷ lệ (%) |
|------------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| Khấu hao (triệu đồng/vụ)*    | 15,3       | 19,7       | 17,3       | 17,5±2,20  | 8,4       |
| Con giống (triệu đồng/vụ)    | 22,6       | 22,6       | 22,6       | 22,6±0,00  | 10,9      |
| Thức ăn viên (triệu đồng/vụ) | 108,5      | 131,3      | 88,6       | 109,5±21,3 | 52,8      |
| Bí (triệu đồng/vụ)           | 2,88       | 2,40       | 6,00       | 3,76±1,95  | 1,8       |
| Hóa chất (triệu đồng/vụ)     | 10,0       | 21,0       | 23,4       | 18,1±7,15  | 8,7       |
| Điện (triệu đồng/vụ)         | 18,8       | 16,6       | 22,5       | 19,3±2,96  | 9,3       |
| Nhân công (triệu đồng/vụ)    | 15,0       | 15,0       | 20,0       | 16,7±2,89  | 8,0       |
| Tổng chi (triệu đồng/vụ)     | 193,2      | 228,6      | 200,4      | 207,4±18,7 | 100       |
| Giá thành (nghìn đồng/kg)    | 76,0       | 69,5       | 107,2      | 84,1±18,9  |           |
| Giá bán (nghìn đồng/kg)      | 124        | 97,3       | 164,5      | 8,6±33,8   |           |
| Doanh thu (triệu đồng/vụ)    | 304        | 320        | 307        | 310±8,50   |           |
| Lợi nhuận (triệu đồng/vụ)    | 110,7      | 91,3       | 107,0      | 103,0±10,3 |           |
| Tỷ suất lợi nhuận (lần)      | 0,57       | 0,40       | 0,53       | 0,50±0,10  |           |

Ghi chú: Địa điểm 1 (Thành phố Cà Mau) nuôi 72 ngày; địa điểm 2 (huyện Năm Căn) nuôi 61 ngày và điểm 3 (huyện U Minh) nuôi 90 ngày. \*Khấu hao được tính cho 5 năm và 3 vụ/năm

#### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chứng minh tính khả thi của mô hình nuôi tôm TCT siêu thâm canh trong hệ thống CTU-RAS tại tỉnh Cà Mau. Các yếu tố môi trường được duy trì trong ngưỡng thích hợp. Tỷ lệ sống trung bình tương đối cao và FCR thấp. Năng suất và lợi nhuận của mô hình tương đối cao so với mô hình nuôi thâm canh truyền thống. Kết quả cho thấy mô hình CTU-RAS không chỉ mang lại hiệu quả kinh tế khả quan mà còn hướng đến sản xuất bền vững, giảm thiểu tác động môi trường và phù hợp để nhân rộng trong điều kiện biến đổi khí hậu.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

APHA, 2017. *American Water Works Association, Water Pollution Control Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (21st edn). American Public Health Association, Washington, DC, USA.

Anh, N. T. N., Lan, L. M., Hải, T. N., & Vinh, N. H. (2019). Ảnh hưởng của các mức cho ăn khác nhau lên chất lượng nước, tăng trưởng và hiệu quả sử dụng thức ăn của tôm sú (*Penaeus monodon*) nuôi kết hợp với rong câu chỉ (*Gracilaria tenuistiptata*). *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 55(3), 111-122. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2019.083>

Boyd, C. E. (1998). Pond water aeration systems. *Aquacultural Engineering*, 18(1), 9–40. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(98\)00019-3](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(98)00019-3)

Chanratchakool, P. (2003). Problem in *Penaeus monodon* culture in low salinity areas. *Aquaculture Asia, January-March 2003*, 3(1), 54-55.

Chen, K., Li, E., Gan, L., Wang, X., Xu, C., Lin, H., Qin, J., & Chen, L. (2014). Growth and lipid metabolism of the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at different salinities. *Journal of Shellfish Research*, 33(3), 825-832. <https://doi.org/10.2983/035.033.0317>

Công Thông tin Điện tử tỉnh Cà Mau. (2025). *Khai thác tiềm năng, đa dạng hóa mặt hàng thủy sản tỉnh Cà Mau*. <https://camau.gov.vn/kinh-te/khai-thac-tiem-nang-da-dang-hoa-mat-hang-thuy-san-tinh-ca-mau-281527>

Gao, W., Tian, L., Huang, T., Yao, M., Hu, W., & Xu, Q. (2016). Effect of salinity on the growth performance, osmolarity and metabolism-related gene expression in white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*, 4, 125-129. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2016.09.001>

Granada, L., Sousa, N., Lopes, S., & Lemos, M. F. (2016). Is integrated multitrophic aquaculture the

Giải pháp nhân rộng quy trình kỹ thuật nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) siêu thâm canh trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài tại tỉnh Cà Mau nói riêng và ĐBSCL nói chung.

#### LỜI CẢM ƠN

Dự án được tài trợ bằng nguồn kinh phí NSNN sự nghiệp khoa học công nghệ cấp tỉnh thuộc Sở KH&CN Cà Mau.

Đề tài này được tài trợ bởi Dự án Hợp tác Kỹ thuật của Cơ quan Hợp tác Quốc tế Nhật Bản (JICA).

solution to the sectors' major challenges?—a review. *Reviews in Aquaculture*, 8(3), 283-300. <https://doi.org/10.1111/raq.12093>

Hải, T. N., & Việt, L. Q. (2022). Phát triển hệ thống nuôi siêu thâm canh tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài, thích ứng với biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khoa học Đại học cần Thơ*, 58, 91-103. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2022.195>

Hồ, T. B., & Lư, N. T. (2003). *Kỹ thuật nuôi tôm thẻ chân trắng*. Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội.

Ho, T. Q., Do, H. L., & Eggert, H. (2025). Shrimp farming industry in Vietnam: An aquaculture performance indicators approach. *Aquaculture Economics & Management*, 29(2), 207-230. <https://doi.org/10.1080/13657305.2024.2449410>

Huang, M., Xie, J., Yu, Q., Xu, C., Zhou, L., Qin, J. G., Chen, L., & Li, E. (2020). Toxic effect of chronic nitrite exposure on growth and health in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 529, 735664. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735664>

Jerónimo, D., Lillebø, A. I., Santos, A., Cremades, J., & Calado, R. (2020). Performance of polychaete assisted sand filters under contrasting nutrient loads in an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) system. *Scientific Reports*, 10(1), 20871. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77764-x>

Krummenauer, D., Peixoto, S., Cavalli, R. O., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. (2011). Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in southern Brazil at different stocking densities. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(5), 726–733. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00507.x>

Lal, J., Singh, S. K., Pawar, L., Biswas, P., Meitei, M. M., & Meena, D. K. (2023). Integrated multi-

- trophic aquaculture: a balanced ecosystem approach to blue revolution. In R. N. Meena, K. Meena, & M. Choudhary (Eds.), *Organic Farming* (pp. 513-535). Woodhead publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99145-2.00001-X>
- Lin, Y. C., & Chen, J. C. (2001). Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 259(1), 109–119. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(01\)00227-1](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00227-1)
- Lin, Y. C., & Chen, J. C. (2003). Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224(1–4), 193–201. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00220-5)
- Mai, L.T. P., Nay, N. V., & Thuận, L. T. (2021). Hiện trạng nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) tại hợp tác xã nuôi tôm năng suất cao Tân Hưng, huyện Cái Nước, tỉnh Cà Mau. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 57(2), 151-160. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2021.049>
- Martins, M. A., Poli, M. A., Legarda, E. C., Pinheiro, I. C., Carneiro, R. F. S., Pereira, S., Martines, M., Gonçalves, P., Schleder, D. D., & Vieira, F. N. (2019). Heterotrophic and mature biofloc systems in the integrated culture of Pacific white shrimp and Nile tilapia. *Science of the Total Environment*, 133, 588. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133588>
- Quach, A. V., Murray, F., & Morrison-Saunders, A. (2017). The vulnerability of shrimp farming income to climate change events: A case study in Ca Mau, Vietnam. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 9(2), 261–280. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-05-2015-0062>
- Selim, S. A., Glaser, M., Tacke, F. I., Rahman, M., & Ahmed, N. (2021). Innovative Aquaculture for the poor to adjust to environmental change in coastal Bangladesh? Barriers and options for progress. *Frontiers in Marine Science*, 8, 635281. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.635281>
- Sĩ, P. T., Son, V. N., & Hải, T. N. (2024). Phân tích khía cạnh kỹ thuật và tài chính của mô hình nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) siêu thâm canh trên bề nổi ở Cà Mau. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 60 (SDMD), 264-273. <https://doi.org/10.22144/ctujos.2024.457>
- Suantika, G., Situmorang, M. L., Saputra, F. I., Putri, S. L. E., Putri, S. P., Aditiawati, P., & Fukusaki, E. (2020). Metabolite profiling of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* from super-intensive culture in closed aquaculture systems: a recirculating aquaculture system and a hybrid zero water discharge–recirculating aquaculture system. *Metabolomics*, 16(4), 49. <https://doi.org/10.1007/s11306-020-01675-1>
- Thakur, K., Patanasatienkul, T., Laurin, E., Vanderstichel, R., Corsin, F., & Hammell, L. (2018). Production characteristics of intensive whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in four Vietnam Provinces. *Aquaculture Research*, 49(8), 2625-2632. <https://doi.org/10.1111/are.13720>
- Tổng cục Thủy sản. (2024). *Quyết định số 1026/QĐ-UBND ngày 24/5/2024 về việc phê duyệt Phương án phát triển ngành tôm tỉnh Cà Mau thời kỳ 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050*.
- Valencia-Castañeda, G., Frias-Espericueta, M. G., Vanegas-Pérez, R. C., Chávez-Sánchez, M. C., & Páez-Osuna, F. (2020). Physiological changes in the hemolymph of juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei* to sublethal nitrite and nitrate stress in low-salinity waters. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 80, 103472. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2020.103472>
- Van Wyk, P., & Scarpa, J. (1999). Water quality requirements and management. In P. Van Wyk, M. Davis-Hodgkins, R. Laramore, K. L. Main, J. Mountain, & J. Scarpa (Eds), *Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems* (pp. 141-162). Harbor Branch Oceanographic Institution.
- Van Wyk, P., Samocha, T. M., Davis, A. D., Lawrence, A. L., & Collins, C. R. (2001). Intensive and super-intensive production of the Pacific white *Litopenaeus vannamei* in greenhouse-enclosed raceway system. In *Book of abstracts, Aquaculture 2001*. Lake Buena Vista.
- VASEP. (2024). *Tổng quan ngành thủy sản Việt Nam*. <https://vasep.com.vn/gioi-thieu/tong-quan-nganh>
- Wasielesky, W. J., Atwood, H. I., Stokes, A., & Browdy, C. L. (2006). Effect of natural production in brown water super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258(1–4), 396–403. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.030>
- Whetstone, J. M., Treece, G. D., Browdy, C. L., & Stokes, A. D. (2000). *Opportunities and constraints in marine shrimp farming*. Southern Regional Aquaculture Center.
- Zahraie, B., Szidarovszky, F., & Karamouz, M. (2019). Water quality management. In T. M. Samocha (Ed), *Sustainable biofloc systems for marine shrimp* (pp.133-151). Elsevier. <https://doi.org/10.1201/9780203499436.ch9>