

DOI:10.22144/ctu.jvn.2022.195

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

Trần Ngọc Hải* và Lê Quốc Việt

Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Trần Ngọc Hải (email: tnhai@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 19/09/2022

Ngày nhận bài sửa: 10/10/2022

Ngày duyệt đăng: 17/10/2022

Title:

Development of super-intensive farming system of white leg shrimp in the combination of multi-species culture with recirculating aquaculture system for adaptation to climate change

Từ khóa:

Litopenaeus vannamei, mật độ, tăng trưởng, tôm thẻ chân trắng, tuần hoàn

Keywords:

Growth rate, *Litopenaeus vannamei*, recirculation system, stocking density, white leg shrimp

ABSTRACT

This report summarized the successes in research and development of super-intensive culture of white leg shrimp in a multispecies recirculation system adapting to climate change that has been implemented in the College of Aquaculture and Fisheries since 2020. The results of the research have indicated that the optimal salinity, density, and the supporting media proportion were 15-25‰, 200-300 shrimp/m³, and 5-10L of the supporting media /m³, respectively. The results were applied on a commercial scale, in the 40m³ tank system with a stocking density of 300 shrimp/m³, after 84 days of culture, the shrimp average weight, survival rate, yield, and FCR were 16.68 - 18.20 g/shrimp, 96.0 - 97.5%, 4.42 - 4.48 kg/m³ and 1.10 - 1.19, respectively. In a lined earthen pond (500 m³/pond), stocking density ranges from 240 to 320 shrimp/m³, after 84 days of culture, the shrimp weight, the survival rate, yield and the FCR were 18.18 - 22.73 g/shrimp, 74.9 - 93.7%, 2.82 - 4.10 kg/m³ (28.2 - 41 tons/ha/crop) and 1.09 - 1.21, respectively.

TÓM TẮT

Báo cáo này tổng hợp những thành công trong việc nghiên cứu phát triển hệ thống nuôi siêu thâm canh tôm thẻ chân trắng trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài, thích ứng với biến đổi khí hậu đã được thực hiện tại Khoa thủy sản từ 2020 đến nay. Kết quả nghiên cứu đã xác định được độ mặn thích hợp cho nuôi tôm thẻ từ 15 - 25‰, mật độ tôm nuôi trong khoảng 200 - 300 con/m³ và lượng giá thể thích hợp từ 30 đến 60 L (tương đương 3,75 - 7,5 m³ diện tích bề mặt giá thể/m³ bể nuôi). Kết quả ứng dụng ở quy mô thương mại, trên hệ thống bể nuôi 40m³ thả nuôi với mật độ 300 con/m³, sau 84 ngày nuôi tôm đạt khối lượng trung bình 16,68 - 18,20 g/con, tỷ lệ sống đạt 96,0 - 97,5%, năng suất đạt 4,42 - 4,48 kg/m³ và FCR từ 1,10 - 1,19. Đối với quy mô ao đất lót bạt (500 m³/ao), thả nuôi với mật độ dao động từ 240 - 320 con/m³, sau 84 ngày nuôi tôm đạt khối lượng từ 18,18 - 22,73 g/con, tỷ lệ sống đạt 74,9 - 93,7%, năng suất đạt 2,82 - 4,10 kg/m³ (28,2 - 41 tấn/ha/vụ) và FCR từ 1,09 - 1,21.

1. GIỚI THIỆU

Ngành nuôi trồng thủy sản đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế nước ta, trong đó tôm thẻ

chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) là đối tượng nuôi quan trọng với sản lượng không ngừng tăng qua các năm. Tôm thẻ chân trắng có nhiều ưu điểm

như: tốc độ sinh trưởng nhanh, thời gian nuôi ngắn và nuôi được ở mật độ cao mang lại hiệu quả kinh tế cao cho người nuôi (Wyban et al., 1995). Hiện nay, nghề nuôi tôm thẻ chân trắng đang phát triển theo hướng thâm canh và siêu thâm canh, tuy nhiên vấn đề môi trường đang gặp rất nhiều trở ngại như nguồn nước bị ô nhiễm, dịch bệnh luôn tiềm ẩn, tác động của biến đổi khí hậu ngày càng rõ rệt làm nhiệt độ tăng cao, lượng mưa không theo quy luật, xâm nhập mặn và hạn hán ngày càng tăng làm tôm nuôi chết hàng loạt trong những năm gần đây ở các tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long (Kam et al., 2012; Mai và ctv., 2016). Theo Jackson et al. (2003), đối với mô hình nuôi tôm thâm canh chỉ có 22% N được chuyển hóa cho tôm nuôi, 57% bị thải ra môi trường, 14% lắng đọng ở đáy ao và chỉ có 3% N có thể bị bay hơi vào không khí dưới dạng ammonia. Vì thế, việc nghiên cứu sử dụng các tác nhân sinh học là xu hướng tích cực góp phần ổn định môi trường và hạn chế dịch bệnh trong ao nuôi, như mô hình nuôi kết hợp với biofloc (Diệp, 2012; Phương và ctv., 2014b). Bên cạnh đó, xu hướng tái sử dụng trở lại nguồn nước như hệ thống nuôi tuần hoàn (RAS), cũng được nhiều tác giả quan tâm nghiên cứu trên những đối tượng cá nước ngọt, cá biển và tôm thẻ chân trắng (Martins et al., 2010; Emmanuelle et al., 2009; Suantika et al., 2018). Nuôi các đối tượng thủy sản trong hệ thống RAS có rất nhiều lợi ích như các yếu tố môi trường ổn định ít bị biến động, hạn chế được dịch bệnh, không sử dụng kháng sinh, hóa chất nên sản phẩm nuôi đạt tiêu chuẩn an toàn vệ sinh thực phẩm. Ngoài ra, việc kết hợp đa loài trong hệ thống nuôi cũng sẽ giúp cải thiện chất lượng nước, rong biển sẽ hấp thu các chất thải đậm từ nước tôm nuôi và đồng thời tôm cũng sẽ sử dụng rong biển để làm thức ăn (Schuenhoff et al., 2003; Neori et al., 2004; Izzati, 2011; Susilowati et al., 2014). Theo Marinho et al. (2009), rong câu (*Gracilaria birdiae*) có khả năng làm giảm giảm 93,5% PO_4^{3-} , 34% NH_4^+ và 100% NO_3^- sau 4 tuần. Theo Anh và ctv. (2019), báo cáo khi nuôi tôm sú (*Penaeus monodon*) kết hợp với rong câu chỉ (*Gracilaria tenuistipitata*), hàm lượng các hợp chất đạm (TAN, NO_2^- và NO_3^-) và lân (PO_4^{3-} và TP) ở các nghiệm thức kết hợp tôm sú với rong thấp hơn so với nuôi tôm đơn. Việc nuôi ghép tôm với cá rô phi cho kết quả tốt hơn nuôi tôm đơn, tôm đạt kích cỡ lớn, tỷ lệ sống và năng suất tôm cao hơn; bên cạnh đó còn thu được cá rô phi (Lý, 2006; Việt và ctv., 2015). Chính vì thế, nghiên cứu phát triển hệ thống nuôi siêu thâm

canh tôm thẻ chân trắng trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài là rất cần thiết. Báo cáo này nhằm tổng hợp những thành công trong việc nghiên cứu phát triển nuôi tôm thẻ chân trắng siêu thâm canh trong hệ thống tuần hoàn kết hợp nuôi đa loài đã được thực hiện tại Khoa Thủy sản trong thời gian từ 2020 đến nay, góp phần hoàn thiện quy trình nuôi tôm thẻ chân trắng siêu thâm canh trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài, thích ứng với biến đổi khí hậu để ứng dụng vào thực tế sản xuất trong thời gian tới.

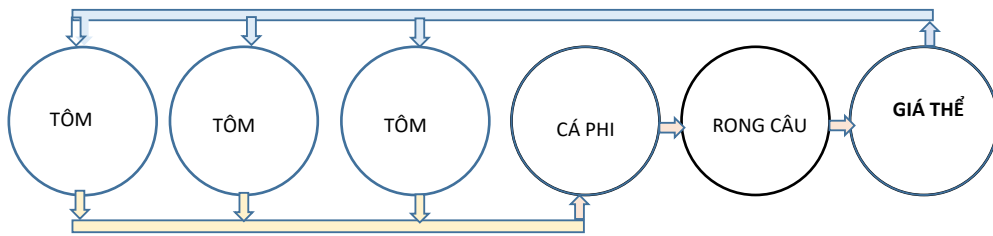
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Các nghiên cứu về nuôi tôm thẻ chân trắng siêu thâm canh trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài

2.1.1. Ảnh hưởng của độ mặn

Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm được bố trí với 3 hệ thống nuôi có độ mặn khác nhau bao gồm (i) 5‰, (ii) 15‰ và (iii) 25‰. Mỗi hệ thống nuôi gồm 6 bể composit (2 m³/bể), trong đó có 3 bể nuôi tôm, 1 bể cá rô phi, 1 bể rong câu và 1 bể chứa giá thể nhựa chứa 30 L giá thể, diện tích bề mặt của giá thể là 750 m²/m³ giá thể (Hình 1). Các hệ thống nuôi được đặt ngoài trời và được che lưới đen phủ kín trên bề. Tôm được bố trí với khối lượng trung bình 0,43±0,1 g/con và mật độ nuôi 300 con/m³. Cá rô phi được bố trí với mật độ 3 con/m³ (6 con/bể), kích cỡ cá dao động khoảng 24,9 – 25,4 cm. Rong câu (*Gracilaria tenuistipitata*) được thả trong giai lưới 1,2 m² (1,2 x 1 x 0,6 m), với mật độ rong là 1 kg/m² và giai lưới được treo trong bể 2m³. Trong suốt thời gian 70 ngày nuôi, không thay nước, không siphone cạn đáy.

Chăm sóc và quản lý: Tôm được cho ăn 5 lần/ngày, trong đó 4 lần ăn thức ăn tổng hợp lúc 7:00, 10:30, 13:30, 17:00 và 1 lần ăn bí đỏ lúc 21:00. Bí đỏ được cho ăn dạng tươi và băm nhỏ bằng với kích cỡ của viên. Thức ăn cho tôm chứa từ 40% đến 42% đạm, lượng thức ăn dao động từ 3-16% khối lượng thân/ngày (tính theo công thức của Wyk et al., 2001; $Y = W - 0.5558$; trong đó, Y là lượng thức ăn cần cho ăn và W là khối lượng tôm. Lượng thức ăn cho tôm được điều chỉnh 7 ngày/lần. Tăng trưởng của tôm được xác định 14 ngày/lần, bằng cách thu ngẫu nhiên 10-30 con/bể và cân khối lượng từng cá thể. Tỷ lệ sống và sinh khối của tôm được xác định sau 70 ngày.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống tuần hoàn

2.1.2. Ảnh hưởng của lượng giá thể khác nhau

Nghiên cứu gồm 3 nghiệm thức, các nghiệm thức được bố trí với lượng giá thể (diện tích bề mặt của giá thể là 750 m²/m³ giá thể) khác nhau: (i) 90 L; (ii) 60 L và (iii) 30 L. Mỗi nghiệm thức được bố trí trong 1 hệ thống nuôi tương tự như thí nghiệm độ mặn ở mục 2.1.1. Nước sử dụng trong các hệ thống có độ mặn 15‰, tôm thả nuôi có khối lượng trung bình 0,37±0,07 g/con và mật độ nuôi 300 con/m³. Thời gian thí nghiệm là 84 ngày. Phương pháp cho ăn, chăm sóc, quản lý, các chỉ tiêu theo dõi được thực hiện tương tự như thí nghiệm độ mặn.

2.1.3. Ảnh hưởng của mật độ tôm khác nhau

Thí nghiệm được bố trí với 3 nghiệm thức với mật độ tôm khác nhau bao gồm (i) 200 con/m³, (ii) 300 con/m³ và (iii) 400 con/m³, được thực hiện trong hệ thống nuôi tương tự 2 thí nghiệm trên. Độ mặn của nước nuôi là 15‰ và lượng giá thể sử dụng là 30 L/hệ thống. Tôm thả nuôi có khối lượng 0,43±0,16 g/con và thời gian nuôi là 70 ngày. Kỹ thuật cho ăn, chăm sóc, quản lý và các chỉ tiêu đánh giá được thực hiện tương tự như 2 thí nghiệm trên.

2.2. Ứng dụng mô hình nuôi tôm thẻ chân trắng siêu thâm canh trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài ở quy mô thương mại

2.2.1. Ứng dụng nuôi trên bể tại Khoa Thủy sản

Ứng dụng được triển khai tại Trại thực nghiệm,

Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ trong thời gian từ năm 2020 đến nay, với 6 đợt nuôi và mỗi đợt nuôi gồm 3 hệ thống nuôi ở độ mặn 15‰. Mỗi hệ thống nuôi gồm: 1 bể nuôi tôm 40 m³; 1 bể cá rô phi 2 m³; 1 bể lắng (2 m³ ở hệ thống 1 và 1 m³ ở hệ thống 2 và 3); 3 bể rong (2 m³ ở hệ thống 1 và 1 m³ ở hệ thống 2 và 3) và 1 bể giá thể nhựa 2m³. Các thông số ban đầu được miêu tả ở Bảng 1, độ kiềm trong hệ thống nuôi được duy trì khoảng 120-140 mg CaCO₃/L, thời gian nuôi tôm 84 ngày (12 tuần).

Chăm sóc và quản lý: Tôm được cho ăn 5 lần/ngày (4 lần ăn thức ăn Proconco 40% đậm vào lúc 7:00, 10:30, 13:30; 17:00 và 1 lần cho ăn bổ sung bí đỏ vào lúc 20:30. Bí đỏ được cho ăn dạng tươi và băm nhỏ bằng với kích cỡ của viên thức ăn theo kích cỡ tôm. Lượng thức ăn dao động từ 3-16% khối lượng thân/ngày.

Các chỉ tiêu theo dõi và phương pháp xác định:

Các yếu tố môi trường như: độ kiềm, TAN, NO₂⁻, NO₃⁻ và PO₄³⁻ được đo 7 ngày/lần bằng máy đo HANA HI83303.

Khối lượng của tôm được xác định 14 ngày/lần, tôm được thu ngẫu nhiên 10-30 con/bể và cân khối lượng từng cá thể. Tỷ lệ sống và sinh khối của tôm được xác định sau 84 ngày nuôi. Tôm được thu tĩa vào tuần thứ 10, tuần 11 và tuần thứ 12 thu kết thúc.

Bảng 1. Mật độ và kích cỡ tôm, cá và lượng rong ban đầu bố trí vào các hệ thống nuôi

Các chỉ tiêu	Hệ thống 1	Hệ thống 2	Hệ thống 3
Khối lượng rong câu (kg/40m ³ bể nuôi tôm)	8	4	2
Mật độ tôm (con/m ³)	300	300	300
Khối lượng tôm ban đầu (g)	0,42±0,10	0,42±0,10	0,42±0,10
Mật độ cá rô phi (con/m ³)	3	3	3
Khối lượng cá ban đầu (g/con)	449,8±36,8	330,2±80,6	315,8±33,0

2.2.2. Ứng dụng nuôi trong ao đất lót bạt tại Trại thực nghiệm Vĩnh Châu – Sóc Trăng

Thực nghiệm với quy mô thương mại được triển khai thực hiện từ 01/2021 đến 6/2022 tại Trại thực nghiệm *Artemia* Vĩnh Châu (Sóc Trăng), thuộc Khoa Thủy sản - Trường Đại học Cần Thơ, với tổng số 5 đợt nuôi. Ứng dụng được triển khai trong 2 hệ thống nuôi tuần hoàn (mỗi hệ thống được thiết kế giống nhau), hệ thống nuôi tuần hoàn gồm: 3 ao nuôi, 1 ao nuôi cá điều hồng (xử lý 1), 1 ao nuôi cá đoi (xử lý 2), 1 ao rong (xử lý 3) và 1 ao giá thể lọc. Các ao đều có diện tích 500 m² (trung đương 500 m³), riêng ao giá thể lọc có diện tích 150 m². Độ mặn ban đầu ở các ao của các đợt dao động từ 15 – 25‰ và độ kiềm 120-140 mg CaCO₃/L.

Bảng 2. Mật độ tôm nuôi

Hệ thống/Ao	Mật độ (con/m ³)
Hệ thống nuôi 1	
Tôm 1	240-280
Tôm 2	300-320
Tôm 3	280-300
Hệ thống nuôi 2	
Tôm 4	250-300
Tôm 5	280-300
Tôm 6	260-300

Mật độ tôm nuôi được thể hiện ở Bảng 2 và khối lượng con giống ban đầu dao động từ 0,41 – 0,51 g/con. Tổng thời gian nuôi là 84 ngày, sau 56 ngày nuôi tôm được thu tía và đến 84 ngày nuôi thu hoạch hoàn toàn.

Tôm được cho ăn 5 lần/ngày (4 lần ăn thức ăn viên và 1 lần cho ăn bổ sung bí đỏ vào lúc 20:30).

Bảng 3: Tốc độ tăng trưởng về khối lượng của tôm sau 70 ngày nuôi

Độ mặn (‰)	W _d (cm)	W _c (g)	DWG (g/ngày)	SGR _w (%/ngày)
5	0,43±0,10	16,1±0,93 ^b	0,22±0,01 ^b	5,18±0,08 ^b
15	0,43±0,10	15,2±0,40 ^{ab}	0,21±0,01 ^{ab}	5,09±0,04 ^{ab}
25	0,43±0,10	14,1±0,60 ^a	0,19±0,01 ^a	4,98±0,06 ^a

Các giá trị cùng một cột có ký tự giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$)

Tỷ lệ sống của tôm sau 70 ngày nuôi ở 3 nghiệm thức độ mặn khác nhau dao động từ 50,29 – 91,45%, (Bảng 4). Tỷ lệ sống cao nhất (91,45%) ghi nhận được trong nghiệm thức 25‰, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$), so với nghiệm thức 15‰ (75,59%) và nghiệm thức 5‰ (50,29%). Tương tự, sinh khối tôm ở ba nghiệm thức dao động từ 2,43 – 3,87 kg/m³, cao nhất ở nghiệm thức 25‰ (3,87 kg/m³) và thấp nhất ở nghiệm thức 5‰ (2,43 kg/m³)

Lượng thức ăn dao động từ 3-16% khối lượng thân/ngày. Khâu chăm sóc, quản lý và các chỉ tiêu theo dõi được thực hiện tương tự như các thí nghiệm ở mục 2.2.1.

2.3. Xử lý số liệu

Các số liệu thu thập được tính toán các giá trị trung bình, độ lệch chuẩn bằng phần mềm Excel. Sai biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ở mức ($p < 0,05$) được xác định theo phương pháp phân tích ANOVA, bằng phép thử Duncan thông qua phần mềm SPSS 20.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Các nghiên cứu về nuôi tôm thẻ chân trắng siêu thâm canh trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài

3.1.1. Ảnh hưởng của độ mặn đến tăng trưởng và tỷ lệ sống của tôm thẻ chân trắng

Kết quả được trình bày ở Bảng 3 cho thấy sau 70 ngày nuôi, khối lượng tôm dao động khoảng 14,1 – 16,1 g và tốc độ tăng trưởng tuyệt đối về khối lượng (DWG) của tôm dao động khoảng 0,19 – 0,22 g/ngày (SGR: 4,98 – 5,18 %/ngày). Trong đó, ở độ mặn 5‰ tôm tăng trưởng cao nhất (0,22 g/ngày và 5,18 %/ngày), khác biệt có ý nghĩa so với tôm nuôi ở độ mặn 25‰ (0,19 g/ngày và 4,98 %/ngày) ($p < 0,05$), nhưng khác biệt không có ý nghĩa ($p > 0,05$) với tôm nuôi ở độ mặn 15‰. Tôm thẻ chân trắng khi nuôi ở độ mặn khác nhau có tăng trưởng về khối lượng hằng ngày là 0,09 – 0,13 g/ngày (Phuong và ctv., 2014a; Khanh et al., 2015).

và nghiệm thức 15‰ (3,45 kg/m³) khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Tôm thẻ chân trắng là loài rộng muối, có khả năng sinh sống ở vùng nước có độ mặn dao động từ 0,5‰ đến 40‰, tối ưu nhất khoảng 15 - 25‰. Mặc dù tôm có thể nuôi ở nồng độ muối thấp nhưng độ muối không nhỏ hơn 7‰. Nếu nuôi ở độ mặn thấp, tôm thường bị chậm lớn, mềm vỏ, tỷ lệ sống thấp (Charantchakool, 2003). Kết quả thí nghiệm nuôi tôm trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài cho thấy tôm thẻ chân trắng nuôi ở

độ mặn cao 25‰ đạt tỷ lệ sống và sinh khối cao nhất và giảm dần theo tỷ lệ thuận với độ mặn giảm dần ở các nghiệm thức. Kết quả trên tương tự như trong nghiên cứu của Sakas (2016), khi so sánh tỷ lệ sống và tốc độ tăng trưởng của tôm thẻ chân trắng ở 3 độ mặn 0‰, 12‰, 35‰ và thí nghiệm của Weihua et

al., (2016) ở các độ mặn 2‰, 10‰, 20‰, 30‰. Hệ số thức ăn ở các nghiệm thức dao động từ 1,14 đến 1,89 và lượng bí đỏ dao động từ 0,39 đến 0,64. Nghiệm thức 3 có hệ số thức ăn thấp nhất và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) với các nghiệm thức còn lại.

Bảng 4. Tỷ lệ sống, sinh khối của tôm sau 70 ngày nuôi và lượng thức ăn sử dụng cho 1 kg tôm

Độ mặn (‰)	Tỷ lệ sống (%)	Sinh khối (kg/m ³)	Thức ăn viên (kg)	Bí đỏ (kg)
5	50,29±1,04 ^a	2,43±0,16 ^a	1,89±0,13 ^c	0,64±0,04 ^b
15	75,59±0,89 ^b	3,45±0,05 ^b	1,29±0,05 ^b	0,44±0,05 ^b
25	91,45±5,54 ^c	3,87±0,29 ^c	1,14±0,09 ^a	0,39±0,03 ^a

Các giá trị cùng một cột có ký tự giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$).

3.1.2. trưởng và tỷ lệ sống của tôm thẻ chân trắng

Khối lượng tôm ban đầu 0,37 g/con, sau 84 ngày nuôi, khối lượng tôm trung bình ở các nghiệm thức dao động khoảng 15,08 – 16,77 g/con và giữa các nghiệm thức khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Trong đó, ở nghiệm thức 90 L giá thể, tôm đạt khối lượng lớn nhất (16,77 g/con), khác biệt không có ý nghĩa so với nghiệm thức 60 L giá thể (15,61 g/con), nhưng lớn hơn và khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức 30 L giá thể (15,08 g/con). Tương tự, tốc độ tăng trưởng về khối lượng của tôm ở các nghiệm thức dao động từ 0,173 – 0,195 g/ngày (4,41 – 4,54

%/ngày), ở nghiệm thức 90 L giá thể, tôm có tốc độ tăng trưởng nhanh nhất (0,195 g/ngày và 4,54 %/ngày), nhưng khác biệt không có ý nghĩa so với tôm nuôi ở nghiệm thức 60 L giá thể (0,183 g/ngày và 4,45 %/ngày). Tốc độ tăng trưởng về khối lượng của tôm trong nghiên cứu này nhanh hơn so với các nghiên cứu trước đây, khi nuôi tôm thẻ với các mức độ kiềm và độ mặn khác nhau thì tốc độ tăng trưởng về khối lượng của tôm đạt từ 0,09 – 0,13 g/ngày (Anh và ctv., 2013; Phương và ctv., 2014a; Khanh et al., 2015) khi sử dụng rong bún và rong mèn trong nuôi kết hợp với tôm thẻ chân trắng thì tốc độ tăng trưởng về khối lượng của tôm sau 72 ngày nuôi dao động từ 0,05 – 0,10 g/ngày.

Bảng 5. Tốc độ tăng trưởng về khối lượng của tôm sau 84 ngày nuôi

Lượng giá thể	W _a (cm)	W _c (g)	DWG (g/ngày)	SGR _w (%/ngày)
NT1: 90L	0,37±0,07	16,77±0,25 ^b	0,195±0,007 ^b	4,54±0,01 ^b
NT2: 60L	0,37±0,07	15,61±0,50 ^{ab}	0,183±0,006 ^{ab}	4,45±0,04 ^{ab}
NT3: 30L	0,37±0,07	15,08±1,01 ^a	0,173±0,015 ^a	4,41±0,08 ^a

Các giá trị cùng một cột có ký tự giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$).

Sau 84 ngày nuôi, tỷ lệ sống trung bình của tôm ở các nghiệm thức dao động từ 75,37 – 83,29%, trong đó nghiệm thức 30 L giá thể có tỷ lệ sống cao nhất (83,29%) nhưng khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) so với nghiệm thức 60 L giá thể (82,33%) và nghiệm thức 90 L giá thể (75,37%). Theo Việt và ctv. (2015), sau 60 ngày nuôi, tỷ lệ sống của tôm thẻ chân trắng nuôi ghép với cá rô phi ở các nghiệm thức với mật độ nuôi 150 con/m³ đạt 41,0%. Khi nuôi tôm thẻ trong bể với quy trình biofloc, sau 60 ngày nuôi, tỷ lệ sống của tôm đạt từ 75,0 – 97,3% (Phương và ctv., 2014b). Nuôi tôm thẻ chân trắng theo công nghệ biofloc thay thế thức ăn viên công nghiệp bằng khoai lang, sau 90 ngày nuôi ở độ mặn 15‰ và mật độ 150 con/m³, nghiệm thức

thay thế 10% khoai lang cho kết quả tốt nhất với tỷ lệ sống 72,2±11,0% (Việt và ctv., 2017).

Tương tự, sinh khối tôm nuôi ở các nghiệm thức dao động từ 3,77 – 3,85 kg/m³, trong đó ở nghiệm thức 60 L giá thể có sinh khối đạt cao nhất 3,85 kg/m³, nhưng khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) so với nghiệm thức 90 L giá thể (3,79 kg/m³) và 30 L giá thể (3,77 kg/m³).

Sau 84 ngày nuôi, lượng thức ăn viên của các nghiệm thức dao động từ 1,11 – 1,14 /kg tôm thương phẩm và lượng bí đỏ dao động từ 0,30 – 0,31 /kg tôm (bí đỏ được tính theo khối lượng tươi). Lượng thức ăn và chi phí thức ăn sử dụng cho tôm nuôi giữa các nghiệm thức khác biệt không có ý nghĩa thống

kê ($p>0,05$). Kết quả thí nghiệm cho thấy hệ số chuyển đổi thức ăn có cải thiện hơn so với nghiên cứu của Việt và ctv. (2017) khi xác định khả năng thay thế thức ăn viên công nghiệp bằng khoai lang

trong nuôi tôm thẻ chân trắng theo công nghệ biofloc sau 90 ngày nuôi hệ số thức ăn công nghiệp của các nghiệm thức dao động từ 1,1 – 1,6, hệ số khoai lang dao động từ 0,4 – 1,3 kg/1 kg tôm

Bảng 6. Tỷ lệ sống, sinh khối của tôm sau 84 ngày nuôi và lượng thức ăn sử dụng cho 1 kg tôm

Lượng giá thể	Tỷ lệ sống (%)	Sinh khối (kg/m ³)	Thức ăn viên (kg)	Bí đỏ (kg)
NT1: 90 L	75,37±7,51 ^a	3,79±0,43 ^a	1,14±0,16 ^a	0,31±0,03 ^a
NT2: 60 L	82,33±1,22 ^a	3,85±0,07 ^a	1,11±0,11 ^a	0,30±0,01 ^a
NT3: 30 L	83,29±4,72 ^a	3,77±0,34 ^a	1,12±0,12 ^a	0,31±0,02 ^a

Các giá trị cùng một cột có ký tự giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$).

Các giá trị cùng một cột có ký tự giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$).

3.1.3. Ảnh hưởng mật độ tôm nuôi lên tăng trưởng và tỷ lệ sống của tôm thẻ chân trắng

Sau 70 ngày nuôi, khối lượng tôm ở các nghiệm thức mật độ nuôi khác nhau dao động từ 19,68 – 20,47 g/con, tương đương với kích cỡ tôm thu hoạch trung bình từ 48 – 51 con/kg và trong đó tôm nuôi ở mật độ 400 con/m³ có khối lượng nhỏ nhất (19,68 g/con) và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) so với mật độ nuôi 200 con/m³ (20,35 g/con) và 300 con/m³ (20,47 g/con). Tốc độ tăng trưởng của tôm nuôi với các mật độ khác nhau dao động từ 0,275 – 0,286 g/ngày (5,46 – 5,52 %/ngày) và giữa các nghiệm thức cũng khác biệt có ý nghĩa thống kê

($p<0,05$). Với nghiệm thức mật độ nuôi 300 con/m³ có tốc độ tăng trưởng về khối lượng 0,286 g/ngày (5,52 %/ngày) nhưng khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) so với nghiệm thức mật độ nuôi 200 con/m³ (0,284 g/ngày và 5,51 %/ngày), nhưng lớn hơn và khác biệt ($p<0,05$) với nghiệm thức 400 con/m³ (0,275 g/ngày và 5,46 %/ngày). Kết quả nghiên cứu này đã thể hiện, tốc độ tăng trưởng về khối lượng của tôm nuôi bị ảnh hưởng bởi mật độ nuôi, khi mật độ nuôi tăng lên 400 con/m³ thì tốc độ tăng trưởng về khối lượng của tôm giảm. Kết quả này phù hợp với những nhận định của nghiên cứu trước đây, tốc độ tăng trưởng về khối lượng giảm dần theo mật độ nuôi, mật độ nuôi càng cao thì tốc độ tăng trưởng càng thấp (Việt và ctv., 2015).

Bảng 7. Tốc độ tăng trưởng về khối lượng của tôm sau 70 ngày nuôi với mật độ khác nhau

Mật độ (con/m ³)	W _a (cm)	W _c (g)	DWG (g/ngày)	SGR _w (%/ngày)
NT1: 200	0,43±0,16	20,35±0,04 ^b	0,284±0,001 ^b	5,51±0,01 ^b
NT2: 300	0,43±0,16	20,47±0,37 ^b	0,286±0,005 ^b	5,52±0,03 ^b
NT3: 400	0,43±0,16	19,68±0,23 ^a	0,275±0,003 ^a	5,46±0,02 ^a

Các giá trị cùng một cột có ký tự giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$).

Tỷ lệ sống trung bình của tôm nuôi ở các nghiệm thức với mật độ nuôi khác nhau dao động trong khoảng 63,63 – 83,08% và giữa các nghiệm thức khác biệt nhau có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$). Trong đó, tỷ lệ sống cao nhất ở nghiệm thức mật độ nuôi 200 con/m³ (83,08%) cao hơn và khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức độ 300 con/m³ (72,22%) và nghiệm thức mật độ nuôi 400 con/m³ (63,63%). Mật độ tôm nuôi có ảnh hưởng rất lớn đến tỷ lệ sống của tôm, khi nuôi mật độ cao tôm thường có hiện tượng ăn thịt lẫn nhau (tôm mới lột xác, vỏ mềm dễ bị ăn thịt) có rất nhiều nguyên nhân dẫn đến sự ăn nhau như mật độ nuôi và nguyên nhân cũng thường quan tâm nhất đó là khi trong nước thiếu các hàm

lượng dinh dưỡng cần thiết đặc biệt là các chất khoáng.

Sinh khối của tôm nuôi ở các nghiệm thức mật độ nuôi khác nhau, dao động từ 3,38 – 5,01 kg/m³ và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$). Sinh khối cao nhất đạt được ở nghiệm thức mật độ nuôi 400 con/m³ (5,01 kg/m³), khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) so với nghiệm thức mật độ 300 con/m³ (4,44 kg/m³) nhưng khác biệt có ý nghĩa ($p<0,05$) với nghiệm thức 200 con/m³ (3,38 kg/m³). Tuy nhiên, lượng thức ăn viên được sử dụng để đạt được 1 kg tôm thương phẩm của các nghiệm thức dao động từ 1,14 – 1,56 kg và hệ số bí đỏ dao động từ 0,32 – 0,42 kg, khác nhau có ý nghĩa thống kê

($p < 0,05$). Trong đó, lượng thức ăn viên được sử dụng ít nhất là ở nghiệm thức mật độ tôm nuôi 200 con/m³ (1,14), khác biệt không có ý nghĩa thống kê

($p > 0,05$) so với mật độ tôm nuôi 300 con/m³ (1,32), thấp hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với mật độ tôm nuôi 400 con/m³ (1,56).

Bảng 8. Tỷ lệ sống, sinh khối của tôm sau 70 ngày nuôi và lượng thức ăn sử dụng cho 1 kg tôm

Mật độ (con/m ³)	Tỷ lệ sống (%)	Sinh khối (kg/m ³)	Thức ăn viên (kg)	Bí đỏ (kg)
NT1: 200	83,08±3,15 ^b	3,38±0,13 ^a	1,14±0,04 ^a	0,32±0,01 ^a
NT2: 300	72,22±7,14 ^a	4,44±0,48 ^b	1,32±0,14 ^a	0,37±0,04 ^a
NT3: 400	63,63±3,95 ^a	5,01±0,27 ^b	1,56±0,09 ^b	0,43±0,02 ^b

Các giá trị cùng một cột có ký tự giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$).

3.2. Ứng dụng mô hình nuôi tôm thẻ chân trắng siêu thâm canh trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài ở quy mô thương mại

3.2.1. Ứng dụng nuôi trên bể tại Khoa Thủy sản

a. Hàm lượng đạm amon (TAN), nitrite, nitrat, PO₄³⁻ và độ kiềm

Các yếu tố môi trường nước trong quá trình nuôi được trình bày ở Bảng 9, hàm lượng nitrite trung

bình ở hệ thống 1 dao động từ 0,91 – 1,19 mg/L; hệ thống 2 từ 0,92 – 1,19 mg/L; hệ thống 3 từ 1 – 1,21 mg/L. Hàm lượng nitrite giảm dần qua trình tự các bể trong cùng hệ thống, thấp nhất ở bể lọc cho thấy sự hấp thu các chất hữu cơ và chất dinh dưỡng gốc đạm trong hệ thống. Tuy nhiên, hàm lượng nitrite và TAN giữa các hệ thống khác biệt không đáng kể.

Bảng 9. Trung bình hàm lượng nitrite, nitrat, TAN, PO₄³⁻ và độ kiềm của các hệ thống trong thời gian thí nghiệm

Hệ thống nuôi	Nitrite (mg/L)	Nitrat (mg/L)	TAN (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Độ kiềm (mgCaCO ₃ /L)
Hệ thống nuôi 1					
Tôm	1,19±0,17	29,77±12,70	0,65±0,23	0,83±0,44	110,4±12,8
Cá rô phi	1,18±0,16	30,61±13,26	0,56±0,22	0,75±0,45	108,9±16,1
Lăng	1,18±0,17	33,19±15,85	0,56±0,24	0,71±0,49	108,9±12,0
Rong 1	1,18±0,18	26,65±9,24	0,44±0,22	0,75±0,45	111,9±13,5
Rong 2	1,16±0,18	29,10±12,65	0,35±0,23	0,71±0,43	108,9±17,8
Rong 3	1,11±0,24	27,76±11,71	0,33±0,25	0,71±0,44	108,9±17,9
Giá thể lọc	0,96±0,33	24,64±12,12	0,25±0,15	0,67±0,47	107,4±15,3
Hệ thống nuôi 2					
Tôm	1,19±0,17	30,36±12,64	0,50±0,21	0,75±0,50	107,4±17,1
Cá rô phi	1,18±0,18	31,52±14,19	0,50±0,18	0,75±0,45	105,9±16,1
Lăng	1,18±0,17	31,74±15,59	0,50±0,21	0,75±0,50	108,9±16,1
Rong 1	1,16±0,22	32,26±14,61	0,46±0,18	0,75±0,43	105,9±16,1
Rong 2	1,19±0,17	29,12±10,11	0,42±0,19	0,71±0,49	105,9±17,8
Rong 3	1,19±0,17	31,67±14,60	0,35±0,17	0,71±0,49	107,4±18,7
Giá thể lọc	0,92±0,31	28,38±11,30	0,29±0,21	0,67±0,49	105,9±17,8
Hệ thống nuôi 3					
Tôm	1,20±0,20	28,84±8,67	0,54±0,21	0,92±0,5	108,9±14,2
Cá rô phi	1,21±0,20	30,52±12,33	0,48±0,20	0,92±0,56	107,4±17,1
Lăng	1,21±0,19	28,08±7,91	0,56±0,30	0,88±0,52	105,9±16,1
Rong 1	1,16±0,26	30,00±12,02	0,48±0,20	0,75±0,45	108,9±14,2
Rong 2	1,20±0,20	28,49±10,34	0,42±0,19	0,76±0,57	107,4±15,3
Rong 3	1,20±0,18	29,18±11,93	0,35±0,13	0,75±0,45	105,9±14,2
Giá thể lọc	1,00±0,33	26,32±11,77	0,27±0,13	0,79±0,46	107,4±15,3

Hàm lượng nitrate các hệ thống không có sự chênh lệch lớn. Hệ thống 1 có hàm lượng nitrate cao nhất (33,19 mg/L) ở bể lắng và thấp nhất ở bể giá thể (24,64 mg/L). Tương tự ở hệ thống 2 và 3, hàm lượng nitrate thấp nhất ở bể giá thể là 28,38 mg/L (hệ thống 2) và 26,32 mg/L (hệ thống 3) cho thấy sự hấp thu đạm rất tốt của rong câu làm cho hàm lượng nitrate giảm dần qua từng bể. Đối với TAN ở hệ thống 1 dao động từ 0,25 – 0,65 mg/L; hệ thống 2 từ 0,25 – 0,50 mg/L; hệ thống 3 từ 0,27 – 0,54 mg/L. Theo Boyd (1998), hàm lượng nitrite trong ao nuôi thủy sản không vượt quá 2 mg/L. Chen and Chin (1998) chỉ ra rằng nồng độ TAN gây chết 50% trong 48 giờ ở loài tôm khác nhau nằm trong khoảng 30-110 mg/L. Ngoài ra nồng độ TAN trong các bể thí nghiệm thấp 0,25 – 0,65 mg/L chứng tỏ việc nuôi kết hợp trong mô hình nuôi thủy sản đã góp phần cải thiện môi trường.

Độ kiềm hệ thống 1 từ 107,4 – 110,4 mg CaCO₃/L; hệ thống 2 từ 105,9 – 108,9 mg CaCO₃/L

Bảng 10. Tăng trưởng về khối lượng của tôm sau 84 ngày nuôi

Các chỉ tiêu	Hệ thống 1	Hệ thống 2	Hệ thống 3
W ₀	0,42±0,10	0,42±0,10	0,42±0,10
W ₈₄	16,68±2,12	17,85±1,66	18,20±1,41
DWG (g/ngày)	0,18±0,01	0,185±0,01	0,19±0,01
SGR _w (%/ngày)	4,44±0,08	4,51±0,07	4,54±0,06

Tỷ lệ sống của tôm sau 84 ngày nuôi ở 3 hệ thống nuôi dao động từ 93,0 – 97,5%, cao hơn so với tôm thẻ chân trắng được nuôi theo quy trình biofloc ở mật độ 300 con/m³ với độ mặn 15‰ có tỷ lệ sống cao nhất là 79,1% (Phuong và ctv., 2014b). Sinh khối tôm nuôi dao động từ 4,42 – 4,48 kg/m³ cao nhất là hệ thống 3 (4,48 kg/m³) và thấp nhất là ở hệ thống 1 (4,42 kg/m³). Lượng thức ăn sử dụng cho 1 kg tôm thương phẩm tương ứng số lượng thức ăn viên dao động từ 1,10 – 1,19 kg, lượng bí từ 0,30 – 0,32

kg và tương ứng với giá thành thức ăn cho 1 kg tôm thương phẩm là 41.919 – 46.440 đồng. Kết quả nghiên cứu từ Phuong và ctv. (2014a) cho thấy nuôi tôm thẻ chân trắng theo quy trình biofloc ở mật độ 300 con/m³ với độ mặn 15‰, năng suất đạt được là 1 kg/m³. Hệ số FCR trong nghiên cứu này tương đương so với mô hình nuôi tôm bán thâm canh và thâm canh trong ao đất 1,0 – 1,2 (Hùng & Quý, 2010).

b. Tăng trưởng về khối lượng của tôm

Sau 84 ngày nuôi, tôm đạt khối lượng trung bình ở hệ thống 1 là 16,68g; hệ thống 2 là 17,85g và hệ thống 3 là 18,20g (Bảng 10). Tốc độ tăng trưởng tuyệt đối về khối lượng của tôm theo từng hệ thống đạt 0,18 g/ngày ở hệ thống 1; hệ thống 2 là 0,185 g/ngày; hệ thống 3 là 0,19 g/ngày và tốc độ tăng trưởng tuyệt đối là 4,44 %/ngày ở hệ thống 1; ở hệ thống 2 và 3 lần lượt là 4,51 %/ngày và 4,54%/ngày.

Bảng 11. Sinh khối và tỷ lệ sống của tôm sau 84 ngày nuôi

Các chỉ tiêu	Hệ thống 1	Hệ thống 2	Hệ thống 3
Thời gian thu tỉa			
Sau 70 ngày (con/kg)	72,0±3,0	71,8±2,3	74,5±2,2
Sau 77 ngày (con/kg)	67,5±3,1	68,2±3,0	66,4±3,2
Sau 84 ngày (con/kg)	60,0±3,5	56,0±2,9	55,0±2,5
Tổng khối lượng (kg)	176,8±14,6	178,4±18,2	179,1±8,9
Sinh khối (kg/m³)	4,42±0,37	4,46±0,45	4,48±0,16
Tỷ lệ sống (%)	96,0±5,4	96,0±6,2	97,5±6,7

Bảng 12. Lượng thức ăn sử dụng cho 1 kg tôm và giá thành thức ăn /kg tôm thương phẩm

Hệ thống nuôi	Thức ăn viên (kg)	Bí đỏ (kg)	Giá thành thức ăn (đồng/kg tôm)
1	1,19±0,08	0,32±0,10	46.440±2.788
2	1,15±0,05	0,31±0,08	44.831±3.075
3	1,10±0,06	0,30±0,09	41.919±2.971

Ghi chú: Giá thức ăn viên 36.000 đồng/kg và bí đỏ 9.000 đồng/kg (1 kg bí loại bỏ ruột còn 0,8 kg, tương đương với 1 kg thịt bí giá 11.250 đồng)

3.2.2. Ứng dụng nuôi trong ao đất lót bạt tại Trại thực nghiệm Vĩnh Châu – Sóc Trăng

a. Hàm lượng đạm amon (TAN), nitrite và nitrat

Các yếu tố môi trường nước trong quá trình nuôi trong các ao ở hai hệ thống tuần hoàn được trình bày ở Bảng 13. Kết quả cho thấy hàm lượng nitrite của hai hệ thống nuôi trung bình dao động từ 0,58 - 0,75 mg/L; hàm lượng nitrate trung bình dao động khoảng từ 13,49 – 18,41 mg/L; hàm lượng TAN trung bình dao động khoảng từ 1,90 - 1,99 mg/L. Whetstone et al. (2002) cho rằng tôm có thể tồn tại và phát triển ở hàm lượng TAN từ 0,02 - 2 mg/L và theo Boyd et al. (2002), TAN trong môi trường ao

nuôi phải nhỏ hơn hoặc bằng 3 mg/L. Theo Boyd (1998), hàm lượng nitrite trong ao nuôi thủy sản không vượt quá 2 mg/L. Nhìn chung, hàm lượng TAN, nitrite và nitrate ở các ao nuôi nằm ở mức thích hợp cho sinh trưởng và phát triển của tôm trong ao nuôi. Đối với hệ thống lọc sinh học, nhóm vi khuẩn *Nitrosomonas* và *Nitrobacter* đã thúc đẩy quá trình nitrate hóa trong hệ thống nuôi xảy ra do hoạt động của nhóm vi khuẩn oxy hóa ammonia, *Nitrosomonas* đại diện cho nhóm vi khuẩn tham gia phản ứng chuyển hóa NH₃/NH₄⁺ thành NO₂⁻, sau đó sản phẩm NO₂⁻ bị oxy hóa thành NO₃⁻ khi có sự hiện diện của giống *Nitrobacter* (Gromen et al., 2002; Hommes et al., 2003; Abeliovich, 2006; Correia et al., 2014; Ferreira et al., 2015; Ngân và ctv., 2016).

Bảng 13. Trung bình hàm lượng TAN, nitrit và nitrat của các ao trong thời gian thí nghiệm

Hệ thống/Ao	TAN (mg/L)	Nitrite (mg/L)	Nitrate (mg/L)
Hệ thống nuôi 1			
Tôm 1	1,51±1,56	0,65±0,76	14,95±21,03
Tôm 2	2,97±2,72	0,75±0,30	15,70±19,27
Tôm 3	1,80±0,99	0,71±0,92	19,00±22,89
Xử lý 1	2,32±1,56	0,62±0,43	13,88±18,23
Xử lý 2	2,48±2,29	0,49±0,38	11,73±13,81
Xử lý 3	1,24±1,75	0,44±0,40	9,63±11,57
Giá thể lọc 1	0,99±1,58	0,38±0,35	9,53±11,14
Trung bình	1,90±1,77	0,58±0,50	13,49±15,68
Hệ thống nuôi 2			
Tôm 4	1,68±1,29	0,73±0,70	19,50±23,69
Tôm 5	2,31±1,77	0,83±0,47	21,10±26,32
Tôm 6	3,18±2,07	0,82±0,68	21,80±27,51
Xử lý 4	2,23±1,32	1,00±0,89	21,30±26,66
Xử lý 5	2,14±1,48	0,77±0,39	17,75±20,98
Xử lý 6	1,45±1,24	0,78±0,42	15,38±17,91
Giá thể lọc 2	0,93±0,91	0,75±0,39	14,38±17,14
Trung bình	1,99±1,47	0,75±0,44	18,74±20,68

(Giá trị thể hiện là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn)

Bảng 13. Trung bình hàm lượng TAN, nitrit và nitrat của các ao trong thời gian thí nghiệm

Hệ thống/Ao	TAN (mg/L)	Nitrite (mg/L)	Nitrate (mg/L)
Hệ thống nuôi 1			
Tôm 1	1,51±1,56	0,65±0,76	14,95±21,03
Tôm 2	2,97±2,72	0,75±0,30	15,70±19,27
Tôm 3	1,80±0,99	0,71±0,92	19,00±22,89
Xử lý 1	2,32±1,56	0,62±0,43	13,88±18,23
Xử lý 2	2,48±2,29	0,49±0,38	11,73±13,81
Xử lý 3	1,24±1,75	0,44±0,40	9,63±11,57
Giá thể lọc 1	0,99±1,58	0,38±0,35	9,53±11,14
Trung bình	1,90±1,77	0,58±0,50	13,49±15,68
Hệ thống nuôi 2			
Tôm 4	1,68±1,29	0,73±0,70	19,50±23,69
Tôm 5	2,31±1,77	0,83±0,47	21,10±26,32
Tôm 6	3,18±2,07	0,82±0,68	21,80±27,51
Xử lý 4	2,23±1,32	1,00±0,89	21,30±26,66
Xử lý 5	2,14±1,48	0,77±0,39	17,75±20,98
Xử lý 6	1,45±1,24	0,78±0,42	15,38±17,91
Giá thể lọc 2	0,93±0,91	0,75±0,39	14,38±17,14
Trung bình	1,99±1,47	0,75±0,44	18,74±20,68

(Giá trị thể hiện là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn)

Ngoài ra, vi khuẩn nhóm *Bacillus* cũng có thể đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện môi trường ao nuôi. Theo Correia et al. (2014), vi khuẩn *Bacillus subtilis* đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện môi trường nước. Vì vậy, việc bổ sung vi khuẩn nhóm *Bacillus* vào ao nuôi có thể giảm sự tích lũy vật chất hữu cơ và các chất hòa tan. Tương tự, Ngân và ctv. (2016) cũng cho rằng trong nuôi tôm nếu bổ sung vi khuẩn *Bacillus* sẽ kích thích nhóm vi khuẩn nitrate hóa (*Nitrosomonas* và *Nitrobacter*) phát triển tự nhiên do. *Bacillus* tạo ra sản phẩm NH₄⁺/NH₃ làm nguồn dinh dưỡng cho *Nitrosomonas*, sau đó nhóm *Nitrosomonas* phát triển trong bể và chuyển hóa NH₄⁺/NH₃ thành NO₂⁻ là nguồn dinh dưỡng cho nhóm *Nitrobacter*, từ đó hỗ trợ cho việc cải thiện môi trường nước.

3.2.3. Tăng trưởng, sản lượng, tỷ lệ sống, năng suất và hệ số thức ăn của tôm trong thời gian nuôi

Tôm thả ban đầu có khối lượng 0,46 – 0,48 g/con, sau 84 ngày nuôi khối lượng trung bình tôm trong 2 hệ thống nuôi dao động từ 18,21 – 22,73 g/con, trung bình ở hệ thống nuôi 1 là 19,81 g/con (0,23 g/ngày; 4,42 %/ngày) và hệ thống nuôi 2 là 19,21 g/con (0,22 g/ngày; 4,44 %/ngày). Kết quả nghiên cứu của Phương và ctv. (2014a) cho thấy khi nuôi tôm thê với các mức độ mặn khác nhau thì tốc độ tăng trưởng về khối lượng của tôm đạt từ 0,09 – 0,13 g/ngày. Theo Anh và ctv. (2019) sử dụng rong bunn và rong mền trong nuôi kết hợp với TTCT ghi nhận tốc độ tăng trưởng về khối lượng của tôm sau 72 ngày nuôi dao động từ 0,05 – 0,10 g/ngày.

Bảng 14. Tăng trưởng về khối lượng của tôm sau 84 ngày nuôi

Ao/các chỉ tiêu	W0	W56	W84	DWG (g/ngày)	SGR (%/ngày)
Hệ thống nuôi 1					
Tôm 1	0,48±0,10	11,65±1,20	22,73±1,70	0,26±0,01	4,59±0,10
Tôm 2	0,48±0,10	11,30±1,80	18,18±1,59	0,21±0,01	4,33±0,09
Tôm 3	0,48±0,10	11,46±1,53	18,52±1,62	0,22±0,01	4,35±0,13
Trung bình			19,81±2,53	0,23±0,03	4,42±0,15
Hệ thống nuôi 2					
Tôm 4	0,46±0,07	12,11±1,34	18,20±1,32	0,21±0,01	4,38±0,05
Tôm 5	0,46±0,07	11,05±1,52	19,61±1,41	0,23±0,01	4,47±0,06
Tôm 6	0,46±0,07	12,20±1,10	19,82±1,23	0,23±0,01	4,48±0,06
Trung bình			19,21±1,88	0,22±0,02	4,44±0,06

Kết quả ở Bảng 15 thể hiện tỷ lệ sống, sản lượng, sinh khối và hệ số thức ăn của tôm ở 2 hệ thống nuôi qua 5 đợt nuôi, trung bình tỷ lệ sống các ao nuôi qua các đợt dao động từ 75,8 – 93,7%, sản lượng 1.411 – 2.048 kg và tương ứng với 2,82 – 4,10 kg/m³ (28,2 – 41 tấn/ha/vụ). Hệ số FCR dao động từ 1,09 – 1,21, trung bình ở hệ thống 1 là 1,17±0,07 và hệ thống 2 là 1,13±0,05. Khi thử nghiệm nuôi tôm thẻ chân

trắng trong bể với các mật độ khác nhau (100, 300 và 500 con/m³) sau 60 ngày nuôi thì sinh khối cao nhất ở mật độ 500 con/m³ là 1,4 kg/m³ (Phuong và ctv., 2014). Theo Gám và ctv. (2014), kết quả khảo sát nuôi tôm thẻ chân trắng trong ao với mật độ trung bình 152 con/m², sau 90 ngày nuôi, năng suất đạt 15,6 tấn/ha/vụ, tương đương với sinh khối là 1,56 kg/m³

Bảng 15. Tỷ lệ sống, sản lượng, sinh khối và hệ số thức ăn ở 2 hệ thống nuôi

Ao nuôi	Tỷ lệ sống (%)	Tổng sản lượng (kg)	Sinh khối tôm (kg/m ³)	FCR
Hệ thống nuôi 1				
Tôm 1	75,8±1,2	1.438±166	2,88±0,33	1,14±0,09
Tôm 2	92,3±3,9	1.982±246	3,96±0,49	1,15±0,05
Tôm 3	83,6±13,3	1.732±351	3,46±0,70	1,21±0,08
Trung bình	83,9±9,6	1.717±318	3,43±0,64	1,17±0,07
Hệ thống nuôi 2				
Tôm 4	74,9±13,3	1.411±90	2,82±0,18	1,18±0,02
Tôm 5	93,7±6,1	2.048±329	4,10±0,66	1,09±0,06
Tôm 6	79,4±7,1	1.415±276	2,83±0,55	1,13±0,07
Trung bình	82,7±11,3	1.625±382	3,25±0,76	1,13±0,05

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

4.1. Kết luận

Chất lượng môi trường nước trong hệ thống nuôi ứng dụng ở quy mô thương mại (nitrite, nitrate và TAN, PO4³⁻) và độ kiềm nằm trong giới hạn cho sự phát triển của tôm nuôi. Kết quả này đã khẳng định được vai trò hệ thống lọc tuần hoàn kết hợp đa loài trong việc duy trì được chất lượng nước trong ao nuôi tôm thẻ chân trắng siêu thâm canh.

Nuôi tôm thẻ chân trắng siêu thâm canh trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài với độ mặn từ 15 – 25‰, cho kết quả tốt nhất về tỷ lệ sống (75,59 – 91,45%) và sinh khối (3,45 – 3,87 kg/m³).

Ứng dụng hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài trong nuôi tôm thẻ chân siêu thâm canh, sử dụng lượng giá thể trong hệ thống nuôi (6m³ bể nuôi) dao động từ 30 – 60 L/ hệ thống (tương đương 3,75 – 7,5 m³ diện tích bề mặt giá thể/m³ nước nuôi) là phù hợp. Tỷ lệ sống của tôm sau 84 ngày nuôi đạt 82,33 – 83,29%; sinh khối đạt từ 3,77 – 3,85 kg/m³; hệ số thức ăn viên từ 1,11 – 1,12 và lượng bí sử dụng làm thức ăn cho 1 kg tôm thương phẩm 0,30 – 0,31 kg.

Nuôi tôm trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài với mật độ tôm nuôi 200 – 300 con/m³ cho kết

quả tốt nhất, tôm đạt khối lượng trung bình sau 70 ngày nuôi là 20,35 - 20,47 g/con; tốc độ tăng trưởng về khối lượng nhanh (5,51 – 5,52 %/ngày), tỷ lệ sống đạt 72,22 – 83,08%, sinh khối từ 3,38 – 4,44 kg/m³.

Ứng dụng nuôi tại Khoa Thủy sản với quy mô 40 m³ với 3 hệ thống nuôi (5 đợt nuôi/hệ thống), sau 84 ngày nuôi, tỷ lệ sống từ 96,0 – 97,5%; khối lượng tôm 16,68 – 18,20 g/con; sinh khối đạt 4,42 – 4,48 kg/m³ và lượng thức ăn viên sử dụng cho 1 kg tôm thương phẩm từ 1,10 – 1,19 và lượng bí sử dụng bổ sung tương ứng 0,30 – 0,32 kg.

Ứng dụng nuôi tại Trại thực nghiệm Vĩnh Châu với quy mô 500 m³/ao, với 2 hệ thống gồm 6 ao nuôi (nuôi 5 vụ/hệ thống), sau 84 ngày nuôi khối lượng tôm từ 18,18 – 22,73 g/con; tỷ lệ sống đạt 74,9 – 93,7%, sinh khối đạt 2,82 – 4,10 kg/m³ và hệ số thức ăn dao động từ 1,09 – 1,21.

4.2. Đề xuất

Mô hình nuôi tôm thẻ chân trắng trong hệ thống tuần hoàn kết hợp đa loài hiện đã triển khai ứng dụng đạt hiệu quả ở quy mô thương mại, do đó mô hình này hoàn toàn có thể triển khai nhân rộng cho các tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long nói riêng và cả nước nói chung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abeliovich, A. (2006). The nitrite oxidizing bacteria. *The Prokaryotes*, 5, 861-872.
- Anh, N.T.N., Hiền, T.T.T., Hải, T.N., Thảo, N.T., Khánh, L.V., & Nam, T.N.H. (2013). *Đánh giá thành phần dinh dưỡng của rong bún (Enteromorpha intestinalis) và sử dụng chúng làm thức ăn cho các loài thủy sản ở Đồng bằng sông Cửu Long*. Đề tài cấp Bộ, Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ, 110 trang.
- Anh, N.T.N., Vinh, N.H., Lan, L.M., & Hải, T.N. (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 (*Penaeus monodon*) nuôi kết hợp với rong câu chi (*Gracilaria tenuistipitata*). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 55(3B), 111-122.
- Sakas, A. (2016). *Evaluation of Whiteleg Shrimp (Litopenaeus vannamei) Growth and Survival in Three Salinities under RAS Conditions* (A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Science (Natural Resources and Environment)). The University of Michigan.
- Boyd, C. E. (1998). Pond water aeration systems. *Aquacultural engineering*, 18(1), 9-40.
- Boyd, C. E., Hargreave, J. A., & Clay, J. W. (2002). *Codes of Practice and Conduct of Marine Shrimp Aquaculture. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Programme on shrimp farming and the environment*. Published by the Consortium. World Bank, Washington, DC, USA, 31 pp.
- Charantchakool, P. (2003). Problem in *Penaeus monodon* culture in low salinity areas. *Aquaculture Asia*, 3(1), 54-55.
- Chen, J. C., & Chin, T. S. (1998). Accute axicity of nitrite to tiger prawn, *Penaeus monodon*, larvae. *Aquaculture*, 69, 253- 262.
- Correia, E.S., Wilkenfeld, J.S., Morris, T.C., Wei, L., Prangnell, D.I., & Samocha, T.M. (2014). Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. *Aquacultural Engineering*, 59..
- Diệp, L. M. (2012). Ứng dụng công nghệ biofloc, giải pháp kỹ thuật thay thế cho nghề nuôi tôm he thương phẩm hiện nay tại Việt Nam. *Kỷ yếu hội thảo khoa học ứng dụng công nghệ mới trong nuôi trồng thủy sản application of new technology on aquaculture* (trang 3-13). Đại học Nha Trang.
- Ebeling, J.M., Timmons, M.B., & Bisogni, J.J. (2006). Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257, 346-358.
- Emmanuelle, R., Jean-Paul, B., & Alain, B. (2009). Water quality and rainbow trout performance in a Danish Model Farm recirculating system: Comparison with a flow through system. *Aquacultural Engineering*, 40, 135-143.
- Ferreira, G. S., Bolívar, N. C., Pereira, S. A., Guertler, C., Vieira, F. D. N., Mourinho, J. L. P. & Seiffert, W. Q. (2015). Microbial biofloc as source of probiotic bacteria for the culture of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 448, 273-279.
- Gấm, P. T. H., Son, V. N., & Phương, N. T. (2014). Phân tích hiệu quả sản xuất các mô hình nuôi tôm thẻ chân trắng và tôm sú thâm canh ở Ninh Thuận. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ, Số chuyên đề thủy sản*(2), 37-43.
- Hommes, N. G., Sayavedra-Soto, L. A., & Arp, D. J. (2003). Chemolithoorganotrophic growth of *Nitrosomonas europaea* on fructose. *Journal of Bacteriology*, 185(23), 6809-6814.
- Hùng, L. T., & Quý, O. M. (2010). *Hiện trạng sử dụng và quản lý thức ăn nuôi tôm thẻ chân trắng (Litopenaeus vannamei) ở Việt Nam*. Khoa thủy sản, Đại học Nông Lâm Tp.HCM. 43 trang.
- Izzati, M. (2011). The Role of Seaweeds Sargassum polycistum and Gracilaria verrucosa on Growth Performance and Biomass Production of Tiger Shrimp (*Penaeus monodon* Fabr). *Journal of Coastal Development*, 14, 235-241.
- Jackson, C., Preston, N., Thompson, P.J., & Burford, M. (2003). Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. *Aquaculture*, 218, 397-411.
- Kam, S.P., Badjeck, L. T & Chan, N. (2012). Autonomous adptation to climate change by shrimp and catfish farmers in Vietnam s Mekong River delta. *Worldfish*, 24 pp.
- Khanh, L. V., Viet, L. Q., Son, V. N., & Hai, T. N. (2015). The effects of alkalinity on the growth of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in low salinity. 5th IFS 2015, 1st-4th December, Malaysia. P319.
- Lý, T. H. (2006). Thực nghiệm nuôi kết hợp cá rô phi đơn tính trong ao nuôi tôm sú thâm canh ở Bạc Liêu. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 2, 187-191.
- Mai, L. T. P., Son, V. N., Ni, D. V., & Hải, T. N. (2016). Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu và giải pháp ứng phó trong mô hình tôm sú quảng canh cải tiến ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 42a, 28-39.
- Marinho, S. E., Nunes, S. O., Carneiro, M. A. A., & Pereira, D. C. (2009). Nutrients' removal from

- aquaculture wastewater using the macroalgae *Gracilaria birdiae*. *Biomass and Bioenergy*, 33, 327-331.
- Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegema, M. C. J., Heinsbroeka, L. T. N., Schneiderc, O., Blanchetond, J. P., & Verretha, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43(3), 83-93.
- Neori, A., Chopin, T.T., Buschmann, M., Kraemer, A.H., Halling, G.P., Shpigel, C. M., & Yarish, Y. (2004). Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231, 361-391.
- Ngân, P.T.T., Thơ, H.D., & Ngọc, T.S. (2016). So sánh khả năng cải thiện chất lượng nước và ức chế *Vibrio* của xạ khuẩn *Streptomyces parvulus* và vi khuẩn *Bacillus subtilis* chọn lọc trong hệ thống nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 47b, 87-95.
- Phuong, T.V., Bá, N.V., & Hòa, N.V. (2014a). Nghiên cứu nuôi tôm thẻ chân trắng theo qui trình Bioflocs với mật độ và độ mặn khác nhau. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Số chuyên đề Thủy sản*(2), 44-53.
- Phuong, T. V., Bá, N. V., & Hòa, N. V. (2014b). Ảnh hưởng của thời gian thủy phân và phương pháp bổ sung bột gạo lên năng suất tôm thẻ chân trắng. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Số chuyên đề thủy sản*(2), 54-64.
- Schuenhoff, A., Shpigel, M., Lupatsch, I., Ashkenazi, A., Msuya, F.E., & Neori, A. (2003). A semi-recirculating, integrated system for the culture of fish and seaweed. *Aquaculture*, 221, 167-181.
- Suantika, G., Situmorang, M.L., Nurfathurahmi, A., Taufik, I., Aditiawati, P., Yusuf, N., & Aulia, R. (2018). Application of Indoor Recirculation Aquaculture System for White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Growout Super-Intensive Culture at Low Salinity Condition. *Journal of Aquaculture Research and Development*. 09(04).
- Susilowati, T., Hutabarat, J., Anggoro, S., & Zainuri, M. (2014). The Improvement of the Survival, Growth and Production of naname Shrimp (*litopenaeus vannamei*) and Seaweed (*Gracilaria verucosa*) based on polyculture cultivation. *International Journal of Marine and Aquatic Resource Conservation and Co-existence*, 1, 6-11.
- Việt, L. Q., & Hải, T. N. (2018). Thực nghiệm nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) trong bể với các mật độ khác nhau theo công nghệ biofloc. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 54(7B), 94-101.
- Việt, L. Q., Hải, T. N., Khánh, L. V., Nhứt, T. M., & Phương, T. V. (2015). Ứng dụng biofloc nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) với mật độ khác nhau kết hợp với cá rô phi (*Oreochromis niloticus*). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 38, 44-52.
- Việt, L. Q., Phú, T. M., & Hải, T. N. (2017). Đánh giá khả năng thay thế thức ăn công nghiệp bằng khoai lang (*Ipomoea batatas*) trong nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) theo công nghệ biofloc. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 48b, 27-35.
- Weihua, G., Luo, T., Tinghua, H., Min, Y., Wei, H., & Qiaqing, X. (2016). Effect of salinity on the growth performance, osmolarity and metabolism-related gene expression in white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*, 4, 125-129.
- Whetstone, J.M., Treece, G.D., & Stokes, A.D. (2002). *Opportunities and constrains in marine shrimp farming*. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC) publication No. 2600 USDA.
- Wyban J., William, A.W., & David, M. G. (1995). Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific White shrimp (*penaeus vannamei*). *Aquaculture*, 138(1-4), 267-279.
- Wyk, P. V., Samocha, T. M., David, A. D., Lawrence, A. L., & Collins, C. R. (2001). Intensive and super-intensive production of the Pacific White *Litopenaeus vannamei* in greenhouse – enclose raceway system. In Book of abstracts, *Aquaculture 2001*, Lake Buena Visa, L, 573p.