

EXPERIMENTAL NURSING OF COMMON CARP FINGERLINGS (*Cyprinus carpio*) BY USING BIOFLOC TECHNOLOGY AT DIFFERENT STOCKING DENSITIES

Do Dang Khoa^{1,2*}, Nguyen Dac Hai¹, Thai Thanh Binh¹, Kim Van Van²

¹Fisheries and Technical Economic College

²Vietnam National University of Agriculture

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Received: 14/8/2022</p> <p>Revised: 19/10/2022</p> <p>Published: 21/10/2022</p>	<p>Stocking density is a key factor in aquaculture. This study was conducted to investigate the water quality, growth, survival rates and feed conversion ratio (FCR) when nursing Common carp fingerlings (<i>Cyprinus carpio</i>) by using biofloc technology with different stocking densities. Common carp fingerlings (35.57 ± 1.37 g/fish) were randomly stocked in 9 tanks (270 L/tank), with three experiments as: BFT100 (100 fish/m³), BFT150 (150 fish/m³) and BFT200 (200 fish/m³) were nursed in biofloc system with molasses as a carbon source with C/N ratio of 20/1. Fish was fed on demand with 35% protein diet. The result showed that after 60 days nursing water quality in BFT100 was maintained better than that in BFT150 and BFT200. The survival rate ($97.53 \pm 2.14\%$) and average daily weight gain (0.73 ± 0.04 g/day) of common carp in BFT100 were highest compared with the other treatments. Common carp in BFT100 had the lowest FCR (1.48 ± 0.01) ($P < 0.05$) compared to BFT150 (1.55 ± 0.02) and BFT200 (1.69 ± 0.04).</p>
<p>KEYWORDS</p> <p>Biofloc</p> <p>Common carp</p> <p>Stocking</p> <p>Growth</p> <p>FCR</p>	

THỬ NGHIỆM ƯƠNG CÁ CHÉP GIỐNG (*Cyprinus carpio*) BẰNG CÔNG NGHỆ BIOFLOC Ở CÁC MẬT ĐỘ KHÁC NHAU

Đỗ Đăng Khoa^{1,2*}, Nguyễn Đắc Hải¹, Thái Thanh Bình¹, Kim Văn Văn²

¹Trường Cao đẳng Kinh tế, Kỹ thuật và Thủy sản

²Học viện Nông nghiệp Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
<p>Ngày nhận bài: 14/8/2022</p> <p>Ngày hoàn thiện: 19/10/2022</p> <p>Ngày đăng: 21/10/2022</p>	<p>Mật độ nuôi là yếu tố quan trọng trong nuôi trồng thủy sản. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá chất lượng môi trường, tốc độ tăng trưởng, tỉ lệ sống và hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR) khi ương cá chép (<i>Cyprinus carpio</i>) bằng công nghệ biofloc ở các mật độ khác nhau. Cá chép giống ($35,57 \pm 1,37$ g/con) được ương trong 9 bể (270 L/bể), với 3 nghiệm thức: BFT100 (100 con/m³), BFT150 (150 con/m³) và BFT200 (200 con/m³) được nuôi theo công nghệ biofloc với nguồn carbon từ ri đường với tỉ lệ C/N là 20/1. Cá được cho ăn theo nhu cầu bằng thức ăn công nghiệp có hàm lượng protein 35%. Kết quả cho thấy, sau 60 ngày nuôi ở nghiệm thức BFT100 có chất lượng môi trường tốt hơn, tỷ lệ sống ($97,53 \pm 2,14\%$), tốc độ tăng trưởng bình quân ngày ($0,73 \pm 0,04$ g/ngày) cao hơn và FCR ($1,48 \pm 0,01$) thấp hơn so với nghiệm thức BFT150 và BFT200, sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).</p>
<p>TỪ KHÓA</p> <p>Biofloc</p> <p>Cá chép</p> <p>Mật độ</p> <p>Tăng trưởng</p> <p>FCR</p>	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.6363>

* Corresponding author. Email: ddkhoa@cdfs.edu.vn

1. Giới thiệu

Cá chép (*Cyprinus carpio*) là một đối tượng được nuôi rộng rãi tại miền Bắc Việt Nam cũng như trên thế giới. Sản lượng của loài này trên toàn thế giới đạt trên 4,4 triệu tấn vào năm 2019 [1]. Gần đây, cá chép được nuôi thâm canh trong ao đã phát triển mạnh ở nhiều nước, do dân số tăng và nhu cầu thị trường [2]. Nuôi thủy sản lợi nhuận phụ thuộc vào sự tăng trưởng và mật độ cá nuôi [3]. Do vậy, mật độ cá nuôi là một trong những yếu tố then chốt tạo ra lợi nhuận. Hiệu quả có thể đạt cực đại bằng cách tăng mật độ nuôi [4]. Tuy nhiên, mật độ nuôi cao có thể là nguyên nhân dẫn đến tích tụ vật chất hữu cơ và các chất nitơ vô cơ độc hại dẫn đến làm ảnh hưởng tới sức khỏe vật nuôi cũng như mục tiêu phát triển bền vững ngành thủy sản [5], [6]. Mật độ nuôi cao ảnh hưởng đến sự tăng trưởng, hiệu quả sử dụng thức ăn và sức đề kháng bệnh của cá chép [7], [8] cũng như các loài cá khác [9]-[12]. Do đó, việc tăng sản lượng bằng cách tăng mật độ nuôi nhưng phải đảm bảo ít ảnh hưởng đến chất lượng môi trường là mục tiêu quan trọng của ngành nuôi trồng thủy sản.

Một trong những công nghệ có thể ứng dụng làm tăng mật độ nuôi thủy sản là công nghệ biofloc (BFT). Nguyên tắc cơ bản của công nghệ biofloc là quá trình chuyển đổi nguồn chất thải là nitơ vô cơ thành sinh khối vi sinh vật (biofloc), biofloc có thể được cá sử dụng trực tiếp như một nguồn thức ăn bổ sung [13], [14]. Các hạt biofloc chứa 33,45% protein với đầy đủ các axit amin thiết yếu, các axit béo không no bão hòa, các vitamin và khoáng chất [14]. Do vậy, công nghệ biofloc có thể cải thiện chất lượng nước, hiệu quả sử dụng thức ăn của cá [2], [14]. Công nghệ biofloc tập trung vào hiệu quả sử dụng nguồn dinh dưỡng đầu vào cùng với việc thay nước tối thiểu hoặc không thay nước trong suốt quá trình nuôi, do đó có thể cải thiện tính bền vững, an toàn sinh học trong hệ thống nuôi trồng thủy sản [14]. Cá nuôi trong hệ thống biofloc có chất lượng môi trường, tốc độ tăng trưởng, hiệu quả sử dụng thức ăn, hoạt động của các enzyme tiêu hóa, hệ miễn dịch tốt hơn so với nuôi thông thường [2], [5], [15]-[17].

Tại Việt Nam đã có một số nghiên cứu nuôi tôm thẻ chân trắng, ấu trùng tôm sú, cá kèo, tôm càng xanh theo công nghệ biofloc ở các mật độ khác nhau [18]-[21], tuy nhiên nuôi cá chép theo công nghệ biofloc ở các mật độ khác nhau chưa có nghiên cứu nào được thực hiện. Trên thế giới, các nghiên cứu nuôi thủy sản theo công nghệ biofloc ở các mật độ khác nhau cũng chủ yếu trên các đối tượng như cá rô phi, tôm thẻ chân trắng [22], [23]. Đối với cá chép, đã có một số nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của nguồn carbon, tỉ lệ C/N đến tốc độ sinh trưởng, tỉ lệ sống, hiệu quả sử dụng thức ăn. Trong mỗi nghiên cứu này, cá chép chỉ được nuôi ở một cỡ và mật độ nhất định (cỡ cá từ 14-62 g/con, mật độ từ 16-350 con/m³) [24]-[27]. Do vậy, việc thực hiện một nghiên cứu độc lập đánh giá ảnh hưởng của mật độ nuôi đến chất lượng môi trường, tốc độ sinh trưởng, hiệu quả sử dụng thức ăn của cá chép khi nuôi theo công nghệ biofloc là cần thiết. Kết quả của nghiên cứu có thể là nguồn thông tin hữu ích cho các nghiên cứu tiếp theo khi ương cá chép theo công nghệ biofloc.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Cá chép sử dụng làm thí nghiệm được sản xuất từ cùng một đàn cá bố mẹ và có kích cỡ tương đối đồng đều ($35,6 \pm 1,2$ g/con), được nuôi thuần hóa trong bể 2,5 m³ trong 15 ngày.

Rỉ đường sử dụng trong nghiên cứu được mua từ cửa hàng thức ăn chăn nuôi thủy sản, sau đó được phân tích hàm lượng carbon tại phòng thí nghiệm môi trường trường Cao đẳng Kinh tế, Kỹ thuật và Thủy sản với kết quả hàm lượng carbon có trong rỉ đường là 35,6%.

Thức ăn được sử dụng trong thí nghiệm là thức ăn công nghiệp của Công ty De Heus (Mã số 9002), hàm lượng protein: 35%, cỡ viên 2 mm.

Nghiên cứu được thực hiện tại Trung tâm Nghiên cứu, tư vấn và dịch vụ thủy sản nước ngọt, trường Cao đẳng Kinh tế Kỹ thuật và Thủy sản, Đình Bảng, Từ Sơn, Bắc Ninh trong thời gian từ ngày 01/3/2022 đến 29/04/2022.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm, gây biofloc, chăm sóc cá và quản lý môi trường

Cá chép cỡ $35,6 \pm 1,2$ g/con được ương thử nghiệm bằng công nghệ biofloc với nguồn carbon từ rỉ đường và tỉ lệ C/N là 20/1 trong 9 bể, mỗi bể chứa 270L nước (thể tích bể 350L). Thí nghiệm được tiến hành lặp lại 3 lần với 3 nghiệm thức (BFT100 : 100 con/m³ (27 con/bể); BFT150 : 150 con/m³ (40 con/bể) và BFT200 : 200 con/m³ (54 con/bể)), các nghiệm thức được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên, nguồn nước được sử dụng cho các thí nghiệm là nước ngầm.

Trước khi thả giống, nước trong các bể BFT được gây floc theo các bước: Nước được cấp vào 9 bể, mỗi bể 270L, đo và điều chỉnh độ pH về giá trị 7-8 bằng Ca(OH)₂; độ kiềm ≥ 120 mg/L, hòa tan 3-5 g đất màu, tẻ đều, bổ sung 15 g thức ăn công nghiệp dạng bột 40% protein, hòa tan phân NPK bón đến khi tổng ammonia (TAN) đạt 1 mg/L, bổ sung rỉ đường theo phương pháp của Serra và cộng sự (2015) [28] sao cho tỉ lệ C/N là 20/1, thêm men vi sinh chứa các chủng *Bacillus* sp., sục khí liên tục nhằm duy trì hàm lượng oxy hòa tan (DO) $\geq 4,5$ mg/L. Hàng ngày bổ sung NPK (đến hàm lượng TAN 1 mg/L), rỉ đường đến khi thể tích floc (FV) > 2 ml/L. Ngày bón phân NPK và rỉ đường trước khi thả giống ít nhất 4 giờ.

Cá chép giống sau khi thả được cho ăn 2 lần/ngày vào 8 giờ và 16 giờ, việc cho cá ăn được tiến hành chậm và quan sát cẩn thận nhằm đảm bảo toàn bộ lượng thức ăn được cá tiêu thụ hết, cá được cho ăn từ 2 - 5% khối lượng cá/ngày. Lượng thức ăn cá sử dụng được ghi chép trong từng bữa.

Để duy trì tỉ lệ C/N = 20/1, rỉ đường được định kỳ bổ sung 1 lần/ngày vào lúc 10h và lượng rỉ đường cần bón căn cứ theo phương pháp của Avnimelech và cộng sự (2016) [14]. Khi hàm lượng TAN trong các nghiệm thức BFT vượt quá 1 mg/l, để giảm TAN rỉ đường sẽ được bón bổ sung theo phương pháp của Serra và cs (2015) [28].

Để duy trì ổn định DO, trong suốt quá trình thử nghiệm các bể được sục khí 24/24h; đối với chỉ tiêu FV, khi FV > 30 ml/L tiến hành xi phông đến khi FV < 25 ml/L và khi độ kiềm < 100 mg/L, bón dolomite đến khi độ kiềm > 120 ml/L.

2.2.2. Chỉ tiêu theo dõi

- Các chỉ tiêu môi trường: Trong thời gian thí nghiệm, các chỉ tiêu môi trường nhiệt độ, DO và pH được đo 2 lần/ngày vào lúc 6h và 14h, đối với nhiệt độ và DO được đo bằng máy HANNA HI9146; pH được đo bằng máy HANNA HI98107. TAN, thể tích biofloc được đo 1 lần/ngày, TAN được đo bằng bộ test Sera NH₄⁺/NH₃, thể tích biofloc (FV) xác định bằng cách thu 1 lít nước trong điều kiện sục khí liên tục, sau đó cho vào ống imhoff để lắng 20 phút và xác định thể tích floc lắng. Độ kiềm, nitrite (NO₂⁻) được đo 2 ngày/lần bằng test Sera KH và Sera NO₂⁻.

- Các chỉ tiêu tăng trưởng, tỉ lệ sống và FCR được xác định theo các công thức:

+ Tốc độ tăng trưởng bình quân theo ngày về khối lượng: DWG (g/ngày) = $(W_c - W_d)/T$.

+ Tốc độ tăng trưởng đặc trưng theo ngày về khối lượng: SGR (%/ngày) = $100 * (\ln W_c - \ln W_d)/T$.

Trong đó, W_d , W_c là khối lượng của cá khi bắt đầu và sau khi thí nghiệm (g/con) và T là số ngày nuôi.

+ Tỉ lệ sống (%) = (Số cá còn lại sau thí nghiệm/số cá ban đầu) x 100.

+ FCR = Tổng lượng thức ăn cho cá ăn/tăng trọng của cá.

2.3. Xử lý số liệu

Các số liệu thu thập được tính toán giá trị trung bình, độ lệch chuẩn bằng phần mềm Excel của Office 2016, so sánh sự khác biệt giữa các nghiệm thức áp dụng phương pháp ANOVA và phép thử DUNCAN ở mức ý nghĩa $P < 0,05$ thông qua phần mềm SPSS phiên bản 20.0.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Kết quả theo dõi môi trường

Giá trị các thông số chất lượng nước ở các nghiệm thức trong suốt quá trình thí nghiệm được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả theo dõi thông số môi trường trong các nghiệm thức thí nghiệm

Thông số môi trường	Nghiệm thức thí nghiệm		
	BFT100	BFT150	BFT200
Nhiệt độ sáng (°C)	22,58 ± 1,87 (20 ÷ 27)	22,55 ± 1,85 (20 ÷ 27)	22,54 ± 1,86 (20 ÷ 27)
Nhiệt độ chiều (°C)	24,14 ± 2,01 (21 ÷ 28,5)	24,09 ± 2,02 (20 ÷ 28,5)	24,08 ± 1,97 (21 ÷ 28,5)
pH sáng	7,58 ^a ± 0,13 (7,2 ÷ 7,7)	7,54 ^a ± 0,09 (7,3 ÷ 7,6)	7,22 ^b ± 0,14 (6,7 ÷ 7,5)
pH chiều	7,52 ^a ± 0,11 (7,2 ÷ 7,6)	7,46 ^b ± 0,12 (7,1 ÷ 7,6)	7,17 ^c ± 0,12 (6,7 ÷ 7,4)
DO sáng (mg/L)	5,52 ^a ± 0,2 (5 ÷ 5,7)	5,26 ^b ± 0,2 (4,4 ÷ 5,5)	4,96 ^c ± 0,29 (4,2 ÷ 5,5)
DO chiều (mg/L)	5,42 ^a ± 0,21 (4,7 ^a ÷ 5,6)	5,21 ^b ± 0,26 (4,4 ÷ 5,5)	4,94 ^c ± 0,28 (4,2 ÷ 5,5)
FV (ml/L)	13,57 ^a ± 6,72 (3 ÷ 30)	19,02 ^b ± 8,34 (3 ÷ 32)	22,14 ^c ± 6,87 (2 ÷ 32)
TAN (mg/L)	0,28 ^a ± 0,45 (0,1 ÷ 0,8)	0,45 ^b ± 0,16 (0,1 ÷ 1,1)	0,69 ^c ± 0,24 (0,1 ÷ 1,6)
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,05 ^a ± 0,07 (0 ÷ 0,3)	0,19 ^b ± 0,17 (0 ÷ 0,6)	0,34 ^c ± 0,24 (0 ÷ 0,7)
Kiểm (mg/l)	137,9 ^a ± 15,58 (107 ÷ 161)	128,92 ^b ± 17,21 (90 ÷ 161)	125,02 ^c ± 15,86 (90 ÷ 161)

Ghi chú: Giá trị thể hiện trong bảng là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các giá trị trong cùng hàng có mang chữ khác nhau thì sai khác có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Số liệu Bảng 1 cho thấy, nhiệt độ nước trung bình buổi sáng và buổi chiều giữa các nghiệm thức dao động từ 22,53 - 24,14°C. Tuy nhiên, nhiệt độ trong suốt quá trình thí nghiệm biến động tương đối lớn, buổi sáng dao động từ 20 - 27°C, buổi chiều dao động từ 20 - 28,5°C. Nhiệt độ tối ưu cho sự phát triển của các loài cá nhiệt đới từ 23 - 32°C [29] nên một số ngày nhiệt độ giảm thấp xuống 20°C sẽ phần nào ảnh hưởng đến sự phát triển của cá nuôi.

Đối với pH, độ pH tối ưu cho hầu hết các loài cá nước ngọt nằm trong khoảng từ 6,5-9 [29], do vậy với độ pH biến động trong suốt quá trình thí nghiệm dao động từ 6,7-7,7 được xem là thích hợp cho nuôi cá chép. Buổi sáng độ pH trung bình biến động từ 7,22-7,58, không có sự khác biệt giữa 2 nghiệm thức BFT100 với BFT150 ($P < 0,05$), trong khi có sự khác biệt giữa nghiệm thức BFT200 với 2 nghiệm thức còn lại ($P < 0,05$), độ pH buổi chiều trung bình biến động từ 7,17-7,52 và có sự khác biệt giữa các nghiệm thức ($P < 0,05$) (Bảng 1).

Trong quá trình thí nghiệm, DO biến động từ 4,2-5,7 mg/L, hoàn toàn phù hợp cho cá chép sinh sống. Giá trị trung bình DO có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($P < 0,05$). Các nghiệm thức BFT200, DO thấp hơn so với BFT100 và BFT150 là do mật độ nuôi cao và do oxy bị tiêu thụ từ nguồn sinh khối vi sinh lớn trong nghiệm thức BFT200 (Bảng 1).

DO và pH của các nghiệm thức có độ chênh lệch không cao giữa buổi sáng và buổi chiều, điều này có thể lý giải là do các bể thí nghiệm được bố trí trong nhà, ít ánh sáng tự nhiên, môi trường nước của các nghiệm thức BFT hầu như không có sự hiện diện của tảo phù du nên quá trình quang hợp, hô hấp của tảo làm biến động oxy và độ pH trong nước là không đáng kể. Bên cạnh đó, các bể thí nghiệm được sục khí liên tục và độ kiềm của các nghiệm thức được duy trì ổn định, trung bình từ 125,0-137,9 mg/L (Bảng 1) cũng góp phần làm cho DO và pH ít biến động. Một số tác giả cũng có kết quả tương tự về độ chênh lệch pH, oxy trung bình sáng và chiều trong nước nuôi theo công nghệ biofloc trong các nghiên cứu của mình [25], [30].

Các giá trị FV, TAN và NO₂⁻ trung bình giữa các nghiệm thức đều có sự khác biệt ($P < 0,05$), thấp nhất tại nghiệm thức BFT100 và cao nhất tại nghiệm thức BFT200 (Bảng 1). Cả 3 nghiệm thức, hàm lượng FV, TAN và NO₂⁻ trung bình đều tăng dần theo thời gian thí nghiệm. Để giảm hàm lượng FV, TAN và NO₂⁻, đặc biệt là FV, các bể tại nghiệm thức BFT200 bắt đầu phải xi phông giảm FV từ ngày thứ 22, đối với bể BFT 150 là từ ngày 35; trong khi đó, với nghiệm thức BFT 100 đến ngày 54 mới cần thay nước giảm hàm lượng FV.

Độ kiềm là thông số rất quan trọng do có liên quan trực tiếp đến độ ổn định của pH và là nguồn carbon vô cơ cần thiết cho các vi sinh vật có trong các hạt biofloc [31]. Trong nước nuôi cá, độ kiềm tổng số cần duy trì nồng độ từ 75-200 mg/L CaCO₃ [32]. Để duy trì ổn định trong

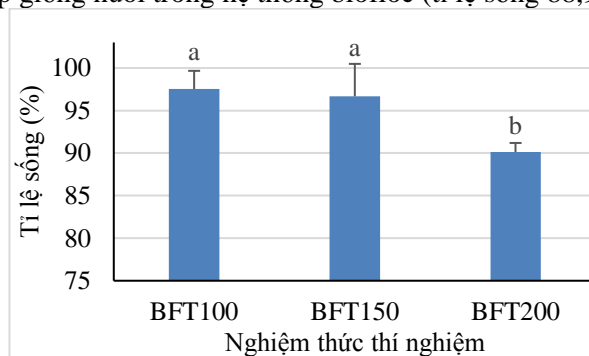
quá trình thí nghiệm, độ kiềm ở các nghiệm thức BFT được đo 3 ngày/lần, khi độ kiềm < 125 mg/L được xử lý nâng độ kiềm bằng dolomite, do vậy độ kiềm các nghiệm thức BFT được duy trì ổn định. Trung bình lần lượt là $137,9 \pm 15,58$ mg/L, $128,92 \pm 17,21$ mg/L và $125,02 \pm 15,86$ mg/L tương ứng với các nghiệm thức BFT100, BFT150 và BFT200 (Bảng 1).

3.2. Tỷ lệ sống

Sau 60 ngày nuôi, tỉ lệ sống của cá trong các nghiệm thức dao động từ 90,12 - 97,53% (Hình 1). Tỷ lệ sống cao nhất ở nghiệm thức BFT100 ($97,53 \pm 2,14\%$), tiếp đến là nghiệm thức BFT150 ($96,67 \pm 3,82\%$) và thấp nhất ở nghiệm thức BFT200 ($90,12 \pm 1,07\%$).

Ở nghiệm thức BFT200, bên cạnh các chỉ số môi trường như oxy thấp hơn, nitrit, TAN cao hơn so với các nghiệm thức BFT100 và BFT150, nước còn thường được thay nhằm kìm hãm sự gia tăng của FV. Đây cũng có thể là nguyên nhân làm môi trường nước biến động dẫn đến tỉ lệ sống của cá thấp.

Tỉ lệ sống ở 2 nghiệm thức BFT100 và BFT150 trong nghiên cứu này cao hơn so với tỉ lệ sống trong nghiên cứu của Ebrahimi (2020) về ảnh hưởng của các mức protein và các nguồn carbon khác nhau đến chất lượng nước, tình trạng chống oxy hóa (antioxidant status) và tốc độ tăng trưởng của cá chép giống nuôi trong hệ thống biofloc (tỉ lệ sống 88,9 - 93,3%) [33].



Hình 1. Tỷ lệ sống của cá thí nghiệm trong các nghiệm thức sau 60 ngày nuôi

3.3. Tốc độ tăng trưởng

Sau 60 ngày nuôi, tốc độ tăng trưởng của cá ở các nghiệm thức được đánh giá qua các chỉ tiêu sau: Tốc độ tăng trưởng bình quân theo ngày về khối lượng DWG (g/ngày), tốc độ tăng trưởng đặc trưng theo ngày về khối lượng SGR (%/ngày) và khối lượng tăng thêm WG (g/con). Kết quả được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Tăng trưởng của cá chép trong các nghiệm thức sau 60 ngày nuôi

Chỉ tiêu	Nghiệm thức thí nghiệm		
	BFT100	BFT150	BFT200
Wđ (g/con)	$35,47^a \pm 1,13$	$35,73^a \pm 1,22$	$35,52^a \pm 1,22$
Wc (g/con)	$79,25^a \pm 2,44$	$75,88^b \pm 3,84$	$69,6^c \pm 6,82$
DWG (g/ngày)	$0,73^a \pm 0,04$	$0,67^b \pm 0,06$	$0,57^c \pm 0,11$
SGR (%/ngày)	$1,34^a \pm 0,05$	$1,25^b \pm 0,08$	$1,11^c \pm 0,19$
WG (g/con)	$43,78^a \pm 2,44$	$40,15^b \pm 3,84$	$34,08^c \pm 6,82$

Ghi chú: Giá trị thể hiện trong bảng là giá trị trung bình \pm độ lệch chuẩn. Các giá trị trong cùng hàng có mang chữ khác nhau thì sai khác có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Cá thí nghiệm được lựa chọn có kích thước ban đầu tương đối đồng đều (Bảng 2). Sau thời gian nuôi 60 ngày bằng công nghệ biofloc ở các mật độ khác nhau, khối lượng trung bình cá thể của các thí nghiệm hoàn toàn khác nhau về mặt thống kê ($P < 0,05$), dao động từ 69,6-79,25 g/con (Bảng 2). Khối lượng trung bình cá nuôi tại nghiệm thức BFT100 là lớn nhất ($79,25 \pm 2,44$

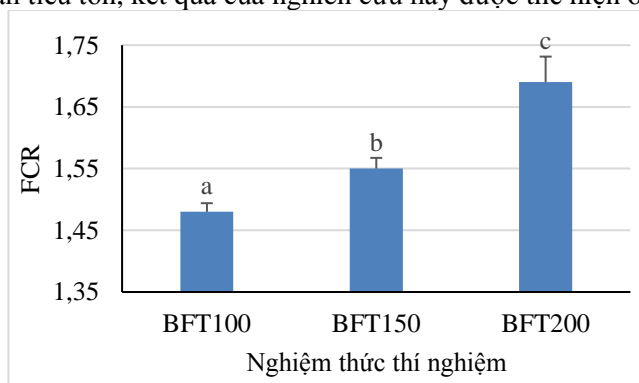
g/con), tiếp đến là nghiệm thức BFT150 ($75,88 \pm 3,84$ g/con), và thấp nhất là nghiệm thức BFT200 ($69,6 \pm 6,82$ g/con).

Tốc độ tăng trưởng bình quân theo ngày DWG của cá ở các nghiệm thức thí nghiệm dao động từ $0,57-0,73$ g/ngày (Bảng 2). Tốc độ tăng trưởng bình quân theo ngày của các thí nghiệm có sự sai khác có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$). Tốc độ tăng trưởng bình quân theo ngày lớn nhất ở nghiệm thức BFT100 ($0,73 \pm 0,04$ g/ngày), tiếp đó ở nghiệm thức BFT150 ($0,67 \pm 0,06$ g/ngày) và thấp nhất ở nghiệm thức BFT200 ($0,57 \pm 0,11$ g/ngày).

Tốc độ tăng trưởng bình quân theo ngày về khối lượng SGR của cá ở các nghiệm thức thí nghiệm tỉ lệ nghịch với mật độ nuôi. SGR dao động từ $1,11-1,34$ %/ngày và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($P < 0,05$) (Bảng 2). Kết quả tốc độ tăng trưởng đặc trưng theo ngày về khối lượng SGR trong nghiên cứu này thấp hơn so với nghiên cứu của Adineh và cộng sự (2019) khi thử nghiệm ương cá chép giống ($8,41 \pm 0,44$ g/con) bằng công nghệ biofloc trong các bể có thể tích 70L ở các mật độ 6 kg/m^3 (BFT6) và 12 kg/m^3 (BFT12). Kết quả sau 59 ngày ương, tốc độ tăng trưởng bình quân theo ngày ở 2 nghiệm thức BFT6 và BFT 12 lần lượt đạt $1,72$ %/ngày và $1,55$ %/ngày [2]. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu này cao hơn so với nghiên cứu của Najdegerami và cộng sự (2016) khi đánh giá tốc độ tăng trưởng của cá chép giống trong hệ thống nuôi biofloc không thay nước với 4 nghiệm thức, mỗi nghiệm thức 4 lần lặp lại trong 16 bể hình chữ nhật (30 L/bể). Cá giống cỡ $5,86$ g/con được thả vào các bể mật độ 13 con/bể. Cá được cho ăn thức ăn 35% đạm, ở nghiệm thức đối chứng cá được cho ăn 3,5% khối lượng thân ngày, ở 3 nghiệm thức biofloc còn lại cá được cho ăn lần lượt ở mức 75%, 50% và 25% so với đối chứng. Kết quả cho thấy tốc độ tăng trưởng đặc trưng theo ngày chỉ đạt từ $0,45-1,2$ %/ngày, lớn nhất ở nghiệm thức BFT 75% ($1,2 \pm 0,2$ %/ngày) và thấp nhất ở nghiệm thức BFT 25% ($0,45 \pm 0,1$ %/ngày) [34]. Sự khác biệt của nghiên cứu này so với các nghiên cứu khác có thể là do các nguyên nhân như mật độ thả, thể tích bể thí nghiệm, chế độ cho ăn, cỡ cá thí nghiệm là không giống nhau.

3.4. Hệ số chuyển hóa thức ăn FCR

Đây là chỉ tiêu quan trọng để đánh giá hiệu quả sử dụng thức ăn của từng công nghệ nuôi hay từng loại thức ăn. Nếu cùng một loại thức ăn, công nghệ nào có FCR thấp sẽ góp phần làm giảm ô nhiễm môi trường, tăng hiệu quả kinh tế. Hệ số FCR được tính toán dựa trên khối lượng cá tăng thêm và lượng thức ăn tiêu tốn, kết quả của nghiên cứu này được thể hiện ở Hình 2.



Hình 2. FCR của các thí nghiệm sau 60 ngày nuôi

Kết quả ở Hình 2 cho thấy, FCR biến động từ $1,48-1,69$. FCR thấp nhất ở nghiệm thức BFT100 ($1,48 \pm 0,01$), tiếp đến là BFT150 ($1,55 \pm 0,02$) và cao nhất ở nghiệm thức BFT200 ($1,69 \pm 0,04$) và sự khác biệt này có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$). So với nghiên cứu của Adineh và cs (2019) [2] khi FCR ở 2 nghiệm thức BFT6 và BFT12 lần lượt là $1,32$ và $1,55$ thì FCR của các nghiệm thức trong nghiên cứu này cao hơn nghiệm thức BFT6, nghiệm thức BFT150 tương

đồng với BFT12. FCR tỉ lệ thuận với mật độ nuôi có thể do ở các nghiệm thức mật độ thấp có chất lượng môi trường nước ổn định, cá hấp thụ dinh dưỡng tốt hơn.

4. Kết luận

Cá chép được ương theo công nghệ biofloc ở mật độ 100 con/m³ cho kết quả tỉ lệ sống, tốc độ tăng trưởng (DWG và SGR) cao hơn, chất lượng môi trường tốt hơn, trong khi FCR thấp hơn so với nuôi ở mật độ 150 và 200 con/m³.

Cần tiếp tục có những nghiên cứu về ảnh hưởng của mật độ đến chất lượng môi trường, tốc độ tăng trưởng, tỉ lệ sống và hiệu quả sử dụng thức ăn khi ương cá chép theo công nghệ biofloc ở mật độ nhỏ hơn 100 con/m³.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] FAO, *FAO Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2019*. Rome, Italy: FAO, 2021.
- [2] H. Adineh, M. Naderi, M. K. Hamidi, and M. Harsij, "Biofloc technology improves growth, innate immune responses, oxidative status, and resistance to acute stress in common carp (*Cyprinus carpio*) under high stocking density," *Fish & shellfish immunology*, vol. 95, pp. 440-448, 2019.
- [3] T. Andrade, A. Afonso, A. Pérez-Jiménez, A. Oliva-Teles, V. de las Heras, J. M. Mancera *et al.*, "Evaluation of different stocking densities in a Senegalese sole (*Solea senegalensis*) farm: implications for growth, humoral immune parameters and oxidative status," *Aquaculture*, vol. 438, pp. 6-11, 2015.
- [4] D. Montero, M. Izquierdo, L. Tort, L. Robaina, and J. Vergara, "High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles," *Fish Physiology and Biochemistry*, vol. 20, pp. 53-60, 1999.
- [5] M. E. Azim and D. C. Little, "The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)," *Aquaculture*, vol. 283, pp. 29-35, 2008.
- [6] R. Crab, T. Defoirdt, P. Bossier, and W. Verstraete, "Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges," *Aquaculture*, vol. 356, pp. 351-356, 2012.
- [7] Z. Yin, T. Lam, and Y. Sin, "The effects of crowding stress on the non-specific immuneresponse in fancy carp (*Cyprinus carpio L.*)," *Fish & Shellfish Immunology*, vol. 5, pp. 519-529, 1995.
- [8] J. Xie, B. Liu, Q. Zhou, Y. Su, Y. He, L. Pan *et al.*, "Effects of anthraquinone extract from rhubarb *Rheum officinale* Bail on the crowding stress response and growth of common carp *Cyprinus carpio var. Jian*," *Aquaculture*, vol. 281, pp. 5-11, 2008.
- [9] M. Suárez, C. Trenzado, M. García-Gallego, M. Furné, S. García-Mesa, A. Domezain *et al.*, "Interaction of dietary energy levels and culture density on growth performance and metabolic and oxidative status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)," *Aquacultural Engineering*, vol. 67, pp. 59-66, 2015.
- [10] M. Naderi, S. Keyvanshokooh, A. Ghaedi, and A. P. Salati, "Effect of acute crowding stress on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): a proteomics study," *Aquaculture*, vol. 495, pp. 106-114, 2018.
- [11] W. Lin, L. Li, J. Chen, D. Li, J. Hou, H. Guo *et al.*, "Long-term crowding stress causes compromised nonspecific immunity and increases apoptosis of spleen in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*)," *Fish & Shellfish Immunology*, vol. 80, pp. 540-545, 2018.
- [12] G. Santos, J. Schrama, R. Mamauag, J. Rombout, and J. Verreth, "Chronic stress impairs performance, energy metabolism and welfare indicators in European seabass (*Dicentrarchus labrax*): the combined effects of fish crowding and water quality deterioration," *Aquaculture*, vol. 299, pp. 73-80, 2010.
- [13] P. De Schryver, R. Crab, T. Defoirdt, N. Boon, and W. Verstraete, "The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture," *Aquaculture*, vol. 277, pp. 125-137, 2008.
- [14] Y. Avnimelech, P. De-Schryver, M. Emmereciano, D. Kuhn, A. Ray, and N. Taw, *Biofloc technology - A practical guidebook*, Technion Israel institute of technology, 2016.
- [15] H. Fauji, T. Budiardi, and J. Ekasari, "Growth performance and robustness of African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) in biofloc-based nursery production with different stocking densities," *Aquaculture Research*, vol. 49, pp. 1339-1346, 2018.
- [16] G. Liu, Z. Ye, D. Liu, J. Zhao, E. Sivaramasamy, Y. Deng *et al.*, "Influence of stocking density on growth, digestive enzyme activities, immune responses, antioxidant of *Oreochromis niloticus* fingerlings in biofloc systems," *Fish & Shellfish Immunology*, vol. 81, pp. 416-422, 2018.

- [17] S. Deb, M. T. Noori, and P. S. Rao, "Application of biofloc technology for Indian major carp culture (polyculture) along with water quality management," *Aquacultural Engineering*, vol. 91, p. 102106, 2020.
- [18] V. P. Ta, V. B. Nguyen, and V. H. Nguyen, "Experimental rearing of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) by using biofloc technology at different stocking densities and salinity," *Can Tho University Journal of Science*, vol. 2, Special Issue in Aquaculture, pp. 44-53, 2014.
- [19] T. T. Chau, V. K. Ly, N. H. Tran, Q. V. Le, M. A. Cao, V. T. Phung, H. N. Doan, and V. V. Ho, "Rearing larvae of the black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) by biofloc technology at different stocking density," *Can Tho University Journal of Science*, vol. 55, pp. 64-71, 2019.
- [20] M. P. Tran and N. H. Tran, "Experimental rearing of Mudskipper (*Pseudapocryptes elongatus*) by using biofloc technology at different stocking densities," *Can Tho University Journal of Science*, vol. 55, pp. 97-104, 2019.
- [21] T. T. Chau, T. N. K. Tran, M. T. Pham, V. H. Nguyen, M. A. Cao, and N. H. Tran, "Effects of light intensity on growth and survival rate of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) at larvae and postlarvae stages in biofloc system," *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, vol. 14, pp. 3556-3565, 2021.
- [22] W. Wasielesky, C. Froes, G. F6es, D. Krummenauer, G. Lara, and L. Poersch, "Nursery of *Litopenaeus vannamei* reared in a biofloc system: the effect of stocking densities and compensatory growth," *Journal of Shellfish Research*, vol. 32, pp. 799-806, 2013.
- [23] J. Ekasari and S. Maryam, "Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis sp.* cultured at different stocking densities," *Hayati journal of Biosciences*, vol. 19, pp. 73-80, 2012.
- [24] F. Bakhshi, E. H. Najdegerami, R. Manaffar, A. Tukmechi, and K. R. Farah, "Use of different carbon sources for the biofloc system during the grow-out culture of common carp (*Cyprinus carpio L.*) fingerlings," *Aquaculture*, vol. 484, pp. 259-267, 2018.
- [25] K. Minabi, I. Sourinejad, M. Alizadeh, E. R. Ghatrami, and M. H. Khanjani, "Effects of different carbon to nitrogen ratios in the biofloc system on water quality, growth, and body composition of common carp (*Cyprinus carpio L.*) fingerlings," *Aquaculture International*, vol. 28, pp. 1883-1898, 2020.
- [26] S. Sasmal, G. Roy, and L. Mandal, "Studies on production of common carp (*Cyprinus carpio*) in fresh water biofloc aquaculture system," *International Journal of science and nature*, vol. 10, pp. 107-108, 2019.
- [27] S. Saugata, R. Goutam, and M. Lincoln, "Studies on production of common carp (*Cyprinus carpio*) in fresh water biofloc aquaculture system," *International Journal of science and nature*, vol. 10, pp. 107-108, 2019.
- [28] F. P. Serra, C. A. Gaona, P. S. Furtado, L. H. Poersch, and W. Wasielesky, "Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*," *Aquaculture International*, vol. 23, pp. 1325-1339, 2015.
- [29] C. E. Boyd and C. S. Tucker, *Pond aquaculture water quality management*: Springer Science & Business Media, 2012.
- [30] N. H. Tran, M. N. Tran, V. K. Ly, and V. P. Ta, "Application of biofloc technology for white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) rearing with different densities in an intergrated system with tilapia (*Oreochromis niloticus*)," *Can Tho University Journal of Science*, vol. 38, pp. 44-52, 2015.
- [31] P. S. Furtado, L. H. Poersch, and W. Wasielesky, "The effect of different alkalinity levels on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology (BFT)," *Aquaculture international*, vol. 23, pp. 345-358, 2015.
- [32] W. A. Wurts and R. M. Durborow, "Interactions of pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fish ponds," *Southern Regional Aquaculture Center Publication*, vol. 464, pp. 1-4, 1992.
- [33] A. Ebrahimi, R. Akrami, E. H. Najdegerami, Z. Ghiasvand, and H. Koohsari, "Effects of different protein levels and carbon sources on water quality, antioxidant status and performance of common carp (*Cyprinus carpio*) juveniles raised in biofloc based system," *Aquaculture*, vol. 516, p. 734639, 2020.
- [34] E. H. Najdegerami, F. Bakhshi, and F. B. Lakani, "Effects of biofloc on growth performance, digestive enzyme activities and liver histology of common carp (*Cyprinus carpio L.*) fingerlings in zero-water exchange system," *Fish physiology and biochemistry*, vol. 42, pp. 457-465, 2016.