

TỐI ƯU HÓA TẦN SUẤT CHO ĂN NHẪM CẢI THIỆN SINH TRƯỞNG, HIỆU QUẢ SỬ DỤNG THỨC ĂN VÀ ĐỘ ĐỒNG ĐỀU CỦA CÁ HỒNG MỸ (*Sciaenops ocellatus*) GIAI ĐOẠN GIỐNG

OPTIMIZING FEEDING FREQUENCY TO IMPROVE GROWTH, FEED UTILIZATION AND SIZE UNIFORMITY OF JUVENILE RED DRUM (*Sciaenops ocellatus*)

Trần Quang Đại¹, Phan Trọng Phú¹, Đoàn Xuân Nam¹,
Nguyễn Đức Kiên², Đặng Trung Thành³, Trần Văn Dũng^{1*}

1. Khoa Nuôi trồng Thủy sản, Trường Thủy sản và Khoa học sự sống, Trường Đại học Nha Trang

2. Khoa Kỹ thuật Hóa học và Môi trường, Trường Thủy sản và Khoa học sự sống, Trường Đại học Nha Trang

3. Khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Thủy sản và Khoa học sự sống, Trường Đại học Nha Trang

Tác giả liên hệ: Trần Văn Dũng, Email: dungtv@ntu.edu.vn

Ngày nhận bài: 09/06/2026; Ngày phản biện thông qua: 20/06/2026 ; Ngày duyệt đăng: 30/06/2026

TÓM TẮT

Tần suất cho ăn là một trong những yếu tố kỹ thuật quan trọng quyết định hiệu quả ương nuôi cá biển, song thông tin về cá hồng Mỹ (*Sciaenops ocellatus*) giai đoạn giống ở Việt Nam còn hạn chế. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định tần suất cho ăn phù hợp cho cá hồng Mỹ giai đoạn giống. Cá giống (kích cỡ ban đầu $3,91 \pm 0,13$ cm và $0,76 \pm 0,09$ g) được bố trí ngẫu nhiên theo năm nghiệm thức tương ứng với các tần suất cho ăn 2, 3, 4, 5 và 6 lần/ngày, mỗi nghiệm thức lặp lại ba lần, và được nuôi trong thời gian 42 ngày. Kết quả cho thấy tần suất cho ăn ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến sinh trưởng, độ đồng đều đàn cá và hệ số chuyển hóa thức ăn ($P < 0,05$), nhưng không tác động đến tỷ lệ sống, tỷ lệ dị hình và hệ số điều kiện ($P > 0,05$). Sinh trưởng và độ đồng đều tăng dần khi nâng tần suất từ 2 lên 5 lần/ngày, sau đó suy giảm ở mức 6 lần/ngày. Phân tích hồi quy bậc hai xác định tần suất tối ưu cho sinh trưởng đạt khoảng 5,2 lần/ngày, trong khi hệ số chuyển hóa thức ăn tối ưu ở mức thấp hơn (khoảng 4,4 lần/ngày). Cân bằng giữa sinh trưởng, độ đồng đều và hiệu quả sử dụng thức ăn, nghiên cứu khuyến nghị áp dụng tần suất cho ăn 4–5 lần/ngày cho cá hồng Mỹ giai đoạn giống nhằm nâng cao hiệu quả kỹ thuật và kinh tế trong sản xuất giống.

Từ khóa: Độ đồng đều, hiệu quả sử dụng thức ăn, hệ số chuyển hóa thức ăn, ương nuôi cá biển, sản xuất giống.

ABSTRACT

Feeding frequency is an important husbandry factor governing the rearing efficiency of marine fish; however, information on juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) in Vietnam remains scarce. This study was conducted to determine the appropriate feeding frequency for juvenile red drum. Juveniles (initial size of 3.91 ± 0.13 cm and 0.76 ± 0.09 g) were randomly allocated to five treatments corresponding to feeding frequencies of 2, 3, 4, 5 and 6 times per day, each with three replicates, and reared for 42 days. The results showed that feeding frequency significantly affected growth performance, size uniformity and feed conversion ratio ($P < 0.05$), but did not significantly affect survival, deformity rate and condition factor ($P > 0.05$). Growth and uniformity increased progressively as feeding frequency rose from 2 to 5 times per day and then declined at 6 times per day. Second-order polynomial regression identified an optimal feeding frequency of approximately 5.2 times per day for growth. In contrast, the optimal feed conversion ratio occurred at a lower level (approximately 4.4 times per day). Balancing growth, uniformity and feed utilization, this study recommends a feeding frequency of 4–5 times per day for juvenile red drum to enhance technical and economic efficiency in seed production.

Keywords: Size uniformity, feed utilization, feed conversion ratio, marine fish rearing, seed production.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nuôi trồng hải sản đang được xem là một trong những hướng phát triển chiến lược nhằm đáp ứng nhu cầu protein động vật ngày càng tăng của nhân loại trong bối cảnh nguồn lợi khai thác tự nhiên đã đạt hoặc vượt ngưỡng khai thác bền vững [1, 2]. Trong số các đối tượng cá biển có giá trị kinh tế, cá hồng Mỹ (*Sciaenops ocellatus*) được xem là một đối tượng nuôi tiềm năng nhờ tốc độ sinh trưởng nhanh, khả năng thích nghi rộng với biến động độ mặn và nhiệt độ, chất lượng thịt thơm ngon và thị trường tiêu thụ ổn định [3 - 5]. Loài cá này đã được du nhập và phát triển nuôi thương phẩm ở nhiều quốc gia thuộc khu vực châu Á – Thái Bình Dương, trong đó có Việt Nam, dưới nhiều hình thức như nuôi lồng trên biển, nuôi ao và nuôi trong hệ thống tuần hoàn [6 - 8]. Sự mở rộng nhanh chóng của nghề nuôi đã kéo theo nhu cầu cấp thiết về nguồn con giống chất lượng cao, đồng đều và ổn định.

Giai đoạn giống được công nhận rộng rãi là giai đoạn nhạy cảm và mang tính quyết định trong toàn bộ chu trình sản xuất, bởi đây là thời điểm cá có tốc độ sinh trưởng cao nhưng đồng thời cũng dễ bị tổn thương trước các điều kiện môi trường và chế độ chăm sóc bất lợi [9, 10]. Hiệu quả ương nuôi ở giai đoạn này không chỉ ảnh hưởng trực tiếp đến tỷ lệ sống và sinh trưởng, mà còn tác động lâu dài đến chất lượng đàn cá ở các giai đoạn nuôi tiếp theo. Trong các yếu tố kỹ thuật quản lý ương giống, chế độ cho ăn, bao gồm loại thức ăn, khẩu phần và đặc biệt là tần suất cho ăn, giữ vai trò thiết yếu, vừa quyết định hiệu quả sinh trưởng và sử dụng thức ăn, vừa chi phối chất lượng nước và chi phí sản xuất [11].

Tần suất cho ăn ảnh hưởng đến sinh trưởng của cá thông qua nhiều cơ chế sinh lý liên quan đến dung tích dạ dày, tốc độ làm rỗng ống tiêu hóa và khả năng hấp thu dưỡng chất [12, 13]. Đối với cá ở giai đoạn nhỏ, do kích

thước dạ dày hạn chế và nhu cầu năng lượng trên đơn vị khối lượng cao, việc cung cấp thức ăn nhiều lần trong ngày thường giúp duy trì khẩu phần ổn định, hạn chế đói cục bộ và cải thiện hiệu quả chuyển hóa thức ăn [11, 14, 15]. Tuy nhiên, tần suất cho ăn quá cao không phải lúc nào cũng mang lại lợi ích tương ứng: khi vượt qua một ngưỡng nhất định, sinh trưởng có xu hướng chững lại hoặc suy giảm, trong khi lượng thức ăn dư thừa làm tăng hệ số chuyển hóa thức ăn, suy giảm chất lượng nước và gia tăng chi phí lao động [11, 13]. Bên cạnh đó, tần suất cho ăn còn được ghi nhận có liên quan đến mức độ đồng đều của đàn cá thông qua hệ số phân đàn. Đây là một trong những chỉ tiêu có ý nghĩa kinh tế quan trọng nhưng thường bị bỏ qua do ảnh hưởng đến khả năng tiếp cận thức ăn giữa các cá thể và cường độ cạnh tranh trong đàn [11, 16]. Vì vậy, việc xác định một tần suất cho ăn tối ưu, cân bằng giữa sinh trưởng, độ đồng đều và hiệu quả sử dụng thức ăn, là yêu cầu thực tiễn đặt ra cho từng đối tượng và từng giai đoạn nuôi cụ thể.

Cho đến nay, ảnh hưởng của tần suất cho ăn đã được nghiên cứu trên nhiều loài cá nuôi quan trọng và cho thấy kết quả mang tính đặc thù theo loài, kích cỡ cá và điều kiện nuôi [13, 17]. Một số loài đạt sinh trưởng tốt nhất với tần suất cho ăn thấp, trong khi nhiều loài khác, đặc biệt là cá ở giai đoạn ấu niên và giống, lại yêu cầu tần suất cho ăn cao hơn [11, 18, 19]. Sự khác biệt này cho thấy không thể áp dụng trực tiếp kết quả từ loài này sang loài khác, mà cần có nghiên cứu chuyên biệt cho từng đối tượng. Đối với cá hồng Mỹ, mặc dù đã có những công bố về dinh dưỡng và nhu cầu thức ăn ở giai đoạn thương phẩm [12], nhưng thông tin khoa học về tần suất cho ăn phù hợp cho giai đoạn giống, đặc biệt trong điều kiện hệ thống nuôi tuần hoàn (RAS) vốn ngày càng phổ biến tại Việt Nam, vẫn còn rất hạn chế

và chưa được hệ thống hóa. Những hạn chế này gây khó khăn cho việc xây dựng quy trình ương giống chuẩn hóa, dẫn đến tình trạng cho ăn theo kinh nghiệm, thiếu cơ sở khoa học và làm giảm hiệu quả sản xuất.

Xuất phát từ những vấn đề nêu trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của các tần suất cho ăn khác nhau (2, 3, 4, 5 và 6 lần/ngày) lên sinh trưởng, hệ số phân đàn, hiệu quả sử dụng thức ăn và tỷ lệ sống của cá hồng Mỹ giai đoạn giống nuôi trong hệ thống tuần hoàn. Kết quả của nghiên cứu kỳ vọng sẽ cung cấp dẫn liệu khoa học làm cơ sở xác định tần suất cho ăn tối ưu, góp phần hoàn thiện quy trình kỹ thuật ương giống cá hồng Mỹ theo hướng nâng cao hiệu quả kỹ thuật, kinh tế và tính bền vững trong sản xuất.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Đối tượng, thời gian và địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện trên cá hồng Mỹ (*Sciaenops ocellatus* Linnaeus, 1766) giai đoạn giống từ tháng 6 đến tháng 8 năm 2025 tại Trại thực nghiệm Sản xuất giống cá cảnh biển, phường Bắc Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa. Đây là nghiên cứu thứ hai trong khuôn khổ một đề tài về tối ưu hóa chế độ cho ăn cho cá hồng Mỹ giai đoạn giống. Nghiên cứu thứ nhất đã xác định khẩu phần ăn tối ưu là 7% khối lượng thân/ngày [20] và mức khẩu phần này được sử dụng làm cơ sở cho nghiên cứu hiện tại.

2. Nguồn cá và thuần hóa

Cá hồng Mỹ giống được lựa chọn đồng đều về kích cỡ, khỏe mạnh, vận động linh hoạt, không dị hình và không có biểu hiện bệnh lý. Quần thể cá ban đầu có chiều dài toàn thân trung bình $3,91 \pm 0,13$ cm và khối lượng thân trung bình $0,76 \pm 0,09$ g/con (trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn, $n = 30$), đảm bảo mức độ đồng đều cao tại thời điểm xuất phát - một trong những điều kiện tiên quyết cho việc đánh giá khách quan hệ số phân đàn ở cuối thí nghiệm. Trước

khí bố trí, cá được thuần hóa trong hệ thống bể thí nghiệm trong 7 ngày để thích nghi với điều kiện nuôi, trong thời gian này cá được cho ăn cùng loại thức ăn thí nghiệm.

3. Hệ thống thí nghiệm

Thí nghiệm được tiến hành trong hệ thống tuần hoàn, gồm các bể kính hình chữ nhật ($55 \times 35 \times 38$ cm; dung tích 65 L; thể tích nước duy trì 60 L). Mặt ngoài các bể được dán decal màu xanh lục nhằm giảm phản xạ và hạn chế stress quang học cho cá. Toàn bộ bể nuôi được kết nối với một hệ thống lọc sinh học tuần hoàn trung tâm để duy trì sự ổn định và đồng nhất của chất lượng nước giữa các đơn vị thí nghiệm. Mỗi bể được sục khí liên tục 24/24 giờ qua đá bọt nhằm duy trì hàm lượng oxy hòa tan và đảo trộn nước. Hệ thống được đặt dưới mái che nhằm hạn chế biến động của ánh sáng và nhiệt độ môi trường, đồng thời duy trì chế độ chiếu sáng tự nhiên đồng nhất giữa các nghiệm thức.

Nước biển tự nhiên đã qua xử lý đạt tiêu chuẩn được lưu trong bồn lắng trong nhà có mái che trước khi cấp vào hệ thống, đảm bảo nguồn nước ổn định trong suốt thời gian nghiên cứu.

4. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm một nhân tố được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên (CRD) với năm nghiệm thức tần suất cho ăn (2, 3, 4, 5 và 6 lần/ngày), mỗi nghiệm thức lặp lại ba lần, tạo thành 15 đơn vị thí nghiệm. Cá được bố trí ngẫu nhiên vào các bể với mật độ 1 con/2 L (tương đương 30 con/bể; 60 L nước/bể). Thí nghiệm kéo dài 42 ngày.

Trong tất cả các nghiệm thức, tổng lượng thức ăn hằng ngày là như nhau (7% khối lượng thân/ngày, xem mục 5) và chỉ khác nhau về số lần chia khẩu phần trong ngày. Các thời điểm cho ăn được phân bố nhằm duy trì khoảng cách tương đối đều giữa các lần ăn trong khung thời gian hoạt động bắt mồi tích cực của cá (Bảng 1).

Bảng 1. Bố trí các nghiệm thức tần suất cho ăn và thời điểm cho ăn trong ngày

Nghiem thức	Tần suất cho ăn (lần/ngày)	Thời điểm cho ăn	Số lần lặp
NT1	2	10:00 – 16:00	3
NT2	3	08:00 – 12:00 – 16:00	3
NT3	4	08:00 – 10:00 – 14:00 – 16:00	3
NT4	5	08:00 – 10:00 – 12:00 – 14:00 – 16:00	3
NT5	6	08:00 – 10:00 – 12:00 – 14:00 – 16:00 – 18:00	3

Tổng khẩu phần ăn hằng ngày ở tất cả các nghiệm thức được cố định ở mức 7% BW/ngày và được chia đều cho các lần cho ăn trong ngày.

5. Thức ăn và chế độ cho ăn

Thức ăn công nghiệp dạng viên dành cho ương cá biển (NRD, INVE Aquaculture, Thái Lan) được sử dụng trong suốt thí nghiệm, với thành phần dinh dưỡng theo công bố của nhà sản xuất gồm protein thô 55%, lipid thô > 9%, tro/xơ thô < 1,9% và độ ẩm < 8%. Cá được cho ăn viên cỡ 0,8 mm trong ba tuần đầu và chuyển sang viên cỡ 1,2 mm cho đến khi kết thúc thí nghiệm, phù hợp với sự gia tăng kích cỡ miệng của cá.

Khẩu phần ăn hằng ngày được ấn định ở mức 7% khối lượng thân/ngày (BW/ngày). Đây là mức tối ưu đã được xác định trong nghiên cứu trước của nhóm tác giả [20] và được hiệu chỉnh hằng tuần dựa trên khối lượng thân trung bình của cá được cân định kỳ. Tổng lượng thức ăn mỗi ngày được chia đều theo số lần cho ăn của từng nghiệm thức (Bảng 1). Thức ăn được cho ăn thủ công bằng tay tại từng thời điểm (Bảng 1). Ở mỗi lần cho ăn, lượng thức ăn (đã được tính theo khẩu phần 7% khối lượng thân/ngày và chia đều cho số lần ăn) được rải từ từ trên mặt bể để đảm bảo tất cả cá đều tiếp cận được thức ăn. Trong quá trình cho ăn, mức độ bắt mồi của cá được quan sát trực tiếp nhằm điều chỉnh tốc độ rải thức ăn và hạn chế tối đa lượng thức ăn dư thừa. Việc cho ăn được thực hiện bởi cùng một người trong suốt thí nghiệm để đảm bảo tính nhất quán.

Lượng thức ăn thực tế cá tiêu thụ được xác định bằng phương pháp thu hồi thức ăn thừa.

Sau mỗi lần cho ăn 30 phút, thức ăn thừa (nếu có) được thu bằng siphon kết hợp vợt và pipet nhựa, bảo quản ở -20°C , sau đó sấy ở 60°C trong 24 giờ về độ ẩm tương đương thức ăn ban đầu ($\approx 8\%$) và cân lại. Lượng thức ăn tiêu thụ thực tế được tính bằng hiệu giữa lượng thức ăn cung cấp và lượng thức ăn thừa thu hồi (đã quy về khối lượng khô).

6. Chăm sóc và quản lý chất lượng nước

Hằng ngày, chất thải, thức ăn thừa và cá chết (nếu có) được loại bỏ bằng siphon vào hai thời điểm (06:30 và 17:30), kết hợp thay 30–50% lượng nước mỗi tuần. Hoạt động và tình trạng của cá được theo dõi và ghi chép hằng ngày; cá chết được ghi nhận ngay khi phát hiện để tính tỷ lệ sống.

Nhờ hệ thống lọc sinh học tuần hoàn, sục khí liên tục và thay nước hằng ngày, các thông số môi trường nước được duy trì ổn định trong ngưỡng thích hợp cho sinh trưởng của cá hồng Mỹ trong suốt thí nghiệm (Bảng 2). Nhiệt độ được đo bằng nhiệt kế thủy ngân hai lần/ngày (06:00 và 14:00); độ mặn được đo bằng khúc xạ kế (ATAGO, Nhật Bản) một lần/ngày (14:00); oxy hòa tan và pH được đo bằng máy đo đa chỉ tiêu (LAQUA WQ-310, HORIBA, Nhật Bản) 2 lần/tuần; tổng đạm amoni (TAN) được xác định bằng bộ test so màu (Sera, Đức) 2 lần/tuần. Do hệ thống vận hành theo nguyên lý tuần hoàn chung, các thông số môi trường được đo tại bể lọc trung tâm trước khi cấp vào các bể nuôi.

Bảng 2. Các yếu tố môi trường nước trong quá trình thí nghiệm

Yếu tố	Trung bình ± SD	Khoảng dao động
Nhiệt độ (°C)	29,0 ± 1,0	27 – 31
Độ mặn (‰)	33 ± 1	32 – 35
pH	8,0 ± 0,1	7,8 – 8,2
Oxy hòa tan (mg/L)	5,5 ± 0,3	5,0 – 6,0
TAN (mg/L)	< 0,5	< 1,0

Giá trị trung bình pH được tính từ trung bình nồng độ ion H^+ rồi chuyển đổi ngược về thang pH.

7. Thu thập và tính toán số liệu

Chiều dài toàn thân (TL, cm) và khối lượng thân (BW, g) được xác định tại thời điểm bắt đầu và kết thúc thí nghiệm. Tại thời điểm đầu, 30 cá thể được lấy ngẫu nhiên từ quần thể chung để đo trước khi bố trí; tại thời điểm kết thúc, toàn bộ cá còn sống trong từng bể được đo. Để loại trừ sai số do khối lượng thức ăn trong đường tiêu hóa, cá được nhịn ăn 24 giờ trước khi cân, đo vào ngày cuối. Chiều dài toàn thân được đo từ mồm (khi cá khép miệng) đến cuối vây đuôi bằng thước đo kỹ thuật (độ chính xác 1,0 mm); khối lượng thân được xác định bằng cân điện tử (VNS LED-A, Việt Nhật; độ chính xác 0,01 g).

Các chỉ tiêu được tính theo các công thức sau:

Tốc độ sinh trưởng đặc trưng theo chiều dài: SGR_L (%/ngày) = $[(LnL_2 - LnL_1) / t] \times 100$

Tốc độ sinh trưởng đặc trưng theo khối lượng: SGR_w (%/ngày) = $[(LnW_2 - LnW_1) / t] \times 100$

Hệ số phân tán theo chiều dài: CV_L (%) = $SD_L / Mean_L \times 100$

Hệ số phân tán theo khối lượng: CV_w (%) = $SD_w / Mean_w \times 100$

Hệ số điều kiện: K (g/cm³) = $100 \times W/L^3$

Sinh khối cá cuối thí nghiệm: BM (g/L) = $(W_2 \times N_2) / V$

Tỷ lệ sống: SR (%) = $N_2 / N_1 \times 100$

Tỷ lệ dị hình: cá được xác định là dị hình khi mang ≥ 1 đặc điểm hình thái bất thường thông qua quan sát toàn bộ số lượng cá còn sống vào

thời điểm kết thúc thí nghiệm, các dấu hiệu bao gồm vẹo hàm, cong thân hoặc mất xương nắp mang, chi tiết được mô tả trong Ngô Văn Mạnh và cộng sự [21].

DFR (%) = $N_d / N_n \times 100$

Tỷ lệ tiêu thụ thức ăn hàng ngày: FR (%BW/ngày) = $100 \times FI / [(W_1 + W_2) / 2] / t$

Hệ số chuyển hóa thức ăn: FCR = FI / WG

Tỷ lệ hiệu quả sử dụng protein thức ăn: PER = $WG / (FI \times P)$

Trong đó: L_1 , L_2 và W_1 , W_2 lần lượt là chiều dài (cm) và khối lượng (g) trung bình tại thời điểm đầu và cuối thí nghiệm; t là thời gian thí nghiệm (ngày); SD_L , SD_w là độ lệch chuẩn chiều dài và khối lượng cuối thí nghiệm; L , W là giá trị trung bình tương ứng; N_1 , N_2 là số cá đầu và cuối thí nghiệm; N_d , N_n là số cá dị hình và số cá kiểm tra; V là thể tích nước bể (L); FI là tổng lượng thức ăn thực tế tiêu thụ (g/con); $WG = W_2 - W_1$ là khối lượng tăng (g/con); và P là tỷ lệ protein trong thức ăn (0,55).

8. Xử lý thống kê

Số liệu được kiểm tra giả định phân phối chuẩn (Shapiro–Wilk) và đồng nhất phương sai (Levene) trước khi phân tích. Ảnh hưởng của tần suất cho ăn được đánh giá bằng phân tích phương sai một nhân tố (one-way ANOVA); khi ANOVA cho thấy khác biệt có ý nghĩa, kiểm định Tukey HSD được sử dụng để so sánh các nghiệm thức ở mức ý nghĩa $P < 0,05$. Các số liệu tỷ lệ (CV_L , CV_w , SR , DFR) được chuyển dạng arcsin căn bậc hai trước khi phân tích. Để xác định tần suất cho ăn tối ưu, mối quan hệ

giữa tần suất cho ăn và các chỉ tiêu sinh trưởng chính được mô tả bằng phân tích hồi quy. Toàn bộ phân tích được thực hiện trên phần mềm SPSS phiên bản 26.0 (IBM Corp., Hoa Kỳ); kết quả được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ sai số chuẩn (Mean $\pm$ SE).

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Kết quả

Bảng 3: Sinh trưởng, độ đồng đều, thể trạng và sinh khối của cá hồng Mỹ được ương ở các tần suất cho ăn khác nhau

Chỉ tiêu	Tần suất cho ăn (lần/ngày)				
	2	3	4	5	6
L₁ (cm)	3,91 $\pm$ 0,13	3,91 $\pm$ 0,13	3,91 $\pm$ 0,13	3,91 $\pm$ 0,13	3,91 $\pm$ 0,13
W₁ (g/con)	0,76 $\pm$ 0,09	0,76 $\pm$ 0,09	0,76 $\pm$ 0,09	0,76 $\pm$ 0,09	0,76 $\pm$ 0,09
L₂ (cm)	6,28 $\pm$ 0,09 ^a	6,92 $\pm$ 0,06 ^b	7,54 $\pm$ 0,06 ^c	7,90 $\pm$ 0,07 ^d	7,78 $\pm$ 0,09 ^{cd}
W₂ (g/con)	2,18 $\pm$ 0,06 ^a	2,95 $\pm$ 0,07 ^b	3,74 $\pm$ 0,05 ^c	4,06 $\pm$ 0,07 ^d	3,87 $\pm$ 0,07 ^{cd}
SGR_L (%/ngày)	1,13 $\pm$ 0,03 ^a	1,36 $\pm$ 0,02 ^b	1,56 $\pm$ 0,02 ^c	1,68 $\pm$ 0,02 ^c	1,64 $\pm$ 0,03 ^c
SGR_W (%/ngày)	2,51 $\pm$ 0,06 ^a	3,23 $\pm$ 0,06 ^b	3,79 $\pm$ 0,03 ^c	3,99 $\pm$ 0,04 ^c	3,88 $\pm$ 0,04 ^c
CV_L (%)	10,76 $\pm$ 0,51 ^b	9,17 $\pm$ 0,53 ^{ab}	7,59 $\pm$ 0,31 ^a	7,24 $\pm$ 0,33 ^a	7,44 $\pm$ 0,55 ^a
CV_W (%)	25,69 $\pm$ 1,25 ^b	22,74 $\pm$ 1,78 ^{ab}	19,50 $\pm$ 1,70 ^a	18,43 $\pm$ 0,55 ^a	19,00 $\pm$ 1,11 ^a
K (g/cm³)	0,88 $\pm$ 0,01	0,89 $\pm$ 0,03	0,87 $\pm$ 0,01	0,83 $\pm$ 0,01	0,82 $\pm$ 0,02
BM (g/L)	0,95 $\pm$ 0,03 ^a	1,32 $\pm$ 0,03 ^b	1,69 $\pm$ 0,01 ^c	1,83 $\pm$ 0,06 ^c	1,73 $\pm$ 0,03 ^c

Ghi chú: L₁, L₂, chiều dài toàn thân ban đầu, kết thúc; W₁, W₂, khối lượng toàn thân ban đầu, kết thúc; SGR_L, SGR_W, tốc độ sinh trưởng chiều dài, khối lượng đặc trưng; CV_L, CV_W, hệ số phân tán chiều dài, khối lượng; K, hệ số điều kiện; BM sinh khối cá thu hoạch. Số liệu được trình bày dưới dạng Mean $\pm$ SE. Trong cùng hàng, các số liệu mang các ký tự chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, P < 0,05.

Chiều dài và khối lượng cuối tăng dần theo tần suất cho ăn và đạt giá trị cao nhất ở mức 5 lần/ngày (L₂ = 7,90 $\pm$ 0,07cm; W₂ = 4,06 $\pm$ 0,07g/con), khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức 2, 3 và 4 lần/ngày (P < 0,05). Đáng chú ý, khi nâng tần suất lên 6 lần/ngày, cả L₂ (7,78 $\pm$ 0,09 cm) và W₂ (3,87 $\pm$ 0,07 g/con) đều có xu hướng giảm nhẹ và không còn khác biệt so với mức 4 lần/ngày (P > 0,05; Bảng 3), cho thấy lợi ích của việc tăng tần suất cho ăn không kéo dài liên tục mà có dấu hiệu chững lại, thậm chí đảo chiều ở tần suất cao nhất.

Diễn biến tương tự được quan sát ở tốc độ sinh trưởng đặc trưng. SGR_L và SGR_W tăng từ

1.1. Sinh trưởng, độ đồng đều và thể trạng

Khi kết thúc thí nghiệm, tần suất cho ăn có ảnh hưởng rõ rệt đến sinh trưởng của cá hồng Mỹ giai đoạn giống (Bảng 3). Cá ở các nghiệm thức xuất phát từ cùng kích cỡ ban đầu đồng nhất (L₁ = 3,91 $\pm$ 0,13 cm; W₁ = 0,76 $\pm$ 0,09 g/con), do đó các khác biệt ghi nhận khi thu hoạch phản ánh trực tiếp tác động của chế độ cho ăn.

mức thấp nhất ở nghiệm thức 2 lần/ngày (1,13 $\pm$ 0,03 %/ngày và 2,51 $\pm$ 0,06 %/ngày) lên mức cao nhất ở nghiệm thức 5 lần/ngày (1,68 $\pm$ 0,02 %/ngày và 3,99 $\pm$ 0,04 %/ngày). Tuy nhiên, ba nghiệm thức 4, 5 và 6 lần/ngày không khác biệt thống kê với nhau ở cả hai chỉ tiêu (P > 0,05; Bảng 3), phản ánh hiện tượng bão hòa sinh trưởng khi tần suất cho ăn vượt 4 lần/ngày.

Độ đồng đều của đàn cá được cải thiện đáng kể khi tăng tần suất cho ăn. Hệ số phân tán theo chiều dài (CV_L) và theo khối lượng (CV_W) giảm dần từ giá trị cao nhất ở nghiệm thức 2 lần/ngày (10,76 $\pm$ 0,51% và 25,69 $\pm$ 1,25%) xuống mức thấp nhất ở nghiệm thức 5 lần/ngày

($7,24 \pm 0,33\%$ và $18,43 \pm 0,55\%$). Các nghiệm thức 4, 5 và 6 lần/ngày có CV_L và CV_W thấp hơn có ý nghĩa so với nghiệm thức 2 lần/ngày ($P < 0,05$; Bảng 3) nhưng không khác biệt với nhau, cho thấy việc cho ăn từ 4 lần/ngày trở lên giúp hạn chế phân hóa kích cỡ trong quần đàn. Điều này có ý nghĩa thực tiễn quan trọng trong việc giảm phân đàn và hành vi ăn lẫn nhau ở giai đoạn ương giống.

Hệ số điều kiện (K) dao động trong khoảng hẹp ($0,82-0,89 \text{ g/cm}^3$) và không khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($P > 0,05$; Bảng 3), cho thấy thể trạng cá được duy trì ổn định, không bị ảnh hưởng tiêu cực bởi tần suất

cho ăn trong phạm vi khảo sát.

1.2. Hiệu quả sử dụng thức ăn và tỷ lệ sống

Lượng thức ăn sử dụng (FI) tăng tuyến tính theo tần suất cho ăn, từ $1,85 \pm 0,09 \text{ g/con}$ ở nghiệm thức 2 lần/ngày lên $3,44 \pm 0,13 \text{ g/con}$ ở nghiệm thức 6 lần/ngày ($P < 0,05$) (Bảng 4). Tỷ lệ ăn vào trên khối lượng thân (FR) duy trì tương đối ổn định ở các nghiệm thức 2–5 lần/ngày ($2,99-3,12 \text{ \%BW}$) và chỉ tăng có ý nghĩa ở nghiệm thức 6 lần/ngày ($3,54 \pm 0,09 \text{ \%BW}$; $P < 0,05$), gợi ý rằng ở tần suất cao nhất, cá tiêu thụ lượng thức ăn lớn hơn nhưng không chuyển hóa được tương xứng thành tăng trưởng.

Bảng 4: Hiệu quả sử dụng thức ăn và tỷ lệ sống của cá hồng Mỹ được ương ở các tần suất cho ăn khác nhau

Chỉ tiêu	Tần suất cho ăn (lần/ngày)				
	2	3	4	5	6
FI (g/con)	$1,85 \pm 0,09^a$	$2,33 \pm 0,13^a$	$2,89 \pm 0,10^b$	$3,15 \pm 0,08^{bc}$	$3,44 \pm 0,13^c$
FR (%BW)	$3,01 \pm 0,09^a$	$2,99 \pm 0,11^a$	$3,05 \pm 0,07^a$	$3,12 \pm 0,12^{ab}$	$3,54 \pm 0,09^b$
FCR	$1,31 \pm 0,02^c$	$1,06 \pm 0,03^{ab}$	$0,97 \pm 0,01^a$	$0,96 \pm 0,04^a$	$1,10 \pm 0,02^b$
PER	$1,39 \pm 0,03^a$	$1,71 \pm 0,04^{bc}$	$1,88 \pm 0,03^c$	$1,91 \pm 0,09^c$	$1,64 \pm 0,03^b$
SR (%)	$94,43 \pm 1,13$	$96,67 \pm 1,93$	$97,80 \pm 1,10$	$97,77 \pm 2,23$	$96,67 \pm 1,93$
DFR (%)	$3,33 \pm 1,93$	$4,44 \pm 1,11$	$2,22 \pm 1,11$	$2,22 \pm 1,11$	$3,33 \pm 1,93$

Ghi chú: Cá được cho ăn thức ăn công nghiệp có hàm lượng protein thô 55%. FI, lượng thức ăn sử dụng; FR, tỷ lệ tiêu thụ thức ăn hàng ngày; FCR, hệ số chuyển hóa thức ăn, PER, hiệu quả sử dụng protein thức ăn; SR, tỷ lệ sống của cá cuối thí nghiệm; DFR, tỷ lệ dị hình. Số liệu được trình bày dưới dạng Mean $\pm$ SE. Trong cùng hàng, các số liệu mang các ký tự chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, $P < 0,05$.

Điều này được phản ánh rõ qua hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR). FCR đạt giá trị tốt nhất (thấp nhất) ở các nghiệm thức 4 và 5 lần/ngày ($0,97 \pm 0,01$ và $0,96 \pm 0,04$), không khác biệt thống kê với nhau ($P > 0,05$) nhưng thấp hơn có ý nghĩa so với các nghiệm thức còn lại. Đáng lưu ý, FCR ở nghiệm thức 6 lần/ngày tăng trở lại ($1,10 \pm 0,02$) và cao hơn có ý nghĩa so với mức 4–5 lần/ngày ($P < 0,05$), trong khi nghiệm thức 2 lần/ngày có FCR kém nhất ($1,31 \pm 0,02$). Diễn biến này cho thấy hiệu quả sử dụng thức ăn tuân theo quy luật phi tuyến rõ rệt, với khoảng tối ưu nằm ở 4–5 lần/ngày (Bảng 4).

Hiệu quả sử dụng protein (PER) cũng cho kết quả tương tự, đạt cao nhất ở nghiệm thức 4 và 5 lần/ngày ($1,88 \pm 0,03$ và $1,91 \pm 0,09$), khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức 2 lần/ngày ($1,39 \pm 0,03$) và 6 lần/ngày ($1,64 \pm 0,03$) ($P < 0,05$; Bảng 4). Sự suy giảm PER ở nghiệm thức 6 lần/ngày củng cố nhận định rằng tần suất cho ăn vượt ngưỡng tối ưu có thể làm giảm hiệu quả sử dụng dưỡng chất.

Tỷ lệ sống (SR) duy trì ở mức cao ($94,43-97,80\%$) và tỷ lệ dị hình (DFR) ở mức thấp ($2,22-4,44\%$) ở tất cả các nghiệm thức, không có khác biệt thống kê ($P > 0,05$; Bảng 4). Kết quả này cho thấy tần suất cho ăn trong phạm vi

2–6 lần/ngày không ảnh hưởng đến khả năng sống sót và sự phát triển hình thái bình thường của cá, mà chỉ tác động đến tốc độ sinh trưởng và hiệu quả chuyển hóa thức ăn.

1.3. Phân tích hồi quy và xác định tần suất cho ăn tối ưu

Để mô tả định lượng mối quan hệ giữa tần

suất cho ăn (x , lần/ngày) và các chỉ tiêu chính, hai mô hình hồi quy (tuyến tính và bậc hai) đã được xây dựng cho khối lượng cuối (W_2), tốc độ sinh trưởng đặc trưng theo khối lượng (SGR_w) và hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR) (Bảng 5).

Bảng 5: Phân tích hồi quy ảnh hưởng của tần suất cho ăn (x , lần/ngày) đến khối lượng cuối (W_2), tốc độ tăng trưởng đặc trưng theo khối lượng (SGR_w) và hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR) của cá hồng Mỹ giai đoạn giống

Chỉ tiêu	Mô hình	Phương trình hồi quy	R^2	R^2_{hc}	F	P
W_2 (g)	Tuyến tính	$y = 1,559 + 0,451x$	0,808	0,794	54,86	<0,001
	Bậc hai	$y = -0,841 + 1,822x - 0,171x^2$	0,972	0,968	209,88	<0,001
SGR_w (%/ngày)	Tuyến tính	$y = 2,077 + 0,351x$	0,793	0,777	49,85	<0,001
	Bậc hai	$y = 0,044 + 1,513x - 0,145x^2$	0,984	0,981	361,02	<0,001
FCR	Tuyến tính	$y = 1,285 - 0,051x$	0,301	0,247	5,60	0,034
	Bậc hai	$y = 2,151 - 0,547x + 0,062x^2$	0,914	0,899	63,47	<0,001

Ghi chú: $R^2_{hc} = R^2$ hiệu chỉnh (*adjusted R^2*); x = tần suất cho ăn (lần/ngày). Đối với cả ba chỉ tiêu, số hạng bậc hai có ý nghĩa thống kê ($P < 0,001$), cho thấy mối quan hệ phi tuyến dạng vòm (W_2 , SGR_w) và dạng chữ U (FCR). Dựa trên điểm cực trị của phương trình bậc hai ($X = -b_1/2b_2$), W_2 và SGR_w cực đại tương ứng ở tần suất $\approx 5,3$ và $\approx 5,2$ lần/ngày, trong khi FCR đạt cực tiểu ở $\approx 4,4$ lần/ngày.

Mặc dù mô hình tuyến tính đạt ý nghĩa thống kê đối với W_2 và SGR_w ($P < 0,001$), mô hình bậc hai mô tả dữ liệu vượt trội ở cả ba chỉ tiêu, thể hiện qua mức tăng rõ rệt của hệ số xác định. Đối với W_2 , R^2 tăng từ 0,808 (tuyến tính) lên 0,972 (bậc hai); đối với SGR_w , R^2 tăng từ 0,793 lên 0,984. Khác biệt rõ nét nhất ghi nhận ở FCR: mô hình tuyến tính chỉ giải thích được 30,1% biến thiên ($R^2 = 0,301$; $P = 0,034$), trong khi mô hình bậc hai giải thích tới 91,4% ($R^2 = 0,914$; $P < 0,001$). Trong cả ba trường hợp, số hạng bậc hai đều có ý nghĩa thống kê ($P < 0,001$), khẳng định bản chất phi tuyến của mối quan hệ giữa tần suất cho ăn và các chỉ tiêu khảo sát.

Hệ số dương của số hạng bậc hai ở phương trình FCR (+0,062) tạo nên đường cong dạng chữ U, trong khi hệ số âm ở phương trình W_2 (−0,171) và SGR_w (−0,145) tạo nên các đường

cong dạng vòm. Dựa trên điểm cực trị của phương trình bậc hai ($X = -b_1/2b_2$), W_2 và SGR_w đạt cực đại tương ứng ở tần suất khoảng 5,3 và 5,2 lần/ngày, trong khi FCR đạt cực tiểu ở khoảng 4,4 lần/ngày. Như vậy, kết quả hồi quy hội tụ với phân tích phương sai ở mục 1.1 và 1.2, xác định tần suất cho ăn tối ưu cho cá hồng Mỹ giai đoạn giống nằm trong khoảng 4–5 lần/ngày, tùy theo mục tiêu ưu tiên tối đa hóa sinh trưởng (≈ 5 lần/ngày) hay tối ưu hiệu quả sử dụng thức ăn (≈ 4 lần/ngày).

2. Thảo luận

2.1. Ảnh hưởng của tần suất cho ăn đến sinh trưởng

Kết quả nghiên cứu này khẳng định rằng tần suất cho ăn là một yếu tố kỹ thuật quan trọng chi phối sinh trưởng của cá hồng Mỹ giai đoạn giống. Sinh trưởng về chiều dài và khối lượng cải thiện rõ rệt khi tăng tần suất cho ăn từ 2

lên 5 lần/ngày, nhưng không tiếp tục tăng, thậm chí có xu hướng suy giảm, khi nâng lên 6 lần/ngày. Mô hình đáp ứng dạng vòm này phù hợp với quy luật chung đã được ghi nhận rộng rãi ở nhiều loài cá biển và cá nước ngọt nuôi, theo đó sinh trưởng tăng cùng tần suất cho ăn cho đến một ngưỡng tối ưu rồi đạt trạng thái bão hòa hoặc đảo chiều [22 – 24].

Cơ sở sinh lý của hiện tượng này có thể được lý giải từ đặc điểm của hệ tiêu hóa cá giống. Ở giai đoạn này, cá có dung tích dạ dày nhỏ và tốc độ thoát thức ăn nhanh, do đó việc chia nhỏ khẩu phần thành nhiều lần cho ăn trong ngày giúp duy trì lượng thức ăn ổn định trong ống tiêu hóa, nâng cao hiệu suất tiêu hóa và hấp thu dưỡng chất, từ đó thúc đẩy sinh trưởng [12, 15]. Tuy nhiên, khi tần suất vượt quá khả năng làm rỗng dạ dày và nhu cầu sinh lý, lợi ích cận biên của mỗi lần cho ăn bổ sung giảm dần. Ở mức 6 lần/ngày, khoảng cách giữa các lần cho ăn có thể trở nên quá ngắn so với thời gian cá làm rỗng dạ dày, khiến hiệu quả tiêu hóa không được cải thiện thêm; đồng thời, hoạt động bất mỗi lặp lại với tần suất cao làm gia tăng tiêu hao năng lượng cho vận động và bắt mồi, dẫn đến năng lượng ròng dành cho tăng trưởng bị thu hẹp [11, 13]. Điều này lý giải vì sao W_2 và SGR_w ở nghiệm thức 6 lần/ngày giảm nhẹ so với 5 lần/ngày.

Phân tích hồi quy bậc hai trong nghiên cứu của chúng tôi củng cố cho các nhận định trên. Mô hình bậc hai mô tả dữ liệu vượt trội so với mô hình tuyến tính (R^2 tăng từ 0,808 lên 0,972 đối với W_2 , và từ 0,793 lên 0,984 đối với SGR_w), với số hạng bậc hai có ý nghĩa thống kê cao ($P < 0,001$). Điểm cực đại của các đường cong xác định tần suất tối ưu cho sinh trưởng nằm ở khoảng 5,2–5,3 lần/ngày. Việc sử dụng mô hình hồi quy để xác định ngưỡng tối ưu, thay vì chỉ dựa vào so sánh trung bình giữa các nghiệm thức, cho phép xác định giá trị tối ưu chính xác hơn và cũng là cách tiếp cận được khuyến nghị trong các nghiên cứu xác định nhu

cầu dinh dưỡng và chế độ cho ăn [25, 26].

2.2. Độ đồng đều và thể trạng cá

Một phát hiện có ý nghĩa thực tiễn của nghiên cứu này là sự cải thiện độ đồng đều đàn cá khi tăng tần suất cho ăn. Hệ số phân đàn theo chiều dài và khối lượng (CV_L , CV_w) giảm đáng kể ở các nghiệm thức từ 4 lần/ngày trở lên. Hiện tượng này có thể được giải thích bởi việc tăng tần suất cho ăn giúp phân bố thức ăn đồng đều hơn theo không gian và thời gian, qua đó làm giảm tính cạnh tranh thứ bậc và mức độ chi phối của những cá thể trội trong việc tiếp cận nguồn thức ăn [11, 16, 27]. Khi thức ăn chỉ được cung cấp 2 lần/ngày, các cá thể lớn hơn, hung hăng hơn có lợi thế áp đảo, dẫn đến phân hóa kích cỡ ngày càng rộng; ngược lại, cho ăn nhiều lần tạo cơ hội tiếp cận thức ăn công bằng hơn cho toàn đàn.

Kết quả này có ý nghĩa quan trọng đối với cá hồng Mỹ - một trong những loài có tập tính ăn và tấn công lẫn nhau ở giai đoạn ương giống. Đàn cá đồng đều hơn không chỉ thuận lợi cho công tác quản lý và phân cỡ trong sản xuất giống, mà còn trực tiếp làm giảm nguy cơ ăn lẫn nhau và tổn thất do phân đàn [11]. Như vậy, lợi ích của việc cho ăn 4–5 lần/ngày không chỉ giới hạn ở tốc độ sinh trưởng mà còn mở rộng sang chất lượng và tính đồng nhất của đàn giống.

Hệ số điều kiện (K) không khác biệt giữa các nghiệm thức, cho thấy tần suất cho ăn trong phạm vi khảo sát không làm thay đổi tương quan hình thái chiều dài - khối lượng, và cá ở tất cả các nghiệm thức đều duy trì thể trạng cân đối, khỏe mạnh. Kết quả này hàm ý rằng tác động của tần suất cho ăn chủ yếu thể hiện qua tốc độ tích lũy sinh khối hơn là qua sự thay đổi cấu trúc cơ thể, phù hợp với các quan sát ở nhiều loài cá trong các nghiên cứu trước đây [28].

2.3. Hiệu quả sử dụng thức ăn

Diễn biến của hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR) và hiệu quả sử dụng protein (PER) trong

nghiên cứu này cung cấp những thông tin có giá trị về mặt kinh tế - kỹ thuật. Đáng chú ý, trong khi sinh trưởng đạt cực đại ở khoảng 5 lần/ngày, FCR lại đạt giá trị tối ưu (thấp nhất) ở mức thấp hơn - khoảng 4,4 lần/ngày theo phân tích hồi quy bậc hai. Sự không trùng khớp giữa ngưỡng tối ưu cho sinh trưởng và ngưỡng tối ưu cho hiệu quả sử dụng thức ăn là một hiện tượng đã được ghi nhận và mang ý nghĩa quản lý quan trọng [13, 24, 25].

Việc FCR và PER suy giảm rõ rệt ở nghiệm thức 6 lần/ngày đặc biệt đáng lưu tâm. Ở tần suất cao nhất, tỷ lệ ăn vào trên khối lượng thân (FR) tăng có ý nghĩa (3,54 %BW) trong khi sinh trưởng không cải thiện, dẫn đến FCR xấu đi. Điều này gợi ý rằng ở mức 6 lần/ngày, cá tiêu thụ lượng thức ăn vượt quá khả năng chuyển hóa hiệu quả, phân dưỡng chất dư thừa bị tiêu hao cho duy trì hoặc đào thải thay vì tích lũy thành sinh khối [13]. Bản chất phi tuyến dạng chữ U của mối quan hệ giữa tần suất cho ăn và FCR (số hạng bậc hai dương, $P < 0,001$; R^2 tăng vọt từ 0,301 lên 0,914 khi chuyển từ mô hình tuyến tính sang bậc hai) khẳng định rằng cho ăn quá thường xuyên không những không có lợi mà còn gây lãng phí thức ăn và làm gia tăng chi phí sản xuất.

Ngoài chi phí thức ăn, việc cho ăn vượt ngưỡng tối ưu còn kéo theo những hệ lụy về môi trường nuôi: lượng thức ăn dư thừa và chất thải tăng làm suy giảm chất lượng nước, đặc biệt trong các hệ thống ương mật độ cao [11, 15]. Đây là một khía cạnh cần được cân nhắc khi xây dựng quy trình cho ăn trong thực tế sản xuất.

2.4. Tỷ lệ sống, dị hình và ý nghĩa thực tiễn

Tỷ lệ sống cao (94,4–97,8%) và tỷ lệ dị hình thấp (2,2–4,4%), không khác biệt giữa các nghiệm thức, cho thấy tần suất cho ăn trong khoảng 2–6 lần/ngày không phải là yếu tố giới hạn đối với khả năng sống sót và sự phát triển hình thái bình thường của cá hồng.

Mỹ giai đoạn giống. Kết quả này hàm ý rằng ngay cả ở tần suất thấp nhất (2 lần/ngày), cá vẫn nhận đủ thức ăn để duy trì sự sống, và tác động của tần suất cho ăn chủ yếu thể hiện ở khía cạnh tối ưu hóa sinh trưởng và hiệu quả sử dụng thức ăn chứ không phải ở khía cạnh tồn tại [17, 29, 30].

Tổng hợp các kết quả, nghiên cứu này cho thấy việc xác định tần suất cho ăn tối ưu cho cá hồng Mỹ giai đoạn giống cần dựa trên sự cân bằng giữa các mục tiêu kỹ thuật. Nếu ưu tiên tối đa hóa sinh trưởng và độ đồng đều đàn cá, tần suất 5 lần/ngày là phù hợp nhất. Tuy nhiên, nếu xét đến hiệu quả kinh tế thông qua tối ưu hóa chi phí thức ăn, mức 4 lần/ngày mang lại FCR và PER tốt nhất mà chênh lệch về sinh trưởng so với mức 5 lần/ngày là không lớn. Trên cơ sở cân bằng sinh trưởng, độ đồng đều và hiệu quả sử dụng thức ăn, chúng tôi khuyến nghị tần suất cho ăn 4–5 lần/ngày cho cá hồng Mỹ giai đoạn giống trong điều kiện ương tương tự nghiên cứu này. Việc đưa ra một khoảng khuyến nghị như trên thay vì một giá trị đơn lẻ phản ánh chính xác bản chất của dữ liệu và mang lại tính linh hoạt cho người sản xuất tùy theo điều kiện và mục tiêu cụ thể.

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Nghiên cứu này chứng minh rằng tần suất cho ăn ảnh hưởng rõ rệt đến sinh trưởng, độ đồng đều và hiệu quả sử dụng thức ăn của cá hồng Mỹ (*Sciaenops ocellatus*) giai đoạn giống, trong khi không tác động đến tỷ lệ sống, tỷ lệ dị hình và hệ số điều kiện. Sinh trưởng và độ đồng đều đàn cá cải thiện khi tăng tần suất từ 2 lên 5 lần/ngày rồi suy giảm ở mức 6 lần/ngày. Phân tích hồi quy bậc hai xác định tần suất tối ưu cho sinh trưởng đạt khoảng 5,2 lần/ngày, trong khi hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR) tối ưu ở mức thấp hơn ($\approx 4,4$ lần/ngày), phản ánh sự không trùng khớp giữa mục tiêu tối đa hóa sinh trưởng và mục tiêu hiệu quả kinh tế.

2. Kiến nghị

Trên cơ sở đánh giá tổng hợp các chỉ tiêu sinh trưởng, độ đồng đều và hiệu quả sử dụng thức ăn, chúng tôi khuyến nghị áp dụng tần suất cho ăn 4–5 lần/ngày cho cá hồng Mỹ giai đoạn giống. Các nghiên cứu tiếp theo nên phân tích sâu hơn ảnh hưởng của tần suất cho ăn lên các chỉ tiêu sinh hóa, enzyme tiêu hóa, cấu trúc mô học ruột cũng như hệ vi sinh đường ruột ở cá hồng Mỹ. Điều này giúp giải thích cơ chế chuyên sâu của các kết quả thu được trong nghiên cứu hiện tại. Bên cạnh đó, các chỉ tiêu kỹ thuật khác như mật độ ương, dinh dưỡng bổ sung, chất lượng nước và sức khỏe của cá

cũng cần được nghiên cứu nhằm hoàn thiện quy trình ương nuôi loài cá có giá trị kinh tế cao này.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ kinh phí bởi Trường Đại học Nha Trang thông qua đề tài nghiên cứu khoa học của sinh viên, mã số TR2024-13-55, cho Trần Quang Đại. Các tác giả xin cảm ơn ThS. Nguyễn Thị Nhật Anh, KS. Nguyễn Đức Khánh Dương và SV. Võ Trọng Hoàng từ Trại sản xuất giống cá cảnh biển Vĩnh Hòa, Phường Bắc Nha Trang – Tỉnh Khánh Hòa đã hỗ trợ trong việc chăm sóc cá và thu thập dữ liệu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] FAO, *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024: Blue Transformation in action*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024.
- [2] Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., Little, D. C., Lubchenco, J., Shumway, S. E. and Troell, M., “A 20-year retrospective review of global aquaculture,” *Nature*, vol. 591, no. 7851, pp. 551–563, 2021.
- [3] Chamberlain, G. W., Miget, R. J. and Haby, M. G., *Red Drum Aquaculture*. College Station, TX, USA: Texas A&M University Sea Grant College Program, 1990, pp. 216–223.
- [4] FAO, “*Sciaenops ocellatus*,” in *Cultured Aquatic Species Fact Sheets*, V. Crespi and M. New, Eds. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009. [Online]. Available: https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/sciaenops_ocellatus. [Accessed: June 8, 2026].
- [5] Liao, Y. C., Chen, L. S. and Shao, K. T., “The predatory Atlantic red drum, *Sciaenops ocellatus*, has invaded the western Taiwanese coast in the Indo-West Pacific,” *Biological Invasions*, vol. 12, pp. 1961–1965, 2010.
- [6] Chary, K., Fiandrino, A., Coves, D., Aubin, J., Falguière, J. C. and Callier, M. D., “Modeling sea cage outputs for data-scarce areas: application to red drum (*Sciaenops ocellatus*) aquaculture in Mayotte, Indian Ocean,” *Aquaculture International*, vol. 27, pp. 625–646, 2019.
- [7] Hong, W. and Zhang, Q., “Review of captive bred species and fry production of marine fish in China,” *Aquaculture*, vol. 227, no. 1–4, pp. 305–318, 2003.
- [8] Pfeiffer, T. J. and Wills, P. S., “Low-head saltwater recirculating aquaculture systems utilized for juvenile red drum production,” *International Journal of Recirculating Aquaculture*, vol. 10, pp. 1–24, 2009.
- [9] Ngô Văn Mạnh, Lại Văn Hùng, Hoàng Thị Thanh, “Ảnh hưởng của mật độ ương đến sinh trưởng, tỷ lệ sống của cá hồng Mỹ (*Sciaenops ocellatus* Linnaeus, 1766) từ giai đoạn ấu trùng lên cá giống,” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Bản B*, vol. 59, no. 10, pp. 33–36, 2017.
- [10] Holt, G. J., “Experimental studies of feeding in larval red drum,” *Journal of the World Aquaculture Society*, vol. 23, no. 4, pp. 265–270, 1992.
- [11] Ngô Văn Mạnh, Ngô Chí Dũng, Trần Văn Dũng, Lê Minh Hoàng, “Ảnh hưởng của tần suất cho ăn lên kết

- quả ương cá khế vằn (*Gnathanodon speciosus* Forsskal, 1775) giai đoạn giống,” *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, no. 2, pp. 77–86, 2023.
- [12] McGoogan, B. B. and Gatlin, D. M., III, “Metabolic requirements of red drum, *Sciaenops ocellatus*, for protein and energy based on weight gain and body composition,” *The Journal of Nutrition*, vol. 128, no. 1, pp. 123–129, 1998.
- [13] Mizanur, R. M. and Bai, S. C., “A review of the optimum feeding rates and feeding frequency in Korean rockfish *Sebastes schlegeli* reared at seven different water temperatures,” *Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 17, no. 2, pp. 229–247, 2014.
- [14] Abdo-de la Parra, M. I., Rodríguez-Ibarra, L. E., Ibarra-Castro, L., Martínez-Brown, J. M. and Velasco-Blanco, G., “Effects of frequency and feeding time on growth, food utilization, somatic indexes, and survival of juvenile white snook *Centropomus viridis*,” *Ciencias Marinas*, vol. 46, no. 3, pp. 155–163, 2020.
- [15] Biswas, G., Thirunavukkarasu, A. R., Sundaray, J. K. and Kailasam, M., “Optimization of feeding frequency of Asian seabass (*Lates calcarifer*) fry reared in net cages under brackishwater environment,” *Aquaculture*, vol. 305, no. 1–4, pp. 26–31, 2010.
- [16] Phạm Đức Hùng, Nguyễn Thị Hà Trinh, Lục Minh Diệp, “Ảnh hưởng của khẩu phần và số lần cho ăn lên sinh trưởng, hiệu quả sử dụng thức ăn và thành phần sinh hóa của cá bẹ vằn (*Caranx ignobilis*) giống,” *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, no. 3, pp. 35–42, 2022.
- [17] Aydin, I., Küçük, E., Sahin, T. and Kolotoglu, L., “The effect of feeding frequency and feeding rate on growth performance of juvenile black sea turbot (*Psetta maxima*, Linnaeus, 1758),” *Journal of Fisheries Sciences.com*, vol. 5, no. 1, pp. 35–42, 2011.
- [18] Nguyễn Anh Hiếu, Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Hữu Ninh, Phạm Quốc Hùng, “Ảnh hưởng của khẩu phần và tần suất cho ăn đến kết quả ương giống cá song da báo *Plectropomus leopardus*,” *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, no. 4, pp. 48–58, 2024.
- [19] Trần Thị Kim Ngân, Tạ Thị Bình, Nguyễn Đình Vinh, Trần Đức Lương, Nguyễn Quang Huy, “Ảnh hưởng của tỷ lệ và tần suất cho ăn lên tăng trưởng, tỷ lệ sống, hệ số chuyển đổi thức ăn của cá măng sữa (*Chanos chanos* Forsskal, 1775) giai đoạn cá hương lên cá giống,” *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, no. 1, pp. 57–62, 2021.
- [20] Trần Quang Đại, Đoàn Xuân Nam, Trần Thị Lê Trang, Ngô Văn Mạnh, Vũ Trọng Đại, Nguyễn Văn Hữu, Trần Văn Dũng, “Ảnh hưởng của khẩu phần cho ăn lên sinh trưởng, tỷ lệ sống và hiệu quả sử dụng thức ăn của cá hồng Mỹ (*Sciaenops ocellatus* Linnaeus, 1766) giai đoạn giống,” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Thái Nguyên*, (đang xuất bản), 2026.
- [21] Ngô Văn Mạnh, Phạm Thị Anh, Phạm Đức Hùng, Dương Nguyễn Hoàng, “Ảnh hưởng của tần suất cho ăn lên kết quả ương cá sù đất (*Protonibea diacanthus* Lacépède, 1802) giai đoạn giống,” *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, no. 2, pp. 167–176, 2024.
- [22] Güroy, D., Deveciler, E., Güroy, B. K. and Tekinay, A. A., “Influence of feeding frequency on feed intake, growth performance and nutrient utilization in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed pelleted or extruded diets,” *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, vol. 30, no. 2, pp. 171–177, 2006.
- [23] Kim, H. S., Choi, J., Lim, H. J., Jeong, M. H., Lee, C. S. and Byun, S. G., “Effect of feeding frequency on the growth of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus*,” *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 52, no. 1, pp. 87–91, 2019.
- [24] Trushenski, J., Rombenso, A., Schwarz, M. H., Bowzer, J., Gause, B., Delbos, B. and Sampaio, L. A.,

- “Feeding rate and frequency affect growth of juvenile Atlantic spadefish,” *North American Journal of Aquaculture*, vol. 74, no. 1, pp. 107–112, 2012.
- [25] Booth, M. A. and Pirozzi, I., “The interaction of feeding regime and dietary specification on growth and nutrient utilisation in Yellowtail Kingfish *Seriola lalandi*,” *Aquaculture*, vol. 544, Art. no. 737094, 2021.
- [26] Xie, F., Ai, Q., Mai, K., Xu, W. and Ma, H., “The optimal feeding frequency of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*, Richardson) larvae,” *Aquaculture*, vol. 311, no. 1–4, pp. 162–167, 2011.
- [27] Võ Thế Dũng và Võ Thị Dung, “Ảnh hưởng của tần suất cho ăn đến cá bè đưng (*Gnathanodon speciosus* Forsskal, 1775) ở giai đoạn đầu nuôi thương phẩm,” *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, no. 2, pp. 90–96, 2020.
- [28] Oh, S. Y. and Maran, B. A. V., “Feeding frequency influences growth, feed consumption and body composition of juvenile rock bream (*Oplegnathus fasciatus*),” *Aquaculture International*, vol. 23, pp. 175–184, 2015.
- [29] Nguyễn Thị Lê Nghi, Nguyễn Tấn Sỹ, Trần Thị Lê Trang, Trần Văn Dũng, “Ảnh hưởng của tần suất cho ăn lên sinh trưởng, tỷ lệ sống và hiệu quả sử dụng thức ăn của cá khoang cổ cam (*Amphiprion percula* Lacépède, 1802),” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Thái Nguyên*, vol. 228, no. 1, pp. 254–262, 2022.
- [30] Hamed, S. S., Jiddawi, N. S., Bwathondi, P. O. and Mmochi, A. J., “Effect of feeding frequency and feeding rate on growth performance of juvenile silver pompano, *Trachinotus blochii*,” *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, vol. 15, no. 1, pp. 39–47, 2016.