

ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ VÀ AMMONIA ĐẾN TĂNG TRƯỞNG, TỶ LỆ SỐNG, TẦN SỐ HÔ HẤP VÀ TỈ LỆ DỊ HÌNH CỦA CÁ HỒNG MỸ (*Sciaenops ocellatus*) GIAI ĐOẠN GIỐNG

Ngô Văn Mạnh¹, Lê Minh Hoàng^{1,*}

¹Viện Nuôi trồng Thủy sản, Trường Đại học Nha Trang

*Email: hoanglm@ntu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng riêng lẻ và kết hợp của nhiệt độ (27 - 28°C, 30°C, 32°C) và nồng độ ammonia không ion hóa (NH₃: 0; 0,02; 0,03; 0,19; 0,23; 0,31 ppm) đến các chỉ tiêu chất lượng của cá hồng Mỹ (*Sciaenops ocellatus*) giai đoạn giống. Cá được theo dõi về tỷ lệ sống, tăng trưởng (chiều dài, khối lượng, SGR), tần số hô hấp, dị hình xương và khả năng phục hồi sau thí nghiệm. Kết quả cho thấy, tỷ lệ sống giảm từ 90,0 ± 11,55% (27 - 28°C, 0 ppm) xuống 50,0 ± 11,55% (32°C, 0,31 ppm). Chiều dài kết thúc giảm từ 43,00 ± 3,00 mm còn 36,00 ± 0,01 mm (giảm 16,3%), khối lượng giảm từ 0,82 ± 0,02 g còn 0,47 ± 0,01 g (giảm 42,7%). Tần số hô hấp tăng từ 109,00 ± 1,73 lên 157,33 ± 5,13 lần/phút, tương ứng tăng 44,32%. SGR theo khối lượng giảm từ 4,82 ± 0,18%/ngày xuống 0,24 ± 0,19%/ngày (giảm 95,0%). Không ghi nhận dị hình xương rõ rệt ở tất cả các nghiệm thức. Tuy nhiên, ở các tổ hợp có nhiệt độ ≥ 30°C và NH₃ ≥ 0,19 ppm, cá không sống sót đến hết giai đoạn phục hồi. Nghiên cứu xác định điều kiện tối ưu cho ương giống là 27 - 30°C và NH₃ < 0,03 ppm. Kết quả cung cấp cơ sở khoa học để điều chỉnh quy trình kỹ thuật và quản lý môi trường, nâng cao chất lượng cá giống trong điều kiện biến đổi khí hậu.

Từ khóa: Cá hồng Mỹ, nhiệt độ, ammonia, cá giống, biến đổi khí hậu.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến đổi khí hậu toàn cầu đang làm thay đổi sâu sắc các điều kiện sinh thái trong thủy vực, kéo theo nhiều thách thức đối với ngành nuôi trồng thủy sản. Theo IPCC (2021) [1], nhiệt độ trung bình toàn cầu đã tăng 0,74°C trong thế kỷ XX và dự báo có thể tăng thêm từ 2,0 - 4,5°C vào năm 2100. Sự gia tăng này không chỉ gây stress sinh lý cho sinh vật thủy sinh mà còn làm tăng độc tính của các chất ô nhiễm như ammonia - yếu tố đã được chứng minh có ảnh hưởng tiêu cực đến sinh trưởng và tỷ lệ sống của cá nuôi [2, 3]. Theo FAO (2020) [4], các điều kiện môi trường bất lợi, đặc biệt là nhiệt độ và chất lượng nước, là những nguyên nhân hàng đầu làm suy giảm hiệu quả sản xuất giống tại nhiều khu vực nuôi trồng.

Cá hồng Mỹ (*Sciaenops ocellatus*) là một loài cá biển có giá trị kinh tế cao, phân bố tự nhiên dọc bờ biển Đại Tây Dương và vịnh Mexico [5]. Với

đặc tính rộng muối, rộng nhiệt và tốc độ sinh trưởng nhanh, loài cá này đã được đưa vào nuôi tại Việt Nam từ năm 1999 và hiện đang trở thành đối tượng nuôi chủ lực ở nhiều địa phương ven biển [6, 7]. Tuy nhiên, chất lượng ấu trùng [8, 9] và cá giống vẫn chưa ổn định, với tỷ lệ sống trong các trại giống thường chỉ dao động từ 15 - 25% tùy điều kiện quản lý [7, 10].

Một số nghiên cứu trước đã đề cập ảnh hưởng của nhiệt độ hoặc ammonia riêng lẻ đến cá rô phi (*Oreochromis niloticus*) [11], cá tra (*Pangasius hypophthalmus*) [12] và cá chim vây vàng (*Trachinotus blochii*) [13], nhưng những công bố về tác động kết hợp hai yếu tố này trên cá biển giai đoạn giống - đặc biệt là cá hồng Mỹ vẫn còn rất hạn chế. Hơn nữa, phần lớn các nghiên cứu chỉ tập trung vào tỷ lệ sống và sinh trưởng ngắn hạn, chưa khai thác đầy đủ các ảnh hưởng mang tính tích lũy như tổn thương cấu trúc xương hay rối loạn chức

năng hô hấp - những yếu tố quan trọng quyết định chất lượng giống trước khi chuyển sang nuôi thương phẩm.

Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng cộng gộp của các mức nhiệt độ và nồng độ ammonia khác nhau đến tỷ lệ sống, sinh trưởng, hô hấp và cấu trúc xương của giống cá hồng Mỹ. Nghiên cứu không chỉ góp phần làm rõ các phản ứng sinh lý và hình thái của cá giống trong điều kiện stress môi trường, mà còn tạo cơ sở khoa học cho việc điều chỉnh quy trình ương nuôi phù hợp với bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay, nâng cao hiệu quả và chất lượng con giống phục vụ phát triển nghề nuôi biển tại Việt Nam.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thời gian, địa điểm và đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 1 đến tháng 12 năm 2024 tại Trại sản xuất giống cá biển Đường Đệ, phường Vĩnh Hòa, thành phố Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa. Đối tượng nghiên cứu là cá hồng Mỹ (*Sciaenops ocellatus*, Linnaeus, 1766) giai đoạn giống, có chiều dài trung bình $35,90 \pm 2,77$ mm và khối lượng trung bình $0,46 \pm 0,09$ g. Đây là giai đoạn nhạy cảm với các yếu tố môi trường và có ý nghĩa quyết định đến chất lượng con giống chuyển sang nuôi thương phẩm. Tất cả cá trước khi bố trí thí nghiệm được thuần hóa trong 4 ngày ở các điều kiện nhiệt độ 30°C và 32°C để đảm bảo thích nghi môi trường trước khi cảm nhiễm.

2.2. Nguồn cá thí nghiệm và cách tính nồng độ ammonia cho thí nghiệm

Cá giống được sử dụng trong nghiên cứu là sản phẩm từ đàn cá bố mẹ thuần chủng được sinh sản nhân tạo tại Trại sản xuất giống cá biển Đường Đệ, tỉnh Khánh Hòa. Sau khi cá đạt đến giai đoạn giống với kích thước đồng đều, chúng được thuần dưỡng trong bể có kiểm soát nhiệt độ trong thời gian ngắn nhằm giúp cá thích nghi tốt với điều kiện phòng thí nghiệm trước khi phân bố vào các nghiệm thức thí nghiệm.

Trong quá trình xây dựng môi trường thí nghiệm, các mức nồng độ ammonia không ion hóa (NH_3) được tạo ra thông qua việc bổ sung muối

NH_4Cl (Sigma-Aldrich, Đức) một dạng muối vô cơ dễ hòa tan, đóng vai trò là nguồn tổng nito ammoniac (TAN) cho môi trường nước. Để đảm bảo giá trị NH_3 đạt đúng yêu cầu, các tính toán được thực hiện theo mô hình cân bằng hóa học có xét đến các tham số ảnh hưởng như pH, nhiệt độ và độ mặn của nước. Với điều kiện chuẩn được thiết lập là $\text{pH } 7,6 \pm 0,1$, độ mặn 30 ppt và nhiệt độ dao động trong khoảng từ $27 - 32^\circ\text{C}$, lượng NH_4Cl bổ sung được xác định tương ứng với từng mức NH_3 như sau: 0,902 mg/L (0,02 ppm NH_3), 1,354 mg/L (0,03 ppm), 8,573 mg/L (0,19 ppm), 10,378 mg/L (0,23 ppm) và 13,988 mg/L (0,31 ppm). Đối với nghiệm thức đối chứng, không bổ sung NH_4Cl .

Dung dịch NH_4Cl được chuẩn bị theo tỷ lệ chính xác và bổ sung hàng ngày vào hệ thống nuôi để đảm bảo nồng độ ammonia luôn duy trì ổn định trong suốt thời gian thử nghiệm. Việc điều chỉnh pH được thực hiện bằng dung dịch kiềm (NaOH) hoặc đệm sinh học (Tris) tùy theo yêu cầu từng ngày, giúp giữ môi trường thí nghiệm trong trạng thái cân bằng hóa học ổn định, tạo tiền đề đáng tin cậy cho việc phân tích tác động riêng lẻ và kết hợp giữa nhiệt độ và ammonia lên chất lượng cá giống.

2.3. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được thiết kế theo mô hình 3×6 (3 mức nhiệt độ $\times$ 6 mức nồng độ ammonia), với ba mức nhiệt độ gồm: $27 - 28^\circ\text{C}$ (điều kiện thường), 30°C và 32°C (mô phỏng điều kiện biến đổi khí hậu); kết hợp với sáu nồng độ ammonia: 0, 0,02, 0,03, 0,19, 0,23, 0,31 ppm. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 4 lần, mỗi lần lặp gồm 5 cá giống được bố trí trong cốc nhựa 1 lít có sục khí nhẹ và thay nước hàng ngày. Tổng cộng 72 nghiệm thức (3 nhiệt độ $\times$ 6 nồng độ $\times$ 4 lặp) với 360 cá giống được sử dụng. Cá được cho ăn 3 lần/ngày bằng thức ăn công nghiệp (INVE G8) với khẩu phần là 3%/khối lượng thân. Các yếu tố môi trường như: Nhiệt độ, pH, độ mặn và oxy hòa tan được theo dõi và điều chỉnh hàng ngày, đảm bảo duy trì trong ngưỡng ổn định ($\text{DO} > 5$ mg/L; độ mặn 30 ppt; $\text{pH } 7,6 \pm 0,1$). Nhiệt độ $27 - 28^\circ\text{C}$ được sử dụng làm đối chứng vì phản ánh điều kiện nhiệt tự nhiên tại khu vực nghiên cứu, có dao động nhẹ giữa ngày và đêm (cao nhất vào buổi trưa và thấp nhất về đêm). Nhiệt độ này không được kiểm soát bằng thiết bị

gia nhiệt mà phụ thuộc hoàn toàn vào nhiệt độ môi trường. Ngược lại, các mức nhiệt 30°C và 32°C được duy trì ổn định bằng thiết bị gia nhiệt có tích hợp cảm biến (SUOIHZQ5-500W, Ou Gecai, Trung Quốc), nhằm mô phỏng các kịch bản biến đổi khí hậu dự báo. Tất cả các nghiệm thức được theo dõi và ghi nhận nhiệt độ hằng ngày bằng nhiệt kế điện tử để đảm bảo độ chính xác và ổn định.

2.4. Phương pháp xác định các chỉ tiêu

Trong suốt quá trình thí nghiệm, các chỉ tiêu sinh lý và sinh trưởng của cá giống được theo dõi bao gồm: Tỷ lệ sống, tốc độ tăng trưởng và tần số hô hấp. Tỷ lệ sống của cá được xác định thông qua việc đếm số lượng cá còn sống tại thời điểm kết thúc thí nghiệm, sau đó quy đổi thành phần trăm so với số lượng cá ban đầu theo công thức:

Tỷ lệ sống (%) = (Số cá sống cuối kỳ/Số cá ban đầu) × 100.

Để đánh giá hiệu quả tăng trưởng, tốc độ tăng trưởng đặc trưng (Specific Growth Rate – SGR) được tính theo cả hai chỉ số: Chiều dài và khối lượng. Công thức tính SGR theo chiều dài được thể hiện như sau:

$$\text{SGR (chiều dài, \%/ngày)} = 100 \times (\ln L_t - \ln L_0) / t$$

Tương tự, tốc độ tăng trưởng theo khối lượng được tính bằng:

$$\text{SGR (khối lượng, \%/ngày)} = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t$$

Trong đó: L_0 và W_0 là chiều dài (mm) và khối lượng (mg) trung bình của cá ở thời điểm bắt đầu thí nghiệm, L_t và W_t là giá trị tương ứng tại thời điểm kết thúc, t là số ngày thí nghiệm.

Tần số hô hấp được xác định bằng phương pháp quan sát trực tiếp bằng mắt thường, thông qua việc đếm số lần đóng mở nắp mang của từng cá thể trong vòng 1 phút. Quá trình này được thực hiện trong điều kiện ánh sáng ổn định, ở khoảng cách gần và do cùng một người thực hiện nhằm đảm bảo tính nhất quán giữa các lần quan sát. Chỉ tiêu này phản ánh hoạt động hô hấp và mức độ stress sinh lý của cá dưới ảnh hưởng của các yếu tố môi trường.

Sau khi hoàn tất việc thu thập các chỉ tiêu sinh trưởng, sinh lý và sức khỏe, mẫu cá được cố định trong dung dịch formalin 4% nhằm bảo quản cấu trúc mô phục vụ cho phân tích hình thái xương.

Để đánh giá sự phát triển và biến dạng trong hệ xương, quy trình nhuộm xương toàn bộ được áp dụng theo phương pháp cải tiến của Taylor và Van Dyke (1985) [14], với các bước xử lý hóa học nhằm làm rõ các thành phần sụn và xương của mẫu vật. Trước tiên, mẫu được ngâm cố định trong formalin tối thiểu 24 giờ, sau đó xử lý sơ bộ bằng ethanol và nước cất để loại bỏ chất cố định dư và làm mềm mô. Tiếp theo, cá được nhuộm sụn bằng dung dịch alcian blue (20 mg alcian blue trong hỗn hợp gồm 70 ml ethanol 95% và 30 ml axit acetic), nhằm làm nổi bật các cấu trúc sụn chưa cốt hóa. Sau đó, mẫu được chuyển qua các dung dịch ethanol và KOH để khử nước và làm trong mô mềm, đồng thời hỗ trợ loại bỏ sắc tố tự nhiên bằng hỗn hợp hydrogen peroxide 3% và KOH 1% theo tỷ lệ thể tích 1: 9. Cá được tiếp tục nhuộm thành phần xương bằng dung dịch alizarin red S, giúp phân biệt rõ phần xương đã cốt hóa. Sau các bước nhuộm, mẫu được trung hòa trong KOH và làm trong bằng cách chuyển dần qua các nồng độ glycerol kết hợp với KOH: Đầu tiên 2 giờ trong hỗn hợp 40% glycerol và 60% KOH 1%, sau đó 6 giờ trong 70% glycerol + 30% KOH 1%. Cuối cùng, mẫu được lưu giữ lâu dài trong dung dịch glycerol nguyên chất 100% để bảo quản hình thái rõ nét phục vụ cho phân tích định tính và định lượng các dị tật xương.

Sau khi kết thúc thời gian thí nghiệm thì cá được chuyển sang thời gian nuôi phục hồi. Thời gian nuôi phục hồi được hiểu là giai đoạn nuôi sau khi kết thúc thí nghiệm, trong đó toàn bộ cá thí nghiệm được đưa về điều kiện môi trường tối ưu (nhiệt độ 27 - 28°C, nồng độ $\text{NH}_3 = 0$ ppm) nhằm theo dõi khả năng phục hồi sinh lý và tỷ lệ sống sau stress.

2.5. Xử lý số liệu

Dữ liệu thí nghiệm được phân tích bằng SPSS 22 và Excel 2013. Phân tích phương sai hai nhân tố (Two-way ANOVA) được sử dụng để đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ và ammonia. Khi có sự khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$), kiểm định Duncan được áp dụng để so sánh giữa các nghiệm thức. Kết quả được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn (Mean ± SD).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và ammonia lên tỷ lệ sống và sinh trưởng

Kết quả ở bảng 1 cho thấy, tỷ lệ sống của cá hồng Mỹ giai đoạn giống giảm đáng kể khi nhiệt độ và nồng độ ammonia tăng. Ở mức nhiệt độ 27 - 28°C, tỷ lệ sống giảm từ $90,0 \pm 11,55\%$ (NH_3 0 ppm) xuống $55,0 \pm 10,00\%$ (NH_3 0,31 ppm), tương ứng giảm 35,0%. Tại nhiệt độ 30°C, tỷ lệ sống giảm từ $80,0 \pm 16,33\%$ (NH_3 0 ppm) xuống $50,0 \pm 11,55\%$ (NH_3 0,31 ppm), giảm 30,0%. Trong khi đó, ở mức 32°C, tỷ lệ sống giảm từ $70,0 \pm 11,55\%$ (NH_3

0 ppm) xuống $50,0 \pm 11,55\%$ (NH_3 0,31 ppm), tương ứng giảm 20,0%. Phân tích phương sai hai yếu tố cho thấy, nhiệt độ có ảnh hưởng rõ rệt đến tỷ lệ sống ($P < 0,0001$), trong khi ammonia cũng ảnh hưởng đáng kể ($P = 0,004$). Tương tác giữa 2 yếu tố không có ý nghĩa thống kê ($P = 0,252$), cho thấy mỗi yếu tố tác động độc lập, nhưng kết hợp lại có thể làm tăng tổng mức độ stress. Kết quả thống kê khẳng định rằng nhiệt độ và ammonia đều làm giảm tỷ lệ sống của cá, đặc biệt khi ở mức nhiệt độ cao hoặc nồng độ NH_3 lớn hơn 0,03 ppm.

Bảng 1. Tỷ lệ sống giống cá hồng Mỹ ở các mức nhiệt độ và nồng độ ammonia khác nhau

Nhiệt độ (°C)	Nồng độ ammonia (ppm)					
	0	0,02	0,03	0,19	0,23	0,31
27 - 28	$90,0 \pm 11,55$	$85,0 \pm 19,15$	$75,0 \pm 19,14$	$75,0 \pm 10,00$	$70,0 \pm 11,55$	$55,0 \pm 10,00$
30	$80,0 \pm 16,33$	$80,0 \pm 16,33$	$75,0 \pm 10,00$	$70,0 \pm 11,55$	$60,0 \pm 16,33$	$50,0 \pm 11,55$
32	$70,0 \pm 11,55$	$65,0 \pm 10,00$	$60,0 \pm 16,33$	$55,0 \pm 30,00$	$50,0 \pm 11,55$	$50,0 \pm 11,55$
Phân tích ANOVA	Nhiệt độ		Ammonia		Nhiệt độ $\times$ ammonia	
Giá trị P	< 0,0001		0,004		0,252	

Tỷ lệ sống là chỉ tiêu sinh học quan trọng phản ánh khả năng thích nghi của cá giống trước các biến động môi trường. Kết quả thí nghiệm cho thấy, cả nhiệt độ và nồng độ ammonia đều ảnh hưởng đáng kể đến tỷ lệ sống của cá hồng Mỹ, trong đó nhiệt độ là yếu tố có tác động mạnh hơn ($P < 0,0001$) so với ammonia ($P = 0,004$). Sự tương tác giữa hai yếu tố không có ý nghĩa thống kê ($P = 0,252$), cho thấy ảnh hưởng chủ yếu mang tính độc lập. Cụ thể, khi nồng độ NH_3 tăng từ 0 lên 0,31 ppm, tỷ lệ sống giảm từ 90,0% xuống 55,0% ở 27 - 28°C (giảm 35,0%), từ 80,0% xuống 50,0% ở 30°C (giảm 30,0%) và từ 70,0% xuống 50,0% ở 32°C (giảm 20,0%). Như vậy, dù mức nhiệt độ cao hơn làm giảm sức đề kháng, mức suy giảm tỷ lệ sống do tăng ammonia vẫn thể hiện rõ, đặc biệt ở nhóm nhiệt độ thấp hơn. Nhiệt độ cao không chỉ làm tăng tốc độ trao đổi chất mà còn thúc đẩy khuếch tán NH_3 vào máu cá qua mô mang, dạng có độc tính cao nhất của ammonia [3, 15 - 17], gây rối loạn

thẩm thấu, suy giảm hô hấp và chức năng gan, thận [18, 19]. Khi kết hợp với nồng độ $\text{NH}_3 \geq 0,23$ ppm, đặc biệt tại 32°C, tỷ lệ sống chỉ đạt 50,0%, tiệm cận ngưỡng nguy hiểm. Kết quả này phù hợp với các báo cáo trước đó ở các loài cá biển như cá chim vây vàng [13], cobia [20], cá rô phi [11] và cá hồi [21]. Do đó, để đảm bảo tỷ lệ sống cao trong giai đoạn ương giống cá hồng Mỹ, cần duy trì nhiệt độ nước không vượt quá 30°C và nồng độ ammonia không ion hóa NH_3 dưới 0,03 ppm. Đây là những ngưỡng an toàn có thể áp dụng trong thực tế sản xuất giống, đặc biệt trong bối cảnh môi trường ngày càng biến động do tác động của biến đổi khí hậu.

Kết quả theo dõi tăng trưởng (Bảng 2) cho thấy, nhiệt độ có ảnh hưởng rõ rệt đến cả chiều dài ($P = 0,013$) và khối lượng ($P = 0,001$) cuối cùng của cá giống. Ở mức nhiệt độ 27 - 28°C và nồng độ ammonia 0 ppm, cá đạt chiều dài kết thúc $43,00 \pm 3,00$ mm và khối lượng $0,82 \pm 0,02$ g cao nhất trong

các nghiệm thức. Khi nhiệt độ tăng lên 32°C, chiều dài kết thúc giảm còn $36,00 \pm 0,01$ mm và khối lượng còn $0,47 \pm 0,01$ g ở nồng độ $\text{NH}_3 = 0,31$ ppm. So với nhóm đối chứng, chiều dài giảm 7,00 mm (tương đương 16,3%) và khối lượng giảm 0,35 g (tương đương 42,7%). Về tốc độ tăng trưởng đặc trưng, SGR theo chiều dài (SGR - CD) giảm từ $1,49 \pm 0,58\%/ngày$ (27 - 28°C, 0 ppm) xuống $0,02 \pm 0,01\%/ngày$ (32°C, 0,31 ppm), giảm tới 98,7%. Tương tự, SGR theo khối lượng (SGR - KL) giảm từ $4,82 \pm 0,18\%/ngày$ xuống $0,24 \pm 0,19\%/ngày$, tương ứng giảm 95,0%. Ảnh hưởng của nồng độ ammonia riêng lẻ thể hiện rõ đối với khối lượng ($P < 0,0001$) và SGR - KL ($P < 0,0001$), nhưng không đáng kể đối với chiều dài ($P = 0,433$) và SGR - CD ($P = 0,414$). Tương tác giữa nhiệt độ và ammonia không có ý nghĩa thống kê ở tất cả chỉ tiêu sinh trưởng ($P > 0,05$). Như vậy, kết quả cho thấy, nhiệt độ là yếu tố chi phối mạnh đến sinh trưởng chiều dài, trong khi ammonia tác động rõ hơn đến khối lượng và hiệu suất tăng trưởng theo khối lượng. Điều kiện lý tưởng được ghi nhận tại 30°C và $\text{NH}_3 = 0$ ppm, với SGR - KL đạt $4,44 \pm 0,01\%/ngày$, trong khi điều kiện khác nghiệt nhất (32°C và 0,31 ppm) cho SGR - KL thấp nhất, chỉ $0,24 \pm 0,19\%/ngày$.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, nhiệt độ và nồng độ ammonia đều ảnh hưởng đáng kể đến sinh trưởng của cá hồng Mỹ giai đoạn giống, trong đó nhiệt độ chi phối mạnh chiều dài ($P = 0,013$) còn ammonia ảnh hưởng rõ đến khối lượng và SGR - KL ($P < 0,0001$). Ở điều kiện tối ưu (27 - 28°C, 0 ppm NH_3), cá đạt chiều dài $43,00 \pm 3,00$ mm, khối lượng $0,82 \pm 0,02$ g, SGR - KL $4,82 \pm 0,18\%/ngày$. Trong khi đó, ở nghiệm thức khác nghiệt nhất (32°C, 0,31 ppm NH_3), các giá trị này lần lượt giảm còn $36,00 \pm 0,01$ mm (tương ứng 16,3%), $0,47 \pm 0,01$ g (tương ứng 42,7%) và $0,24 \pm 0,19\%/ngày$ (tương ứng 95,0%). Cơ chế tác động phù hợp với lý thuyết sinh lý học: Nhiệt độ ảnh hưởng trao đổi chất cơ bản [3, 17, 19], còn ammonia gây tổn thương gan và giảm hấp thu dinh dưỡng [5, 18]. Mặc dù không có tương tác thống kê rõ rệt, tổ hợp nhiệt độ cao và $\text{NH}_3 \geq 0,31$ ppm vẫn làm giảm mạnh tăng trưởng, tỷ lệ sống và nhịp hô hấp. Do đó, để tối ưu sinh trưởng, cần duy trì nhiệt độ trong khoảng 27 - 30°C và $\text{NH}_3 < 0,03$ ppm. Kết quả này tương đồng với các nghiên cứu trước trên cá chim vây vàng [13], cá hồi [21], cá rô phi [11] và cá bớp [20].

Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và ammonia đến sinh trưởng cá hồng Mỹ giai đoạn giống

Thông số đánh giá	Nhiệt độ (°C)	Nồng độ ammonia (ppm)					
		0	0,02	0,03	0,19	0,23	0,31
Chiều dài ban đầu (mm)	27 - 28 / 30/32	$35,90 \pm 2,77$	$35,90 \pm 2,77$	$35,90 \pm 2,77$	$35,90 \pm 2,77$	$35,90 \pm 2,77$	$35,90 \pm 2,77$
Khối lượng ban đầu (g)	27 - 28 / 30/32	$0,46 \pm 0,09$	$0,46 \pm 0,09$	$0,46 \pm 0,09$	$0,46 \pm 0,09$	$0,46 \pm 0,09$	$0,46 \pm 0,09$
Chiều dài kết thúc (mm)	27 - 28	$43,00 \pm 3,00$	$42,00 \pm 4,36$	$40,33 \pm 1,15$	$39,67 \pm 1,53$	$39,67 \pm 3,51$	$38,67 \pm 2,31$
	30	$42,33 \pm 0,58$	$41,00 \pm 4,36$	$40,00 \pm 5,20$	$39,00 \pm 5,20$	$38,33 \pm 2,08$	$36,33 \pm 0,58$
	32	$39,00 \pm 5,20$	$38,67 \pm 3,06$	$38,00 \pm 1,00$	$37,00 \pm 1,00$	$36,00 \pm 0,01$	$36,00 \pm 0,01$
Khối lượng kết thúc (g)	27 - 28	$0,82 \pm 0,02$	$0,73 \pm 0,01$	$0,64 \pm 0,01$	$0,58 \pm 0,01$	$0,54 \pm 0,01$	$0,50 \pm 0,01$
	30	$0,79 \pm 0,01$	$0,71 \pm 0,03$	$0,60 \pm 0,08$	$0,57 \pm 0,01$	$0,52 \pm 0,01$	$0,50 \pm 0,03$
	32	$0,76 \pm 0,03$	$0,70 \pm 0,06$	$0,59 \pm 0,01$	$0,56 \pm 0,01$	$0,51 \pm 0,01$	$0,47 \pm 0,01$

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ

SGR - CD (%/ngày)	27 - 28	1,49 ± 0,58	1,28 ± 0,89	0,97 ± 0,24	0,83 ± 0,32	0,81 ± 0,74	0,61 ± 0,51
	30	1,37 ± 1,11	1,07 ± 0,92	0,86 ± 1,05	0,64 ± 1,07	0,54 ± 0,46	0,10 ± 0,13
	32	0,64 ± 1,07	0,60 ± 0,65	0,47 ± 0,22	0,25 ± 0,23	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
SGR - KL (%/ngày)	27 - 28	4,82 ± 0,18	3,85 ± 0,13	2,71 ± 0,17	1,86 ± 0,06	1,28 ± 0,13	0,71 ± 0,06
	30	4,44 ± 0,01	3,91 ± 0,37	3,00 ± 0,98	1,73 ± 0,11	1,07 ± 0,04	0,65 ± 0,57
	32	4,16 ± 0,33	3,42 ± 0,65	2,04 ± 0,08	1,57 ± 0,01	0,90 ± 0,13	0,24 ± 0,19
	Phân tích ANOVA		Nhiệt độ		Ammonia	Nhiệt độ × ammonia	
Chiều dài	Giá trị của P		0,013		0,433	0,513	
Khối lượng	Giá trị của P		0,001		<0,0001	0,578	
SGR - CD	Giá trị của P		0,011		0,414	0,517	
SGR - KL	Giá trị của P		< 0,0001		< 0,0001	0,708	

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và ammonia lên tần số hô hấp

Kết quả theo dõi tần số hô hấp (Bảng 3) cho thấy, cả nhiệt độ, nồng độ ammonia và tương tác giữa 2 yếu tố đều ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến hoạt động hô hấp của cá ($P < 0,0001$). Ở nghiệm thức đối chứng (27 - 28°C và 0 ppm NH_3), tần số hô hấp đo được là $109,00 \pm 1,73$ lần/phút. Khi nhiệt độ tăng lên 32°C tại cùng nồng độ ammonia 0 ppm, chỉ số này tăng lên $124,00 \pm 2,65$ lần/phút, tương ứng tăng 13,76%. Về ảnh hưởng của ammonia, tại nhiệt độ 27 - 28°C, khi nồng độ

NH_3 tăng từ 0 lên 0,31 ppm, tần số hô hấp tăng từ $109,00 \pm 1,73$ lên $146,00 \pm 1,00$ lần/phút, tương ứng tăng 33,94%. Ở mức nhiệt độ 32°C, cùng với sự gia tăng NH_3 từ 0 lên 0,31 ppm, tần số hô hấp tăng từ $124,00 \pm 2,65$ lên $157,33 \pm 5,13$ lần/phút, tăng 26,05%. Tổ hợp điều kiện khắc nghiệt nhất (32°C và 0,31 ppm NH_3) ghi nhận giá trị tần số hô hấp cao nhất: $157,33 \pm 5,13$ lần/phút, tăng 44,32% so với nghiệm thức đối chứng (27 - 28°C, 0 ppm). Sự gia tăng này phản ánh tình trạng stress hô hấp nghiêm trọng và hiệu ứng cộng hưởng giữa nhiệt độ cao và độc tính ammonia.

Bảng 3. Tần số hô hấp (lần/phút) của cá hồng Mỹ giai đoạn giống ở các mức nhiệt và nồng độ ammonia khác nhau

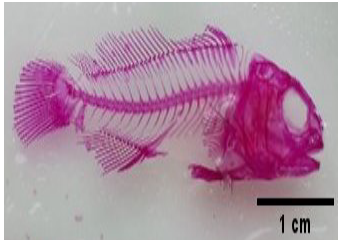
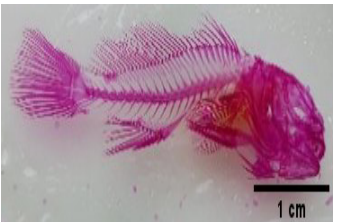
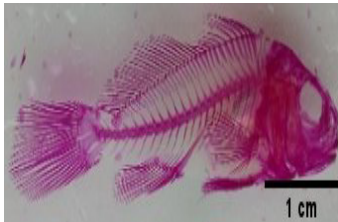
Nhiệt độ (°C)	Nồng độ ammonia (ppm)					
	0	0,02	0,03	0,19	0,23	0,31
27 - 28	109,00 ± 1,73	124,00 ± 1,00	130,33 ± 0,58	134,33 ± 1,53	139,67 ± 2,08	146,00 ± 1,00
30	110,33 ± 1,53	126,00 ± 1,00	132,00 ± 1,00	134,33 ± 2,08	140,67 ± 1,53	147,00 ± 1,00
32	124,00 ± 2,65	130,00 ± 2,65	134,00 ± 1,73	135,67 ± 0,58	143,33 ± 1,15	157,33 ± 5,13
Phân tích ANOVA		Nhiệt độ		Ammonia	Nhiệt độ × ammonia	
Giá trị P		< 0,0001		< 0,0001	< 0,0001	

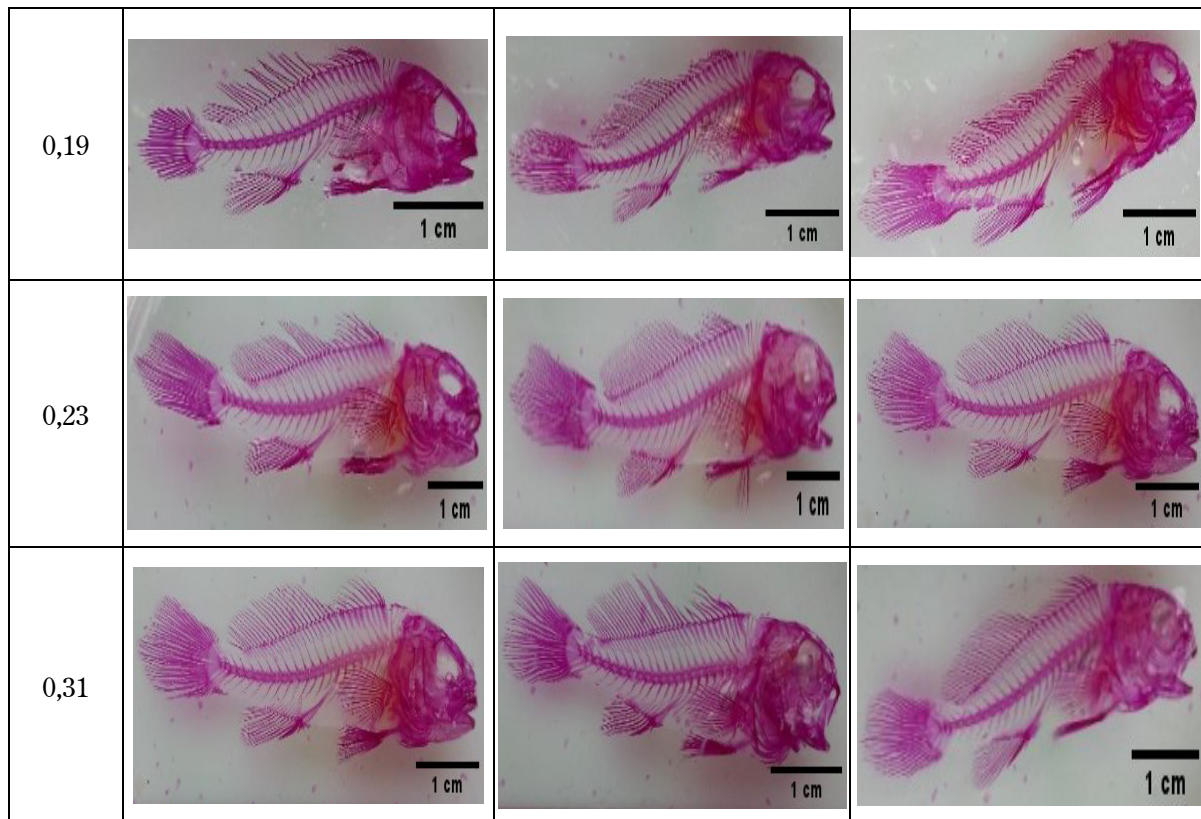
Tần số hô hấp là chỉ tiêu sinh lý nhạy, phản ánh mức độ stress của cá khi tiếp xúc với điều kiện bất lợi [15, 16, 19]. Kết quả nghiên cứu cho thấy, cả nhiệt độ, nồng độ ammonia và tương tác giữa chúng đều ảnh hưởng có ý nghĩa đến tần số hô hấp của cá hồng Mỹ ($P < 0,0001$). Cụ thể, khi nhiệt độ tăng từ 27 - 28°C lên 32°C ($\text{NH}_3 = 0$ ppm), tần số hô hấp tăng từ $109,00 \pm 1,73$ lên $124,00 \pm 2,65$ lần/phút (tăng 13,76%). Khi NH_3 tăng từ 0 lên 0,31 ppm ở 27 - 28°C, chỉ số này tăng 33,94%; còn ở 32°C, tăng 26,05%. Tổ hợp điều kiện khắc nghiệt nhất (32°C + 0,31 ppm NH_3) cho giá trị cao nhất: $157,33 \pm 5,13$ lần/phút, tăng 44,32% so với đối chứng. Sự gia tăng này phản ánh hiệu ứng cộng hưởng rõ rệt của stress nhiệt và độc tính NH_3 , gây rối loạn trao đổi khí và điều hòa nội môi [3, 16, 17, 19]. Việc giám sát tần số hô hấp có thể giúp phát hiện sớm stress và điều chỉnh kịp thời điều kiện nuôi [18, 21].

3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ và ammonia lên cấu trúc xương

Phân tích cấu trúc xương cá hồng Mỹ sau thí nghiệm (Bảng 4) cho thấy, không phát hiện dị tật hay biến dạng rõ ràng ở tất cả nghiệm thức, bất kể nhiệt độ (27 - 32°C) hay nồng độ NH_3 (0 - 0,31 ppm). Điều này cho thấy, thời gian phơi nhiễm trong nghiên cứu có thể chưa đủ dài để gây ảnh hưởng đến quá trình khoáng hóa xương, hoặc hệ xương ở giai đoạn giống đã đủ ổn định để chống chịu stress môi trường. Tuy nhiên, các tổn thương tiềm ẩn ở cấp mô hoặc cơ quan khác như mang, gan, thận vẫn có thể xảy ra, do NH_3 có ái lực cao với các mô này [6, 17, 18]. Do đó, cần nghiên cứu sâu hơn ở cấp độ mô học và mở rộng sang các giai đoạn phát triển sớm hơn để làm rõ ảnh hưởng tích lũy của stress môi trường.

Bảng 4. Cấu trúc xương của giống cá hồng Mỹ ở các mức nhiệt độ và nồng độ NH_3 khác nhau

NH_3 (ppm)	Nhiệt độ (°C)		
	28	30	32
0			
0,02			
0,03			



3.4. Khả năng phục hồi của cá giống sau giai đoạn thí nghiệm

Kết quả theo dõi tỷ lệ sống sau giai đoạn phục hồi trong điều kiện môi trường tối ưu (nhiệt độ 27 - 28°C, $\text{NH}_3 = 0$ ppm) cho thấy, mức độ hồi phục của cá hồng Mỹ (Bảng 5) phụ thuộc rõ rệt vào mức độ stress mà cá đã trải qua trước đó. Ở nhóm đối chứng (27 - 28°C, 0 ppm NH_3), tỷ lệ sống sau 5 ngày phục hồi đạt $95,00 \pm 12,25\%$. Tuy nhiên, ở các nhóm cá từng tiếp xúc với ammonia 0,02 ppm và 0,03 ppm tại cùng mức nhiệt độ, tỷ lệ sống lần lượt giảm còn $35,00 \pm 15,50\%$ và $20,00 \pm 12,50\%$, mặc dù các cá thể này được đưa trở lại điều kiện lý tưởng. Đáng chú ý, đối với các nghiệm thức có nồng độ ammonia từ 0,19 ppm trở lên, cá không còn sống đến thời điểm kết thúc giai đoạn phục hồi. Cụ thể, ở nhiệt độ 27 - 28°C, cá chỉ duy trì sự sống trong 10 ngày tại nồng độ 0,19 và 0,23 ppm, 8 ngày tại 0,31 ppm. Tại 30°C, thời gian sống kéo dài 10 ngày (0,03 ppm), 9 ngày (0,19 và 0,23 ppm), 8 ngày (0,31 ppm). Đặc biệt, ở mức nhiệt độ cao nhất (32°C), thời gian sống sau khi chuyển về môi trường sạch chỉ còn 8 ngày (0,03 ppm), 7 ngày (0,19 ppm), 5

ngày (0,23 và 0,31 ppm). Kết quả này cho thấy, cá đã chịu tổn thương sinh lý nghiêm trọng khi bị phơi nhiễm ở các nghiệm thức nhiệt độ cao và ammonia $\geq 0,19$ ppm, vượt quá khả năng tự phục hồi. Việc chuyển về điều kiện tối ưu sau đó không còn đủ để đảo ngược các tổn thương trước đó, đặc biệt là khi stress xảy ra đồng thời do nhiệt độ cao và độc tính ammonia vượt ngưỡng sinh lý chịu đựng.

Khả năng phục hồi của cá hồng Mỹ sau stress chỉ hiệu quả trong điều kiện chịu tác động nhẹ (27 - 28°C, 0 ppm NH_3 , tỷ lệ sống phục hồi đạt 95%). Khi từng tiếp xúc với 0,02 - 0,03 ppm NH_3 , tỷ lệ sống sau phục hồi giảm còn 20 - 35% và ở mức $\geq 0,19$ ppm NH_3 , cá không thể sống đến cuối giai đoạn phục hồi. Đặc biệt, nhóm 32°C kết hợp với $\geq 0,23$ ppm NH_3 chỉ sống thêm trung bình 5 ngày cho thấy, tổn thương không thể hồi phục. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Guo và cs (2023) [18], Oliveira và cs (2008) [19] và Ip và cs (2001) [15], Ip và Chew (2010) [16], khẳng định cần duy trì môi trường ổn định, tránh stress vượt ngưỡng để đảm bảo chất lượng cá giống.

Bảng 5. Tỷ lệ sống của giống cá hồng Mỹ sau giai đoạn nuôi phục hồi

Nhiệt độ (°C)	0	0,02	0,03	0,19	0,23	0,31
27 - 28	95,00 ± 12,25	35,00 ± 15,50	20,00 ± 12,50	- (10 ngày)	- (10 ngày)	- (8 ngày)
30	60,00 ± 15,00	25,00 ± 7,00	- (10 ngày)	- (9 ngày)	- (9 ngày)	- (8 ngày)
32	40,00 ± 10,45	15,50 ± 5,00	- (8 ngày)	- (7 ngày)	- (5 ngày)	- (5 ngày)

Dựa trên kết quả nghiên cứu, cần mở rộng các hướng nghiên cứu chuyên sâu nhằm hiểu rõ hơn tác động môi trường đến chất lượng cá giống biển. Trước tiên, nên phân tích mô học các cơ quan như mang, gan, thận để xác định cơ chế tổn thương do nhiệt độ và ammonia [18, 19]. Đồng thời, theo dõi dài hạn sau stress sẽ giúp đánh giá khả năng hồi phục và hậu quả lâu dài. Việc mở rộng nghiên cứu trên các loài cá biển khác (cá chim, cá mú, cá bớp) sẽ giúp xây dựng khuyến nghị chung thích ứng biến đổi khí hậu [13, 20]. Ngoài ra, ứng dụng chỉ thị sinh hóa (ALT, AST, cortisol) sẽ hỗ trợ đánh giá stress ở cấp tế bào [3, 17, 22]. Cuối cùng, nên thử nghiệm bổ sung vitamin, khoáng và probiotic để tăng sức đề kháng [2, 18]. Những định hướng này góp phần nâng cao chất lượng giống và hiệu quả sản xuất bền vững.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Cả 2 yếu tố nhiệt độ và nồng độ ammonia không ion hóa (NH_3) đều ảnh hưởng rõ rệt và độc lập đến chất lượng cá hồng Mỹ giai đoạn giống. Trong đó, nhiệt độ $\geq 32^\circ\text{C}$ và nồng độ $\text{NH}_3 \geq 0,19$ ppm, đặc biệt khi kết hợp là các điều kiện không phù hợp, gây suy giảm đáng kể tỷ lệ sống (còn 50,0%), ức chế tăng trưởng (SGR - KL chỉ $0,24 \pm 0,19\%$ /ngày) và tăng tần số hô hấp đến mức cao ($157,33 \pm 5,13$ lần/phút). Những tổ hợp này còn làm giảm khả năng phục hồi sau stress, với cá chỉ sống thêm 5 - 8 ngày, cho thấy, tổn thương sinh lý không hồi phục.

Ngược lại, điều kiện tối ưu được xác định trong nghiên cứu là $27 - 30^\circ\text{C}$ kết hợp với $\text{NH}_3 \leq 0,03$ ppm, trong đó cá đạt tỷ lệ sống cao ($\geq 75\%$), sinh trưởng tốt (SGR - KL $\geq 4,44 \pm 0,01\%$ /ngày) và

hoạt động hô hấp ổn định. Dù không ghi nhận dị tật xương rõ rệt, các tổn thương tiềm ẩn ở cấp mô như gan, thận hoặc mang vẫn cần được nghiên cứu chuyên sâu hơn trong các giai đoạn tiếp theo.

4.2. Kiến nghị

Duy trì nhiệt độ nước không quá 30°C và nồng độ NH_3 dưới 0,03 ppm trong giai đoạn ương giống cá hồng Mỹ để giảm thiểu stress sinh lý. Cần theo dõi thường xuyên tần số hô hấp để phát hiện sớm dấu hiệu bất thường, đồng thời tiến hành nghiên cứu mô học và thử nghiệm các biện pháp bổ trợ như vitamin, khoáng chất và probiotic nhằm tăng cường sức đề kháng. Ngoài ra, nên mở rộng nghiên cứu trên các loài cá biển khác để xây dựng hướng dẫn kỹ thuật thích ứng với biến đổi khí hậu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. IPCC (2021). *Climate Change 2021: The physical science basis*. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press.
2. Burkhalter, D. E., Kaya, C. M. (1977). Effects of prolonged exposure to ammonia on fertilized eggs and sac fry of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Transactions of the American Fisheries Society*, 106(5), 470 - 475.
3. Randall, D. J., Tsui, T. K. N. (2002). Ammonia toxicity in fish. *Marine pollution bulletin*, 45(1 - 12), 17 - 23.
4. FAO (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in action*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

5. FAO (2009). *Sciaenops ocellatus*. In cultured aquatic species fact sheets. Text by Cynthia K. Faulk, A. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual).
6. Ngô Văn Mạnh (2016). Chuyển giao công nghệ sản xuất giống nhân tạo cá hồng Mỹ (*Sciaenops ocellatus* Linnaeus, 1766) tại Khánh Hòa. Báo cáo tổng hợp kết quả đề tài khoa học công nghệ tỉnh Khánh Hòa, 60.
7. Nguyễn Văn Mạnh (2017). Đánh giá ảnh hưởng của một số biện pháp kỹ thuật ương nuôi lên sinh trưởng, tỷ lệ sống của cá hồng Mỹ (*Sciaenops ocellatus* Linnaeus, 1766) từ giai đoạn cá bột lên cá giống. Luận văn Thạc sĩ ngành Nuôi trồng Thủy sản. Trường Đại học Nha Trang, 124.
8. Võ Văn Nhật, Nguyễn Đình Huy, Ngô Văn Mạnh, Lê Minh Hoàng (2025). Ảnh hưởng của nhiệt độ và ammonia lên chất lượng ấu trùng cá hồng mỹ (*Sciaenops ocellatus*) trong điều kiện biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Thủy sản, Trường Đại học Nha Trang*, (1), 108 - 114.
9. Ngô Văn Mạnh, Lại Văn Hùng, Nguyễn Văn Mạnh (2017). Ảnh hưởng của mật độ và chế độ chiếu sáng đến tỷ lệ sống của cá hồng Mỹ giai đoạn ấu trùng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam* 21(10): 32 - 36.
10. Lee, C. S., Ostrowski, A. C. (2001). Current status of marine finfish larviculture in the United States. *Aquaculture*, 200(1 - 2), 89 - 109.
11. El-Shafai, S. A., El-Gohary, F. A., Nasr, F. A., van der Steen, N. P., Gijzen, H. J. (2004). Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 232(1 - 4), 117 - 127.
12. Phạm Quốc Nguyên, Nguyễn Thị Ngọc Yến, Trương Quốc Phú, Nguyễn Văn Công (2015). Ảnh hưởng của tổng đạm amôn lên sinh trưởng cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Sư phạm thành phố Hồ Chí Minh*, 5(70), 168.
13. Ngô Văn Mạnh, Hoàng Thị Thanh, Trần Văn Dũng (2024). Tỷ lệ dị hình ở một số loài cá biển trong các trại sản xuất giống tại Khánh Hòa. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Thủy sản, Trường Đại học Nha Trang*, (4), 139 - 153.
14. Taylor, W. R., Van Dyke, G. C. (1985). Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage study. *Cybium*, 9(2), 107 - 119.
15. Ip, Y. K., Chew, S. F., Randall, D. J. (2001). *Ammonia toxicity, tolerance and excretion*. In D. H. Evans (Ed.), *Physiology of Fishes* (3rd ed., pp. 109 - 148). CRC Press.
16. Ip, Y. K., Chew, S. F. (2010). Ammonia production, excretion, toxicity, and defense in fish: a review. *Frontiers in physiology*, 1, 134.
17. Shiwanand, A., Tripathi, G. (2013). A review on ammonia toxicity in fish. *Asia Pacific Journal of Life Sciences*, 7(2), 193.
18. Guo, M., Xu, Z., Zhang, H., Mei, J., Xie, J. (2023). The effects of acute exposure to ammonia on oxidative stress, hematological parameters, flesh quality and gill morphological changes of the large yellow croaker (*Larimichthys crocea*). *Animals*, 13(15), 2534.
19. Oliveira, S. R. D., Souza, R. T. Y. B. D., Nunes, É. D. S. S., Carvalho, C. S. M. D., Menezes, G. C. D., Marcon, J. L., Affonso, E. G. (2008). Tolerance to temperature, pH, ammonia and nitrite in cardinal tetra, *Paracheirodon axelrodi*, an amazonian ornamental fish. *Acta Amazonica*, 38, 773 - 779.
20. Barbieri, E., Doi, S. A. (2012). Acute toxicity of ammonia on juvenile cobia (*Rachycentron canadum*, Linnaeus, 1766) according to the salinity. *Aquaculture International*, 20(2), 373 - 382.
21. Xu, Z., Cao, J., Qin, X., Qiu, W., Mei, J., Xie, J. (2021). Toxic effects on bioaccumulation, hematological parameters, oxidative stress, immune responses and tissue structure in fish exposed to ammonia nitrogen: A review. *Animals*, 11(11), 3304.
22. Yang, Q., Ma, Z., Zheng, P., Jiang, S., Qin, J. G., Zhang, Q. (2016). Effect of temperature on growth, survival and occurrence of skeletal deformity in the golden pompano *Trachinotus ovatus* larvae. *Indian J. Fish.*, 63(1), 74 - 82.

EFFECTS OF TEMPERATURE AND AMMONIA ON GROWTH, SURVIVAL RATE, RESPIRATORY RATE AND DEFORMITY RATE OF JUVENILE RED DRUM (*Sciaenops ocellatus*)**Ngo Van Manh¹, Le Minh Hoang¹**¹*Institute of Aquaculture, Nha Trang University***Summary**

This study aimed to evaluate the individual and combined effects of temperature (27 - 28°C, 30°C, 32°C) and un-ionized ammonia concentrations (NH₃: 0; 0.02; 0.03; 0.19; 0.23; 0.31 ppm) on the quality indicators of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). Fish were monitored for survival rate, growth (length, weight, specific growth rate - SGR), respiration rate, skeletal deformities, and recovery ability after exposure. Results showed that survival dropped from 90.0 ± 11.55% (27 - 28°C, 0 ppm) to 50.0 ± 11.55% (32°C, 0.31 ppm). Final length decreased from 43.00 ± 3.00 mm to 36.00 ± 0.01 mm (a 16.3% reduction) and weight declined from 0.82 ± 0.02 g to 0.47 ± 0.01 g (a 42.7% reduction). Respiration rate increased from 109.00 ± 1.73 to 157.33 ± 5.13 breaths/min, equivalent to a 44.32% increase. SGR based on weight dropped significantly from 4.82 ± 0.18%/day to 0.24 ± 0.19%/day (a 95.0% decrease). No visible skeletal deformities were observed across treatments. However, fish exposed to temperatures ≥ 30°C and NH₃ concentrations ≥ 0.19 ppm did not survive the recovery phase. The study identifies optimal nursery conditions as 27 - 30°C with NH₃ levels below 0.03 ppm. These findings provide a scientific foundation for refining hatchery protocols and improving environmental management strategies under climate change conditions.

Keywords: *Red drum, temperature, ammonia, juvenile fish, climate change.***Ngày nhận bài:** 17/02/2025**Ngày chuyển phản biện:** 20/02/2025**Ngày thông qua phản biện:** 10/3/2025**Ngày duyệt đăng:** 19/3/2025