



DOI:10.22144/ctujos.2024.311

ẢNH HƯỞNG KẾT HỢP CỦA NƯỚC PHÈN VÀ ĐỘ MẶN LÊN TĂNG TRƯỞNG VÀ ENZYM TIÊU HÓA CỦA CÁ TRA (*Pangasianodon hypophthalmus*) GIỐNG

Nguyễn Diệu Ái, Nguyễn Thị Kim Hà, Nguyễn Thanh Phương và Đỗ Thị Thanh Hương*

Trường Thủy sản – Trường Đại học Cần Thơ

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

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 10/10/2023

Sửa bài (Revised): 24/10/2023

Duyệt đăng (Accepted): 24/06/2024

Title: The combined effects of acidic sulfate water and salinity on growth performance and digestive enzyme activities of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fingerlings

Author(s): Nguyen Dieu Ai, Nguyen Thi Kim Ha, Nguyen Thanh Phuong and Do Thi Thanh Huong*

Affiliation(s): Can Tho University

TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của nước phèn ở các mức pH khác nhau kết hợp với độ mặn lên tăng trưởng, tỷ lệ sống, FCR và enzyme tiêu hóa của cá tra (*Pangasinodon hypophthalmus*) giống. Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên ở 3 mức pH (5,5, 6,5 và 7,5) kết hợp với 3 mức độ mặn (3‰, 6‰ và 9‰). Kết quả sau 60 ngày nuôi cho thấy nước phèn và độ mặn có ảnh hưởng đến cá ở các mức độ khác nhau. Môi trường pH 5,5 và độ mặn 6 và 9‰ làm giảm tăng trưởng, tăng FCR ở cá. Cá ở nhóm pH 6,5 và nhóm độ mặn 3‰ có khối lượng, chiều dài, DWG và SGR cao nhất và FCR thấp nhất ($p < 0,05$). Tỷ lệ sống của cá chỉ bị ảnh hưởng ở nghiệm thức pH 5,5 - 6‰ và pH 5,5-9‰. Hoạt tính enzyme tiêu hóa trypsin tăng ở pH 7,5-3‰ và chymotrypsin giảm ở pH 5,5 kết hợp độ mặn 6 và 9‰, hoạt tính amylase tăng ở độ mặn 6 và 9‰. Từ đó cho thấy cá tra có khả năng tăng trưởng tốt trong môi trường nhiễm phèn pH 6,5 và nhiễm mặn nhẹ 3‰.

Từ khóa: Cá tra, độ mặn, nước phèn, pH, tăng trưởng

ABSTRACT

This study was aimed at determining the effects of acidic sulfate water having different pH values in combination with salinities on growth performance, survival rate, feed conversion rate (FCR) and digestive enzyme activities of striped catfish (*Pangasinodon hypophthalmus*) at fingerling stage. The experiment was randomly designed with three pH levels (5.5, 6.5 and 7.5) combined with three salinity levels (3‰, 6‰ and 9‰). After 60 days of cultivation, the effects of salinity and pH on striped catfish were found at different levels. Specifically, pH 5.5 and salinities of 6 and 9‰ considerably affected the fish growth performance and FCR. Fish in the pH 6.5 and 3‰ groups had the highest body weight and length, DWG and SGR, with the lowest FCR ($p < 0.05$). The survival rates of fish were influenced in conditions of pH 5.5 - 6‰ and pH 5.5 - 9‰. Trypsin activity elevated at pH 7.5-3‰ while the chymotrypsin activity decreased at pH 5.5 in both 6 and 9‰. Additionally, amylase activity increased in groups of 6 and 9‰. In conclusion, striped catfish fingerlings can grow better in low acidic sulfate pH 6.5 and salinity of 3‰.

Keywords: Acidic sulfate water, growth performance, pH, striped catfish, salinity

1. GIỚI THIỆU

Cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) là loài cá da trơn nước ngọt có giá trị kinh tế cao và là một trong những đối tượng nuôi thể mạnh ở các tỉnh vùng đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) như: An Giang, Đồng Tháp, Cần Thơ, Hậu Giang. Trong năm 2020, diện tích nuôi cá tra khoảng 5.700 ha, sản lượng đạt 1,56 triệu tấn và có gần 4.000 ha ương dưỡng cá tra giống, sản xuất được 2 tỷ con giống cá tra (VASEP, 2022). Theo Tổng cục Thủy sản (2023), năm 2022, diện tích thả nuôi cá tra cả nước tăng 4%, sản lượng tăng 3,5% và kim ngạch xuất khẩu tăng 70% so với cùng kỳ năm 2021. Tuy nhiên, hiện nay tình hình biến đổi khí hậu đã và đang trở thành vấn đề đáng quan tâm nhất ở vùng ĐBSCL với hiện tượng nước biển dâng cao và nước mặn xâm nhập vào nội đồng. Do đó, các vùng nuôi cá nước ngọt nói chung và cá tra nói riêng có khả năng bị ảnh hưởng bởi sự xâm nhập mặn. Theo dự báo mực nước biển sẽ tăng trung bình 75 cm (52-106 cm) vào cuối thế kỷ 21 và gây ra sự xâm nhập mặn vào khu vực đất liền (Bộ Tài Nguyên và Môi trường, 2016). Đánh giá của Nguyen et al. (2014) về ảnh hưởng của xâm nhập mặn ở 3 kịch bản +30, +50 và +75 cm lên nghề nuôi cá tra công nghiệp cho thấy sự xâm nhập mặn có ảnh hưởng tiêu cực đến nghề nuôi cá tra ở các vùng ven biển như Cần Thơ, Sóc Trăng và Bến Tre ở các mức độ khác nhau. Theo Bôi và ctv. (2020), vấn đề xâm nhập mặn là đáng lo ngại nhất đối với hoạt động ương nuôi cá tra đặc biệt ở khu vực vùng ven biển. Ngoài ra, ĐBSCL có diện tích đất nhiễm phèn rất lớn, hơn 1,6 triệu ha chiếm 41% diện tích vùng với mức pH thấp đến 3,5 (Khang và ctv., 1998; Cục trồng trọt, 2017). Do diện tích đất phèn lớn như vậy nên việc phát triển ngành nuôi trồng thủy sản còn gặp nhiều khó khăn, đất phèn ảnh hưởng trực tiếp đến môi trường nước như pH thấp và do đó cản trở việc nuôi trồng thủy sản. Đất phèn chứa một lượng lớn axit sulfuric, tạo ra môi trường axit với độ pH rất thấp và dần đi vào môi trường ao hồ, kênh rạch làm cho động vật thủy sản còi cọc, ốm yếu hoặc chết (Dent & Pons, 1995). Một trong những nguyên nhân gây chết ở cá do pH thấp đã được nghiên cứu là sự rối loạn điều hoà ion tại mang do việc giảm tỷ lệ hấp thu ion (Laurent et al., 2000), ức chế bài tiết NH_3 (Wilkie, 1997) và ảnh hưởng đến quá trình trao đổi ion Na^+ và Cl^- (Brown & Sadler, 1989). Một số nghiên cứu trước chứng minh pH có ảnh hưởng trực tiếp đến đời sống của động vật thủy sản như nghiên cứu về ảnh hưởng của pH lên cá chột bông (*Pseudomystus siamensis*) cho thấy cá bị stress khi tiếp xúc với môi trường có pH thấp (pH=3) và pH cao (pH=9 và 10); tăng trưởng trung bình của cá

cao nhất ở pH = 6,0 và thấp nhất ở pH = 8,0 (Tuần và ctv., 2019). Đối với cá trê (*Clarias gariepinus*) bột, khi tiếp xúc với pH 7 và 8 tỷ lệ sống đạt 99,7% nhưng giảm xuống 51,67% ở pH 5, cá chết hoàn toàn ở pH 2, 3, 10, 11 và 12; tốc độ tăng trưởng tối ưu được ghi nhận ở pH 7,0 trong khi pH gây chết trung bình là 4,3 và 9,2 (Ndubuisi et al., 2015). Nghiên cứu gần đây của Sami and Mohammad (2023) cho thấy cá tra nuôi trong môi trường có bổ sung axit acetic pH 6,7 có tốc độ tăng trưởng, tỷ lệ sống và hệ số FCR cao hơn có ý nghĩa so với đối chứng pH 7,8. Các nghiên cứu trên cho thấy pH có tác động đến tăng trưởng và tỷ lệ sống của động vật thủy sản nhưng đa số các nghiên cứu này giảm pH bằng các loại axit như HCl, H_2SO_4 hoặc axit acetic nên chưa thực sự phản ánh đúng đáp ứng của cá đối với pH thấp do đất phèn gây ra. Gần đây nghiên cứu của Ha et al. (2022) đã đánh giá tác động của nước phèn có pH thấp lên cá tra giống cho thấy nước phèn (pH thấp) làm giảm tốc độ tăng trưởng và hoạt tính enzyme tiêu hóa trên cá tra khi nuôi ở pH từ 4,5 đến 6,0 và tỷ lệ sống của cá không bị ảnh hưởng bởi nước phèn. Ngoài yếu tố pH, độ mặn cũng là yếu tố có ảnh hưởng lớn đến sự phát triển của động vật thủy sản. Ha et al. (2021) cho thấy tốc độ tăng trưởng của cá tra bột khi ương ở độ mặn từ 0 đến 9‰ sau 2 tháng nuôi không có sự khác biệt giữa các mức độ mặn, tuy nhiên khi độ mặn tăng cao hơn 9‰ thì tăng trưởng của cá giảm và tỷ lệ sống cao nhất ở 6‰. Phuc (2015) nghiên cứu trên cá tra giai đoạn giống cho thấy cá sống tốt trong điều kiện độ mặn từ 2‰ đến 10‰, độ mặn từ 14‰ đến 18‰ tăng trưởng và tỷ lệ sống của cá giảm thấp. Nghiên cứu của Hương và ctv. (2020) cho thấy tăng trưởng và tỷ lệ sống của cá lóc giảm khi độ mặn, tăng trưởng đạt cao ở độ mặn 0 – 3‰ và tỷ lệ sống cao ở độ mặn 3‰.

Các nghiên cứu trên chỉ đánh giá tác động riêng lẻ của pH hoặc độ mặn lên động vật thủy sản. Nhưng với tình trạng biến đổi khí hậu như hiện nay cộng với ý thức sử dụng và cải tạo đất phèn, mặn của người dân chưa cao đã và đang làm gia tăng diện tích đất bị nhiễm phèn, nhiễm mặn ở ĐBSCL (Minh & Vũ, 2015). Do đó, sự giảm pH do phèn gây ra trong tự nhiên hoàn toàn có thể xảy ra đồng thời với sự xâm nhập mặn. Vấn đề đặt ra là tác động kết hợp của hai yếu tố nước phèn có pH thấp và độ mặn đến đời sống cá nước ngọt nói chung và cá tra nói riêng vẫn chưa có nhiều thông tin? Trong nghiên cứu mới về ảnh hưởng của nước phèn kết hợp độ mặn lên dòng cá tra chịu mặn, dòng cá được chọn lọc giống chịu mặn từ Trường Thủy sản – Trường Đại học Cần Thơ đã cho thấy cá có khả năng phát triển tốt trong môi trường nước phèn (pH thấp), tăng trưởng của cá

đạt cao nhất ở pH 6,5 - 3‰, tăng trưởng giảm khi ở môi trường pH 5,5 và khi độ mặn càng tăng (6 và 9‰). Trong cùng một mức pH, tăng trưởng của cá càng giảm, FCR càng tăng khi độ mặn càng tăng (Ha et al., 2023). Mặc dù cá tra chịu mặn có tỷ lệ sống và tăng trưởng tốt trong môi trường độ mặn từ 0 đến 10‰ (Hai et al., 2022) nhưng khi bị tác động bởi pH thấp và độ mặn (<10‰) thì tăng trưởng của cá vẫn bị ảnh hưởng. Do vậy, nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng kết hợp của pH thấp do nước phèn gây ra và độ mặn lên tăng trưởng và hoạt tính enzyme tiêu hóa của cá tra nước ngọt nhằm có thể mở rộng vùng ương nuôi cá tra tới các khu vực nhiễm phèn, nhiễm mặn và thích ứng với tình trạng biến đổi khí hậu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Nguồn cá tra thí nghiệm được mua từ trại sản xuất giống ở thành phố Cần Thơ. Cá được chọn cho thí nghiệm có kích cỡ 15 – 20 g/con, hoạt động khỏe mạnh, sạch bệnh, không bị dị hình dị tật, bơi theo đàn và không có dấu hiệu bệnh. Cá được đem về thuần dưỡng trong bể 2 m² trong thời gian 2 tuần để ổn định và làm quen với môi trường mới. Nguồn nước trong thí nghiệm được sử dụng từ nguồn nước máy ở thành phố Cần Thơ. Nước ót (80-90%) được mua từ Vĩnh Châu – Sóc Trăng, sau khi vận chuyển về trại thí nghiệm, nước được xử lý bằng chlorine với nồng độ 30 ppm, sục khí mạnh và liên tục ít nhất 2 đến 3 ngày trước khi sử dụng. Đất phèn từ khu vực nhiễm phèn ở Hòa An - Phụng Hiệp - Hậu Giang được thu để sử dụng trong nghiên cứu này. Đất được vận chuyển về Trường Thủy sản – Trường Đại học Cần Thơ sau đó cho đất vào nước máy theo tỷ lệ thể tích 50% đất: 50% nước, cho đất từ từ rã trong nước, khuấy đất lên và để lắng khoảng 3 ngày để thu được mẫu nước phèn có pH thấp (khoảng 2-3) sử dụng trong thí nghiệm. Thức ăn dùng trong thí nghiệm là thức ăn hỗn hợp viên nổi cho cá giống giai đoạn từ 10 g đến 100 g (Aquaxcel -7444) của công ty Cargill có hàm lượng đạm là 30%.

2.2. Bố trí thí nghiệm

Cá tra giống có kích cỡ trung bình $15,22 \pm 0,93$ g/con được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên gồm 9 nghiệm thức với 3 mức pH là 5,5, 6,5 và 7,5 kết hợp cùng 3 mức độ mặn 3‰, 6‰ và 9‰. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần, mật độ bố trí là 40 con/bể 500 L (300 L nước). Thí nghiệm được thiết kế với hệ thống tuần hoàn gồm 36 bể (27 bể nuôi và 9 bể chứa), mỗi bể có thể tích 500 L. Mỗi nghiệm thức bao gồm 3 bể nuôi liên kết với 1 bể có chứa nước phèn và độ mặn phù hợp với từng nghiệm thức. Bể chứa được sử dụng nhằm dễ dàng điều chỉnh pH và

độ mặn theo yêu cầu nhờ sự tuần hoàn nước giữa các bể. Độ mặn bể nuôi được nâng lên 1‰/lần (mỗi lần nâng cách nhau 8 giờ) cho đến khi các nghiệm thức đạt độ mặn mong muốn. Các nghiệm thức có độ mặn cao được thực hiện trước và đến các nghiệm thức có độ mặn thấp để tất cả các nghiệm thức đạt độ mặn mong muốn cùng một thời điểm. Sau đó, pH được giảm ở nghiệm thức pH 5,5 và 6,5, sử dụng nước phèn được chuẩn bị như mô tả bên trên thêm từ từ vào bể thí nghiệm nhằm giảm 0,25 đơn vị pH mỗi 2 giờ. Nghiệm thức có pH thấp nhất (pH 5,5) được tiến hành trước, sau đó đến nghiệm thức 6,5 để các nghiệm thức đạt mức pH cùng thời điểm. Nghiệm thức pH 7,5 không bổ sung nước phèn, chỉ sử dụng nước máy pha với nước ót để đạt độ mặn mong muốn. Sau khi độ mặn và pH ở các bể đạt mức pH thí nghiệm thì bắt đầu tính thời gian thí nghiệm. Thời gian thí nghiệm là 60 ngày.

2.3. Chăm sóc và quản lý

Thí nghiệm được sục khí liên tục. Cá được cho ăn 2 lần/ngày lúc 8:00 và 16:00 và cho ăn theo nhu cầu của cá. Thức ăn được cân trước khi cho cá ăn. Sau khi cho cá ăn 30 phút thu thừa, sấy khô đến khối lượng không đổi và quy theo ẩm độ của thức ăn ban đầu để tính lượng thức ăn cá sử dụng nhằm xác định FCR. Số lượng và khối lượng cá chết được ghi nhận hàng ngày để tính tỷ lệ sống và FCR. Nước được thay 2 lần/tuần bằng cách siphon cạn ở đáy bể, mỗi lần thay 30% lượng nước và thay nước mới có mức pH và độ mặn phù hợp với từng nghiệm thức.

2.4. Phương pháp thu và phân tích mẫu

2.4.1. Phương pháp thu mẫu và tính toán chỉ tiêu tăng trưởng

Trước khi bố trí thí nghiệm, 30 con cá tra được thu ngẫu nhiên để đo chiều dài, cân khối lượng từng cá thể và cân tổng khối lượng của cá trong bể để xác định khối lượng ban đầu của cá (W_0 , g). Định kỳ thu mẫu tăng trưởng ở thời điểm 30 ngày và 60 ngày bằng cách đếm, cân và đo từng cá thể trong bể để xác định các chỉ tiêu như tăng trưởng về khối lượng và chiều dài, tốc độ tăng trưởng tuyệt đối (DWG) và tương đối về khối lượng (SGR). Cá được cân bằng cân có độ chính xác 0,01 g và đo chiều dài của cá bằng thước kẻ từ mõm đầu đến chót đuôi của cá.

Tăng trưởng tuyệt đối về khối lượng (DWG, g/ngày):

$$DWG = \frac{W_t - W_0}{t}$$

Tăng trưởng tương đối về khối lượng (SGR, %/ngày):

$$SGR = \frac{\ln(Wt) - \ln(W0)}{t} \times 100$$

Tỷ lệ sống (%):

$$\left(\frac{\text{Tỷ lệ sống (\%)} \times \text{Số cá lúc kết thúc thí nghiệm}}{\text{Số cá ban đầu}} \times 100 \right)$$

Hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR):

$$FCR = \frac{\text{Lượng thức ăn cá ăn vào}}{\text{Tăng trọng + KL cá chết}}$$

Trong đó: W₀ (g): khối lượng cá ban đầu; W_t (g): khối lượng cá ở thời điểm t; t (ngày): thời gian nuôi.

2.4.2. Phương pháp thu mẫu và phân tích enzyme tiêu hóa

Mẫu được thu để phân tích hoạt tính enzyme trong dạ dày và ruột của cá ở cuối thí nghiệm (thứ 3 cá/bê). Cá được ngưng cho ăn 1 ngày trước khi tiến hành thu mẫu. Cá được giải phẫu thu dạ dày và một phần đoạn ruột trước. Dạ dày được dùng để phân tích pepsin và amylase, ruột trước dùng để phân tích amylase, trypsin, chymotrypsin. Mẫu được nghiền trong dung dịch buffer KH₂PO₄ 20 mM và NaCl 6 mM với pH 6,9. Hỗn hợp mẫu được đem ly tâm với tốc độ 4.200 vòng, trong 30 phút ở 4°C. Thu phần dịch trong phía trên cho vào eppendorf 0,5 mL rồi đem trữ âm 80°C cho đến khi phân tích. Enzyme chymotrypsin và pepsin phân tích theo phương pháp của Worthington (1982); enzyme trypsin phân tích theo phương pháp của Tseng et al. (1982) và enzyme amylase phân tích theo phương pháp của Bernfeld (1951). Hoạt tính của các enzyme được thể hiện bằng đơn vị U/phút/mg protein. Nồng độ protein trong mẫu được phân tích theo Bradford (1976).

2.4.3. Các yếu tố môi trường

Kiểm tra pH và độ mặn 2 lần/ngày nhằm bổ sung nước phèn và nước ót trong suốt thời gian thí nghiệm để duy trì mức pH và độ mặn ổn định theo nghiệm thức. Độ mặn được kiểm tra bằng khúc xạ kế. Nhiệt độ được kiểm tra 2 lần/ngày. pH và nhiệt độ được đo bằng bút cầm tay LAQUAtwin pH-22 (Horiba, Japan). Oxy được đo 2 lần/tuần bằng máy WTW-conventional portable meters ProfiLine Oxi 3205. Các chỉ tiêu NO₂⁻, TAN thu mẫu nước và phân tích 1 tuần/lần theo phương pháp Giess Ilosway và Indophenol blue. SO₄²⁻, Fe tổng và Al³⁺ được phân tích lúc ban đầu và kết thúc thí nghiệm. SO₄²⁻ được đo bằng phương pháp Turbidimetric Method (APHA, 2017). Al³⁺ được đo bằng phương pháp quang phổ dùng pyrocatechol tím (Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường (2000) và Fe tổng đo bằng phương pháp ortho-Phenanthroline (APHA, 2017).

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Các giá trị trung bình và độ lệch chuẩn được tính bằng phần mềm Microsoft Excel 2016. So sánh sự khác biệt giữa trung bình các nghiệm thức dựa vào phân tích ANOVA hai nhân tố, theo phép thử DUNCAN ở mức ý nghĩa p<0,05 sử dụng phần mềm SPSS 20.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Các yếu tố môi trường

Các mức pH trong bể luôn được duy trì theo yêu cầu của thí nghiệm, dao động không quá 0,1 đơn vị. Nhiệt độ của thí nghiệm dao động giữa sáng và chiều từ 26,78 đến 27,69°C. Hàm lượng oxy hòa tan (DO) của các nghiệm thức dao động trong khoảng 6,20 – 6,41 mg/L (Bảng 1). Nồng độ nitrite và Tổng đạm amon (TAN) tăng dần ở các nghiệm thức có pH càng giảm từ 7,5 đến 5,5. Nồng độ nitrite trong thí nghiệm có giá trị từ 0,28 đến 0,56 mg/L. TAN ở các nghiệm thức dao động từ 0,42 đến 3,93 mg/L. Nồng độ SO₄²⁻, Fe tổng và Al³⁺ trong thí nghiệm cũng tăng dần ở pH 6,5 và 5,5, đồng thời nồng độ của các chất này tăng dần theo độ mặn. Nồng độ SO₄²⁻ trong thí nghiệm dao động từ 57,4 đến 485 mg/L. Nồng độ Fe tổng trong thí nghiệm dao động trong khoảng 0,14 – 0,45 mg/L. Nồng độ Al³⁺ ở các nghiệm thức dao động từ 0,46 đến 1,67 mg/L (Bảng 2).

Các yếu tố môi trường như DO và nhiệt độ trong thí nghiệm phù hợp cho các loài cá phát triển theo nhận định của Boyd (1998). Sự biến động pH có thể ảnh hưởng đến độc tính của các hợp chất hoá học trong môi trường nước ao nuôi. Để duy trì pH theo mức yêu cầu, các nghiệm thức có pH thấp 5,5 được bổ sung lượng nước phèn nhiều hơn do đó nồng độ của NO₂⁻, TAN, SO₄²⁻, Fe tổng và Al³⁺ ở các nghiệm thức này tăng cao, và giảm dần ở các nghiệm thức có pH 6,5 và 7,5. Theo Boyd (1998), hàm lượng NO₂⁻ trong nuôi thủy sản nên nhỏ hơn 0,3 mg/L và TAN nằm trong khoảng 0,2 – 2 mg/L. Như vậy, nồng độ NO₂⁻ và TAN trong nghiên cứu này vượt nồng độ thích hợp cho động vật thủy sản nói chung theo nhận định của Boyd (1998). Tuy nhiên, cá tra là loài có cơ quan hô hấp phụ và có khả năng chịu đựng rất cao với NO₂⁻ và TAN, giá trị LC₅₀-96h của NO₂⁻ đối với cá tra giống (18±2 g) là 1,65 mM (tương đương 75,9 mg/L) (Lefevre et al., 2011). Theo Nguyễn (2017), cá tra giống chịu đựng tốt ở nồng độ TAN 6,5 mg/L. SO₄²⁻ là yếu tố hiện diện trong mẫu nước phèn ban đầu nên khi pha nước phèn (pH thấp) vào nước máy và nước ót để đạt được mức pH mong muốn thì hàm lượng SO₄²⁻ cao ở các nghiệm thức pH 5,5 và có sự tăng dần khi lên đến

độ mặn 9‰. Theo Boyd (1998), giới hạn của SO_4^{2-} cho thủy sinh vật môi trường nước ngọt dao động trong khoảng 5-100 mg/L. Như vậy, kết quả SO_4^{2-} trong thí nghiệm khá cao do có bổ sung nước phen để duy trì pH thấp. Giới hạn hàm lượng sắt trên động vật thủy sản nằm trong khoảng 0,05 – 0,5 mg/L (Boyd, 1998) và theo EPA (1986) Fe tổng tối đa không vượt quá 1,0 mg/L để bảo vệ động vật thủy sản khỏi tác hại của sắt. Như vậy, nồng độ của các yếu tố NO_2^- , TAN và sắt trong nghiên cứu này vẫn nằm trong mức cho phép đối với sự phát triển của động vật thủy sản. Tuy nhiên, hàm lượng Al^{3+} trong thí nghiệm khá cao, các nghiệm thức có pH 5,5 có Al^{3+} cao hơn hai mức pH còn lại và cũng tăng dần

khí lên độ mặn 9‰, Al^{3+} có giá trị cao nhất ở nghiệm thức pH 5,5 - 9‰ (1,67 mg/L). Gostomski (1990) cho rằng, khi pH nằm trong khoảng từ 6,5 đến 9,0 nồng độ Al^{3+} trong môi trường nước không vượt quá 0,75 mg/L để bảo vệ cá khỏi độc tính cấp tính và không vượt quá 0,087 mg/L để bảo vệ cá khỏi độc tính mãn tính. Bên cạnh, nhôm dễ hòa tan và độc hại hơn ở môi trường pH thấp (Botté et al., 2022). Như vậy, hàm lượng Al^{3+} trong nghiên cứu này ở các nghiệm thức có mức pH 5,5 và pH 6,5 (trừ nghiệm thức pH 6,5 – 3‰) đều vượt mức cho phép. Do đó, cần nghiên cứu tiếp theo về độc tính của Al^{3+} đối với cá tra giống để làm sáng tỏ có hay không ảnh hưởng của Al^{3+} đối với tăng trưởng và tỉ lệ sống của cá tra.

Bảng 1. Các yếu tố pH, nhiệt độ và DO trong quá trình thí nghiệm

Nghiệm thức	pH		Nhiệt độ (°C)		DO (mg/L)
	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều	
5,5-3‰	5,51±0,002	5,53±0,002	26,90±0,89	27,57±0,96	6,27±0,02
6,5-3‰	6,50±0,001	6,50±0,001	26,87±0,90	27,65±0,99	6,23±0,03
7,5-3‰	7,48±0,001	7,49±0,002	26,95±0,93	27,69±1,06	6,41±0,03
5,5-6‰	5,52±0,005	5,52±0,004	26,90±0,87	27,52±0,99	6,41±0,02
6,5-6‰	6,48±0,03	6,51±0,003	26,86±0,89	27,48±0,96	6,38±0,06
7,5-6‰	7,50±0,001	7,50±0,001	26,81±0,86	27,53±1,01	6,21±0,03
5,5-9‰	5,53±0,001	5,53±0,001	26,85±0,85	27,44±0,93	6,20±0,02
6,5-9‰	6,54±0,001	6,53±0,009	26,85±0,85	27,48±0,99	6,20±0,02
7,5-9‰	7,50±0,002	7,49±0,016	26,78±0,85	27,53±0,97	6,32±0,05

Ghi chú: Số liệu trình bày là trung bình±độ lệch chuẩn

Bảng 2. Các yếu tố NO_2^- , TAN và Fe tổng, Al^{3+} , SO_4^{2-} trong quá trình thí nghiệm

Chỉ tiêu	NO_2^- (mg/L)	TAN (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	Fe tổng (mg/L)	Al^{3+} (mg/L)
5,5-3‰	0,39±0,03	2,43±0,11	265±7,02	0,39±0,01	1,14±0,11
6,5-3‰	0,31±0,02	1,11±0,04	180±6,23	0,23±0,01	0,71±0,07
7,5-3‰	0,28±0,01	0,42±0,02	57,4±0,74	0,14±0,01	0,46±0,04
5,5-6‰	0,40±0,07	3,19±0,07	405±10,8	0,43±0,02	1,53±0,07
6,5-6‰	0,33±0,07	1,40±0,05	224±6,72	0,27 ±0,01	0,81±0,06
7,5-6‰	0,29±0,05	0,68±0,03	168±8,23	0,18±0,02	0,58±0,01
5,5-9‰	0,56±0,02	3,93±0,09	485±19,6	0,45±0,03	1,67±0,04
6,5-9‰	0,35±0,05	1,63±0,10	259±6,23	0,35±0,02	1,05±0,10
7,5-9‰	0,30±0,01	0,88±0,09	180±3,09	0,20±0,02	0,64±0,08

Ghi chú: Số liệu trình bày là trung bình±độ lệch chuẩn

3.2. Tăng trưởng về khối lượng và chiều dài

Kết quả cho thấy có sự tác động của từng nhân tố pH và độ mặn nhưng không có sự tương tác giữa hai yếu tố này lên tốc độ tăng trưởng về khối lượng và chiều dài của cá trong quá trình thí nghiệm (Bảng 3). Cụ thể, khi bắt đầu thí nghiệm, cá tra có khối lượng trung bình là 15,2±0,93 g/con, sau 30 ngày nuôi nhóm cá ở mức pH 6,5 có khối lượng và chiều dài cao nhất và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với hai mức pH 7,5 và pH 5,5 (p<0,05). Xét về yếu tố độ mặn, khối lượng và chiều dài của cá giảm dần có

ý nghĩa thống kê khi độ mặn tăng, đạt khối lượng lớn nhất ở nhóm cá có độ mặn 3‰ và thấp nhất ở nhóm 9‰ (p<0,05). Đến thời điểm 60 ngày, có sự tác động rõ của từng nhân tố pH và độ mặn lên tăng trưởng của cá thí nghiệm. Cá nuôi ở nhóm pH 6,5 vẫn đạt khối lượng và chiều dài cao nhất, kể đến là nghiệm thức pH 7,5 và thấp nhất là pH 5,5. Xét về yếu tố độ mặn, khối lượng và chiều dài của cá giảm dần theo sự tăng độ mặn, đạt giá trị cao nhất ở 3‰, khác biệt có ý nghĩa thống kê so với 6‰ và 9‰ (p<0,05). Qua đó cho thấy cá tra tăng trưởng tốt trong môi trường pH 6,5 và độ mặn 3‰. Tăng

trường của cá bị ảnh hưởng bởi môi trường pH thấp hơn hoặc độ mặn cao hơn. Nghiệm thức có khối lượng và chiều dài cao nhất là nghiệm thức pH 6,5-

3‰ (lần lượt là 31,8±2,10 g và 14,4±0,31 cm) và thấp nhất là nghiệm thức pH 5,5 - 9‰ (lần lượt là 22,2±1,19 g và 12,8±0,25 cm).

Bảng 3. Khối lượng (A) và chiều dài (B) của cá tra ở các mức pH và độ mặn (S) khác nhau

Nghiệm thức	Khối lượng (g/con)			Chiều dài (cm/ngày)		
	Ngày 0	Ngày 30	Ngày 60	Ngày 0	Ngày 30	Ngày 60
pH*S	5,5-3‰	20,6±0,94	25,6±1,48		12,9±0,10	13,6±0,18
	6,5-3‰	26,2±1,67	31,8±2,10		13,7±0,07	14,4±0,31
	7,5-3‰	22,9±0,12	27,1±0,79		13,3±0,23	14,0±0,30
	5,5-6‰	15,2±0,93	19,8±1,96	30,0±2,37	11,6±0,62	12,7±0,24
	6,5-6‰	25,7±1,10	23,2±1,19		13,5±0,31	13,1±0,15
	7,5-6‰	22,8±0,95	26,6±0,57		13,3±0,18	14,3±0,32
	5,5-9‰	18,4±0,65	22,2±1,19		13,3±0,18	12,8±0,25
	6,5-9‰	23,9±0,77	22,2±1,19		12,5±0,29	13,4±0,20
	7,5-9‰	22,1±0,44	28,8±1,48		13,4±0,20	13,7±0,19
pH	5,5	19,6±1,49 ^a	23,7±1,84 ^a		12,7±0,27 ^a	13,2±0,41 ^a
	6,5	25,2±1,49 ^c	30,2±2,19 ^c		13,6±0,21 ^c	14,3±0,26 ^c
	7,5	22,6±0,65 ^b	26,1±1,23 ^b		13,3±0,16 ^b	13,9±0,21 ^b
S	3‰	23,2±2,61 ^A	28,2±3,12 ^B		13,3±0,36 ^B	14,0±0,41 ^B
	6‰	22,8±2,80 ^A	26,6±3,23 ^A		13,2±0,44 ^{AB}	13,7±0,55 ^A
	9‰	21,4±2,48 ^B	25,2±3,02 ^A		13,1±0,47 ^A	13,6±0,68 ^A
P Value	pH*S	0,764	0,814		0,696	0,132
	S	0,008	0,001		0,054	0,009
	pH	0,000	0,000		0,000	0,000

Ghi chú: Số liệu trình bày là trung bình±độ lệch chuẩn. Các ký tự khác nhau (a, b, c) thể hiện sự khác biệt giữa 3 mức pH và (A, B) thể hiện sự khác biệt giữa 3 mức độ mặn ở mức ý nghĩa (p<0,05).

Theo các kết quả nghiên cứu trước, cá tra ở các giai đoạn khác nhau đều có khả năng tăng trưởng tốt ở các độ mặn từ 0 đến 10‰. Chẳng hạn theo nghiên cứu của Ha et al. (2021), cá tra bột sau 60 ngày ương có tốc độ tăng trưởng tương đương ở độ mặn từ 0 đến 9‰, tăng trưởng cao nhất ở 9‰ và giảm ở độ mặn 12‰ đến 15‰. Theo Phuc (2015), tăng trưởng của cá tra giống cao nhất ở 10‰, khác biệt không có ý nghĩa so với độ mặn 0, 2 và 6‰, tăng trưởng của cá giảm ở độ mặn 14 và 18‰. Cá tra kích cỡ thương phẩm cũng có tăng trưởng tốt nhất ở độ mặn 5 và 10‰, và tăng trưởng giảm ở độ mặn 15‰ (Khaing, 2021). Trong nghiên cứu của Hieu (2022), cá tra bột 10 ngày tuổi thuần hóa trong các độ mặn 0, 5, 10, 15 và 20‰ trong 10 ngày cho kết quả khối lượng của cá ở các độ mặn 0, 5 và 10‰ gần như tương nhau, khi độ mặn tăng lên 15 đến 20‰ thì khối lượng của cá giảm thấp (p<0,05). Đối với cá tra giai đoạn giống, sau 20 ngày thuần hóa với các độ mặn như trên và tiếp tục nuôi trong 14 ngày thì khối lượng cá tăng cao nhất ở độ mặn 5‰. Qua đó cho thấy tăng trưởng của cá tra cao hơn khi được ương nuôi ở độ mặn 9-10‰. Điều này là do 9‰ là điểm đẳng áp của cá tra (Huong & Quyên, 2012), khi cá tra được nuôi

ở độ mặn gần điểm đẳng áp cá ít tốn năng lượng cho quá trình điều hòa áp suất thẩm thấu do đó cá tiết kiệm năng lượng cho sự tăng trưởng dẫn đến tăng trưởng của cá là cao nhất (Jahan et al., 2019). Các nghiên cứu trên cho thấy độ mặn tối ưu cho tăng trưởng của cá tra ở khoảng 9 - 10‰. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này cá tăng trưởng tốt nhất ở độ mặn 3‰, nghiệm thức có khối lượng cá cao nhất là pH 6,5-3‰. Như vậy, có thể khi có sự kết hợp giữa độ mặn và nước phèn có pH thấp thì độ mặn tối ưu cho tăng trưởng của cá giảm. Điều này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu trên dòng cá tra chịu mặn. Theo Hai et al. (2022), dòng cá tra chịu mặn (cá bố mẹ có tăng trưởng tốt nhất ở độ mặn 10‰) ương ở 5‰ có tốc độ tăng trưởng tốt nhất so với 15 và 20‰ nhưng không khác biệt với 0 và 10‰. Nghiên cứu gần đây của Ha et al. (2023) cũng có kết quả tương tự, tốc độ tăng trưởng của cá tra chịu mặn đạt cao nhất ở mức pH 6,5 kết hợp 3‰ khi nuôi ở các mức nước phèn và độ mặn khác nhau.

Đối với yếu tố pH, nghiên cứu này cho thấy cá tra tăng trưởng tốt nhất ở pH 6,5 khi so sánh với pH 5,5 và 7,5. Kết quả này cũng phù hợp với nhận định

của Ha et al. (2022), nghiên cứu đầu tiên về đánh giá ảnh hưởng riêng lẻ của nước phèn có pH thấp lên tăng trưởng của cá tra. Nhóm tác giả nhận định rằng môi trường pH 6,5 cá có tốc độ tăng trưởng về khối lượng lẫn chiều dài tốt hơn các mức pH 4,5, 5,0, 5,5, 6,0 và 7,21 (đối chứng), tăng trưởng thấp nhất ở pH 4,5. Sahu & Datta (2018) cho thấy rằng phạm vi pH tối ưu cho tăng trưởng của cá sặc gấm (1,43 g) được

tim thấy là 6,5 đến 7,5. Khối lượng cá trăm cỏ tăng cao nhất ở pH 7,0 là 36,1 g/con, thấp nhất ở pH 6,0 là 23,3 g/con (Tiwary et al., 2013). Nhìn chung, qua kết quả về tăng trưởng khối lượng và chiều dài của cá cho thấy cá tra có khả năng phát triển tốt trong môi trường nước nhiễm phèn nhẹ (pH 6,5) và nhiễm mặn nhẹ (3‰). Khi pH giảm thấp hơn 6,5 và độ mặn tăng cao hơn 3‰ thì tăng trưởng của cá giảm.

Bảng 4. Tốc độ tăng trưởng tuyệt đối (DWG) (A) và tốc độ tăng trưởng tương đối (SGR) (B) của cá tra ở các mức pH và độ mặn (S) khác nhau

	Nghiệm thức	DWG (g/ngày)	SGR (%/ngày)
pH*S	5,5-3‰	0,174±0,025	0,87±0,10
	6,5-3‰	0,277±0,035	1,23±0,11
	7,5-3‰	0,197±0,013	0,96±0,05
	5,5-6‰	0,132±0,020	0,70±0,09
	6,5-6‰	0,246±0,039	1,12±0,13
	7,5-6‰	0,189±0,010	0,93±0,04
	5,5-9‰	0,116±0,014	0,63±0,06
	6,5-9‰	0,226±0,025	1,06±0,09
	7,5-9‰	0,158±0,010	0,80±0,04
pH	5,5	0,141±0,031 ^a	0,73±0,13 ^a
	6,5	0,250±0,037 ^c	1,14±0,12 ^c
	7,5	0,181±0,021 ^b	0,90±0,08 ^b
S	3‰	0,215±0,052 ^B	1,02±0,18 ^C
	6‰	0,189±0,054 ^A	0,92±0,20 ^B
	9‰	0,167±0,050 ^A	0,83±0,20 ^A
P Value	<i>pH*S</i>	0,812	0,668
	Độ mặn	0,001	0,001
	<i>pH</i>	0,000	0,000

Ghi chú: Số liệu trình bày là trung bình±độ lệch chuẩn. Các ký tự khác nhau (a, b) thể hiện sự khác biệt giữa 3 mức pH và (A, B, C) thể hiện sự khác biệt giữa 3 mức độ mặn ở mức ý nghĩa ($p < 0,05$).

Tương tự, tốc độ tăng trưởng tuyệt đối (DWG) và tốc độ tăng trưởng tương đối (SGR) về khối lượng của cá tra sau 60 ngày cũng bị tác động bởi từng nhân tố pH và độ mặn, nhưng không có sự tương tác giữa hai yếu tố này lên DWG và SGR của cá. Xét về pH, DWG và SGR đạt cao nhất ở mức pH 6,5, kể đến là 7,5 và giảm thấp ở pH 5,5, giữa 3 mức pH khác biệt có ý nghĩa thống kê với nhau ($p < 0,05$). Về độ mặn, sau 60 ngày nuôi ở độ mặn 3‰ có DWG và SGR cao nhất khác biệt có ý nghĩa thống kê với độ mặn 6‰ và 9‰ ($p < 0,05$). Nhìn chung, cá tra có tốc độ tăng trưởng DWG và SGR cao nhất ở mức pH 6,5 và độ mặn 3‰ (0,277±0,035 g/ngày và 1,23±0,11 %/ngày), kể đến là nghiệm thức pH 6,5-6‰ với DWG và SGR lần lượt là 0,246±0,039 g/ngày và 1,12±0,13 %/ngày. Các nghiệm thức có DWG và SGR rất thấp như 5,5-3‰, 5,5-6‰, 5,5-9‰ và 7,5-9‰ (Bảng 4).

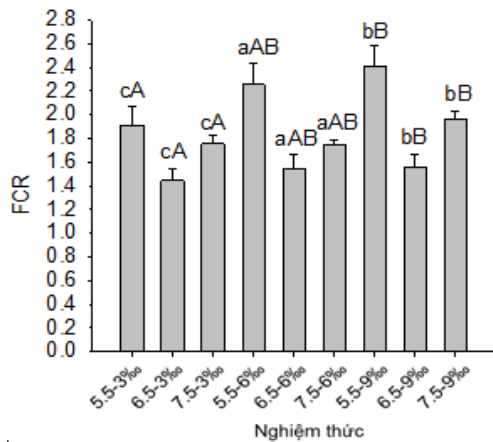
Kết quả của nghiên cứu hiện tại tương tự với nghiên cứu của Jahan et al. (2019), SGR của cá tra

giống ở độ mặn 4‰ cao hơn có ý nghĩa so với 0, 8 và 12‰. Kết quả này cũng tương đồng với nghiên cứu trên các loài cá nước ngọt khác như Hương và ctv. (2020) cho thấy DWG và SGR của cá lóc giai đoạn bột đạt giá trị cao khi ương ở 0 và 3‰, và giảm ở độ mặn 6, 9 và 12‰ ($p < 0,05$). Hương và Trinh (2013) ghi nhận nuôi cá lóc giống ở các độ mặn 0, 3, 9 và 12‰ sau 90 ngày cho kết quả DWG và SGR cao nhất ở nghiệm thức 3‰, kể đến là 0‰, khác biệt có ý nghĩa với nghiệm thức 9 và 12‰. Tuyên và Triều (2019) cho rằng cá sặc rằn (92,5 mg/con) có tăng trưởng tốt nhất sau 30 ngày ương ở độ mặn 3‰ và thấp nhất ở độ mặn 9‰. Đối với yếu tố pH, nghiên cứu này cho thấy ở pH 6,5 cá tra có tăng trưởng tốt nhất, tốt hơn trong môi trường pH 7,5 và cá giảm tăng trưởng ở môi trường thấp (pH 5,5). Kết quả này cũng tương đồng với nghiên cứu của Tuấn và ctv. (2019), cá chột bông (*P. siamensis*) có tốc độ tăng trưởng ở pH 6 và 7 cao hơn so với pH 4 và pH 8. Lopes et al. (2001) cho rằng cá da trơn (*R. queen*) giai đoạn bột ương trong môi trường pH 5,5 có tăng

trường giảm thấp hơn so với pH 6,0 và 7,0. Nghiên cứu của Ha et al. (2022) về ảnh hưởng của nước phèn lên cá tra giống cho thấy DWG cao nhất ở pH 6,5 với giá trị $0,482 \pm 0,004$ g/ngày và DWG giảm khi giảm pH. Cũng giống với kết quả trong nghiên cứu này, cá tra chịu mặn cũng có DWG và SGR đạt cao nhất khi nuôi ở pH 6,5-3‰ so với các mức pH 5,5 và 7,5 kết hợp với độ mặn 3, 6 và 9‰ (Ha et al., 2023). Kết quả này một lần nữa khẳng định môi trường pH 6,5 thích hợp cho tăng trưởng của cá tra và cá tra có khả năng phát triển tốt trong điều kiện nhiễm phèn nhẹ (pH 6,5) và nhiễm mặn nhẹ (3‰).

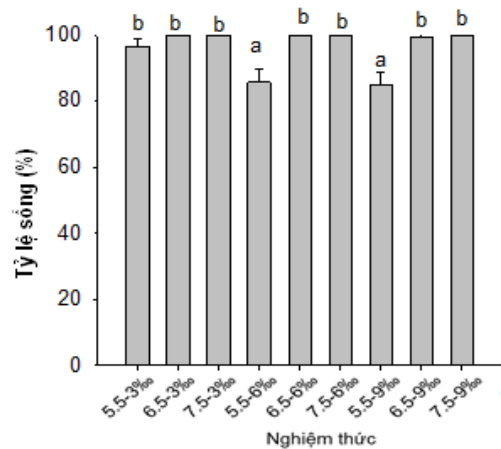
3.3. Hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR)

Hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR) của cá tra sau 60 ngày nuôi không bị ảnh hưởng tương tác của pH và độ mặn nhưng lại bị tác động riêng lẻ bởi từng nhân tố. Hệ số thức ăn FCR của cá tra dao động từ 1,44 đến 2,41 (Hình 1). Hệ số FCR thấp nhất ở các nghiệm thức pH 6,5, tăng dần ở pH 7,5 và cao nhất ở pH 5,5, FCR giữa các mức pH khác biệt có ý nghĩa thống kê với nhau ($p < 0,05$). Bên cạnh đó, hệ số FCR của cá cũng tăng dần theo độ mặn từ 3 đến 9‰. FCR ở độ mặn 3‰ là thấp nhất và khác biệt có ý nghĩa so với 9‰ ($p < 0,05$). Cụ thể, ở nghiệm thức pH 6,5-3‰ có hệ số FCR thấp nhất ($1,44 \pm 0,18$) và cao nhất ở nghiệm thức pH 5,5-9‰ ($2,41 \pm 0,30$), FCR ở hai nghiệm thức này có khác biệt về mặt thống kê ($p > 0,05$).



Hình 1. FCR của cá tra giống ở các mức pH và độ mặn khác nhau

Ghi chú: Các ký tự khác nhau (a, b) thể hiện sự khác biệt giữa 3 mức pH và (A, B) thể hiện sự khác biệt giữa 3 mức độ mặn ở mức ý nghĩa ($p < 0,05$).



Hình 2. Tỷ lệ sống của cá tra giống ở các mức pH và độ mặn khác nhau

Ghi chú: Các ký tự khác nhau (a, b) thể hiện sự khác biệt giữa các nghiệm thức ở mức ý nghĩa ($p < 0,05$)

Theo kết quả nghiên cứu của Ha et al. (2022), môi trường nước phèn (pH thấp) ảnh hưởng đến FCR của cá tra. Theo đó, giá trị FCR cao nhất (1,64) được ghi nhận ở nghiệm thức pH 4,5, cao hơn đáng kể so với các nghiệm thức pH 5,0, 5,5, 6,0 và đối chứng, trong khi FCR thấp nhất (1,08) được tìm thấy ở nghiệm thức pH 6,5. Theo Sahu and Datta (2018), hệ số FCR của cá sặc gấm cũng tăng cao khi bị ảnh hưởng của pH thấp, cụ thể ở nghiệm thức đối chứng pH $7 \pm 0,25$ có FCR là $1,02 \pm 0,00$ khác biệt rõ rệt so với mức pH $5 \pm 0,25$ và pH $6 \pm 0,25$ (lần lượt có FCR là $4,80 \pm 0,10$ và $2,05 \pm 0,01$) ($p < 0,05$). Nghiên cứu trên dòng cá tra chịu mặn Ha et al. (2023) đã báo cáo rằng hệ số FCR của cá tra cũng đạt giá trị thấp nhất (1,04) ở mức pH 6,5 - 3‰ và tăng cao nhất (1,81) ở mức pH 5,5-9‰. Trong nghiên cứu này, sau 60 ngày nuôi trong môi trường pH 6,5-3‰ cá tra có tăng trọng là 16,6 g và hệ số FCR thấp nhất đạt 1,44 và nghiên cứu của Phuc (2015) khi nuôi ở độ mặn 0‰ cá có tăng trọng là 13,47 g và hệ số FCR là 1,45. Cả hai nghiên cứu có cùng kích cỡ cá ban đầu (15 - 20 g) và cùng thời gian thí nghiệm. Qua đó cho thấy cá tra trong nghiên cứu này mặc dù được nuôi trong môi trường nhiễm phèn (pH 6,5) và nhiễm mặn nhẹ (3‰) nhưng có tốc độ tăng trưởng tương đương với cá nuôi trong môi trường nước ngọt. Đối với các nghiệm thức có pH thấp 5,5 và độ mặn cao 6 và 9‰, cá phải sử dụng năng lượng từ thức ăn để bù đắp cho năng lượng tiêu hao của cơ thể nên làm chậm quá trình tăng trưởng và làm tăng hệ số FCR của cá. Cá ở nghiệm thức pH 6,5 có FCR thấp nhất chứng tỏ hiệu quả sử dụng thức ăn cao do vậy cá có tốc độ tăng trưởng cao.

3.4. Tỷ lệ sống

Có sự tương tác giữa pH và độ mặn lên tỷ lệ sống của cá tra giống sau 60 ngày nuôi ($p < 0,05$), tỷ lệ sống dao động từ 85 đến 100%. Tỷ lệ sống của cá giảm khi nuôi ở mức pH 5,5 kết hợp với độ mặn 6 và 9‰. Nghiệm thức pH 5,5-9‰ có tỷ lệ sống thấp nhất ($85 \pm 3,82\%$) và tiếp đến là nghiệm thức pH 5,5-6‰ ($85,8 \pm 4,17\%$) khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$) (Hình 2). Trong quá trình thí nghiệm, cá ở các nghiệm thức pH 5,5-9‰ và pH 5,5-6‰ bắt mồi kém và có khối lượng giảm so với ban đầu bố trí. Nguyên nhân có thể do cá không chịu đựng được môi trường sống có pH thấp kết hợp độ mặn cao trong thời gian dài, cá giảm bắt mồi, dần còi cọc và chết. Việc giảm tỷ lệ sống trong môi trường pH thấp được giải thích là do pH thấp làm giảm tỷ lệ hấp thu ion qua mang dẫn đến rối loạn điều hoà ion ở cá (Laurent et al., 2000). pH thấp còn gây ức chế sự bài tiết NH_3 qua mang (Wilkie, 1997) và ảnh hưởng đến sự trao đổi ion natri và chloride (Brown & Sadler, 1989). Khi một hoặc cả hai ion natri và chloride giảm hơn 30% so với mức bình thường có thể gây tử vong ở cá (Wood, 1989). Sự giảm nồng độ ion Na^+ và Cl^- cũng được thể hiện trong nghiên cứu của Ha (2023) trên dòng cá tra chịu mặn khi nuôi trong nước phèn có mức pH 5,5 so với mức pH 6,5 và 7,5. Ngoài ra, nghiên cứu của Ha et al. (2023) còn cho thấy cá tra chịu mặn cũng có tỷ lệ sống giảm khi nuôi trong môi trường pH 5,5-9‰. Tuy nhiên, theo nghiên cứu của Ha et al. (2022), cá tra sống trong môi trường nước phèn có pH từ 4,5 đến 6,5 không ảnh hưởng đến tỷ lệ sống của cá, tỷ lệ sống dao động từ 92,5 đến 96,7%. Phuc (2015) cho rằng tỷ lệ sống của cá tra giống không khác biệt khi nuôi ở độ mặn từ 2 đến 10‰. Các kết quả này cho thấy tỷ lệ sống của cá tra không bị tác động bởi từng yếu tố nước phèn (pH 5,5 đến 7,5) hoặc độ mặn (3 đến 10‰) riêng lẻ nhưng khi trong môi trường nuôi có sự hiện diện của cả nước phèn pH thấp 5,5 và độ mặn cao 9‰ sẽ làm giảm tỷ lệ sống của cá tra.

3.5. Hoạt tính enzyme tiêu hóa trong ruột và dạ dày

Bảng 5 cho thấy có sự tương tác giữa pH và độ mặn đến hoạt tính enzyme trypsin trong ruột cá. Cụ thể, ở nghiệm thức pH 7,5 - 3‰ có hoạt tính trypsin cao nhất ($0,0085 \pm 0,0001$ U/phút/mg protein) khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$). Hoạt tính trypsin có xu hướng giảm ở các nghiệm thức pH 5,5 và tăng cao hơn ở các nghiệm thức pH 6,5 và 7,5 ở cả 3 mức độ mặn. Hoạt tính chymotrypsin cũng bị ảnh hưởng bởi sự tương

tác giữa pH và độ mặn. Hoạt tính chymotrypsin cao ở độ mặn 3‰ kết hợp với cả 3 mức pH, ở độ mặn 6‰ kết hợp với pH 6,5 và 7,5 và ở độ mặn 9‰ kết hợp pH 7,5. Trong đó, nghiệm thức pH 7,5 - 9‰ có hoạt tính enzyme chymotrypsin cao nhất ($485 \pm 25,1$ U/phút/mg protein) khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$). Các nghiệm thức pH 5,5-6‰, 5,5-9‰ và 6,5-9‰ có hoạt tính chymotrypsin giảm thấp hơn so với các nghiệm thức khác ($p < 0,05$). Riêng hoạt tính amylase trong ruột cá chỉ bị ảnh hưởng bởi độ mặn, hoạt tính amylase có xu hướng tăng khi độ mặn tăng, cao nhất ở nhóm độ mặn 9‰ và khác biệt có ý nghĩa so với nhóm 3‰. Tương tự như amylase ở ruột, hoạt tính enzyme amylase ở dạ dày cũng bị ảnh hưởng bởi yếu tố độ mặn. Hoạt tính amylase giảm thấp tại nhóm độ mặn 3‰ khác biệt có ý nghĩa so với nhóm độ mặn 6‰ và 9‰ ($p < 0,05$). Riêng hoạt tính enzyme pepsin không bị ảnh hưởng bởi pH và độ mặn trong thí nghiệm ($p > 0,05$). Hoạt tính pepsin dao động trong khoảng 0,098 – 0,054 (U/phút/mg protein) (Bảng 5).

Nghiên cứu hiện tại cho thấy tăng trưởng của cá tra chỉ bị ảnh hưởng riêng lẻ của pH hoặc độ mặn nhưng hoạt tính enzyme tiêu hóa trypsin và chymotrypsin ở ruột cá tra bị ảnh hưởng tương tác của hai nhân tố này. Sự tác động đồng thời của pH và độ mặn đã làm hoạt tính enzyme trypsin và chymotrypsin giảm ở các nghiệm thức pH 5,5 kết hợp độ mặn 6 và 9‰ và ở nghiệm thức pH 6,5-9‰. Kết quả tăng trưởng ở Bảng 3 và Bảng 4 cho thấy, cá ở các nghiệm thức này có tốc độ tăng trưởng thấp hơn các nghiệm thức còn lại. Ngoài ra, Hình 1 và Hình 2 cho thấy nghiệm thức pH 5,5-6‰ và pH 5,5-9‰ có hệ số FCR tăng và tỷ lệ sống giảm có ý nghĩa so với các nghiệm thức khác. Như vậy, việc giảm hoạt tính enzyme tiêu hóa dẫn đến giảm sự thèm ăn, giảm hấp thu dưỡng chất gây ảnh hưởng đến tăng trưởng, tỷ lệ sống và làm gia tăng hệ số FCR ở cá tra trong nghiên cứu này. Kết quả cũng tương tự với nghiên cứu của Ibrahim et al. (2020) trên cá chép (*Cyprinus carpio*), khi nuôi cá ở các mức pH 5,0, 5,8 và 6,6 ghi nhận có biểu hiện hoại tử và teo nhưng mao ruột, phù nề dưới niêm mạc, hoại tử niêm mạc và sự tổn thương biểu mô niêm mạc. Sự tổn thương này làm giảm lượng enzym được tiết ra, do đó làm suy giảm các quá trình tiêu hóa, hấp thu chất dinh dưỡng của cá. Nghiên cứu trên cá tra giống của Ha et al. (2022) cho thấy hoạt tính trypsin và chymotrypsin cũng bị ảnh hưởng bởi nước phèn pH thấp, hoạt tính hai enzyme này giảm ở các mức pH từ 4,5 đến 5,0 và tăng dần ở các mức pH 5,5; 6,0 và 6,5; và giảm nhẹ ở nghiệm thức đối chứng (pH 7,21). Abbink et al. (2012) cho rằng pH thấp ảnh

hưởng đến hiệu suất tăng trưởng, sự thèm ăn và hiệu quả chuyển hóa thức ăn cũng như làm gián đoạn sự cân bằng nội môi ở cá. Ngoài ra, nghiên cứu này cho thấy enzyme amylase ở ruột và dạ dày cá tăng ở độ mặn 6 và 9‰ so với độ mặn 3‰. Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Hieu (2022), độ mặn làm tăng mạnh hoạt tính enzyme tiêu hóa trên cá tra khi nuôi ở 10 đến 20‰. Một số nghiên cứu ghi nhận cá sống trong môi trường nước ngọt khi chuyển vào môi trường có độ mặn, cá sẽ tăng cường uống nước để bù lại lượng nước mất đi, điều này làm thay đổi pH trong hệ tiêu hóa của cá gây ảnh hưởng đến hoạt tính enzyme tiêu hóa (Bath & Eddy, 1979; Boeuf & Payan, 2001). Việc tăng cường uống nước dưới môi trường ưu trương có thể là lý do chính làm tăng hoạt tính enzyme tiêu hóa ở cá (Hieu, 2022). Ngoài ra, sự thay đổi hình thái ruột như sự tăng tiết chất nhầy trong điều kiện độ mặn tăng cũng được xem là một trong những nguyên nhân dẫn đến hoạt động

amylase được tăng cường (Tran et al., 2017). Bên cạnh, một số tác giả cho rằng hoạt tính của enzyme tiêu hóa sẽ được kích thích trong môi trường ưu trương (Hamed et al., 2016; Tsuzuki et al., 2007). Nghiên cứu của Ái (chưa công bố) thực hiện với cùng mức pH và độ mặn như nghiên cứu này cho thấy cá tra nuôi trong môi trường pH 6,5-3‰ không hoặc ít ảnh hưởng đến các chỉ tiêu sinh lý như cá không bị stress, quá trình trao đổi ion (ion Na⁺ và ion Cl⁻) ít bị ảnh hưởng sau 14 ngày nuôi. Bên cạnh đó, Hình 1 cho thấy FCR của cá tra ở nghiệm thức pH 6,5-3‰ là thấp nhất. Hoạt tính enzyme tiêu hóa trypsin, chymotrypsin và amylase trong ruột cá tra ở nghiệm thức pH 6,5-3‰ khá cao (Bảng 5). Điều này chứng tỏ cá ở nghiệm thức pH 6,5-3‰ tiêu hóa và hấp thu thức ăn tốt, cá ít tốn năng lượng để điều hòa quá trình sinh lý và sử dụng năng lượng từ thức ăn một cách hiệu quả do đó cá ở nghiệm thức này có tốc độ tăng trưởng cao nhất.

Bảng 5. Hoạt tính enzyme tiêu hóa pepsin và amylase trong dạ dày (U/phút/mg protein) của cá tra ở các mức pH và độ mặn (S) khác nhau

	Nghiệm thức (pH- độ mặn)	Trypsin	Chymotrypsin	Amylase ruột	Amylase dạ dày	Pepsin
pH* S	5,5-3‰	0,0057±0,0009 ^a	325±22,3 ^{bc}	0,76±0,03	0,62±0,04	0,079±0,013
	6,5-3‰	0,0065±0,0002 ^a	313±22,4 ^{bc}	0,97±0,05	0,51±0,03	0,067±0,004
	7,5-3‰	0,0085±0,0001 ^b	318±35,6 ^{bc}	0,95±0,02	0,48±0,06	0,073±0,005
	5,5-6‰	0,0052±0,0006 ^a	206±17,6 ^a	0,95±0,06	0,71±0,07	0,098±0,004
	6,5-6‰	0,0068±0,0011 ^a	305±14,7 ^{bc}	0,99±0,04	0,60±0,07	0,084±0,008
	7,5-6‰	0,0053±0,0002 ^a	365±25,2 ^c	0,99±0,06	0,99±0,21	0,077±0,012
	5,5-9‰	0,0059±0,0003 ^a	261±24,0 ^{ab}	1,11±0,10	0,71±0,11	0,054±0,006
	6,5-9‰	0,0061±0,0005 ^a	240±38,4 ^{ab}	1,03±0,08	0,77±0,08	0,076±0,013
	7,5-9‰	0,0063±0,0002 ^a	485±25,1 ^d	1,05±0,07	0,71±0,09	0,082±0,009
pH	5,5	0,0058±0,0004	267±20,9	0,94±0,06	0,68±0,04	0,075±0,007
	6,5	0,0064±0,0004	281±17,6	1,00±0,03	0,63±0,05	0,076±0,005
	7,5	0,0067±0,0005	392±29,0	1,00±0,03	0,73±0,10	0,078±0,005
S	3‰	0,0069±0,0005	314±15,1	0,89±0,04 ^A	0,54±0,03 ^A	0,073±0,005
	6‰	0,0057±0,0004	295±26,8	0,98±0,03 ^{AB}	0,76±0,09 ^B	0,085±0,005
	9‰	0,0062±0,0002	331±41,7	1,06±0,04 ^B	0,73±0,05 ^B	0,071±0,006
P-value	pH	0,072	0,000	0,452	0,482	0,962
	S	0,068	0,228	0,012	0,026	0,095
	pH × S	0,041	0,000	0,192	0,128	0,114

Ghi chú: Các giá trị trên bảng là trung bình ± độ lệch chuẩn. Các ký tự khác nhau (a, b, c), (A, B) trong cùng một cột thì khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05).

4. KẾT LUẬN

Nước phèn (pH thấp) và độ mặn đã tác động đến tăng trưởng của cá tra, môi trường pH 5,5 và độ mặn tăng 6 -9‰ làm giảm tăng trưởng và tăng FCR ở cá. Tỷ lệ sống của cá giảm trong môi trường pH 5,5 - 6‰ và pH 5,5-9‰. Hoạt tính enzyme tiêu hóa chymotrypsin giảm ở pH 5,5 kết hợp độ mặn 6 và 9‰, trong khi hoạt tính amylase trong ruột và dạ dày tăng ở độ mặn 6 và 9‰, và hoạt tính enzyme tiêu

hóa trypsin tăng ở pH 7,5-3‰. Kết quả này cho thấy rằng cá tra có khả năng phát triển tốt trong môi trường nhiễm phèn nhẹ với pH 6,5 và nhiễm mặn nhẹ 3‰.

LỜI CẢM ƠN

Đề tài này được tài trợ bởi Trường Đại học Cần Thơ, Mã số: T2022-120.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- APHA. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd edition). American Public Health Association, Washington DC.
- Abbink, W., Garcia, A. B., Roques, J. A. C., Partridge, G. J., Kloet, K., & Schneider, O. (2012). The effect of temperature and pH on the growth and physiological response of juvenile yellowtail kingfish *Seriola lalandi* in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*, 330, 130-135. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.043>.
- Ái, N. D. (chưa công bố). *Ảnh hưởng của nước phèn và độ mặn lên sinh lý, tăng trưởng và enzym tiêu hóa của cá tra giống (Pangasianodon hypophthalmus)* (Luận văn thạc sĩ). Trường Đại học Cần Thơ.
- Bath, R. N., & Eddy, F. B. (1979). Salt and water balance in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) rapidly transferred from fresh water to sea water. *Journal of Experimental Biology*, 83(1), 193-202. <https://doi.org/10.1242/jeb.83.1.193>.
- Bernfeld, P. (1951). Enzymes of starch degradation and synthesis. *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology*, 12, 379-428. <https://doi.org/10.1002/9780470122570.ch7>
- Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016). *Tóm tắt kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam*. Nhà xuất bản Tài Nguyên – Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
- Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường (2000). *Chất lượng nước – Xác định nhôm – Phương pháp đo phổ dùng Pyrocatechol tím (TCVN 6623: 2000; ISO 10566: 1994)*.
- Boeuf, G., & Payan, P. (2001). How should salinity influence fish growth? *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 130(4), 411-423. [https://doi.org/10.1016/S1532-0456\(01\)00268-X](https://doi.org/10.1016/S1532-0456(01)00268-X)
- Bôi, N. V. Q., Anh, N. L. A., & Lương, N. T. (2020). Ảnh hưởng của xâm nhập mặn và thời tiết cực đoan đến hoạt động ương-nuôi cá tra tại Sóc Trăng. *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, 4, 2-9.
- Botté, A., Zaidi, M., Guery, J., Fichet, D., & Leignel, V. (2022). Aluminium in aquatic environments: abundance and ecotoxicological impacts. *Aquatic Ecology*, 56(3), 751-773. <https://doi.org/10.1007/s10452-021-09936-4>
- Boyd, C. E. (1998). *Water quality for pond aquaculture*. Auburn, Alabama. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5407-3_4
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248-254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Brown, D. J. A., & Sadler, K. (1989). Fish survival in acid waters. In: Moris, R., Taylor, E. W., Brown, D. J. A., & Brown, J. A. (Eds), *Acid toxicity and aquatic animals*. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511983344.004>
- Cục Trồng trọt (Bộ Nông Nghiệp và Phát triển Nông Thôn). (2017). *Đất nhiễm phèn, mặn tại Đồng Bằng Sông Cửu Long*. <http://www.cuctrongtrot.gov.vn/TinTuc/Index/3611>
- Dent, D. L., & Pons, L. J. (1995). A world perspective on acid sulfate soils. *Geoderma*, 67(3-4), 263-276. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(95\)00013-E](https://doi.org/10.1016/0016-7061(95)00013-E)
- EPA (Environmental Protection Agency, USA). (1986). *Quality criteria for water*. Office of Water Regulations Standards Washington, DC 20460. Water, EPA 440/5-84-001.
- Gostomski, F. (1990). The toxicity of aluminum to aquatic species in the US. *Environmental Geochemistry and Health*, 12(1), 51-54. <https://doi.org/10.1007/BF01734047>
- Ha, T. T. (2023). *Ảnh hưởng của nước phèn và độ mặn lên sinh lý và tăng trưởng của dòng cá tra (Pangasianodon hypophthalmus) chịu mặn* (Luận văn thạc sĩ). Đại học Cần Thơ.
- Ha, N. T. K., Em, N. T., Ngoc, N. M., Takagi, Y., Phuong, N. T., & Huong, D. T. T. (2021). Effects of salinity on growth performance, survival rate, digestive enzyme activities and physiological parameters of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) at larval stage. *Can Tho University Journal of Science*, 13, 1-9. <https://doi.org/10.22144/ctu.jen.2021.011>
- Ha, N. T. K., Ha, T. T., Loi, N. T., Yen, D. T., & Huong, D. T. T. (2023). Effects of combined acidic sulfate water and salinity on the growth, survival and digestive enzyme activities of a salinity-tolerant striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) strain at the fingerling stage. *AACL Bioflux*, 16(3), 1459-1470.
- Ha, N. T. K., Thang, L. H., Em, N. T., Giang, T. T., Phuong, N. T., & Huong, D. T. T. (2022). Effects of acidic sulfate water on growth, survival, and digestive enzyme activities of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fingerlings. *AACL Bioflux*, 15(2), 819-829.
- Hai, D. M., Yen, D. T., Liem, P. T., Tam, B. M., Son, V. N., Huong, D. T. T., Hang, B. T. B., Tran, N. T. N., Hieu, D. Q., Kestemont, P., Phuong, T. N., & Farnir, F. (2022). Selective breeding of saline tolerant striped catfish

- (*Pangasianodon hypophthalmus*) for sustainable catfish farming in climate vulnerable Mekong Delta, Vietnam. *Aquaculture Reports*, 25, 101263.
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101263>
- Hamed, S. S., Jiddawi, N. S., & Poj, B. (2016). Effect of salinity levels on growth, feed utilization, body composition and digestive enzymes activities of juvenile silver pompano *Trachinotus blochii*. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(6), 279-283.
- Hieu, D. Q. (2022). *Impact of salinity on striped catfish (Pangasianodon hypophthalmus) and strategies to improve its adaptation to brackish water* (Doctoral dissertation). University of Namur, Belgium.
- Huong, Đ. T. T., & Quyên, T. N. T. (2012). Ảnh hưởng của độ mặn lên sự phát triển phôi và điều hòa áp suất thẩm thấu của cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) ở giai đoạn cá bột đến hương. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, (21b), 29-37.
- Huong, Đ. T. T., & Trinh, N. T. (2013). Ảnh hưởng của độ mặn lên điều hòa áp suất thẩm thấu và tăng trưởng của cá lóc (*Channa striata*). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 247-254.
<https://ctujsvn.ctu.edu.vn/index.php/ctujsvn/article/view/49>
- Huong, Đ. T. T., Kỳ, T. M., Hà, N. T. K., Em, N. T., Takagi Yasuaki., & Phuong, N. T. (2020). Ảnh hưởng của độ mặn lên chỉ tiêu sinh lý, tăng trưởng và hoạt tính men tiêu hóa của cá lóc (*Channa striata*) giai đoạn cá bột lên cá hương. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 56(1), 11-19.
<https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2020.002>
- Ibrahim, A., Narayanan, M., Salman, K., & Mohamed, S. (2020). The effect of freshwater acidification in the tissues of *Cyprinus carpio*. *Global Journal of Zoology*, 5(1), 009-015.
<https://doi.org/10.17352/gjz.000014>
- Jahan, A., Nipa, T. T., Islam, S. M., Uddin, M. H., Islam, M. S., & Shahjahan, M. (2019). Striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) could be suitable for coastal aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology*, 35(4), 994-1003.
<https://doi.org/10.1111/jai.13918>
- Khaing, M. M. (2021). *Effects of elevated salinities on the feed utilization, growth performance and meat quality of the striped catfish (Pangasianodon hypophthalmus) from large juvenile to sub-adult stage* (Master's thesis). Can Tho University, Viet Nam.
- Khang, N., Ung, P. D., & Dung, B. T. N. (1998). Soil resources of Vietnam-Orient to land sustainable use. In *Conference on integrated nutrition management to improve yield and quality of agricultural products in Vietnam-Challenges and opportunities*. Nha Trang, Vietnam.
- Laurent, P., Wilkie, M. P., Chevalier, C., & Wood, C. M. (2000). The effect of highly alkaline water (pH 9.5) on the morphology and morphometry of chloride cells and pavement cells in the gills of the freshwater rainbow trout: relationship to ionic transport and ammonia excretion. *Canadian journal of zoology*, 78(2), 307-319.
<https://doi.org/10.1139/z99-207>
- Lefevre, S., Jensen, F. B., Huong, D. T. T., Wang, T., Phuong, N. T., & Bayley, M. (2011). Effects of nitrite exposure on functional haemoglobin levels, bimodal respiration, and swimming performance in the facultative air breathing fish *Pangasianodon hypophthalmus*. *Aquatic Toxicology*, 104(1-2), 86-93.
<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2011.03.019>
- Lopes, J. M., Silva, L. V. F., & Baldisserotto, B. (2001). Survival and growth of silver catfish larvae exposed to different water pH. *Aquaculture International*, 9, 73-80.
<https://doi.org/10.1023/A:1012512211898>
- Minh, V. Q., & Vũ, P. T. (2015). *Sử dụng có hiệu quả đất phèn, mặn ở Đồng bằng sông Cửu Long*. Hội thảo quốc gia đất Việt Nam hiện trạng sử dụng và thách thức 2015 (trang 167-174).
- Ndubuisi, U. C., Chimezie, A. J., Chinedu, U. C., Chiwem, I. C., & Alexander, U. (2015). Effect of pH on the growth performance and survival rate of *Clarias gariepinus* fry. *International Journal of Research in Biosciences*, 4(3), 14-20.
- Nguyen, A. L., Dang, V. H., Bosma, R. H., Verreth, J. A., Leemans, R., & De Silva, S. S. (2014). Simulated impacts of climate change on current farming locations of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*; Sauvage) in the Mekong Delta, Vietnam. *Ambio*, 43(8), 1059-1068.
<http://dx.doi.org/10.1007/s13280-014-0519-6>
- Nguyễn, P. Q. (2017). *Biến động NH₃/NH₄⁺ và H₂S trong ao nuôi, ảnh hưởng của chúng lên cá tra (Pangasianodon hypophthalmus) và biện pháp giảm tối thiểu* (Luận án Tiến sĩ). Đại học Cần Thơ.
- Phuc, N. T. H. (2015). *Effects of temperature and salinity on growth performance in cultured tra catfish (Pangasianodon hypophthalmus) in Vietnam* (Doctoral dissertation). Queensland University of Technology, Brisbane, Australia.
- Sahu, S., & Datta, S. (2018). Effect of Water pH on Growth and Survival of *Trichogaster lalius* (Hamilton, 1822) Under Captivity. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7, 3655-3666.

- <http://krishi.icar.gov.in/jspui/handle/123456789/72982>.
- Sami, M., & Mohammad, D. A. (2023). Effect of water acidification on growth performance of striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus*. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 27(5), 605-613.
- Tổng cục Thủy sản (2023). *Xuất khẩu cá tra vẫn lạc quan* (18-02-2023). <https://tongcucthuysan.gov.vn/vi-vn/th%C6%B0%C6%A1ng-m%E1%BA%A1i-th%E1%BB%A7y-s%E1%BA%A3n/xu%E1%BA%A5t-nh%E1%BA%ADp-kh%E1%BA%A9u/doc-tin/018658/2023-02-22/xuat-khau-ca-tra-van-lac-quan#:~:text=Theo%20T%E1%BB%95ng%20c%E1%BB%A5c%20Th%E1%BB%A7y%20s%E1%BA%A3n,l%C3%A0%20%2C26%20t%E1%BB%B7%20USD>.
- Tiwary, C. B., Pandey, V. S., Ali, F., & Kumar, S. (2013). Effect of pH on growth performance and survival rate of *Grass Carp*. *Scholars Academic Journal of Biosciences*, 1(7), 374-376.
- Tran, N. K. T., Schrama, J. W., Le, M. T. T., Nguyen, T. H., Roem, A. J., & Verreth, J. A. (2017). Salinity and diet composition affect digestibility and intestinal morphology in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 469, 36-43. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.11.037>
- Tseng, H. C., Grendell, J. H., & Rothman, S. S. (1982). Food, deodenal extracts, and enzyme secretion by the pancreas. *American Journal of Physiology*, 243, 304 – 312. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.1982.243.4.G304>
- Tsuzuki, M. Y., Sugai, J. K., Maciel, J. C., Francisco, C. J., & Cerqueira, V. R. (2007). Survival, growth and digestive enzyme activity of juveniles of the fat snook (*Centropomus parallelus*) reared at different salinities. *Aquaculture*, 271(1-4), 319-325. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.05.002>
- Tuần, V. V., Trúc, N. T. T. T., Bình, V. T. T., & Duyên, N. T. H. (2019). Ảnh hưởng của pH nước đến sinh lý máu và tăng trưởng của cá chột bông (*Pseudomystus siamensis* Regan, 1913). *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển*, 18(1), 89-97. <https://doi.org/10.52997/jad.11.01.2019>
- Tuyền, T. N., & Triêu, N. V. (2019). Ảnh hưởng của mật độ và độ mặn lên tăng trưởng và tỷ lệ sống của cá trê vàng (*Clarias macrocephalus*) giai đoạn 7 đến 37 ngày tuổi. *Tạp chí Nghiên cứu khoa học và Phát triển kinh tế Trường Đại học Tây Đô*, 237 – 249.
- VASEP (Vietnam Association of Seafood Exporters and Producers). (2022). *Tổng quan ngành hàng cá tra*. <https://vasep.com.vn/san-pham-xuat-khau/ca-tra/tong-quan-nganh-ca-tra>.
- Wilkie, M. P. (1997). Mechanisms of ammonia excretion across fish gills. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 118(1), 39-50. [https://doi.org/10.1016/S0300-9629\(96\)00407-0](https://doi.org/10.1016/S0300-9629(96)00407-0)
- Wood, C. M. (1989). The physiological problems of fish in acid waters. In Morris, R., Taylor, E.W., Brown, D. J. A. & Brown, J. A. (Eds), *Acid toxicity and Aquatic Animals* (125 – 152). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511983344.010>
- Worthington, T. M. (1982). Enzymes, and related biochemicals. Biochemical Products Division, Worthington Diagnostic System. Inc., Freehold, New Jersey, USA.