



DOI: <https://doi.org/10.52714/dthu....>

NGHIÊN CỨU CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT Ở VÙNG NUÔI THỦY SẢN NỘI ĐỒNG TẠI PHƯỜNG MỸ TRÀ, TỈNH ĐỒNG THÁP

Lê Diễm Kiều¹, Nguyễn Thanh Nhị², Lại Thị Hồng Nhung² và Phạm Quốc Nguyên^{1*}

¹Khoa Nông nghiệp, Tài nguyên và Môi trường, Trường Đại học Đồng Tháp

²Sinh viên Lớp ĐHKHMT21A, Trường Đại học Đồng Tháp

*Tác giả liên hệ, Email: pqnguyen@dthu.edu.vn

Lịch sử bài báo

Ngày nhận: 02/4/2026; Ngày nhận chỉnh sửa: 10/5/2026; Ngày duyệt đăng: 20/5/2026

Tóm tắt

Nghiên cứu đánh giá chất lượng nước mặt ở 2 tuyến kênh nội đồng tại khu vực nuôi thủy sản tại phường Mỹ Trà, tỉnh Đồng Tháp vào tháng 4/2025 bằng phương pháp thu mẫu, phân tích các thông số pH, TSS, TDS, EC, DO, COD, $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, TN, $P-PO_4^{3-}$ và TP của hai tuyến kênh. Chất lượng nước được so sánh với QCVN 08:2023/BTNMT, kết hợp phân tích tương quan, PCA, CA, ANOVA, T-Test để xác định ảnh hưởng của nguồn thải ở địa phương đến chất lượng nước. Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng TSS, DO, COD, TN, TP dao động lần lượt là 50-140; 3,80-4,58; 45-150; 0,7-7,7 và 0,04-1,73 mg/L, không đạt qui định của QCVN 08:2023/BTNMT mức A, bảng 2. Sự thay đổi chất lượng nước ở các điểm quan trắc và theo chế độ triều đã cho thấy ảnh hưởng của các nguồn chất thải vào hai hệ thống kênh nhất là hoạt động nuôi thủy sản. Cần có biện pháp theo dõi, quản lý và xử lý nước thải từ các hệ thống nuôi thủy sản, cũng như tuyên truyền cho người dân về công tác quản lý nước thải và nước cấp trong nuôi thủy sản và sinh hoạt để giúp phát triển bền vững vùng nuôi thủy sản và phát triển bền vững của cộng đồng ở địa phương.

Từ khóa: Chất lượng nước mặt, kênh nội đồng, ô nhiễm hữu cơ.

Trích dẫn: Lê, D. K., Nguyễn, T. N., Lại, T. H. N., & Phạm, Q. N. (2026). Nghiên cứu chất lượng nước mặt ở vùng nuôi thủy sản nội đồng tại phường Mỹ Trà, tỉnh Đồng Tháp. *Tạp chí Khoa học Đại học Đồng Tháp, Online First*, 1-14. <https://doi.org/10.52714/dthu.ns.3292.1999>

Copyright © 2026 The author(s). This work is licensed under a CC BY-NC 4.0 License.

STUDYING SURFACE WATER QUALITY IN INLAND CANAL SYSTEM IN AQUACULTURE AREA IN MY TRA WARD, DONG THAP PROVINCE

Le Diem Kieu¹, Nguyen Thanh Nhi², Lai Thi Hong Nhung² and Pham Quoc Nguyen^{1*}

¹Faculty of Agriculture, Resources and Environment, Dong Thap University, Vietnam

²Students of Class DHKHMT21A, Dong Thap University, Vietnam

*Corresponding author, Email: pqnguyen@dthu.edu.vn

Article history

Received: 02/4/2026; Received in revised form: 10/5/2026; Accepted: 20/5/2026

Abstract

This study assessed the surface water quality in two inland canals in the aquaculture area of My Tra ward, Dong Thap province, in April 2025 using sampling and analysis of parameters such as pH, TSS, TDS, EC, DO, COD, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, TN, P-PO₄³⁻, and TP of the two canals. Water quality was compared with QCVN 08:2023/BTNMT, and correlation analysis, PCA, CA, ANOVA, and T-Test were used to determine the impact of local wastewater sources on water quality. The research results showed that the concentrations of TSS, DO, COD, TN, and TP ranged from 50-140, 3.80-4.58, and 45-150, respectively. The values of 0.7-7.7 and 0.04-1.73 mg/L did not meet the regulations of QCVN 08:2023/BTNMT level A, Table 2. Changes in water quality at monitoring points and across tidal regimes have shown the impact of waste sources on the two canal systems, especially from aquaculture activities. Therefore, some measures are needed to monitor, manage, and treat wastewater from aquaculture systems, as well as to educate people about wastewater and water supply management in aquaculture and daily life, to help sustainably develop the aquaculture area and the local community.

Keywords: inland canals, organic pollution, surface water quality.

1. Giới thiệu

Nước là một nguồn tài nguyên rất quan trọng trong phát triển kinh tế và an sinh xã hội trên toàn cầu (Grafton & Hussey, 2011). Tỉnh Đồng Tháp là một trong những tỉnh có diện tích nuôi thủy sản nước ngọt quan trọng của vùng Đồng bằng sông Cửu Long, diện tích ao nuôi thủy sản của tỉnh đạt khoảng 2.200 ha vào năm 2023, sản xuất hơn 230.000 tấn cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) và các loài thủy sản khác (Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn Đồng Tháp, 2023). Tuy nhiên, sự phát triển nhanh chóng diện tích nuôi thủy sản thâm canh cao đã gây ra những tác động tiêu cực đến chất lượng nước mặt. Các nghiên cứu chỉ ra rằng nước thải từ ao nuôi chứa một lượng lớn chất hữu cơ, thức ăn thừa và hóa chất, làm gia tăng giá trị của các thông số ô nhiễm như nhu cầu oxy hóa học (COD), amoni ($N-NH_4^+$), photphat ($P-PO_4^{3-}$), tổng nitơ (TN), tổng lân (TP), đồng thời làm giảm oxy hòa tan (DO) trong các kênh rạch và sông ngòi (Nguyễn & cs., 2016; Nguyễn & cs., 2022). Những thay đổi này không chỉ ảnh hưởng đến hệ sinh thái thủy vực mà còn đe dọa an ninh nguồn nước và sức khỏe cộng đồng (Chea & cs., 2016; WHO, 2017). Mặc dù đã có các nghiên cứu về chất lượng nước mặt tại Đồng bằng sông Cửu Long nói chung và tỉnh Đồng Tháp nói riêng nhưng hầu hết các nghiên cứu tập trung vào các khu vực nuôi thủy sản với qui mô lớn đã được cơ quan nhà nước chú trọng đến công tác quản lý nước thải. Xã Nhị Mỹ là một trong hai xã được chú trọng trong phát triển nuôi thủy sản ở huyện Cao Lãnh, tỉnh Đồng Tháp trong giai đoạn 2021-2030 tầm nhìn đến năm 2045 với đối tượng nuôi chủ yếu là cá tra (mô hình 3 cấp chất lượng cao), tôm càng xanh và các loài cá bản địa (UBND huyện Cao Lãnh, 2021). Các vùng nuôi thủy sản có qui mô nhỏ lẻ (hộ gia đình) của xã Nhị Mỹ đang chưa được quản lý chặt chẽ về chất lượng nước đầu vào và nước thải đầu ra. Bên cạnh đó, hệ thống quan trắc và giám sát chất lượng nước mặt của tỉnh cũng chưa có những đánh giá về chất lượng nước mặt ở khu vực này, nên công tác quản lý tài nguyên nước, thực hiện kế hoạch phát triển thủy sản bền vững của địa phương vẫn còn thiếu những luận cứ khoa học. Vì vậy nghiên cứu đánh giá chất lượng nước mặt tại vùng nuôi thủy sản ở kênh Ông Bầu và kênh gần cầu Rạch Sộp, phường Mỹ Trà được thực hiện nhằm bổ sung nguồn dữ liệu cho công tác đề xuất các giải pháp quản lý bền vững, giảm thiểu ô nhiễm, bảo vệ tài nguyên nước và hỗ trợ phát triển kinh tế - xã hội của địa phương.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Đặc điểm của khu vực nghiên cứu



Hình 1. Sơ đồ vị trí lấy mẫu trên hai tuyến kênh

Ghi chú: 📍 thể hiện vị trí thu mẫu; các khu vực được bao quanh bằng các đường màu đỏ thể hiện diện tích nuôi thủy sản của hộ dân dọc theo tuyến kênh

Khu vực nghiên cứu của nhóm thuộc kênh Ông Bầu và kênh gần cầu Rạch Sộp, xã Nhị Mỹ, thành phố Cao Lãnh, tỉnh Đồng Tháp. Đây là khu vực người dân nuôi cá và nuôi tôm theo qui mô hộ gia đình cao với hình thức thâm canh trong ao đất bằng thức ăn công nghiệp. Hệ thống kênh được khảo sát là nguồn nước cấp và cũng là nơi tiếp nhận nước thải của tất cả các ao nuôi thủy sản ở xung quanh 2 tuyến kênh. Mô hình nuôi thủy sản của địa phương đều có qui mô hộ gia đình nên nước thải không được xử lý và thải trực tiếp ra kênh. Kết quả khảo sát cũng đã ghi nhận nguồn nước mặt ở hai hệ thống kênh này cũng là nguồn nước được người dân sử dụng bổ sung trực tiếp vào ao nuôi mà không qua xử lý và kiểm soát chất lượng nước cho các hoạt động tưới tiêu cho vườn cây, đồng ruộng và một số hộ dân vẫn sử dụng nguồn nước ở hai kênh này cho mục đích sinh hoạt. Vị trí khu vực nghiên cứu được thể hiện chi tiết ở Hình 1 và Bảng 1.

Bảng 1. Tọa độ của các vị trí thu mẫu nước

Vị trí thu mẫu	Tọa độ X	Tọa độ Y	Vị trí thu mẫu	Tọa độ X	Tọa độ Y
VT1	10.477828	105.6738	VT6	10.472652	105.6765
VT2	10.492712	105.6908	VT7	10.472652	105.6845
VT3	10.488645	105.6877	VT8	10.477033	105.6858
VT4	10.480548	105.6806	VT9	10.485838	105.6917
VT5	10.497338	105.6954	VT10	10.482202	105.6898

2.2. Phương pháp thu, bảo quản và phân tích mẫu nước

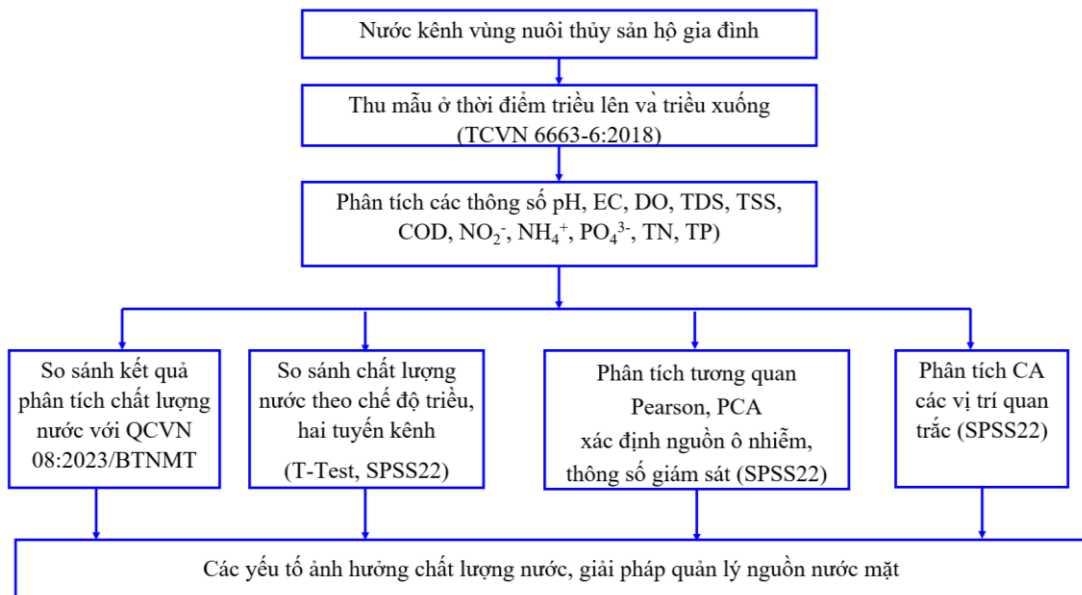
Mẫu nước được thu vào tháng 01/2025 với hai đợt thu là thời điểm nước ròng khoảng 8 giờ sáng và nước lớn vào khoảng 15 giờ chiều. Ở mỗi tuyến kênh thực hiện thu mẫu nước mặt tại 5 điểm, tương ứng tổng số điểm thu mẫu ở khu vực nghiên cứu là 10 điểm, tổng số mẫu nước thu là 20 mẫu. Vị trí thu mẫu nước mặt được thể hiện chi tiết ở Hình 1. Tại mỗi điểm, mẫu nước được lấy ở độ sâu 50 cm dưới mặt nước bằng chai nhựa, chai lấy mẫu được đóng nắp kín và dán nhãn ký hiệu, bảo quản bằng đá lạnh (ở 4°C) và vận chuyển về phòng thí nghiệm để phân tích trong 24 giờ. Quy cách lấy mẫu và bảo quản mẫu được tuân thủ theo TCVN 6663-6:2018. Bên cạnh đó, thực hiện đo tại hiện trường các thông số pH, độ dẫn điện (EC), tổng chất rắn hòa tan (TDS) bằng máy đo HANNA-HI9828, oxy hòa tan (DO) bằng máy đo EZDO7031. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu tổng chất rắn lơ lửng (TSS), nhu cầu oxy hóa học (COD), nitrit (NO_2^-), amoni (NH_4^+), tổng đạm (TN), photphat (PO_4^{3-}) và tổng lân (TP) được thực hiện theo QCVN08:2023/BTNMT.

Chất lượng nước sau phân tích được so sánh với QCVN08:2023/BTNMT. Trong đó, các thông số pH, DO, COD, TSS, TP, TN được so sánh với qui định của các thông số này ở Bảng 2 QCVN08:2023/BTNMT nhằm đánh giá các thông số chất lượng nước mặt được sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt, bơi lội, vui chơi dưới nước sau khi áp dụng các biện pháp xử lý phù hợp-Mức A; nước có thể sử dụng cho mục đích sản xuất công nghiệp, nông nghiệp sau khi áp dụng các biện pháp xử lý phù hợp-Mức B. Thông số N-NH_4^+ và N-NO_2^- được so sánh với giới hạn ở Bảng 1 của QCVN08:2023/BTNMT nhằm đánh giá giới hạn tối đa các thông số ảnh hưởng tới sức khỏe con người.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Dữ liệu chất lượng nước của hai tuyến kênh, triều lên và triều xuống được so sánh bằng

kiểm định T-Test ở mức ý nghĩa $p < 0,05$. Mỗi liên hệ của các thông số chất lượng nước được đánh giá qua phân tích tương quan Pearson, bên cạnh đó còn áp dụng phân tích thành phần chính (PCA) các thông số chất lượng nước để xác định các thông số ảnh hưởng chính đến chất lượng nước từ đó xác định nguồn gây ô nhiễm và các thông số quan trọng cần đưa vào đánh giá chất lượng nước mặt ở khu vực nghiên cứu (Lê & cs., 2019; Liu & cs., 2003). Phân tích cụm (CA) được áp dụng giúp xác định các khu vực có đặc điểm ô nhiễm tương tự, kết quả CA được trình bày dưới dạng cây cấu trúc, sơ đồ này giúp xác định được số lượng nhóm vị trí có đặc điểm tương đồng về chất lượng nước (Lê & cs., 2019). Phân tích T-Test, Pearson, PCA và CA được thực hiện trên phần mềm thống kê SPSS 22. Nội dung tóm lược nghiên cứu được thể hiện qua sơ đồ nghiên cứu Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ quy trình nghiên cứu đánh giá chất lượng nước mặt

4. Kết quả và thảo luận

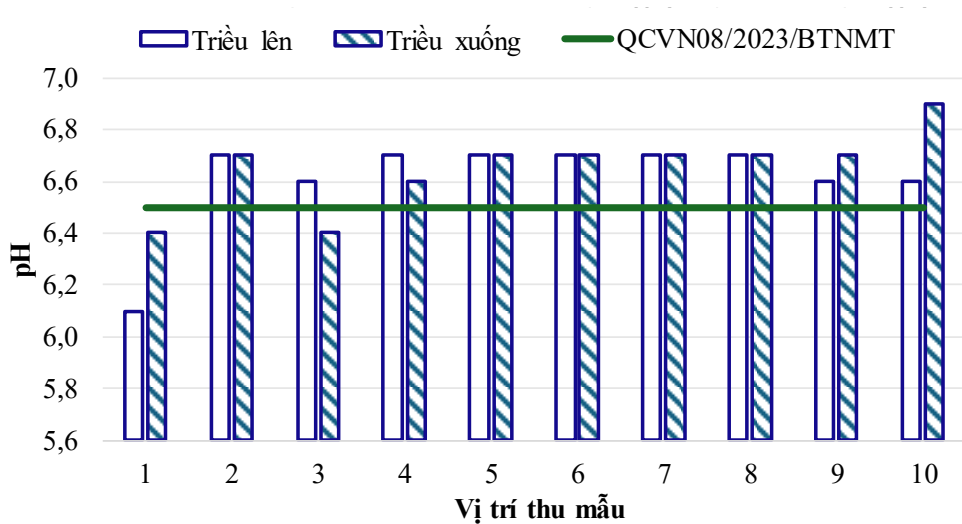
3. Kết quả và thảo luận

3.1 Diễn biến chất lượng nước mặt ở khu vực nghiên cứu

3.1.1 Diễn biến của pH

pH tại khu vực nghiên cứu có giá trị dao động từ 6,1 (ở vị trí 1, đầu nguồn kênh Ông Bàu) đến 6,9 (ở vị trí 10, đầu nguồn kênh Cầu Rạch Sộp). pH nước của 85% các mẫu đánh giá đều đạt mức A, bảng 2 của C 08:2023/BTNMT, chỉ có 15% mẫu nước có pH đạt mức B (vị trí 1 và 3), tuy vậy pH nước vẫn có thể đáp ứng cho sinh hoạt và nông nghiệp sau khi được xử lý (Hình 3). Nhìn chung, giá trị pH nước tại khu vực nghiên cứu tương đối thấp cho thấy nước mặt có tính axit nhẹ, nguyên nhân có thể là do chịu nhiều tác động từ các hoạt động sinh hoạt, nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản đã dẫn đến giá trị của pH dễ bị biến động. Vì quá trình phân hủy chất hữu cơ của vi khuẩn sẽ tiêu thụ oxy và giải phóng CO₂, làm giảm pH nước mặt (Boyd, 2015). Nghiên cứu tại các vùng nuôi tôm ở Đồng bằng sông Cửu Long cho thấy pH nước mặt giảm từ 7,5 xuống 6,0-6,5 ở các khu vực gần nguồn xả thải (Tho & cs., 2017). pH nước mặt khu vực nghiên cứu không ảnh hưởng đến sinh trưởng của cá (ngoại trừ ở vị trí 1 và vị trí 3 - triều xuống) vì pH nước phù hợp cho cá nước ngọt (cá tra, cá rô phi) là 6,5-8,0, pH quá thấp ($< 6,0$) sẽ gây stress sinh lý, ảnh hưởng đến hô hấp và khả năng miễn dịch (Boyd & Tucker, 2014), tăng độc tính của kim loại nặng (Al^{3+} , Fe^{2+}) và làm giảm hiệu quả của enzyme

trong cơ thể sinh vật thủy sản (Wetzel, 2001). Giá trị pH của ở vị trí 1 thấp hơn các vị trí khác chủ yếu là do ảnh hưởng từ nước thải sinh hoạt từ các hộ dân định cư ở đây và khu chợ Mỹ Thọ đối diện tuyến kênh này.

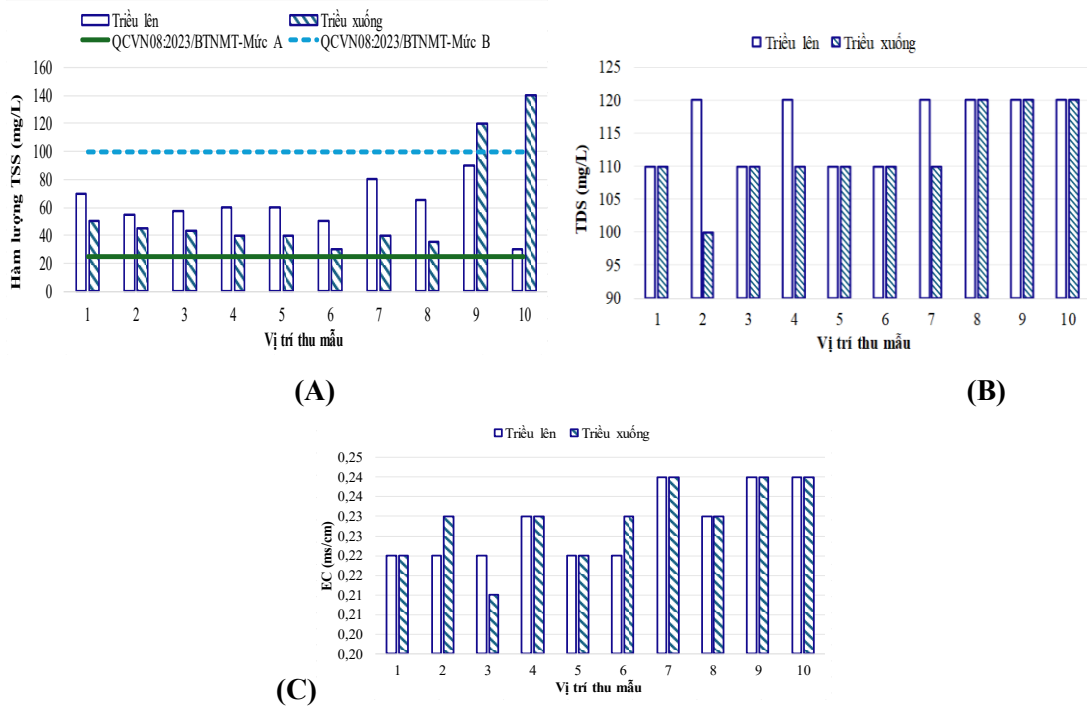


Hình 3. Giá trị pH tại 10 vị trí thu mẫu vào thời điểm triều lên và xuống

3.1.2. Diễn biến hàm lượng TSS và TDS của nước mặt

Kết quả phân tích chất lượng nước ở các điểm thu mẫu cho thấy hàm lượng TSS trong nước mặt dao động dao động 50-140 mg/L, cao hơn 2-5,6 lần so với quy chuẩn QCVN 08:2023/BTNMT mức A, bảng 2 ($TSS \leq 25$ mg/L). Khi thủy triều lên hàm lượng TSS có giá trị cao nhất là 90 mg/L (vị trí 9), thủy triều xuống TSS có hàm lượng cao nhất là 140 mg/L (vị trí 10). Thông thường TSS khi thủy triều lên thấp hơn TSS khi thủy triều xuống do có sự pha loãng của nước, tại vị trí 1-8 TSS khi nước lớn có giá trị cao hơn nhưng không chênh lệch nhiều so với nước ròng do ở đây là vị trí đầu nguồn, tập trung nhiều nhà dân nên chịu tác động bởi hoạt động của người dân bên cạnh đó cũng chịu tác động bởi dòng chảy (Hình 4A). Thời điểm lấy mẫu trùng vào thời điểm mùa khô tại khu vực tỉnh Đồng Tháp, mùa khô dòng chảy yếu, dẫn đến khả năng khuếch tán kém và chất rắn dễ tích tụ hơn do dòng chảy đẩy các chất rắn lơ lửng từ các khu vực khác vào (Hình 3A). Nước thải từ các vùng nuôi thủy sản, đặc biệt là nuôi tôm và cá thâm canh, chứa lượng lớn chất hữu cơ như thức ăn thừa, phân và các mảnh vụn sinh học (Lê & cs., 2019; Lê & cs., 2022), dẫn đến tăng TSS trong nước mặt. Hàm lượng TSS cao làm giảm độ trong của nước, cản trở quang hợp của thực vật thủy sinh, và ảnh hưởng đến hô hấp của các loài thủy sinh (Wetzel, 2001).

Hàm lượng TDS trong nước mặt khu vực nghiên cứu dao động trong khoảng 100-120 mg/L. Hàm lượng TDS ít sự biến động theo triều, ngoại trừ ở các vị trí số 2, 4 và 7. Vị trí 8, 9 và 10 có hàm lượng TDS cao ở cả triều lên và triều xuống dù không hoàn toàn là điểm cuối dòng chảy vẫn có xu hướng tích tụ TDS do ảnh hưởng từ vùng nuôi gần kề và hạn chế lưu thông nước (Hình 4B). TDS bao gồm các ion, khoáng chất, và hợp chất hữu cơ hòa tan trong nước, như Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , Cl^{-} và các hợp chất nitơ/phốt pho (Boyd, 2015). TDS cao làm thay đổi đặc tính hóa học của nước, gây khó khăn cho các loài thủy sinh nhạy cảm và ảnh hưởng đến việc sử dụng nước cho nông nghiệp hoặc sinh hoạt (Wetzel, 2001). Tương ứng với hàm lượng TDS, giá trị EC của nước mặt ở khu vực khảo sát cũng ít có sự biến động theo triều và nước ở vị trí thu mẫu 7, 9 và 10 cao hơn các điểm khác (Hình 4C). Qua đây cho thấy EC của nước mặt của tuyến kênh cũng có sự biến động nhất định giữa các điểm khảo sát, nguyên nhân chủ yếu là do nguồn nước thải từ các ao nuôi thủy sản ở các điểm khảo sát.



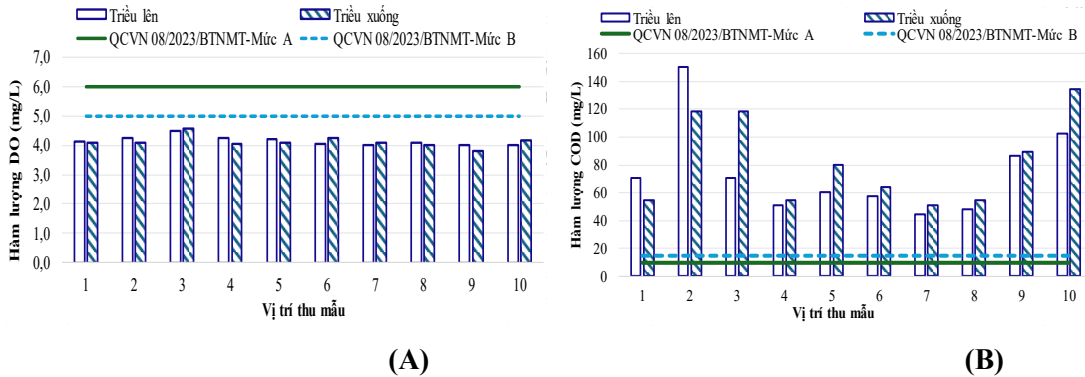
Hình 4. Hàm lượng TSS (A), TDS (B) tại 10 vị trí thu mẫu vào thời điểm triều lên và xuống

3.1.3. Diễn biến hàm lượng DO và COD của nước mặt

Hàm lượng DO trong nước mặt ở khu vực nghiên cứu đều thấp hơn không đạt so với QCVN 08:2023/BTNMT (mức A, bảng 2, với $DO \geq 6,0$ mg/L). Hàm lượng DO dao động từ 4,00-4,48 mg/L lúc triều lên và 3,80-4,58 mg/L lúc triều xuống chỉ đạt mức C, bảng 2 của QCVN 08:2023/BTNMT (Hình 5A). DO là yếu tố ảnh hưởng nhiều đến các loài động vật thủy sinh, hàm lượng DO cần thiết cho cá nước ngọt là 5-6 mg/L, DO thấp (<2 mg/L) sẽ gây chết động vật thủy sinh và gây suy giảm đa dạng sinh học (Boyd & Tucker, 2012). Bên cạnh đó, nước có hàm lượng DO thấp cũng không phù hợp cho sinh hoạt và nông nghiệp, đồng thời thúc đẩy sự phát triển của vi khuẩn kỵ khí, sản sinh khí độc như H_2S (WHO, 2017). Triều lên thường làm tăng DO do pha loãng và lưu thông nước, trong khi triều xuống có thể làm giảm DO do tích lũy chất hữu cơ và giảm lưu lượng nước (Nguyễn & cs., 2016). Ở nghiên cứu này hàm lượng DO không có sự khác biệt lớn khi nước lớn và nước ròng và cũng không có sự khác biệt ở các vị trí thu mẫu giữa hai tuyến kênh, nguyên nhân chủ yếu là do tình trạng khi nước bắt đầu lớn thì các khu vực nuôi thủy sản vẫn bơm nước thải của ao nuôi thủy sản ra kênh và lượng nước vào mùa khô thấp. Vì nước thải của ao nuôi nuôi càng xanh (*Macrobrachium rosenbergii*), cá lóc đầu nhím (*Channa* sp.) và ếch đều có hàm lượng DO thấp hơn so với nước cấp cho ao nuôi (Lê & cs., 2022; Lê & Phạm, 2023a; Lê & Phạm, 2023b).

Hàm lượng COD của nước ở hai tuyến khảo sát dao động từ 45-150 mg/L, cao hơn giới hạn cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT. Đặc biệt, nước mặt ở vị trí 2, 3 và 10 có hàm lượng COD dao động 120-150 mg/L, cao hơn các điểm còn lại và cao gấp 10-15 lần giới hạn tại mức A, bảng 2 QCVN 08:2023/BTNMT, với hàm lượng COD qui định là 10 mg/L (Hình 5B). Tình trạng tích lũy hữu cơ trong nội đồng ở khu vực có thể do người dân nuôi trồng thủy sản theo hình thức thâm canh. Chất thải từ quá trình nuôi trồng không được xử lý có thể hòa vào dòng chảy, gia tăng hàm lượng hữu cơ trong nước. Vì hàm lượng COD trong nước thải nuôi ếch dao động 72,1-106,3 mg/L cao hơn nước cấp cho ao nuôi với hàm lượng COD 13,0-

47,9 mg/L (Lê & cs., 2022). Theo Giang & cs. (2020), hàm lượng COD trong nước ở các vùng cửa sông thấp hơn nhiều so với khu vực nội đồng dọc theo dòng sông. Hàm lượng COD cao (>10 mg/L) phản ánh lượng chất hữu cơ lớn, làm giảm DO và gây phú dưỡng, ảnh hưởng đến hệ sinh thái thủy vực (Nguyễn & cs., 2022). Nước có hàm lượng COD cao không an toàn cho sinh hoạt và có thể tích lũy chất độc trong cây trồng nếu dùng trong nông nghiệp (FAO, 2016). Triều lên làm giảm COD nhờ pha loãng, trong khi triều xuống làm tăng COD do tích tụ chất hữu cơ ở các khu vực nước tĩnh (Trần & cs., 2020).



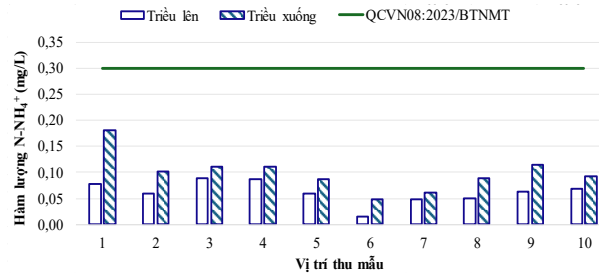
Hình 5. Hàm lượng DO (A) và COD (B) tại 10 vị trí thu mẫu vào thời điểm triều lên và xuống

3.1.4. Diễn biến hàm lượng đạm trong nước mặt

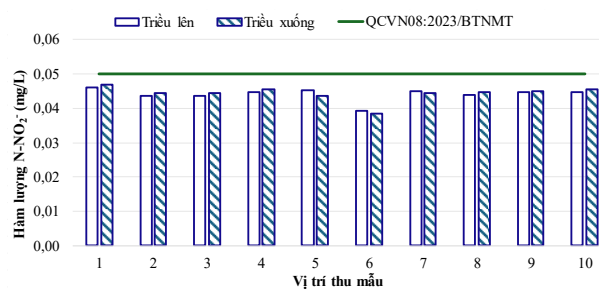
Hàm lượng N-NH_4^+ tại thời điểm khảo sát triều xuống (0,06-0,18 mg/L) luôn cao hơn so với triều lên (0,02-0,11 mg/L) ở tất cả các vị trí thu mẫu. Các vị trí 1, 2, 3, 4 và 9 ghi nhận hàm lượng N-NH_4^+ cao hơn so với các vị trí còn lại khác, phản ánh khả năng các vị trí này chịu ảnh hưởng từ nguồn thải cục bộ trực tiếp từ ao nuôi thủy sản nhiều hơn các khu vực khác. Theo kết quả phân tích T-Test đã cho thấy hàm lượng N-NH_4^+ của nước mặt khi triều lên thấp hơn so với lúc triều xuống ($p < 0,05$). Vì hàm lượng N-NH_4^+ trong nước thải của ao nuôi cá lóc đầu nhím có cao hơn 1,8 đến 5,3 lần so với nước cấp (Kiều & Nguyễn, 2023b), tình trạng này cũng ghi nhận được ở nước thải từ ao nuôi tôm càng xanh (Lê & Phạm, 2023a). Hàm lượng N-NH_4^+ trong tất cả mẫu đạt chuẩn theo QCVN 08:2023/BTNMT (Bảng 1 với mức giới hạn 0,3 mg/L) an toàn cho sức khỏe con người (Hình 6A), vì N-NH_4^+ chuyển hóa thành nitrat/nitrit, gây methemoglobinemia ở trẻ sơ sinh và làm giảm hiệu quả xử lý nước (WHO, 2017). Hàm lượng N-NH_4^+ ở khu vực nghiên cứu vẫn ở mức phù hợp cho nuôi trồng thủy sản vì hàm lượng N-NH_4^+ trên 0,2 mg/L gây độc cho cá, tổn thương mang và thúc đẩy phú dưỡng (Chea & cs., 2016). Nghiên cứu của Nguyễn & cs. (2016) cũng đã ghi nhận triều lên giúp pha loãng và giảm hàm lượng N-NH_4^+ , trong khi triều xuống làm tăng do tích lũy từ chất thải hữu cơ và nước thải.

Hàm lượng N-NO_2^- dao động không quá nhiều từ 0,039–0,047 mg/l, mặc dù các giá trị này đều nằm trong ngưỡng cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT Bảng 1 (các thông số ảnh hưởng tới sức khỏe con người) (Hình 6B), tuy nhiên sự có mặt của NO_2^- trong nước vẫn là yếu tố cần quan tâm nhất là trong khu vực có hoạt động nuôi trồng thủy sản như ở khu vực nghiên cứu. NO_2^- có thể gây ảnh hưởng lên chu kỳ lột xác và tăng trưởng của tôm càng xanh (Hương & cs., 2012), cũng gây hại lên một số loại cá nhất định (Trương & cs., 2024). Hàm lượng N-NO_2^- trên 0,05 mg/L cản trở vận chuyển oxy trong máu cá và gây chết hàng loạt (Boyd & Tucker, 2012). NO_2^- trong nước uống làm tăng nguy cơ ung thư và ảnh hưởng chất lượng nước sinh hoạt (WHO, 2017). Triều lên giúp giảm N-NO_2^- nhờ lưu thông nước, trong khi triều xuống làm tăng N-NO_2^- do nitrat hóa không hoàn toàn trong điều kiện nước tĩnh (Trần & cs.,

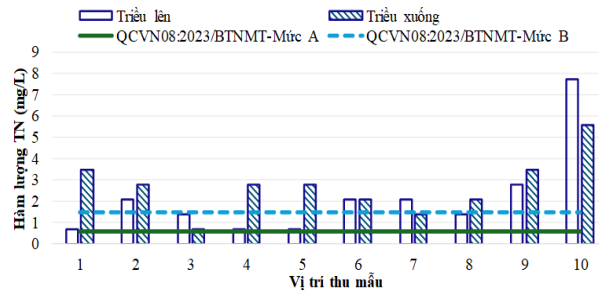
2020), dòng chảy yếu vào mùa khô cũng có thể là nguyên nhân gây ra tích tụ các hợp chất nitơ trong môi trường nước (Trần và cs., 2020).



(A)



(B)



(C)

Hình 6. Hàm lượng N-NH₄⁺ (A), N-NO₂⁻ và TN tại 10 vị trí thu mẫu vào thời điểm triều lên và xuống

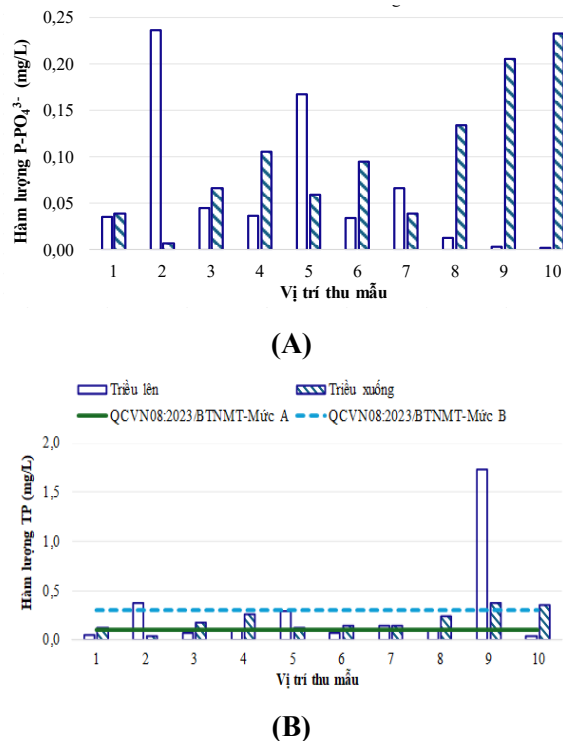
Hàm lượng TN của nước mặt ở khu vực nghiên cứu đều cao hơn mức cho phép theo mức A, bảng 2 của QCVN 08:2023/BTNMT, là $TN \leq 0,6$ mg/L. Hàm lượng TN có giá trị cao nhất là 7,7 mg/L ở vị trí 10 lúc triều lên, vì ở vị trí này có diện tích nuôi thủy sản lớn (Hình 6C). Bên cạnh đó, tỷ lệ đạm vô cơ (N-NH₄⁺ và N-NO₂⁻)/TN lại rất thấp chỉ dao động từ 1,46-22,13%, điều này có thể làm gia tăng hàm lượng đạm vô cơ trong nước, trong đó đáng quan tâm là sự gia tăng hàm lượng N-NO₂⁻ trong nước. Các nghiên cứu ở lưu vực sông Mekong cũng ghi nhận hàm lượng TN tăng cao ở các khu vực nuôi trồng thủy sản thâm canh, gây ra hiện tượng phú dưỡng và tảo nở hoa (Chea & cs., 2016). Hàm lượng TKN trong nước thải ao nuôi cá tra dao động từ 4,26-16,22 mg/L cao hơn so với hàm lượng trong nước cấp là 1,46-2,57 mg/L (Nguyễn & Bùi, 2013), tình trạng này cũng đã ghi nhận ở các ao nuôi ếch (Lê & cs., 2022). Vì vậy, cần có giải pháp quản lý nước thải của các hệ thống nuôi thủy sản thâm canh ở địa phương cùng như cần hướng dẫn người dân quản lý chất lượng nước cấp cho ao nuôi thủy

sản và nước sinh hoạt để có thể mang lại hiệu quả kinh tế bền vững cho vùng nuôi thủy sản và an toàn cho cộng đồng.

3.1.5. Diễn biến hàm lượng P-PO₄³⁻ và TP của nước mặt

Hàm lượng P-PO₄³⁻ của nước mặt ở khu vực nghiên cứu dao động 0,002 mg/L (vị trí 10 triều lên) đến 0,236 mg/L (vị trí 2 triều lên). Tại các vị trí 4, 8, 9 và 10, hàm lượng P-PO₄³⁻ tăng cao khi triều xuống, thời gian lấy mẫu rơi vào khoảng cuối tháng 12 và đầu tháng 1 là thời điểm bắt đầu vào mùa khô và các ao nuôi chuẩn bị kết thúc mùa vụ hoặc đang thu hoạch và đồng thời dòng chảy tại vị trí này không đủ mạnh để pha loãng các chất thải dẫn đến tình trạng gia tăng hàm lượng P-PO₄³⁻ khi triều xuống (Hình 7A). Hàm lượng P-PO₄³⁻ trong nước trên 0,1 mg/L có thể gây phú dưỡng, dẫn đến tảo nở hoa và thiếu oxy (Nguyễn & cs., 2022). Tảo nở hoa sản sinh độc tố (cyanotoxins), gây hại khi tiếp xúc hoặc sử dụng nước ô nhiễm (WHO, 2008). Triều lên làm giảm P-PO₄³⁻ nhờ pha loãng, trong khi triều xuống làm tăng do tích lũy từ nước thải nông nghiệp và thủy sản (Nguyễn & cs., 2016).

Hàm lượng TP dao động 0,04 mg/L (vị trí 10 triều xuống) đến 1,73 mg/L (vị trí 9 triều lên), hầu hết các vị trí đều cao hơn ngưỡng cho phép theo mức A, bảng 2 của QCVN 08:2023/BTNMT, với TP ≤ 0,1 mg/L. Tại vị trí 9 giá trị TP của nước mặt lúc triều lên vượt mức cho phép đến gần 16 lần (Hình 7B), điều này cho thấy nguồn thải từ hệ thống nuôi thủy sản đã ảnh hưởng đến hàm lượng TP. Vì ở thời điểm khảo sát đã ghi nhận được tình trạng thay nước của các hệ thống nuôi thủy sản ở các điểm 1, 2, 9 và 10, trong đó có điểm thu mẫu thứ 9 có tình trạng bơm nước từ ao nuôi ra kênh trong thời gian lúc triều lên ở mức thấp. Theo Lê & Phạm (2023a,b) hàm lượng TP của nước thải ao nuôi cá lóc tăng 2,8-10,1 lần so với nước cấp và ao nuôi tôm cảnh xanh tăng 8-23 lần so với nước cấp cho ao nuôi. Bên cạnh đó, hệ thống kênh được đánh giá còn có thể chịu ảnh hưởng từ lượng photphat sử dụng cho canh tác vườn và đồng ruộng ở địa phương.



Hình 7. Hàm lượng P-PO₄³⁻ và TP tại 10 vị trí thu mẫu vào thời điểm triều lên và xuống

3.2. Tương quan của các thông số chất lượng nước

Kết quả phân tích tương quan Pearson của các thông số chất lượng nước mặt được thể hiện ở Bảng 2.

Bảng 2. Tương quan giữa các chỉ tiêu trong mẫu nước khu vực nghiên cứu

	pH	TSS	TDS	EC	DO	COD	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	TN	P-PO ₄ ³⁻
pH	1									
TSS	0,225	1								
TDS	0,297	0,458*	1							
EC	0,473*	0,415	0,490*	1						
DO	-0,203	-0,272	-0,308	-0,653**	1					
COD	0,109	0,27	0,052	-0,068	0,225	1				
N-NH ₄ ⁺	-0,335	0,071	-0,193	-0,165	0,054	0,111	1			
N-NO ₂ ⁻	-0,286	0,325	0,176	0,148	-0,161	0,070	0,621**	1		
TN	0,258	0,198	0,286	0,516*	-0,433	0,387	0,171	0,144	1	
P-PO ₄ ³⁻	0,386	0,465*	0,32	0,033	-0,037	0,420	0,066	0,087	0,092	1
TP	0,074	0,384	0,343	0,322	-0,213	0,170	-0,069	0,123	0,074	0,047

Ghi chú: *: Tương quan có ý nghĩa thống kê ở mức 0,05;

** Tương quan có ý nghĩa thống kê ở mức 0,01.

Kết quả cho thấy EC có tương quan thuận với pH, TDS và TN với hệ số tương quan dao động 0,473-0,516 ($p < 0,05$), nhưng EC lại tương quan nghịch với DO (-0,653, $p < 0,01$). TSS tương quan thuận với TDS và P-PO₄³⁻ với hệ số tương quan là 0,458 và 0,465 ($p < 0,05$). Hàm lượng N-NH₄⁺ tương quan thuận với N-NO₂⁻ khá chắc chắn (0,621, $p < 0,01$), đã cho thấy quá trình nitrite hóa trong nước mặt ở khu vực nghiên cứu. Kết quả này cho thấy nước mặt tại tuyến kênh nghiên cứu chịu ảnh hưởng của các chất hữu cơ có chứa đạm và lân đã làm gia tăng hàm lượng TSS, TDS, EC và dẫn đến tình trạng gia tăng độc chất như N-NO₂⁻ và tình trạng suy giảm hàm lượng DO trong nước mặt. Điều này có thể dẫn đến nguy cơ phú dưỡng và suy giảm chất lượng nước, ảnh hưởng đến hệ sinh thái thủy sinh xung quanh vùng nuôi và sự phát triển bền vững của hoạt động nuôi thủy sản của địa phương và sức khỏe của cộng đồng.

3.3. Phân tích PCA các thông số chất lượng nước

Kết quả phân tích PCA cho thấy 4 thành phần chính (PC) là PC1, PC2, PC3, PC4 và đã giải thích tổng cộng 72,73% phương sai của dữ liệu. Mức độ tương quan của các biến với các thành phần chính được đánh giá theo Hair & cs. (2010) với mức tương quan mạnh ($|\text{hệ số tương quan}| \geq 0,75$), trung bình ($0,50 \leq |\text{hệ số tương quan}| < 0,75$). PC1 giải thích 29,74% tổng phương sai, có tương quan mạnh với các thông số TN (0,822), EC (0,806) và DO (-0,764), cho thấy nhóm ô nhiễm dinh dưỡng và ion hòa tan có ảnh hưởng nhiều đến chất lượng nước mặt ở khu vực nghiên cứu. PC2 giải thích 17,74% tổng phương sai, có tương quan ở mức trung bình với các thông số TSS (0,724), TDS (0,676) và TP (0,730) đại diện cho nhóm ô nhiễm chất rắn và lân tổng số. PC3 giải thích 14,78% tổng phương sai và có tương quan mạnh với hàm lượng đạm vô cơ độc hòa tan là N-NH₄⁺ (0,870), N-NO₂⁻ (0,838), qua đây một lần nữa cho thấy tác động của đến chất lượng nước ở hai hệ thống kênh đánh giá. PC4 chỉ giải thích 10,46% tổng phương sai, có mối tương quan mạnh với COD (0,847) và P-PO₄³⁻ (0,753), phản ánh ô nhiễm hữu cơ và lân hòa tan, hai thành phần chủ yếu từ nước thải nông nghiệp và sinh hoạt. Như vậy, các thông số chất lượng nước được đánh giá ở nghiên cứu này đều có vai trò rất quan trọng trong quan trắc chất lượng nước ở địa phương cũng như cần có những giải pháp

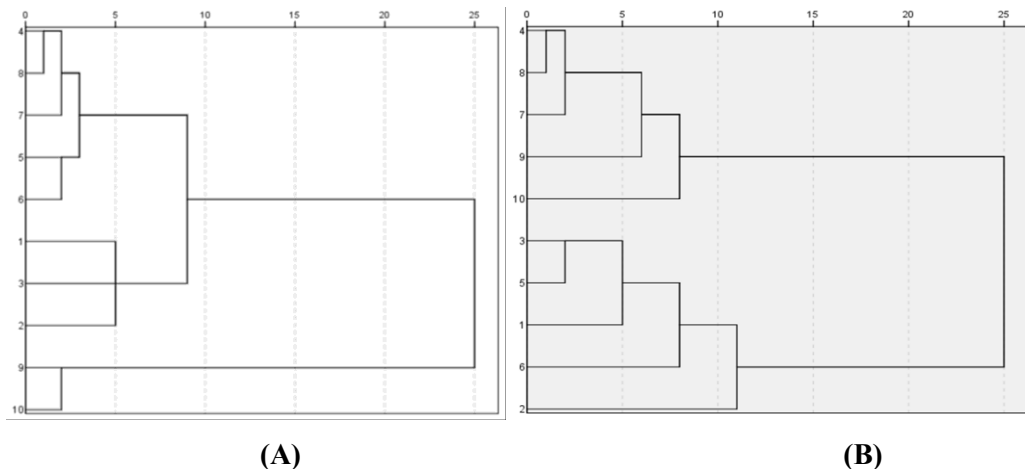
quản lý nguồn thải các chất ô nhiễm hữu cơ, đạm và lân để có thể quản lý bền vững tài nguyên nước ở địa phương trong thời gian tới.

Bảng 2. Kết quả phân tích PCA chất lượng nước mặt

	PC1	PC2	PC3	PC4
pH	0,429	0,147	-0,598	0,369
EC	0,806	0,418	-0,127	-0,085
DO	-0,764	-0,286	-0,028	0,259
TDS	0,333	0,676	-0,125	0,138
TSS	0,185	0,724	0,149	0,372
COD	-0,004	-0,015	0,109	0,847
N-NH₄⁺	0,022	-0,153	0,87	0,158
N-NO₂⁻	0,132	0,299	0,838	0,024
TN	0,822	-0,118	0,155	0,355
P-PO₄³⁻	-0,02	0,326	-0,07	0,753
TP	0,032	0,730	0,025	-0,022
Total	3,271	1,952	1,626	1,151
% of Variance	29,74	17,74	14,78	10,46
Cumulative %	29,74	47,48	62,27	72,73

3.4. Kết quả phân tích CA

Kết quả phân tích CA các vị trí thu mẫu ở lúc triều lên cho thấy các điểm thu mẫu 4, 5, 6, 7 và 8 có chất lượng nước tốt hơn tiếp đến là các vị trí 1, 2 và 3 và nhóm ô nhiễm nhất là vị trí thu mẫu 9 và 10 (Hình 8A). Ở thời điểm triều xuống có sự tương đồng về chất lượng nước ở các vị trí 4, 7, 8, 9 và 10 với chất lượng nước tốt hơn, nhóm vị trí 1, 3, 5 và 6 có chất lượng nước thấp hơn và ô nhiễm nhất là vị trí 2 (Hình 8B). Qua đây cho thấy chất lượng nước lúc triều lên có sự thay đổi theo vị trí thu mẫu trên tuyến kênh, có thể cho thấy ảnh hưởng của nguồn nước từ bên ngoài vào khi triều lên, tuy nhiên lúc triều xuống thì chất lượng nước lại có sự khác biệt giữa hai tuyến kênh lại cho thấy ảnh hưởng của nguồn thải mà hai tuyến kênh nhận được từ các hoạt động nuôi thủy sản, canh tác và sinh hoạt. Để quản lý tốt chất lượng nước mặt ở địa phương người dân cần chú trọng hơn đến công tác quản lý nguồn thải từ các hoạt động kinh tế và sinh hoạt, bên cạnh đó cần quan trắc chất lượng nước ở đầu các tuyến kênh để xác định chất lượng nước cấp cho cả hai tuyến kênh đáp ứng với cung cấp cho các hệ thống nuôi thủy sản và sinh hoạt.



Hình 8. Kết quả phân tích CA tại thời điểm triều lên (A) và triều xuống (B)

4. Kết luận, kiến nghị

Kết quả nghiên cứu cho thấy chất lượng nước kênh chịu tác động ô nhiễm rõ rệt, với nhiều thông số như COD, TSS, TN và TP vượt quy chuẩn cho phép. Hàm lượng oxy hòa tan thấp kết hợp với COD cao phản ánh tình trạng ô nhiễm hữu cơ nghiêm trọng. Đồng thời, nồng độ dinh dưỡng (N, P) cao cho thấy nguy cơ phú dưỡng trong hệ thống kênh. Kết quả phân tích PCA đã minh chứng các tác động của nguồn ô nhiễm hữu cơ và dinh dưỡng đến chất lượng nước. Phân tích CA đã xác định được sự phân hóa rõ rệt của các nhóm chất lượng nước theo chế độ thủy triều, vị trí 9 và 10 là điểm ô nhiễm khi nước lớn do nguồn bên ngoài đưa vào, trong khi các vị trí 1, 2, 3, 5 và 6 cho thấy mức độ ô nhiễm khi nước ròng do sự tích tụ nguồn thải nội tại.

Chính quyền địa phương cần thiết lập hệ thống quan trắc tự động hoặc định kỳ tập trung điểm có tình trạng ô nhiễm cao như vị trí ở đầu của hai tuyến kênh (vị trí 9 và 10). Bên cạnh đó, cần rà soát lại các nguồn thải và có giải pháp quản lý tốt hơn.

Người dân cần có giải pháp đánh giá chất lượng nguồn nước cấp cho ao nuôi và kiểm soát nguồn nước thải từ hoạt động sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp của nông hộ cũng như thực hiện mô hình "Dòng sông tự quản".

Tài liệu tham khảo

- Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2023). *QCVN 08:2023/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt dùng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích khác*. Bộ Tài nguyên và Môi trường.
- Boyd, C. E. (2015). *Water quality: An introduction* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17446-4>
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2012). *Pond aquaculture water quality management*. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5407-3>
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2014). *Handbook for aquaculture water quality*. Auburn University.
- Chea, R., Grenouillet, G., & Lek, S. (2016). Evidence of water quality degradation in Lower Mekong Basin revealed by self-organizing map. *PLOS ONE*, 11(1), Article e0145527. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145527>
- Đỗ, T. T. H., & Cao, C. M. T. (2012). Ảnh hưởng của nitrite lên chu kỳ lột xác và tăng trưởng của tôm càng xanh (*Macrobrachium rosenbergii*). *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, (21b), 19–28.
- Grafton, R. Q., & Hussey, K. (Eds.). (2011). *Water resources planning and management*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511974304>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Lê, D. K., & Phạm, Q. N. (2023a). Nghiên cứu chất lượng nước và tải lượng đạm, lân trong nuôi tôm càng xanh (*Macrobrachium rosenbergii*) thâm canh ở huyện Cao Lãnh tỉnh Đồng Tháp. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 59(CĐ Môi trường & Biến đổi khí hậu), 72-79. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2023.108>
- Lê, D. K., & Phạm, Q. N. (2023b). Nghiên cứu chất lượng nước và tải lượng đạm và lân của ao nuôi thâm canh cá lóc đầu nhím (*Channa* sp.) ở huyện Tam Nông tỉnh Đồng Tháp. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 59 (CĐ Môi trường & Biến đổi khí hậu), 65-71. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2023.107>
- Lê, D. K., Phạm, Q. N., Nguyễn, V. C., & Ngô, T. D. T. (2019). Tải lượng đạm, lân của ao nuôi thâm canh cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) ở vùng nuôi ven sông chính và

- kênh nội đồng khu vực Đồng Bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, (3+4), 211-219.
- Lê, D. K., Trần, T. T. T., Đặng, P. T., & Phạm, Q. N. (2022). Nghiên cứu chất lượng, tải lượng đạm và lân của nước thải ao nuôi ếch Thái Lan (*Rana tigerina*) thương phẩm ở huyện Cao Lãnh, tỉnh Đồng Tháp. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (Môi trường và chăn nuôi)*, 47-54.
- Lê, V. D., Phạm, Q. T., Nguyễn, T. T. A., Lê, T. H. N., Trương, H. Đ., Nguyễn, T. G., & Trần, V. S. (2019). Ứng dụng thống kê đa biến trong đánh giá chất lượng nước mặt ở Vườn Quốc gia U Minh Hạ - Cà Mau. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 55(CĐ Môi trường), 15-25. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2019.008>
- Liu, C. W., Lin, K. H., & Kuo, Y. M. (2003). Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. *Science of the Total Environment*, 313(1-3), 77-89. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00683-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00683-6)
- Nguyễn, P. N., & Bùi, T. N. (2013). Tải lượng COD, tổng đạm, tổng lân của ao nuôi thâm canh cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) ở khu vực phường Thới An, Ô Môn, Cần Thơ. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, (1+2), 159-165.
- Nguyễn, T. K. L., Vũ, N. Ú., Trương, Q. P., Dương, T. H. O., & Lâm, Q. H. (2016). Chất lượng nước trên sông chính và sông nhánh thuộc tuyến sông Hậu. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 43(2), 68–79. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2016.138>
- Nguyễn, T. T. K., Võ, T. D. C., Ngô, T. A., Đoàn, T. N., Huỳnh, P. L., & Trần, H. T. D. (2022). Đánh giá chất lượng nước mặt bị tác động bởi nuôi trồng thủy sản bằng các thông số môi trường và chỉ số MIR. *Tạp chí Công Thương*, 23(6), 15–22.
- Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn Đồng Tháp. (2023). *Báo cáo tổng kết hoạt động nuôi trồng thủy sản năm 2023*. Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn.
- Tho, N., Vromant, N., Hung, N. T., & Hens, L. (2017). Impacts of shrimp farming on the water quality of drainage canals in the Mekong Delta, Vietnam. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(6), Article 262. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5972-8>
- Trần, T. G., Wada, M., Oluwadamilare, A. A. O., Vũ, N. Ú., Âu, V. H., Trương, Q. P., & Huỳnh, T. G. (2020). Đánh giá chất lượng nước trong khu vực nuôi tôm tỉnh Sóc Trăng. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, (56), 112–120. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2020.013>
- Trương, T. B. H., Nguyễn, V. Q. B., & Tôn, N. M. N. (2024). Tổng quan về ô nhiễm môi trường do chất dinh dưỡng trong nuôi trồng thủy sản. *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy Sản, Trường Đại học Nha Trang*, (4), 127–138. <https://doi.org/10.53818/jfst.04.2024.127>
- Ủy ban Kỹ thuật Tiêu chuẩn hóa Quốc gia. (2018). *TCVN 6663-6:2018: Đánh giá chất lượng nước - Phần 6: Hướng dẫn lấy mẫu nước mặt*. Ủy ban Kỹ thuật Tiêu chuẩn hóa Quốc gia.
- Ủy ban nhân dân huyện Cao Lãnh. (2021). Kế hoạch số 193/KH-UBND về Phát triển thủy sản giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2045 trên địa bàn huyện Cao Lãnh, ngày 15 tháng 10 năm 2021.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and river ecosystems* (3rd ed.). Academic Press.
- World Health Organization. (2008). *Guidelines for drinking-water quality* (3rd ed.). World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241547611>
- World Health Organization. (2017). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed.). World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>