



DOI:10.22144/ctujos.2024.250

## CHẤT LƯỢNG NƯỚC KHU VỰC NUÔI TÔM-LÚA LUÂN CANH TẠI HUYỆN THỚI BÌNH, TỈNH CÀ MAU

Ngô Tiên Chương<sup>1,2</sup>, Vu Minh Nhi<sup>3</sup>, Trần Văn An<sup>4</sup>, Trần Trung Giang<sup>5</sup>, Vũ Hùng Hải<sup>5</sup>, Âu Văn Hóa<sup>5</sup>, Trần Ngọc Hải<sup>5</sup> và Huỳnh Trường Giang<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Viện Tài nguyên và Môi trường, Đại học Quốc gia Hà Nội

<sup>2</sup>Tổ chức Hợp tác phát triển Đức

<sup>3</sup>Trung tâm Khuyến nông, Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tỉnh Cà Mau

<sup>4</sup>Chi cục Trồng trọt và Bảo vệ thực vật, Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tỉnh Cà Mau

<sup>5</sup>Trường Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ

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

### Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 28/07/2023

Sửa bài (Revised): 26/09/2023

Duyệt đăng (Accepted): 03/10/2023

**Title:** Assessment of water sources in the rice-shrimp farming area of Thoi Binh district, Ca Mau province

**Author(s):** Ngo Tien Chuong<sup>1,2</sup>, Vu Minh Nhi<sup>3</sup>, Tran Van An<sup>4</sup>, Tran Trung Giang<sup>5</sup>, Vu Hung Hai<sup>5</sup>, Au Van Hoa<sup>5</sup>, Tran Ngoc Hai<sup>5</sup> and Huynh Truong Giang<sup>5\*</sup>

**Affiliation(s):** <sup>1</sup>Vietnam National University, <sup>2</sup>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, <sup>3,4</sup>Ca Mau Department of Agriculture and Rural Development, <sup>5</sup>Can Tho University

### TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá chất lượng nước tại một số tuyến kênh trong khu vực tôm-lúa luân canh tại huyện Thới Bình, tỉnh Cà Mau nhằm cung cấp thông tin cơ bản cho việc quản lý chất lượng nước của mô hình. Mẫu nước tầng mặt được thu tại 6 điểm qua 4 đợt thu mẫu gồm: đầu vụ tôm (tháng 02), cuối vụ tôm (tháng 7), đầu vụ lúa (tháng 10) và cuối vụ lúa (tháng 12) tại xã Biển Bạch Đông. Kết quả cho thấy hầu hết các yếu tố môi trường phù hợp với tiêu chuẩn chất lượng nước mặt và thích hợp cho nuôi trồng thủy sản. Tuy nhiên, một số chỉ tiêu như tổng chất rắn lơ lửng (TSS), nhu cầu oxy sinh học (BOD), tổng đạm (TN) và tổng lân (TP) ở một số điểm tương đối cao so với quy chuẩn về quản lý chất lượng nước. Độ mặn biến động lớn giữa đầu vụ và cuối vụ tôm, đặc biệt trong các tuyến kênh nội đồng. Các muối dinh dưỡng có khuynh hướng tăng vào cuối vụ lúa (tháng 12). Do đó, để sử dụng nguồn nước hiệu quả, người nuôi cần theo dõi, đo đạc các thông số môi trường trước khi cấp vào các ruộng tôm-lúa trong khu vực nghiên cứu.

**Từ khóa:** Cà Mau, chất lượng nước, nước mặt, Thới Bình, tôm-lúa luân canh

### ABSTRACT

This study aimed to assess the quality of water supply resources for rice-shrimp farming in Thoi Binh district, Ca Mau province to provide fundamental information for water quality management. Surface water was collected at 6 sites with 4 sampling periods including the beginning and end of the shrimp crop (February/July), the beginning and end of rice crop (October/December) in Bien Bach Dong commune. Results showed that most of the water quality parameters still met the national regulations and are suitable as water supply for aquaculture. However, several parameters such as total suspended solids (TSS), biological oxygen demand (BOD), total nitrogen (TN), and total phosphate (TP) were relatively high as compared to the national technical regulation on surface water quality. High variations of water salinity, especially in inland canals, were observed during the shrimp crop. Nutrients showed an upward trend over the sampling period. It is therefore suggested that regularly monitoring water quality should be done while using water supply resources for the rice-shrimp farms in the survey area.

**Keywords:** Ca Mau, rice-shrimp farming, surface water, Thoi Binh district, water quality

## 1. GIỚI THIỆU

Trong điều kiện biến đổi khí hậu (BĐKH) như hiện nay, tôm-lúa luân canh được xem là mô hình bền vững và có khả năng thích ứng với những thay đổi cực đoan của môi trường (Chương và ctv., 2019). Mô hình này được xem là phù hợp với đặc điểm tự nhiên của nhiều tỉnh ven biển ở đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), đặc biệt ở những vùng đất bị nhiễm mặn theo mùa. Theo Cục Thủy sản (2023) thì diện tích tôm-lúa hiện nay là 191.073 ha chiếm 26% tổng diện tích nuôi tôm nước lợ của cả nước. Năm 2020, Kiên Giang là tỉnh có diện tích tôm-lúa lớn nhất là 102.486 ha, sản lượng 50.600 tấn (Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tỉnh Kiên Giang, 2022). Ngoài ra, mô hình tôm-lúa cũng rất phát triển tại tỉnh Cà Mau với diện tích được báo cáo là 36.050 ha (2020) và 37.149 (2021) và tập trung chủ yếu tại huyện Thới Bình (Chi cục Thủy sản Cà Mau, 2021).

Mặc dù được đánh giá là mô hình bền vững, mô hình tôm-lúa luân canh hiện nay cũng đang phải đối mặt với nhiều khó khăn thách thức như là giá trị của chuỗi sản xuất chưa cao, thời tiết cực đoan, dịch bệnh bùng phát, tỉ lệ sống của tôm thấp,... (Duc et al., 2015; Thái và ctv., 2015; Chương và ctv., 2019). Tại Hội nghị khuyến nông nông nghiệp năm 2022, Tổng cục Thủy sản cũng đã phân tích nhiều khó khăn của mô hình tôm-lúa bao gồm các yếu tố kỹ thuật, ảnh hưởng của BĐKH, phát triển thị trường, thương hiệu của sản phẩm tôm-lúa. Đặc biệt, cơ sở hạ tầng còn nhiều bất cập, hệ thống kênh cấp, thoát nước chưa đáp ứng yêu cầu gây khó khăn cho sản xuất và kiểm soát dịch bệnh và quản lý chất lượng nguồn nước cấp. Do đó, để cải thiện hiệu quả canh tác của mô hình, quan trắc chất lượng nước vùng nuôi phục vụ công tác quản lý môi trường là rất cần thiết.

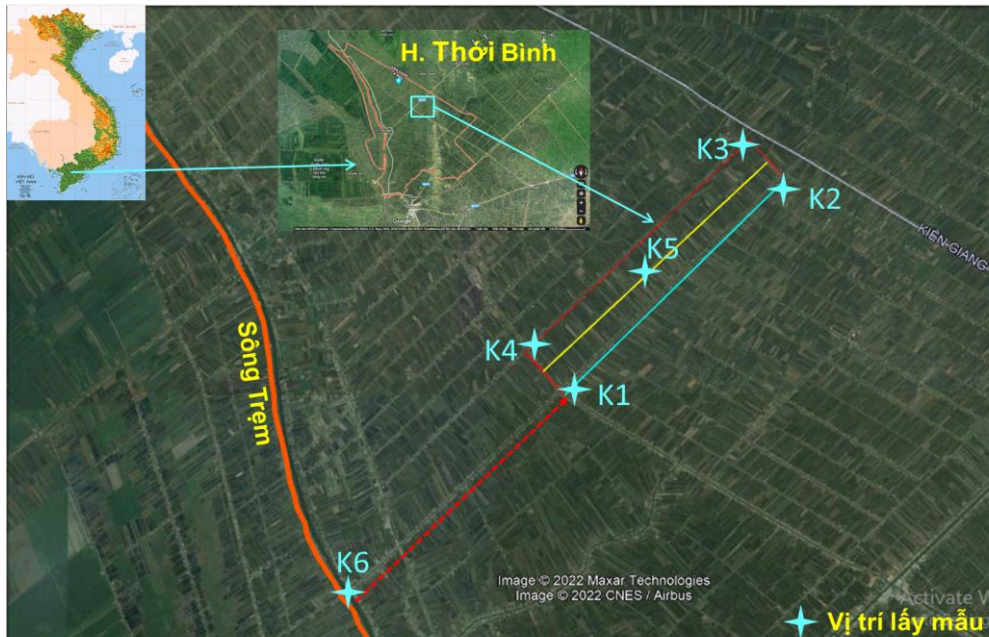
Cà Mau là tỉnh có diện tích nuôi tôm nước lợ lớn nhất cả nước (chiếm gần 40%) và đứng thứ ba về diện tích canh tác tôm-lúa. Phương thức canh tác tôm-lúa của tỉnh tập trung chủ yếu tại huyện Thới Bình, một phần tập trung ở các huyện U Minh, Trần Văn Thời, Cái Nước và thành phố Cà Mau. Huyện Thới Bình chịu ảnh hưởng bởi hai nguồn nước mặn từ biển Đông và biển Tây. Năng suất tôm sú trong mô hình tôm-lúa ở các huyện Trần Văn Thời và Thới Bình tỉnh Cà Mau rất khác nhau, từ 200 đến 561,5

kg/ha/năm (Mai và ctv., 2015; Minh, 2017; Sơn và ctv., 2018). Tỉnh Cà Mau hiện rất quan tâm công tác quy hoạch, đảm bảo diện tích, ứng dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật nhằm cải thiện năng suất của mô hình. Theo kế hoạch phát triển tôm-lúa của tỉnh Cà Mau giai đoạn 2020-2025, sản xuất tôm sú-lúa theo hướng hữu cơ bền vững là một trong những nhiệm vụ trọng tâm (Ủy ban nhân dân tỉnh Cà Mau, 2020). Để thực hiện kế hoạch trên, quản lý nhà nước, công tác quy hoạch, cải thiện cơ sở hạ tầng thủy lợi cần phải được tăng cường, đặc biệt là công tác quan trắc, đánh giá chất lượng nguồn nước nhằm phục vụ cho việc phát triển và nhân rộng mô hình. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục tiêu theo dõi diễn biến chất lượng nước cấp tại vùng canh tác tôm-lúa trọng điểm của tỉnh Cà Mau nhằm cung cấp thông tin cho công tác quy hoạch và phát triển tôm hữu cơ theo hướng bền vững, thích ứng với BĐKH.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Thời gian và địa điểm thu mẫu

Nghiên cứu được thực hiện trong vụ canh tác tôm-lúa năm 2022 với 4 đợt thu mẫu: (i) Đợt 1: đầu vụ tôm, tháng 02/2022; (ii) Đợt 2: cuối vụ tôm, tháng 7/2022; (iii) Đợt 3: đầu vụ lúa, tháng 10/2022; và (iv) Đợt 4: cuối vụ lúa, tháng 12/2022. Thời gian thu mẫu là buổi sáng, bắt đầu từ 7 giờ. Khu vực nghiên cứu được chọn là một trong những vùng trọng điểm có hai hợp tác xã sản xuất tôm-lúa luân canh theo định hướng phát triển vùng nuôi tôm sú-lúa theo hướng hữu cơ của huyện Thới Bình, tỉnh Cà Mau với diện tích 460 ha. Từ tháng 1 đến tháng 7 là thời gian xâm nhập mặn, thời gian này người dân nuôi tôm sú, có thể thả từ một đến nhiều đợt. Trong khi đó, từ tháng 9 đến tháng 12 là thời gian canh tác lúa và có thể kết hợp xen canh với tôm càng xanh tùy theo điều kiện của từng nông hộ. Đây là khu vực nuôi theo mô hình quảng canh truyền thống, mật độ thả từ 1 đến 2 con/m<sup>2</sup>, không cho ăn thức ăn viên công nghiệp bổ sung, tôm chỉ ăn thức ăn tự nhiên trong ruộng. Phần lớn chi cấp nước bổ sung vào ruộng hoặc khi chất lượng nước suy giảm theo con nước 15 và 30 âm lịch hàng tháng. Nguồn nước cấp cho khu vực nghiên cứu gồm sông chính (sông Trẹm, điểm K6), các kênh nội đồng cấp nước trực tiếp cho các ruộng tôm-lúa bao gồm kênh 8000 (điểm K1 và K2), kênh 1000 (điểm K3 và K4) và kênh 500 (K5) thuộc xã Biển Bạch Đông, huyện Thới Bình, tỉnh Cà Mau (Hình 1 và Bảng 1).



Hình 1. Các điểm thu mẫu tại khu vực nuôi tôm-lúa xã Biển Bạch Đông, huyện Thới Bình, tỉnh Cà Mau

Bảng 1. Kí hiệu mẫu và tọa độ các điểm thu mẫu

Kí hiệu	Địa điểm	Vị trí	
		Vĩ độ bắc (N)	Kinh độ đông (E)
K1	Kênh 8000	9°26'25,5"	105°05'55,2"
K2	Kênh 8000	9°28'36,1"	105°08'08,6"
K3	Kênh 1000	9°28'54,2"	105°07'40,0"
K4	Kênh 1000	9°26'51,2"	105°05'34,8"
K5	Kênh 500	9°27'39,6"	105°06'47,6"
K6	Sông Trəm	9°24'34,9"	105°03'36,7"

**2.2. Phương pháp thu và phân tích mẫu**

Mẫu nước được thu đại diện cho thủy vực tại các điểm thu và vận chuyển về phòng thí nghiệm để phân tích. Các chỉ tiêu môi trường nước được phân

tích tại Phòng Thí nghiệm Môi trường thủy sản tiên tiến, Khoa Sinh học và Môi trường thủy sản, Trường Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ. Phương pháp thu, bảo quản mẫu và phân tích mẫu được trình bày qua Bảng 2.

Bảng 2. Chỉ tiêu, phương pháp thu, bảo quản và phân tích mẫu

Chỉ tiêu	Phương pháp thu và bảo quản mẫu	Phương pháp phân tích
Nhiệt độ	Đo trực tiếp	Máy đo đa chỉ tiêu HANNA (HI9828)
pH	Đo trực tiếp	Máy đo đa chỉ tiêu HANNA (HI9828)
Độ mặn	Đo trực tiếp	Máy đo đa chỉ tiêu HANNA (HI9828)
DO	Đo trực tiếp	Máy đo đa chỉ tiêu HANNA (HI9828)
TSS	Trữ lạnh	2540-TSS D. Sấy 103-105 °C (APHA, 2017)
Độ kiềm	Trữ lạnh	2320-B. Trung hòa axit (APHA, 2017)
BOD <sub>5</sub>	MnSO <sub>4</sub> và KI-NaOH	5210-BOD B. 5-Day BOD Test (APHA, 2017)
COD <sub>Mn</sub>	Cố định dd H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Kali permanganate (Goh & Lim, 2008).
TAN	Trữ lạnh	4500-NH <sub>3</sub> F. Phenate (APHA, 2017)
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Trữ lạnh	4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B. Diazonium (APHA, 2017)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Trữ lạnh	ISO 7890-3:1988 E. Sulfosalicylic acid

Chỉ tiêu	Phương pháp thu và bảo quản mẫu	Phương pháp phân tích
TN	Trữ lạnh	Mẫu được công phá bởi phương pháp Macro-Kjeldahl (4500-Norg B), so màu bằng phương pháp Phenate (4500-NH <sub>3</sub> F) (APHA, 2017)
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Trữ lạnh	SnCl <sub>2</sub> 4500-P-D (APHA, 2017)
TP	Trữ lạnh	Mẫu được công phá bởi phương pháp Macro-Kjeldahl (4500-Norg B), so màu bằng phương pháp SnCl <sub>2</sub> (4500-P-D) (APHA, 2017)

Ghi chú: TSS: tổng chất rắn lơ lửng, BOD: nhu cầu oxy sinh học, COD: nhu cầu oxy hóa học, TAN: tổng đạm ammonia bao gồm NH<sub>3</sub> và NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, TN: tổng đạm, TP: tổng lân.

### 2.3. Xử lý số liệu

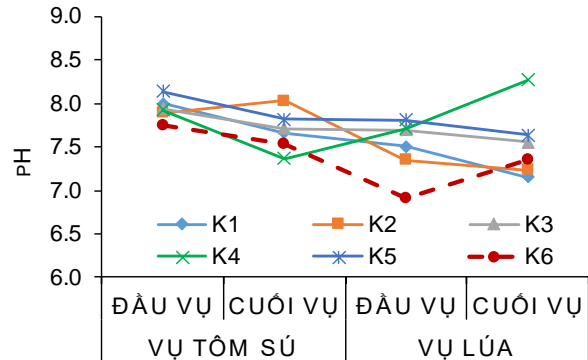
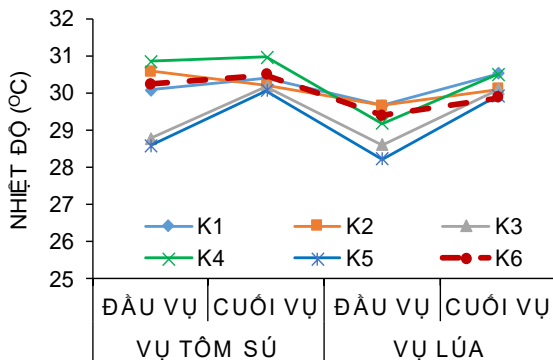
Số liệu được ghi nhận tại các điểm thu và xử lý qua các đợt thu mẫu. Các thông số môi trường nước tại các điểm thu được đánh giá sự biến đổi giữa các tuyến kênh tại các thời điểm khác nhau bao gồm đầu vụ tôm, cuối vụ tôm, đầu vụ lúa và cuối vụ lúa. Các thông số phân tích được xử lý và dựa theo các quy chuẩn quốc gia về chất lượng nguồn nước cũng như các thông số dùng trong nuôi trồng thủy sản để đánh giá.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Nhiệt độ và pH

Nhiệt độ ở các điểm thu dao động từ 28,2 đến 31,0°C, trung bình 29,2±0,7°C (Hình 2). Nhìn chung, nhiệt độ nằm trong khoảng dao động bình thường và đặc trưng của vùng ĐBSCL. Do các kênh cấp là các thủy vực tự nhiên, nước chảy nên nhiệt độ

trương đối ổn định. Các kênh nội đồng (K1-K5) chênh lệch không lớn về nhiệt độ so với điểm thu ngoài sông (K6). Nhiệt độ là yếu tố ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển của thủy sinh vật. Ravichandran and Jajanthi (2006) cho rằng đối với tôm nước lợ nói chung, nhiệt độ phù hợp nhất dao động từ 28 đến 33°C. Khi so sánh với một số khu vực nuôi tôm khác cho thấy nhiệt độ ở 4 huyện Mỹ Xuyên, Trần Đề, Cù Lao Dung và Vĩnh Châu dao động trong khoảng 30,0-32,2°C (Tổng cục Thủy sản, 2019). Theo Giang và ctv. (2020) cũng cho thấy 4 khu vực trên có nhiệt độ nước dao động từ 27,2 đến 32,6°C. Các kênh cấp khu vực nuôi tôm thâm canh ở tỉnh Bạc Liêu (thành phố Bạc Liêu, huyện Hòa Bình và huyện Đông Hải) dao động từ 29,2 đến 31,8°C (Giang và ctv., 2021). Những nghiên cứu trên cho thấy nhiệt độ nước ở khu vực nghiên cứu là phù hợp cho sự phát triển của mô hình tôm-lúa.



Hình 2. Biến động nhiệt độ và pH ở các điểm khảo sát qua các đợt thu mẫu

pH ở khu vực nghiên cứu có giá trị trung bình 7,67±0,33, dao động từ 6,91 đến 8,27. Điểm ngoài sông (K6) có pH tương đối thấp hơn các điểm khác, dao động từ 6,91 đến 7,75, thấp nhất vào thời điểm khảo sát tháng 10 (đầu vụ lúa). pH có xu hướng giảm về cuối vụ tôm do độ mặn trong khu vực giảm từ mùa khô (tháng 2) sang mùa mưa (tháng 7). Trong các kênh nội đồng, pH dao động trong khoảng 7,15-8,27. Nhìn chung, pH ở các điểm khảo sát

không quá thấp, nằm trong khoảng phù hợp cho sự phát triển bình thường của thủy sinh vật đặc biệt là phát triển nghề nuôi tôm nước lợ của khu vực. pH thích hợp cho tôm nước lợ dao động từ 6,0 đến 9,0, tối ưu từ 7,5 đến 8,5 (Boyd, 1998; Krishnani et al., 2006; Ravichandran & Jajanthi, 2006; Boyd, 2015). Giá trị giới hạn các thông số trong nước mặt phục vụ cho việc phân loại chất lượng nước sông, kênh và bảo vệ môi trường sống dưới nước theo Quy chuẩn Kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt QCVN

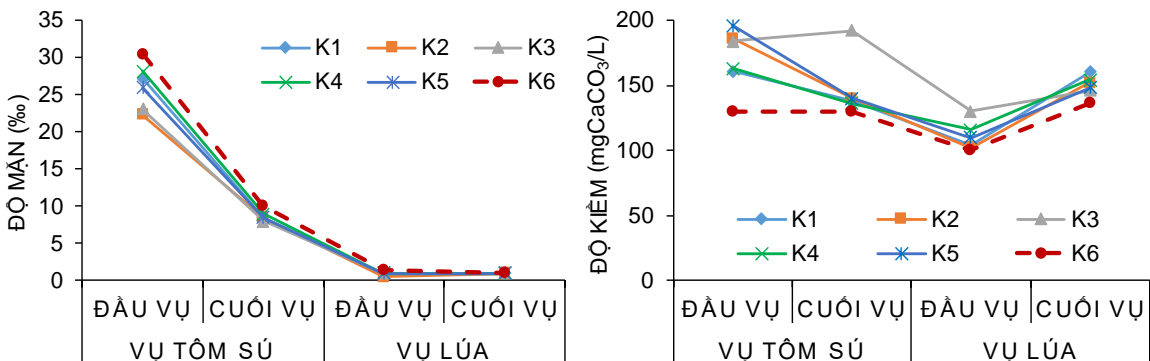
08:2023/BTNMT quy định nước mặt mức A có pH trong khoảng 6,5-8,5. Kết quả pH cũng phù hợp với các nghiên cứu về chất lượng nước trên các tuyến sông lớn cấp nước cho khu vực nuôi tôm ở các tỉnh Sóc Trăng và Bạc Liêu. Kết quả khảo sát của Giang và ctv. (2020; 2021) cho thấy nguồn nước cấp tại tỉnh Sóc Trăng dao động trong khoảng 6,6-8,1 và tỉnh Bạc Liêu dao động trong khoảng 7,9-8,3. Như vậy, pH nước tại các điểm khảo sát rất phù hợp cho tôm nước lợ (mùa khô) và tôm càng xanh (xen canh vụ lúa) trong khu vực nghiên cứu.

**3.2. Độ mặn và độ kiềm**

Độ mặn khá cao trong giai đoạn đầu vụ tôm (tháng 2), dao động từ 22,3 đến 28,1‰ ở các kênh cấp nước nội đồng, trong khi ngoài sông vào thời điểm này độ mặn khá cao (30,4‰). Tuy nhiên, đến cuối vụ tôm (tháng 7) độ mặn giảm rõ rệt và chỉ ở mức từ 8,5‰ đến 9,0‰ (các kênh nội đồng) và 10‰ ở sông (K6) (Hình 3). Đầu vụ tôm, độ mặn giữa các điểm thu mẫu trong các kênh nội đồng cũng rất biến động (chênh lệch gần 5‰) điều này dẫn đến độ mặn của ruộng tôm cũng khác nhau tùy theo vị trí và thời điểm lấy nước vào ruộng tôm. Cuối vụ tôm vào tháng 7, độ mặn giảm đến 8,5‰ nhưng vẫn còn nằm trong khoảng phù hợp cho tôm sú nuôi trong khu vực vì đây là loài rộng muối và có thể sinh trưởng tốt ở độ mặn 2‰ (Chien, 1992). Độ mặn thích hợp cho nuôi tôm sú dao động từ 7,5 đến 34‰ (Krishnani et al., 2006), trong khi tối ưu trong khoảng 15-25‰ (Krishnani et al., 2006; Ravichandran & Jajanthi, 2006). Tôm sú giai đoạn hậu ấu trùng có thể chịu đựng độ mặn thấp nhờ khả năng điều hòa áp suất thẩm ở độ mặn thay đổi từ 0 đến 60‰ (Motoh, 1981). Nhìn chung, độ mặn ở khu vực nghiên cứu khá cao so với một số vùng khác. Chẳng hạn như, nghiên cứu của Minh et al. (2003) về độ mặn trong mô hình tôm-lúa luân canh tại Mỹ

Xuyên, Sóc Trăng cho thấy độ mặn dao động từ 6‰ đến 16‰, trong khi nghiên cứu của Quang và ctv. (2014) cho biết độ mặn các kênh cấp từ tháng 02 đến tháng 8 khu vực tôm lúa thuộc huyện Tân Phú Đông, tỉnh Tiền Giang trung bình dao động từ 4 đến 17‰. Như vậy, độ mặn trong khu vực là khá phù hợp nhưng rất biến động, do đó cần lưu ý trong quá trình cấp nước vào ruộng trong quá trình nuôi.

Độ kiềm ở các điểm thu mẫu khá cao, dao động trong khoảng 100-196 mgCaCO<sub>3</sub>/L, trung bình 144±27,6 mgCaCO<sub>3</sub>/L (Hình 3). Độ kiềm thấp nhất ở điểm thu trên sông Trẹm (K6) (dao động trong khoảng 100-124 mgCaCO<sub>3</sub>/L) nhưng vẫn ở mức phù hợp khi được sử dụng như nguồn nước cấp cho các ruộng nuôi tôm trong khu vực. Khu vực các kênh nội đồng có độ kiềm dao động trong khoảng 102-196 mgCaCO<sub>3</sub>/L và rất lý tưởng cho việc cấp vào các ruộng nuôi thủy sản. Độ kiềm thích hợp cho các loài giáp xác nói chung nên cao hơn 90 mgCaCO<sub>3</sub>/L (Boyd, 2015), khoảng dao động tối ưu trong quá trình nuôi từ 80 đến 160 mgCaCO<sub>3</sub>/L (Boyd, 1998). Nghiên cứu của Giang và ctv. (2020) báo cáo rằng các vùng cửa sông Trần Đề, sông Mỹ Thanh và các điểm thu ở thủy vực sông nhánh khu vực nuôi tôm tỉnh Sóc Trăng có độ kiềm trung bình dao động từ 91,1±8,4 mgCaCO<sub>3</sub>/L đến 103,6±17,1 mgCaCO<sub>3</sub>/L tương ứng. Trong khi đó, nhóm nghiên cứu cũng báo cáo nguồn nước cấp cho các vùng nuôi tôm thâm canh tại Bạc Liêu có độ kiềm dao động trong khoảng 89,1-128,0 mgCaCO<sub>3</sub>/L. Độ kiềm là yếu tố rất quan trọng trong nuôi tôm nước lợ, có vai trò quan trọng hỗ trợ trong quá trình lột xác của tôm cũng như giúp ổn định pH môi trường sông. Như vậy, độ kiềm trong nước tại các điểm thu tương đối cao và phù hợp cho việc dùng nguồn nước phục vụ cho nuôi trồng thủy sản, đặc biệt là vùng nuôi tôm nước lợ.



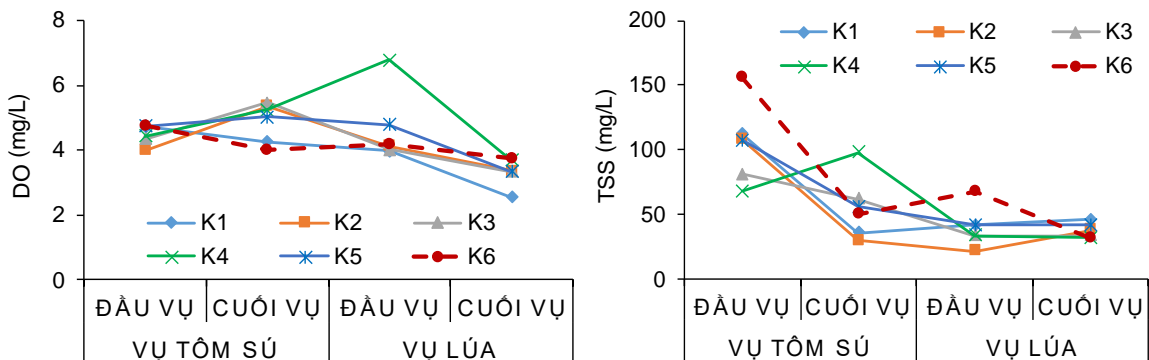
**Hình 3. Biến động độ mặn và độ kiềm ở các điểm khảo sát qua các đợt thu mẫu**

**3.3. DO và TSS**

Kết quả ghi nhận hàm lượng DO trung bình ở các tuyến kênh và sông khu vực nghiên cứu dao động từ 2,56 đến 6,78 mg/L, trung bình đạt giá trị  $4,34 \pm 0,88$  mg/L. Điểm thu trên sông ở mức thấp hơn, đạt trung bình  $4,18 \pm 0,44$  mg/L, dao động từ 3,47 đến 4,77 mg/L (Hình 4). Nhìn chung, so với các thủy vực tự nhiên nước chảy thì hàm lượng DO ở khu vực nghiên cứu tương đối thấp hơn, có thời điểm xuống mức 2,56 mg/L. Ở các thủy vực nước chảy, đặc biệt là kênh rạch, hàm lượng oxy chủ yếu phụ thuộc vào lưu tốc nước, sự khuấy động tầng nước, sự khuếch tán oxy từ không khí và hàm lượng hữu cơ dẫn đến tiêu hao oxy trong môi trường nước. Qua ghi nhận sơ bộ hiện trường trong quá trình thu mẫu, các kênh cấp trong khu vực nghiên cứu có lưu tốc dòng chảy thấp và cũng là nguyên nhân ảnh hưởng đến hàm lượng oxy trong nước. Kết quả nghiên cứu của Giang và ctv. (2020; 2021) cho thấy các vùng cửa sông tại tỉnh Sóc Trăng dao động từ 3,9 đến 4,6 mg/L, trong khi tại 5 cửa sông lớn dọc tuyến đê biển tỉnh Bạc Liêu có hàm lượng DO dao động từ 4,0 đến 5,6 mg/L. Tổng cục Thủy sản (2019) khi quan trắc môi trường tại các huyện trọng điểm nuôi tôm tỉnh Sóc Trăng trong tháng 5 năm 2019 thì hàm lượng oxy hòa tan trong khoảng 3,5-4,7 mg/L. Theo quy chuẩn chất lượng nước mặt QCVN 08:2023/BTNMT quy định mức B (sử dụng cho nông nghiệp)  $DO \geq 5$  mg/L. Hàm lượng DO tối ưu cho tôm nước lợ tốt nhất là lớn hơn 5 mg/L (Boyd, 1998; Van-Wyk & Scapa, 1999; Ravichandran & Jajanthi, 2006; Boyd, 2015). Nhìn chung, hàm lượng DO tương đối cao trong vụ tôm (dao động từ 4,0 đến 5,47 mg/L) nhưng vẫn còn nằm dưới mức tối ưu, trong khi vụ lúa có làm lượng oxy khá thấp, đặc biệt điểm K1 có hàm lượng oxy giảm

thấp (2,56-3,97 mg/L). Điều này cần lưu ý trong quá trình sử dụng nguồn nước cấp cho các ruộng nuôi thủy sản trong khu vực.

Hàm lượng TSS khá cao và rất biến động qua các đợt thu mẫu. Hàm lượng TSS dao động trong khoảng 22-156 mg/L, trung bình  $60 \pm 34,1$  mg/L. Các kênh nội đồng có hàm lượng TSS trung bình tương đối thấp hơn và dao động trong khoảng 22-122 mg/L, trong khi điểm thu ngoài sông dao động từ 32 đến 156 mg/L (Hình 4). Vào vụ tôm, hàm lượng TSS dao động từ 30 đến 156 mg/L, trong khi vào vụ lúa hàm lượng TSS dao động từ 32 đến 68 mg/L. Giữa các tuyến kênh thì tuyến kênh 1000 (điểm K3 và K4) có hàm lượng TSS thấp nhất (68-81 mg/L) vào đầu vụ tôm. Điều này do tuyến kênh cấp 1000 nằm sâu trong nội đồng hơn, do đó hàm lượng nước trao đổi ít, quá trình lắng tụ làm giảm hàm lượng TSS trong nước. Ở các thủy vực nước chảy, hàm lượng TSS chủ yếu là lượng phù sa, keo khoáng, vật chất hữu cơ gây ra và hàm lượng này phụ thuộc vào mức độ xáo trộn tầng nước, lưu tốc dòng chảy và lượng nước chảy vào thủy vực (Boyd, 2001). Krishnani et al. (2006) đề nghị rằng hàm lượng TSS cho tôm nước lợ phải nhỏ hơn 100 mg/L. Trong khi đó, quy chuẩn chất lượng nước mặt QCVN 08:2023/BTNMT thì quy định mức B (dùng cho mục đích sản xuất nông nghiệp) thì TSS phải nhỏ hơn hoặc bằng 100 mg/L. Theo kết quả quan trắc môi trường chất lượng nước phục vụ vùng nuôi tôm nước lợ tỉnh Cà Mau năm 2018 thì tổng chất rắn lơ lửng tại 5 điểm quan trắc trên các tuyến sông thuộc địa bàn tỉnh Cà Mau có hàm lượng từ 153 đến 463 mg/L (Tổng cục Thủy sản, 2018). Kết quả khảo sát trong nghiên cứu hiện tại chỉ cho thấy ngoài sông (điểm K6), lượng TSS vượt mức cho phép hơn 1,5 lần vào đầu vụ tôm.

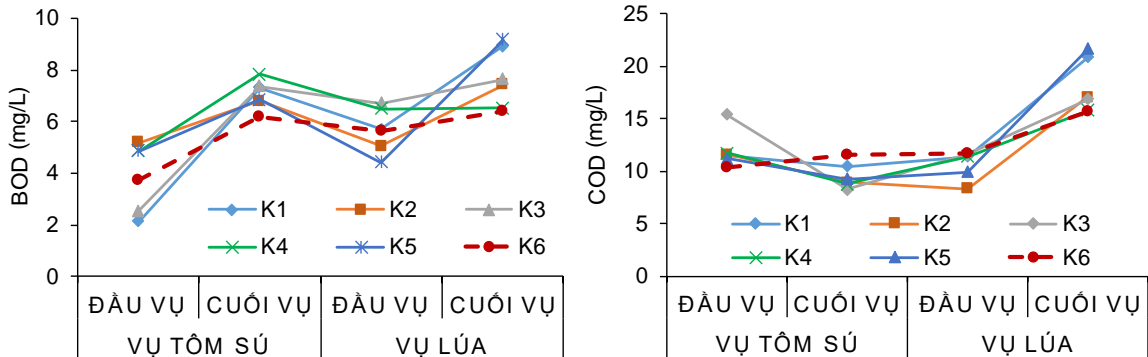


**Hình 4. Biến động DO và TSS ở các điểm khảo sát qua các đợt thu mẫu**

**3.4. BOD<sub>5</sub> và COD<sub>Mn</sub>**

Nhu cầu oxy sinh học (BOD) và hóa học (COD) là các chỉ tiêu quan trọng nhằm đánh giá chất lượng nước của lưu vực (Nollet, 2000). Khi BOD<sub>5</sub> và COD<sub>Mn</sub> trong nước cao sẽ là nguyên nhân làm tiêu hao oxy và biểu thị cho sự phú dưỡng trong môi trường. So với tiêu chuẩn chất lượng nước cho các loài thủy sản thì BOD<sub>5</sub> ở các điểm thu mẫu còn ở mức thấp, dao động từ 2,12 đến 9,15 mg/L. BOD<sub>5</sub> có khuynh hướng tăng vào cuối vụ tôm (tháng 7) và cuối vụ lúa (tháng 12) (Hình 5). Điều này là do cuối vụ tôm, các kênh tiếp nhận nguồn nước từ các vuông tôm xả nước hoặc chuẩn bị rửa mặn cho vụ lúa tiếp theo làm cho biến động giá trị BOD<sub>5</sub> trong nước kênh. Tương tự, vào cuối vụ lúa (tháng 12), đây là thời điểm các vuông tháo nước chuẩn bị vụ tôm sú tiếp theo từ đó làm tăng BOD<sub>5</sub> trong nước. Như vậy, có thể thấy rằng hầu hết các điểm thu vào cuối vụ lúa (tháng 12) có giá trị BOD<sub>5</sub> vượt mức B của quy chuẩn QCVN 08:2023/BTNMT với giá trị yêu cầu nhỏ hơn hoặc bằng 6 mg/L. Tuy nhiên, Krishnani et al. (2006) cho rằng giá trị BOD<sub>5</sub> phù hợp hoạt động sống của tôm biển là nhỏ hơn 20 mg/L và tối ưu là 10 mg/L. Nhận định trên cho thấy đối với môi trường nuôi tôm nước lợ thì giá trị BOD<sub>5</sub> ở các điểm thu vẫn còn ở mức thấp.

Tương tự như BOD, giá trị COD<sub>Mn</sub> ở các điểm khảo sát tăng cao nhất vào đợt thu mẫu cuối vụ lúa (tháng 12) với giá trị 21,7 mg/L, cao nhất ở các điểm K1 và K5 (Hình 5). COD<sub>Mn</sub> trong nước ở vụ tôm ở mức thấp hơn, chỉ dao động từ 8,3 đến 15,4 mg/L (Hình 5). Giá trị COD<sub>Mn</sub> ở khu vực khảo sát là phù hợp cho nuôi tôm nước lợ. Theo Krishnani et al. (2006), COD lớn hơn 200 mg/L là bất lợi cho tôm biển, mức bình thường là nhỏ hơn 75 mg/L và tối ưu là nhỏ hơn 70 mg/L. Điều này có nghĩa là COD trong nước tương đối thấp. Do đó, chất lượng nước nuôi tôm cần một lượng dinh dưỡng, tạo nguồn thức ăn tự nhiên. Kết quả cho thấy giá trị BOD<sub>5</sub> và COD<sub>Mn</sub> trong nghiên cứu hiện tại cao hơn so với nghiên cứu tại tỉnh Sóc Trăng và tỉnh Bạc Liêu (Giang và ctv., 2020; 2021). Như đã đề cập ở trên, theo ghi nhận lúc thu mẫu thì tại các điểm thu kênh nội đồng có mức độ trao đổi nước kém và có sự tích tụ hữu cơ trong nước. Đây cũng là nguyên nhân làm cho BOD và COD cao hơn các vùng cửa sông, nơi có lưu lượng lớn và dòng chảy mạnh. Do đó, trong công tác quy hoạch và phát triển vùng nuôi, việc khai thông kênh rạch, giúp trao đổi nước tốt ở các lưu vực là rất quan trọng.



**Hình 5. Biến động BOD<sub>5</sub> và COD<sub>Mn</sub> ở các điểm khảo sát qua các đợt thu mẫu**

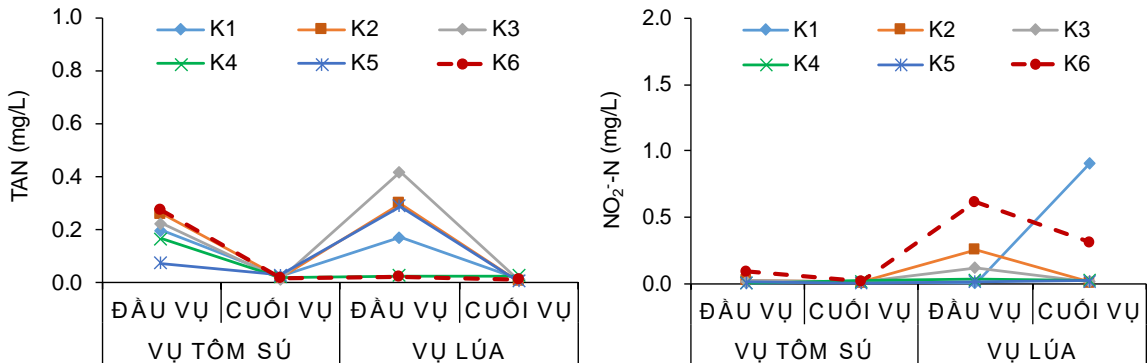
**3.5. TAN và NO<sub>2</sub><sup>-</sup>**

Hàm lượng TAN qua các đợt thu mẫu ở mức thấp và dao động trong khoảng 0,005-0,417 mg/L, cao nhất ở điểm K3 vào đầu vụ lúa và thấp nhất ở điểm K6 (Hình 6). Hàm lượng TAN thích hợp cho nuôi trồng thủy sản nói chung và tôm nước lợ nói riêng dao động từ 0,2 đến 2,0 mg/L (Boyd, 1998). TAN thấp chứng tỏ môi trường nghèo dinh dưỡng, tảo kém phát triển. Boyd and Green (2002) cho rằng hàm lượng TAN là một trong những chỉ tiêu để đánh giá mức độ ô nhiễm của vùng nuôi tôm ven biển và hàm lượng phải nhỏ hơn hoặc bằng 3 mg/L thì đảm

bảo cho hệ sinh thái ven bờ. Theo Krishnani et al. (2006) hàm lượng TAN trong nước dao động từ 0,1 đến 0,4 mg/L là điều kiện bình thường đối với tôm biển, khi lớn hơn 2 mg/L chứng tỏ môi trường giàu dinh dưỡng, gây bất lợi cho quá trình nuôi tôm. Quy chuẩn chất lượng nước mặt QCVN 08:2023/BTNMT thì quy định giới hạn hàm lượng NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong nước là 0,3 mg/L. Điều này cho thấy hàm lượng TAN tại các điểm là an toàn và phù hợp cho việc sử dụng nguồn nước cấp cho nuôi trồng thủy sản.

Hàm lượng  $\text{NO}_2^-$  khá biến động và dao động trong khoảng 0,005-0,960 mg/L. Đặc biệt, hàm lượng  $\text{NO}_2^-$  khá thấp ở 2 đợt khảo sát của vụ tôm, chỉ dao động từ 0,005 đến 0,095 mg/L. Vào vụ lúa (tháng 10 - tháng 12), hàm lượng  $\text{NO}_2^-$  tăng cao ở điểm thu trên sông K6, và cuối vụ lúa đạt giá trị cao nhất ở điểm K1 (0,96 mg/L). Rất khó dự đoán được nồng độ an toàn của  $\text{NO}_2^-$  trong môi trường nước đối với thủy sinh vật vì độ độc phụ thuộc vào sự hiện diện của ion  $\text{Cl}^-$  trong môi trường. Tuy nhiên, khi

hiện diện ở hàm lượng 1-2 mg/L được xem là nguy hiểm đối với thủy sinh vật và mức tối ưu là nhỏ hơn 0,3 mg/L (Boyd, 1998; 2015). Tuy nhiên, Krishnani et al. (2006) cho rằng hàm lượng lớn 4,0 mg/L là nguy hiểm, tối ưu là 0,02 mg/L đối với tôm biển. Đối với chất lượng nước mặt bảo vệ đời sống thủy sinh thì Bộ Tài nguyên và Môi trường đưa ra giới hạn thông số khá khắt khe. Theo đó, hàm lượng  $\text{NO}_2^-$  QCVN 08:2023/BTNMT là 0,05 mg/L tương ứng.

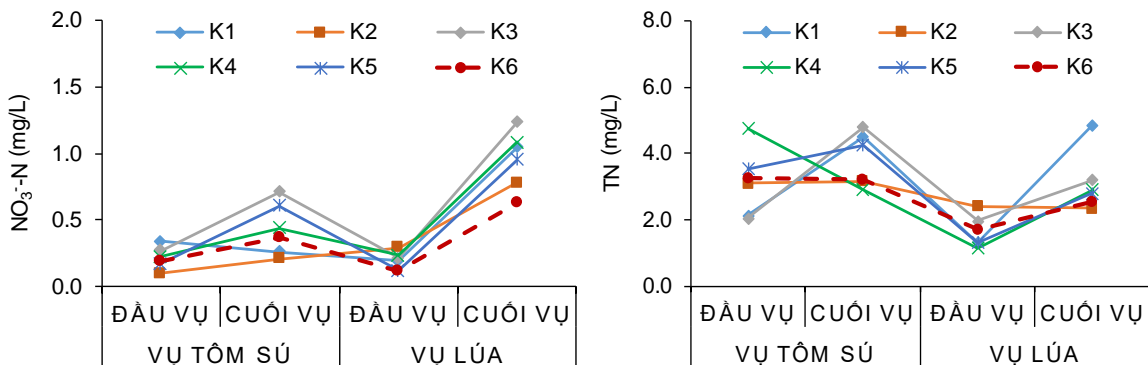


Hình 6. Biến động TAN và  $\text{NO}_2^-$  ở các điểm khảo sát qua các đợt thu mẫu

3.6.  $\text{NO}_3^-$  và TN

$\text{NO}_3^-$  là sản phẩm của quá trình nitrit hóa và không gây độc đối với thủy sinh vật. Tuy nhiên, ở hàm lượng cao (lớn hơn 10 mg/L) phản ánh môi trường rất giàu dinh dưỡng hòa tan và là điều kiện cho tảo phát triển mạnh. Ravichandran and Jajanthi (2006) đề xuất hàm lượng  $\text{NO}_3^-$  trong nguồn nước cấp cho ao nuôi tôm nước lợ nên nhỏ hơn 0,03 mg/L. Theo nghiên cứu của Hoa và ctv. (2003) tại các vuông tôm-lúa luân canh tại huyện Mỹ Xuyên, tỉnh Sóc Trăng thì hàm lượng  $\text{NO}_3^-$  trong nước các vuông nuôi rất thấp, chỉ từ 0,01 đến 0,39 mg/L. Đây cũng là nguyên nhân tảo trong các vuông nuôi tôm

sú luân canh thường kém phát triển và nước rất trong. Nghiên cứu của Giang và ctv. (2020) cho thấy khu vực nguồn nước cấp tại một số huyện của tỉnh Sóc Trăng có hàm lượng  $\text{NO}_3^-$  dao động từ 0,02 đến 0,97 mg/L. Trong nghiên cứu này, kết quả khảo sát cho thấy hàm lượng  $\text{NO}_3^-$  dao động từ 0,095 đến 1,234 mg/L, tương đối cao hơn kết quả nghiên cứu của Giang và ctv. (2020). Quy luật biến động  $\text{NO}_3^-$  tương tự như BOD (Hình 5), có khuynh hướng tăng vào cuối vụ tôm và cuối vụ lúa. Như vậy, kết quả cho thấy hàm lượng  $\text{NO}_3^-$  ở khu vực khảo sát còn ở mức thấp và nằm trong giới hạn nguồn nước cấp cho nuôi trồng thủy sản.



Hình 7. Biến động  $\text{NO}_3^-$  và TN ở các điểm khảo sát qua các đợt thu mẫu



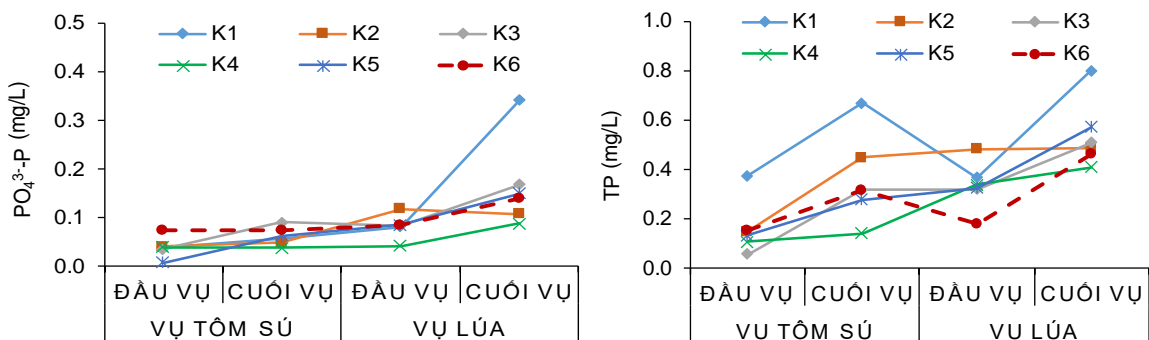
Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng TN trong nước khá cao và rất biến động qua các đợt thu mẫu ở các điểm thu. Hàm lượng TN dao động từ 1,155 đến 4,857 mg/L, trung bình đạt 2,925±1,144 mg/L (Hình 7). Chỉ tiêu TN ít được nghiên cứu cho mô hình tôm-lúa và hiện nay rất ít thông tin. Như đã biết, tổng đạm (TN) trong nước bao gồm thành phần đạm trong vật chất hữu cơ không hòa tan và đạm vô cơ hòa tan như là NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> và NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Kết quả khảo sát TAN, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> và NO<sub>3</sub><sup>-</sup> cho thấy các chỉ tiêu này còn ở mức thấp. Có thể nhận định rằng hàm lượng đạm hữu cơ không hòa tan ở mức cao. Điều này đồng nghĩa hàm lượng những thành phần hữu cơ đang và chưa phân hủy ở mức cao. Quy chuẩn QCVN 08:2023/BTNMT quy định chất lượng nước mặt có hàm lượng TN tối đa là 1,5 mg/L. Như vậy kết quả cho thấy tổng đạm TN ở các điểm khảo sát khá cao, một số điểm vượt giới hạn (K3 và K4) so với tiêu chuẩn (Mức B). Điều này là do điểm K3 và K4 là hai điểm của tuyến sông kênh 1000, nằm sâu hơn trong nội đồng, khả năng trao đổi nước rất kém, từ đó dẫn đến có sự tích tụ về vật chất hữu cơ trong kênh. Hàm lượng TN trung bình ở các kênh cấp cho vuông tôm-lúa tại huyện Tân Phú Đông, tỉnh Tiền Giang cũng khá cao, dao động từ 0,7 đến 2,7 mg/L (Giang và ctv., 2014). Như vậy, đối với mô hình tôm-lúa quảng canh của khu vực nghiên cứu thì hàm lượng TN trong nước các kênh cấp là phù hợp.

**3.7. PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> và TP**

Nhìn chung, hàm lượng PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> qua các đợt thu mẫu có sự biến động và vẫn còn ở mức thấp, dao động trong khoảng 0,009-0,341 mg/L. Thấp nhất ở điểm K4 và cao nhất ở điểm K1 vào cuối vụ lúa

(Tháng 12). Hàm lượng lân PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> có sự biến động giữa vụ tôm và vụ lúa, với giá trị trung bình là 0,051±0,022 mg/L và 0,124±0,076 mg/L tương ứng. Khu vực các kênh nội đồng có hàm lượng PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trung bình cao hơn ngoài sông, với giá trị trung bình lần lượt là 1,727±0,072 mg/L và 0,093±0,032 mg/L (Hình 8). Rõ ràng, trong môi trường có độ mặn cao hơn thì hàm lượng PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> giảm thấp do sự hiện diện của với hàm lượng cao của ion Ca<sup>2+</sup>, điều này phù hợp với nhận định của Boyd (2015). Các khu vực nuôi tôm tại Bạc Liêu có hàm lượng PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước trung bình là 0,16±0,10 mg/L, trong khi ở Sóc Trăng là 0,29±0,18 mg/L tại các vùng cửa sông. Kết quả thu được trong nghiên cứu hiện tại cũng khá tương đồng các nghiên cứu trước đây tại Sóc Trăng và Bạc Liêu của Giang và ctv. (2020; 2021). Theo Ravichandran and Jajanthi (2006), chất lượng nguồn nước cấp tối ưu cho nuôi tôm biển là hàm lượng PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> dao động từ 0,1 đến 0,2 mg/L, nhận định này cũng phù hợp với Boyd (1998).

Hàm lượng tổng lân (TP) rất biến động và chênh lệch lớn giữa các điểm thu mẫu, dao động trong khoảng 0,056-0,800 mg/L, cao nhất ở điểm K1 và thấp nhất ở điểm K6 (Hình 8). Hàm lượng TP cũng có khuynh hướng tăng từ vụ tôm sang vụ lúa và đạt cao nhất vào cuối vụ lúa. Sự tích tụ dinh dưỡng trên các kênh cấp và cuối vụ lúa là nguyên nhân chủ yếu làm tăng hàm lượng phosphate bao gồm lân hòa tan và không hòa tan trong nước. Đối với nước sông, quy chuẩn QCVN 08:2023/BTNMT quy định mức không vượt quá 0,3 mg/L. Với giới hạn này, hầu hết các điểm thu vào vụ lúa vượt quy định khi sử dụng nước cho nông nghiệp (Mức B).



**Hình 8. Biến động PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> và TP ở các điểm khảo sát qua các đợt thu mẫu**

Nhìn chung, chất lượng nước phù hợp sử dụng như là nguồn nước cấp cho nuôi tôm nước lợ trong khu vực. Một điểm quan trọng đối với chất lượng ở khu vực khảo sát là độ kiềm khá cao, kể cả vụ lúa, đều lớn hơn 100 mgCaCO<sub>3</sub>/L, pH ở hầu hết các điểm tại các thời điểm khảo sát đều lớn hơn 7,2. Đây cũng

là một trong những yếu tố cần thiết cho việc nuôi xen canh tôm càng xanh với lúa từ tháng 9 đến tháng 12 và theo ghi nhận là rất có hiệu quả trong khu vực nghiên cứu. Tuy nhiên, do chất lượng nước các tuyến kênh trong thời gian cuối vụ lúa hầu như ít trao đổi, dẫn đến hàm lượng oxy giảm thấp, mức độ

hữu cơ có xu hướng gia tăng, điều này được thể hiện qua thông số BOD<sub>5</sub> và COD<sub>Mn</sub>. Đặc biệt, các yếu tố dinh dưỡng như NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, TN, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> và TP cũng có xu hướng cao vào cuối vụ lúa. Hàm lượng NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, TN biến động theo xu hướng thấp vào đầu vụ và cao vào cuối vụ cho thấy hiệu quả về mặt môi trường khi canh tác theo mô hình tôm-lúa luân canh dẫn đến sự dinh dưỡng trong nguồn nước cấp của khu vực nghiên cứu không bị tích lũy liên tục theo thời gian trong năm canh tác. Tuy nhiên, vai trò của việc trồng lúa lên môi trường, sự ảnh hưởng của canh tác lúa lên năng suất của tôm cũng như là tác động của hoạt động nuôi tôm lên năng suất lúa cần được đánh giá bằng cách phân tích sâu hơn trong hệ thống nuôi.

#### 4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Chất lượng nước trong vùng nuôi tôm-lúa luân canh tại khu vực nghiên cứu khá biến động nhưng hầu hết các chỉ tiêu môi trường nước đạt yêu cầu phục vụ cho nuôi tôm sú vào mùa khô và trồng lúa kết hợp với đối tượng thủy sản vào mùa mưa. Tuy nhiên, hàm lượng oxy tương đối thấp, độ mặn đầu mùa khô rất cao và giảm nhanh về cuối vụ tôm. Độ

mặn và độ kiềm có sự biến động lớn giữa các điểm, do đó cần quan trắc chất lượng nước để cung cấp thông tin kịp thời trước khi cấp nước vào các ruộng nuôi. Hàm lượng NO<sub>2</sub><sup>-</sup> tương đối cao và có sự tích tụ dinh dưỡng ở các kênh nội đồng vào cuối vụ lúa thông qua sự gia tăng hàm lượng BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> và TP trong nước. Vì vậy, cần phải lưu ý hoặc có những giải pháp xử lý phù hợp trước khi đưa nguồn nước vào sử dụng trong quá trình nuôi tôm sú trong mô hình. Nhìn chung, chất lượng nước phù hợp cho sự phát triển bình thường của động vật thủy sản.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện với sự tài trợ kinh phí từ dự án “Cải thiện môi trường và kỹ thuật nhằm phát triển bền vững mô hình nuôi tôm sú-lúa luân canh ở Đồng bằng sông Cửu Long”, thuộc chương trình Thích ứng với biến đổi khí hậu vùng Đồng bằng sông Cửu Long (MCRP). Thỏa thuận hợp tác nghiên cứu khoa học giữa Tổ chức hợp tác quốc tế Đức GIZ và Trường Đại học Cần Thơ.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- APHA (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23<sup>rd</sup> Edition). American Public Health Association, Washington DC.
- Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2011). QCVN 38:2011/BTNMT. *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt bảo vệ đời sống thủy sinh*.
- Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2023). QCVN 08-MT: 2023/BTNMT. *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt*.
- Boyd, C. E. (1998). *Water quality for pond aquaculture*. Research and development series No.43. Auburn University, Alabama.
- Boyd, C. E. (2015). *Water quality: an introduction*. Springer Publisher. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17446-4>
- Boyd, C. E. (2001). *Water quality standards: Total suspended solids*. The Advocate 04/2001.
- Boyd, C. E., & Green, B. W. (2002). *Water quality monitoring in shrimp farming areas: an example from Honduras, Shrimp Farming and the Environment*. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment, Auburn, USA.
- Chi cục Thủy sản Cà Mau. (2021). *Báo cáo kết quả thực hiện nhiệm vụ công tác năm 2020, Kế hoạch công tác năm 2022*.
- Chien, Y. H. (1992). Water quality requirements and management for maribe shrimp culture. In J. Wyban (Ed.). *Proceedings of the special section on shrimp farming* (pp. 144-156). World Aquaculture Society, Baton Rouge, Los Angeles, USA.
- Chương, N. T., Hà, T. T. T., & Lan, N. N. (2019). Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả tài chính trong mô hình tôm-lúa luân canh ở huyện An Biên, tỉnh Kiên Giang. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 2, 76-83.
- Cục Thủy sản. (2023). Tình hình nuôi tôm nước lợ những năm gần đây và giải pháp phát triển, tiêu thụ. *Báo cáo tại Diễn đàn trực tuyến kết nối sản xuất, chế biến, xuất khẩu tôm nước lợ Việt Nam*. 7/2023. Thành phố Hồ Chí Minh.
- Duc, P. M., Hoa, T. T. T., Phuong N. T., Bosma, R. H., Hien, H. V., & Tuan, T. N. (2015). Virus diseases risk-factors associated with shrimp farming practices in rice-shrimp and intensive culture systems in Mekong Delta Viet Nam. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 5, 1-6.
- Giang, T. T., Oluwadamilare, A. A., Hóá, Á. V., Giang, H. T., Phú, T. Q., Wada, M., & Út, V. N. (2020). Đánh giá chất lượng nước trong khu vực nuôi tôm tinh Sóc Trăng. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 56 (Số chuyên đề: Thủy sản), 112-120. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2020.013>

- Giang, T. T., Hóa, Á. V., Phú, T. Q., Út, V. N., & Giang, H. T. (2021). Chất lượng nước trong khu vực nuôi tôm tinh Bạc Liêu. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 57 (Số chuyên đề: Thủy sản), 126-136.  
<https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2021.072>
- Goh, C. P., & Lim, P. E. (2008). Potassium permanganate as oxidant in the COD test for saline water samples. *ASEAN Journal on Science & Technology for Development*, 25(2), 383-393.
- Hoa, T. T. T., Minh, T. H., & Phuong, T. V. (2003). Preliminary observations of the effects of water exchange on water quality, sedimentation rates and the growth and yields of *Penaeus monodon* in the rice shrimp culture system. In N. Preston & H. Clayton (Eds.). *Rice- shrimp farming in the Mekong Delta: Biophysical and Socioeconomic Issues* (pp. 35-38). ACIAR Technical Reports No. 52e.
- ISO. (1988). *Water quality - determination of nitrate - Part 3: Spectrometric method using sulfosalicylic acid*. Geneva, International Organization for Standardization (ISO 7890-3:1988 (E)).
- Krishnani, K. K., Gupta, B. P., & Pillai, S. M. (2006). Water quality requirements for shrimp farming. In *Training on Shrimp Farming* (pp. 21-27), Central Institute of Brackishwater Aquaculture.  
<http://ciba.res.in/Books/ciba0179.pdf>
- Mai, L. T. P., Hải, T. N., Ni, D. V., & Son, V. N. (2015). Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu và giải pháp ứng phó trong mô hình tôm sú-lúa luân canh ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 41, 121-133.  
<https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2016.079>
- Minh, T. H. (2017). Đánh giá khía cạnh kỹ thuật và hiệu quả tài chính trong nuôi tôm sú theo mô hình tôm-lúa luân canh ở tỉnh Cà Mau. *Tạp chí khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 50, 133-139.  
<https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2017.046>
- Minh, T. H., Jackson, C. J., Hoa, T. T. T., Ngoc, L. B., Preston, N., & Phuong, N. T. (2003). Growth and survival of *Penaeus monodon* in relation to the physical conditions in rice – shrimp ponds in the Mekong Delta. In N. Preston & H. Clayton (Eds.). *Rice-shrimp farming in the Mekong Delta: Biophysical and Socioeconomic Issues* (pp. 27-34). ACIAR Technical Reports No. 52e.
- Motoh, H. (1981). *Studies on the fisheries biology of the giant tiger prawn, Penaeus monodon in the Philippines*. Technical Report of Aquaculture Department Southeast Asian Fisheries Development Center 7.
- Nollet, L. M. L. (2000). *Handbook of water analysis, 1<sup>st</sup> Ed.* CRC Press, New York.
- Quang, N. M. N., Việt, T. V., & Út, V. N. (2016). Đánh giá biến động chất lượng nước trong mô hình tôm sú-lúa luân canh ở huyện Tân Phú Đông, tỉnh Tiền Giang. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 2(Số chuyên đề Thủy sản), 203-208.
- Ravichandran, P., & Jajanthi, M. (2006). Site selection, designing and construction of shrimp farms. In K. Gopinathan (Ed.), *Culture of Brackishwater Finfish and Shellfish- I* (pp. 19-28). Indira Gandhi National Open University.
- Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tỉnh Kiên Giang. (2022). Kết quả thực hiện chương trình ứng dụng các giải pháp phát triển bền vững mô hình tôm-lúa theo hướng hữu cơ thích ứng với biến đổi khí hậu tại Kiên Giang. *Diễn đàn Khuyến nông @ Nông nghiệp. Trung tâm Khuyến nông Quốc gia*.
- Son, V. N., Nhãn, B. V., Khánh, L. V., Hải, T. N., & Phuong, N. T. (2018). Đánh giá hiệu quả kỹ thuật và tài chính của mô hình nuôi tôm sú quảng canh cải tiến và tôm - lúa tại huyện Thới Bình, tỉnh Cà Mau. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 54(3B), 164-176.  
<https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2018.053>
- Thái, P. V., Minh, T. H., Tuân, T. H., & Hải, T. N. (2015). So sánh hiệu quả sản xuất giữa nuôi tôm sú và tôm thẻ chân trắng luân canh với lúa ở tỉnh Kiên Giang. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 41, 111-120.
- Tổng cục Thủy sản. (2018). *Kết quả quan trắc môi trường chất lượng nước phục vụ vùng nuôi tôm nước lợ tỉnh Cà Mau*. Tổng cục Thủy sản, Nuôi trồng thủy sản, Quản lý môi trường.
- Tổng cục Thủy sản. (2019). *Kết quả quan trắc môi trường tại các huyện trọng điểm nuôi tôm tỉnh Sóc Trăng trong tháng 5/2019*. Tổng cục Thủy sản, Nuôi trồng thủy sản, Quản lý môi trường.
- Tổng cục Thủy sản. (2022). Hiện trạng, định hướng phát triển bền vững mô hình tôm-lúa vùng Đồng bằng sông Cửu Long. *Diễn đàn Khuyến nông @ Nông nghiệp. Trung tâm Khuyến nông Quốc gia*.
- Ủy ban nhân dân tỉnh Cà Mau. (2020). *Kế hoạch sản xuất nông nghiệp hữu cơ giai đoạn 2020-2025 trên địa bàn tỉnh Cà Mau*.
- Van-Wyk, P., & Scapa, J. (1999). Water quality requirements and management (Chapter 8). In P. Van-Wyk, M. Davis-Hodgkins, R. Laramore, K. L. Main, J. Mountain, & J. Scapa (Eds.), *Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems* (pp. 141-162). Harbor Branch Oceanographic Institution. Florida USA.