

DOI:10.22144/ctujos.2025.059

BIẾN ĐỘNG CẤU TRÚC THÀNH PHẦN LOÀI GIÁP XÁC RÂU NGÀNH (CLADOCERA) DƯỚI SỰ THAY ĐỔI CỦA ĐỘ MẶN VÙNG CỬA SÔNG HẬU

Nguyễn Công Tráng^{1,2*}, Âu Văn Hóa¹ và Vũ Ngọc Út¹

¹Trường Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ, Việt Nam

²Khoa Nông nghiệp và Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Tiền Giang, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): nguyencongtrang@tgu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 04/12/2024

Sửa bài (Revised): 12/01/2025

Duyệt đăng (Accepted): 13/03/2025

Title: Variation of a species composition structure of Cladocera under salinity change in the estuary of Hau river

Author(s): Nguyen Cong Trang^{1,2*}, Au Van Hoa¹ and Vu Ngoc Ut¹

Affiliation(s): ¹College of Aquaculture and Fisheries, Can Tho University, Viet Nam; ²Faculty of Agriculture and Food Technology, Tien Giang University, Viet Nam

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá sự biến động thành phần loài giáp xác râu ngành (Cladocera) dưới sự thay đổi của độ mặn ở vùng cửa sông Hậu. Độ mặn và Cladocera được thu hàng tháng trong thời gian từ tháng 7/2017 đến tháng 6/2018 vào lúc đỉnh triều và chân triều tại Cái Côn, Đại Ngãi và Trần Đề. Kết quả cho thấy, độ mặn trên sông Hậu từ 0 đến 20‰, xâm nhập mặn xảy ra từ tháng 12/2017 đến tháng 4/2018. Có 12 loài Cladocera được ghi nhận với tổng mật độ từ 4.571 đến 21.898 ct/m³. Kết quả hồi quy cho thấy, số lượng loài và mật độ Cladocera đều tương quan nghịch với độ mặn. Độ mặn từ 0 đến 2‰ là khoảng thích hợp cho Cladocera trên sông Hậu phát triển. Xâm nhập mặn đã làm giảm thành phần và mật độ Cladocera tại vùng hạ lưu sông Hậu.

Từ khóa: Cladocera, giáp xác râu ngành, sông Hậu, xâm nhập mặn

ABSTRACT

This study aimed to assess the effects of salinity variation on the species composition of Cladocera in the Hau river estuary area. Salinities and Cladocera samples were collected monthly from 07/2017 to 06/2018 during high tide and low tide at Cai Con, Dai Ngai and Tran De. These results showed that salinity on Hau River ranged from 0 to 20‰, and salinity intrusion occurred strongly from 12/2017 to 04/2018. There were 12 species of Cladocera on Hau River, and its total density was 4,571-21,898 ind.m⁻³. Besides, regression results showed that the amount of appeared species and its density were negatively correlated with salinity. Moreover, in the range 0-2‰ of salinity, Cladocera thrived on Hau river. Saline intrusion had reduced the composition and density of the Cladocera in the Hau River estuarine.

Keywords: Cladocera, crustaceans, Hau river, saline intrusion

1. GIỚI THIỆU

Xâm nhập mặn trong các hệ sinh thái nước ngọt là một vấn đề ngày càng trở nên nghiêm trọng do tác động của biến đổi khí hậu ngày càng mạnh mẽ

(Woodward et al., 2010). Trong thủy vực, các quần xã phiêu sinh động vật (PSDV) có vai trò rất quan trọng, chúng vừa giúp cân bằng sinh thái vừa là mắt xích quan trọng đầu tiên trong lưới thức ăn tự nhiên để duy trì và nâng cao năng suất sinh học của thủy

vực. Kết quả ở một số nghiên cứu cho thấy rằng, các quần xã PSDV nước ngọt khi tiếp xúc với sự gia tăng độ mặn sẽ có những biến động đáng kể về cấu trúc của chúng cũng như sự tồn tại, tăng trưởng và sinh sản (Yuan et al., 2020; Hall & Lewandowska, 2022; Ersoy et al., 2022; Venkataramana et al., 2023). Trong quần xã PSDV, nhóm giáp xác râu ngành (*Cladocera*) là thành phần quan trọng của hầu hết các hệ sinh thái nước ngọt và nhiều loài trong nhóm này là nguồn thức ăn tự nhiên giàu dinh dưỡng trong nuôi trồng thủy sản (Dodson & Frey, 1991; Lavens & Sorgeloos, 1996). Theo nghiên cứu, sự sống sót của *Cladocera* ở các vùng cửa sông phụ thuộc vào sự thích nghi chúng thích nghi với các điều kiện thay đổi của môi trường tự nhiên (Haridevan et al., 2015). Kết quả được đưa ra từ nhiều nghiên cứu trước đây cũng cho thấy, có nhiều yếu tố ảnh hưởng lên phân bố và cấu trúc thành phần loài *Cladocera* như nhiệt độ, độ đục, hàm lượng dinh dưỡng trong nước (Li et al., 2006; Porto et al., 2009; Merle et al., 2017). Tuy nhiên, độ mặn là yếu tố quan trọng giới hạn sự phân bố, nó ảnh hưởng đến khả năng thích nghi và làm biến động cấu trúc thành phần loài *Cladocera* (Aladin, 1982; Aladin, 1991; Rokneddine & Chentoufi, 2004; Latta et al., 2012).

Sông Hậu là một trong hai phân lưu của sông Mekong ở đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Theo đó, vùng hạ lưu sông Hậu là nơi cung cấp nước chủ lực cho nuôi trồng thủy sản (NTTS), ví dụ như nuôi cá nước ngọt và nuôi tôm nước lợ mặn của tỉnh Sóc Trăng (Nguyen & Amararatne, 2016). Theo thống kê, diện tích nuôi tôm nước lợ của tỉnh Sóc Trăng năm 2023 là 53.551 ha với sản lượng khoảng 206.334 tấn, vượt trên 7,42% so với năm 2022 (Vietnam Bureau of Fisheries, 2024). Tuy nhiên,

vùng cửa sông Hậu luôn chịu tác động mạnh của chế độ thủy triều và đặc biệt là vấn đề xâm nhập mặn từ cửa biển. Theo dự báo trong tương lai, ĐBSCL nói chung và sông Hậu nói riêng tiếp tục chịu ảnh hưởng của xâm nhập mặn ngày càng nghiêm trọng (IPCC, 2007; Le et al., 2007; Dang et al., 2007). Do đó, nguồn lợi thủy sản cũng như NTTS dọc sông Hậu sẽ ít nhiều chịu tác động tiêu cực, khi cấu trúc thành phần loài *Cladocera* bị thay đổi do nguồn nước bị nhiễm mặn. Vì vậy, việc nghiên cứu ảnh hưởng của sự thay đổi độ mặn đến đối tượng thành phần loài *Cladocera* ở vùng cửa sông Hậu là cần thiết, kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp các dữ liệu quan trọng để phục vụ cho những nghiên cứu tiếp theo, từ đó đề xuất các giải pháp hỗ trợ NTTS phát triển bền vững hơn trong điều kiện xâm nhập mặn ngày càng gia tăng tại vùng ĐBSCL.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thời gian và địa điểm

Nghiên cứu này được thực hiện từ tháng 7/2017 đến tháng 8/2024, trong đó thời gian thu mẫu từ tháng 7/2017 đến tháng 6/2018, thời gian còn lại là phân tích mẫu, xử lý số liệu và viết bài. Theo đó, mẫu nước và mẫu *Cladocera* được thu định kỳ (vào cuối tháng) từ tháng 7/2017 đến tháng 6/2018 vào thời điểm đỉnh triều (nước đứng ròng) và chân triều (nước đứng lớn) trong ngày tại 3 vị trí vùng cửa sông Hậu (thuộc tỉnh Sóc Trăng) gồm: khu vực (I) Cái Côn là điểm xa nhất hướng về thượng nguồn sông Hậu (cách cửa biển khoảng 60 km) có xâm nhập mặn xảy ra trong mùa khô, khu vực (II) Đại Ngãi (cách cửa biển khoảng 31 km) và khu vực (III) cửa biển Trần Đề (Bảng 1 và Hình 1).

Bảng 1. Vị trí và đặc điểm các khu vực thu mẫu tại vùng hạ lưu sông Hậu

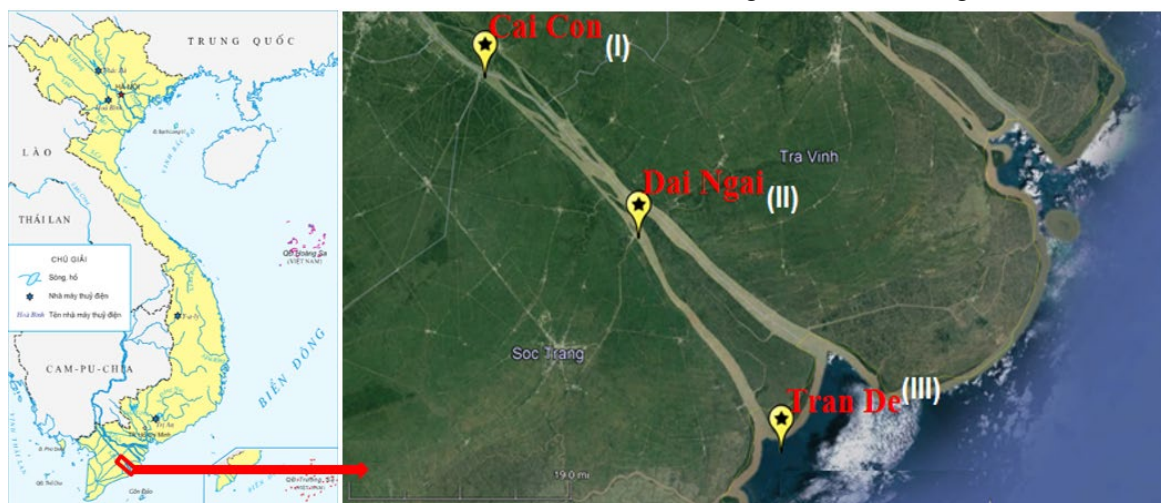
Nơi thu mẫu	Tọa độ vị trí	Đặc điểm vùng thu mẫu
Cái Côn (I)	9°55'48.9'' - 105°54'02.6''	- Đây là khu vực xa nhất trên sông Hậu (đoạn đầu) về phía thượng nguồn, ít bị xâm nhập mặn vào mùa khô, - Vùng ven bờ có nhiều nhà dân, nhận nước từ kênh Quản Lộ Phụng Hiệp đổ về.
Đại Ngãi (II)	9°43'47.2'' - 106°04'52.4''	- Đây là vùng giữa cửa của sông, tại đây có sự xâm nhập mặn theo mùa khô, - Khu vực này có sóng và gió mạnh, một phía bờ sông là nhà dân, một phía bờ là bến phà Đại Ngãi.
Trần Đề (III)	9°28'0.90'' - 106°14'35.5''	- Đây là đoạn cuối nguồn của sông Hậu, vùng ven biển, chịu ảnh hưởng lớn của nước biển, - Khu vực này thủy vực bị xáo trộn mạnh bởi sóng, gió mạnh; gần cảng cá Trần Đề, nhiều tàu khai thác thủy sản.

2.2. Phương pháp thu mẫu

Tại mỗi vùng thu mẫu Cái Côn, Đại Ngãi và Trần Đề, mẫu nước và *Cladocera* được thu dọc theo mặt cắt ngang của sông Hậu. Theo đó, dọc theo mặt cắt ngang của sông, cách nhau 0,5 km thì thu 1 vị trí.

Thu mẫu *Cladocera*: Mẫu định tính được thu bằng cách dùng lưới PSDV có kích thước mắt lưới

60 μm với diện tích bề mặt miệng lưới là 0,13 m^2 , lưới được đặt dưới tầng nước mặt có độ sâu từ 30 đến 50 cm và kéo theo hình zíc-zắc trên sông. Mẫu định lượng *Cladocera* được thu bằng phương pháp lọc, dùng xô nhựa 20 L thu nước ở tầng mặt có độ sâu từ 30 đến 50 cm ở 20 điểm khác nhau, tại mỗi điểm thu 400 L nước và lọc qua lưới PSDV có kích thước mắt lưới 60 μm . Sau đó, các mẫu được cho vào các chai nhựa có thể tích 110 mL và mẫu được cố định bằng formol để đạt nồng độ từ 4 đến 6%.



Hình 1. Vị trí của sông Hậu ở ĐBSCL (trái) và 3 điểm thu mẫu trên vùng hạ lưu sông Hậu (phải)

Thu mẫu nước: Để phân tích độ mặn và các chỉ tiêu cơ bản khác gồm nhiệt độ, oxy hòa tan (DO), tổng đạm (TN) và tổng lân (TP). Theo đó, nhiệt độ và độ mặn được kiểm tra ngay tại sông. Các mẫu nước dùng phân tích DO, sau khi thu cho vào chai thủy tinh 100 mL và được cố định bằng MnSO_4 và KI-NaOH . Các mẫu nước dùng để phân tích TN và TP thì được chứa trong các chai nhựa 110 mL và được bảo quản lạnh bằng nước đá.

Các mẫu *Cladocera* và nước sau thu được chuyển về các phòng thí nghiệm của Trường Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ để phân tích.

2.3. Phương pháp phân tích mẫu

2.3.1. Phân tích mẫu nước

Độ mặn của nước (‰) được đo bằng khúc xạ kế nhãn hiệu ATAGO (xuất xứ Nhật Bản) và nhiệt độ nước ($^{\circ}\text{C}$) được đo trực tiếp tại hiện trường bằng bảng máy đo đa chỉ tiêu HANNA (HI9828). DO được phân tích theo phương pháp Winkler, 4500-O.C (APHA, 1995). TN được phân tích bằng phương pháp Macro-Kjeldahl, 4500-B-Nogr (APHA, 1995). TP phân tích dựa theo phương pháp Persulfate, 4500-P-B (APHA, 2012).

2.3.2. Phân tích mẫu *Cladocera*

Phân tích mẫu định tính *Cladocera*: Các loài *Cladocera* được xác định theo phương pháp hình thái học bằng cách quan sát dưới kính hiển vi ở độ phóng đại 40, 100 lần và căn cứ theo các tài liệu của Shirota (1966), Chen (1980) và Dang et al. (2015). Để đảm bảo phát hiện đầy đủ thành phần loài của *Cladocera* trong các mẫu, việc phân tích đã được thực hiện đến khi không phát hiện loài mới.

Phân tích mẫu định lượng *Cladocera*: Các mẫu được cô đặc trước khi phân tích định lượng và ghi thể tích các mẫu sau khi cô đặc. Mẫu cô đặc được khuấy đều và cho vào buồng đếm Sedgewick-Rafter, đếm số lượng cá thể *Cladocera* theo từng loài dưới kính hiển vi ở vật kính 10X. Số ô đếm là 180 ô, chia làm 3 lần đếm, mỗi lần đếm 60 ô. Mật độ *Cladocera* được tính bằng công thức như sau:

$$X = \frac{T * 1000 * V_{cd} * 10^6}{A * N * V_M}$$

Trong đó:

X: số cá thể *Cladocera* (cá thể/m³, viết tắt: ct/m³),

T: số cá thể đếm được theo từng loài,

A: diện tích ô đếm (1mm²),

N: số ô đếm (180 ô),

V_{cd}: thể tích mẫu cô đặc (mL),

V_M: thể tích mẫu thu (mL).

Sự đa dạng và tương đồng về thành phần của *Cladocera* được tính toán dựa theo các chỉ số sinh học như: độ giàu loài Margalef (d), chỉ số đa dạng Shannon-Wiener (H'), chỉ số loài ở mức độ chiếm ưu thế Simpson (λ) và chỉ số đồng đều Pielou (J'). Các chỉ số này được tính toán tự động bằng phần mềm Primer 6.0.

2.4. Xử lý số liệu

Số liệu sau khi ghi nhận được lưu trữ và xử lý, phân tích bằng các phần mềm chuyên dụng gồm Exel 2010, SPSS 20.0, R 3.6+R.studio, Primer 6.0 và Pass 4.08.

Mật độ *Cladocera*: Giá trị trung bình mật độ hiện diện (ct/m³) của *Cladocera* tại các điểm thu mẫu (Cái Côn, Đại Ngãi, Trần Đề) tương ứng với từng thủy triều (chân triều, đỉnh triều) là số trung bình cộng mật độ hiện diện của tất cả các loài *Cladocera* tại điểm đó tương ứng với một loại thủy triều qua 12 tháng. Tổng trung bình mật độ hiện diện (ct/m³) của *Cladocera* là tổng của trung bình mật độ của tất cả các loài ghi nhận được tại địa điểm thu mẫu.

Số liệu nghiên cứu được phân tích theo nhiều hướng để đánh giá một cách đầy đủ tác động của độ mặn lên *Cladocera*:

Thứ nhất: Tác động của độ mặn lên thành phần *Cladocera* được đánh giá dựa trên số lượng loài hiện diện và mật độ của chúng trên sông.

Thứ hai: Sự phân bố của *Cladocera* được đánh giá qua phân tích Cluster, CCA và PCA. CCA được phân tích bằng Pass 4.08 được sử dụng để đánh giá mối tương quan trong phân bố của *Cladocera* dưới tác động của độ mặn và các yếu tố chất lượng nước cơ bản. Cluster được phân tích bằng SPSS 20.0, PCA được phân tích bằng R.studio + R.3.6, sử dụng các gói gồm de4, vegan (permute, lattice), gclus (cluster) và ape để đánh giá sự tương đồng trong phân bố của các loài *Cladocera* dưới tác động của độ mặn và theo các vị trí thu mẫu khác nhau.

Hồi quy Linear được phân tích bằng SPSS 20.0, dùng xác định mối quan hệ giữa độ mặn và sự phong

phú của *Cladocera* trên sông Hậu. Kết quả phương trình hồi quy được sử dụng để dự báo thành phần *Cladocera* trên sông Hậu và phương trình này có dạng như sau:

$$Y=a \cdot X+b$$

Trong đó:

Y là số lượng loài *Cladocera* hiện diện hoặc mật độ của chúng (ct/m³),

X là độ mặn trong nước (‰),

a và b là các hệ số được xuất ra từ kết quả hồi quy.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Biến động độ mặn vùng cửa sông Hậu

3.1.1. Sự biến động độ mặn theo thời gian

Độ mặn trên sông Hậu theo thời gian gắn với thủy triều tại các vị trí thu mẫu được thể hiện qua Hình 2. Độ mặn tại tất cả các vị trí lấy mẫu theo thời gian dao động từ 0 đến 20‰. Theo đó, độ mặn tại Trần Đề cao hơn ở Đại Ngãi và độ mặn ở Đại Ngãi cao hơn ở Cái Côn. Độ mặn ở thời điểm đỉnh triều luôn cao hơn ở thời điểm chân triều. Theo kết quả được thể hiện ở Hình 2, từ tháng 8 đến tháng 10/2017 độ mặn ghi nhận được tại 3 vùng thu mẫu đều là 0‰, trong giai đoạn này sông Hậu đặc trưng cho hệ sinh thái nước ngọt. Tuy nhiên, ở Trần Đề sự xâm nhập mặn đã xảy ra sau đó vào tháng 11/2017. Đặc biệt, quá trình xâm nhập mặn trên sông Hậu diễn ra mạnh mẽ và mạnh nhất vào mùa khô từ tháng 12/2017 đến tháng 4/2018 (Hình 2).

3.1.2. Sự biến động độ mặn theo vị trí thu mẫu

Theo các vị trí thu mẫu, giá trị trung bình của độ mặn trên tuyến sông Hậu được thể hiện qua Bảng 2.

Bảng 2. Độ mặn trên sông Hậu theo các vị trí thu mẫu

Vị trí thu mẫu	Độ mặn (‰)
(I) - Cái Côn	0,1 ± 0,09 ^a
(II) - Đại Ngãi	1,0 ± 0,37 ^a
(III) - Trần Đề	5,7 ± 1,35 ^b

Ghi chú: Số liệu trong bảng là trung bình ± sai số chuẩn. Các giá trị trên cùng cột độ mặn có chứa các ký tự chữ khác nhau thì chỉ sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$).

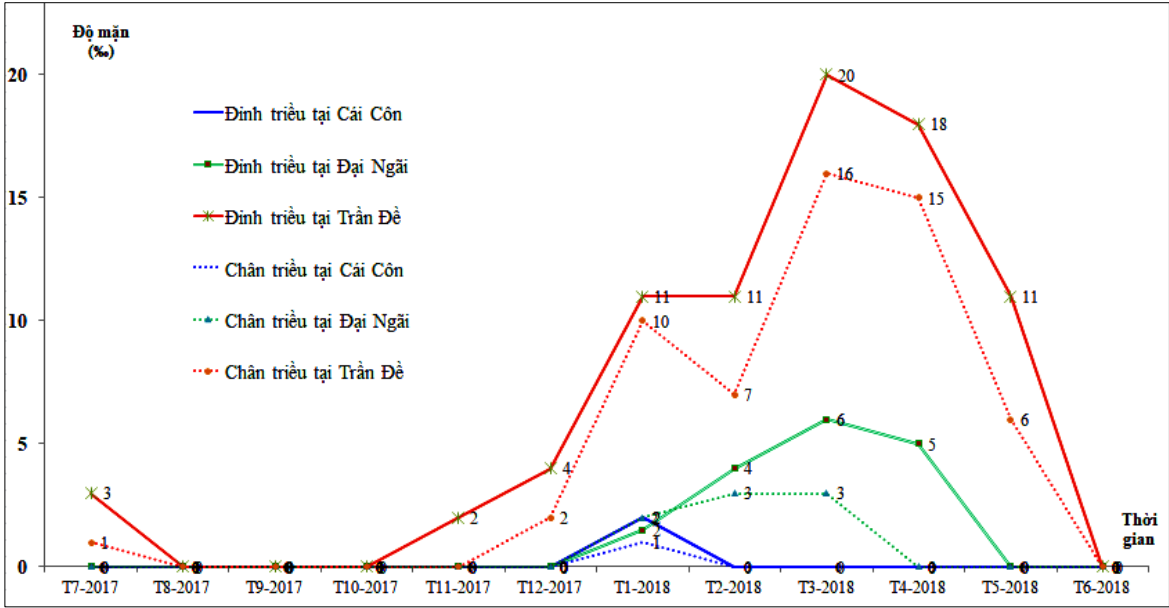
Kết quả cho thấy, độ mặn trung bình ghi nhận được trên tuyến sông Hậu từ vùng I (Cái Côn) đến vùng II (Đại Ngãi) và vùng III (Trần Đề) có sự biến động lớn từ 0,1±0,09‰ đến 5,7±1,35‰ (Bảng 2). Theo đó, độ mặn thấp nhất tại Cái Côn và cao nhất tại Trần Đề. Độ mặn vùng Trần Đề (III) cao nhất và

khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) so với 2 vị trí còn lại là Cái Côn (I) và Đại Ngãi (II). Bên cạnh đó, độ mặn giữa Cái Côn (I) và Đại Ngãi (II) khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$).

3.2. Thành phần loài và sự phong phú của Cladocera ở vùng cửa sông Hậu

Thành phần loài và mật độ *Cladocera* lưu vực hạ lưu sông Hậu được thể hiện qua Bảng 3. Kết quả khảo sát cho thấy, có 12 loài *Cladocera* hiện diện trên khu vực hạ lưu sông Hậu và phân bố từ Cái Côn đến Trần Đề. Thành phần loài của *Cladocera* có sự biến động theo thủy triều hoặc theo địa điểm thu mẫu và dao động từ 6 đến 11 loài. Trong đó chủ yếu là các loài *Bosmina coregoni*, *B. longirostris*, *Ceriodaphnia megalops*, *Diaphanosoma brachyurum* và *Moina brachiata*.

Ngoài ra mật độ của của các loài *Cladocera* cũng có sự biến động theo thủy triều và địa điểm thu mẫu. Mật độ của các loài *Cladocera* dao động từ 167 đến 4.920 ct/m³. Trong đó mật độ *Cladocera* lúc chân triều tại Trần Đề là thấp nhất (381 ct/m³), trái lại, mật độ của *Cladocera* lúc đỉnh triều tại Đại Ngãi là cao nhất (1.881 ct/m³), tuy nhiên khác biệt không ý nghĩa ($p>0,05$) so với mật độ *Cladocera* lúc chân triều ở Đại Ngãi và cả mật độ *Cladocera* ở Cái Côn vào 2 thời điểm của thủy triều. Bên cạnh đó, kết quả được thể hiện ở Bảng 3 còn cho thấy, tổng mật độ của *Cladocera* hiện diện tại Đại Ngãi lúc đỉnh triều là cao nhất (22.567 ± 1.212 ct/m³) và tổng mật độ tại Trần Đề lúc chân triều cận cũng thấp nhất (4.571 ± 677 ct/m³). Đặc biệt, các loài *Cladocera* như *Bosmina coregoni*, *B. longirostris*, *Moina* sp. hiện diện trong tất cả các thời điểm thủy triều và ở tất cả các địa điểm thu mẫu (Bảng 3).



Hình 2. Biến động của độ mặn vùng hạ lưu sông Hậu theo thời gian

Bảng 3. Thành phần loài và mật độ của *Cladocera* vùng cửa sông Hậu

TT	Tên loài	Cái Côn		Đại Ngãi		Trần Đề	
		Đỉnh triều	Chân triều	Đỉnh triều	Chân triều	Đỉnh triều	Chân triều
1	<i>Bosmina coregoni</i>	2.432	1.463	3.080	2.694	1.194	750
2	<i>Bosmina longirostris</i>	2.657	3.093	2.121	1.136	1.143	261
3	<i>Ceriodaphnia lacustris</i>	-	2.313	-	1.125	-	465
4	<i>Ceriodaphnia megalops</i>	2.279	2.378	2.905	1.672	833	-

TT	Tên loài	Cái Côn		Đại Ngãi		Trần Đề	
		Đỉnh triều	Chân triều	Đỉnh triều	Chân triều	Đỉnh triều	Chân triều
5	<i>Ceriodaphnia rigaudi</i>	2.285	1.831	549	825	-	-
6	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	1.851	3.573	2.171	3.056	-	2.292
7	<i>Macrothrix</i> sp.	1.333	448	892	-	882	-
8	<i>Moina brachiata</i>	4.275	4.920	4.306	3.347	2.688	-
9	<i>Moina rectirostris</i> var <i>casani</i>	1.514	-	1.920	-	1.472	-
10	<i>Moina</i> sp.	2.127	1.879	1.925	1.629	167	234
11	<i>Penilia schmackeri</i>	-	-	2.073	1.698	1.611	569
12	<i>Pseudosida bidentata</i>	506	-	625	-	-	-
Số loài hiện diện		10	9	11	9	8	6
Mật độ trung bình của Cladocera±SD (ct/m ³)*		1.772±1.216 ^{bc}	1.825±1.562 ^{bc}	1.881±1.222 ^c	1.432±1.159 ^{bc}	832±848 ^a _b	381±656 ^a
Tổng mật độ Cladocera±SD (ct/m ³)		21.259±1.205	21.898±1.522	22.567±1.212	17.182±1.119	9.990±845	4.571±677

Ghi chú: (-) chỉ sự không hiện diện. Tại hàng (*), các giá trị có chứa các ký tự chữ khác nhau thì chỉ sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05).

Bảng 4. Số lượng loài và mật độ của *Cladocera* theo các đặc điểm thu mẫu

Đặc điểm thu mẫu	Số loài hiện diện	Mật độ (ct/m ³) (trung bình ± SD)*
Vị trí	Cái Côn	11 8.270±7.028 ^c
	Đại Ngãi	12 4.993±5.727 ^b
	Trần Đề	10 1.364±2.030 ^a
Thủy triều	Đỉnh triều	11 4.522±5.611 ^a
	Chân triều	10 5.230±6.430 ^a

Ghi chú: (*) tại cột mật độ trung, khi xét trong cùng một nhóm đặc điểm thu mẫu, các giá trị trong cùng một cột có chứa các ký tự chữ khác nhau thì chỉ sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05).

Kết quả Bảng 4 cho thấy, số loài và mật độ *Cladocera* vùng hạ lưu sông Hậu có biến động theo vị trí thu mẫu từ Cái Côn đến Trần Đề. Cụ thể mật độ *Cladocera* có xu hướng giảm từ Cái Côn đến Trần Đề từ 8.270 ct/m³ xuống 1.364 ct/m³ và khác

biệt ý nghĩa thống kê (p<0,05). Trong khi đó số loài *Cladocera* hiện diện tại các vị trí thu mẫu có sự biến động không đáng kể, dao động từ 10 đến 12 loài, tại Đại Ngãi cao nhất (12 loài) và thấp nhất là tại Trần Đề (10 loài). Khi xét theo thủy triều, mật độ *Cladocera* trung bình lúc đỉnh triều (4.522ct/m³) thấp hơn so với lúc chân triều (5.230 ct/m³), tuy nhiên khác biệt không có ý nghĩa thống kê (p>0,05). Như vậy, thành phần loài và mật độ *Cladocera* chịu ảnh hưởng mạnh bởi vị trí thu mẫu nhưng ít chịu ảnh hưởng bởi chế độ của thủy triều.

3.3. Sự đa dạng và phân bố của *Cladocera* ở vùng hạ lưu sông Hậu

Sự đa dạng của các quần xã *Cladocera* trên sông Hậu được trình bày trong Bảng 5, Bảng 6 và Hình 3. Kết quả ở Bảng 5 cho thấy, khi xét theo vị trí thu mẫu, các chỉ số sinh học của *Cladocera* tại 3 vị trí Cái Côn, Đại Ngãi, Trần Đề có sự khác biệt không đáng kể. Độ giàu loài Margalef (d) tại 3 vị trí thu dao động từ 1,44-1,96 trong đó vị trí có độ giàu về thành phần loài cao nhất là Đại Ngãi. Ngoài ra, chỉ số đồng đều Pieloud (J') dao động từ 0,822 đến 0,884 và chỉ số đa dạng Shannon-Wiener (H') cũng dao động từ 2,281 đến 2,772. Khi xét theo thủy triều, các chỉ số đa dạng sinh học giữa đỉnh triều và chân

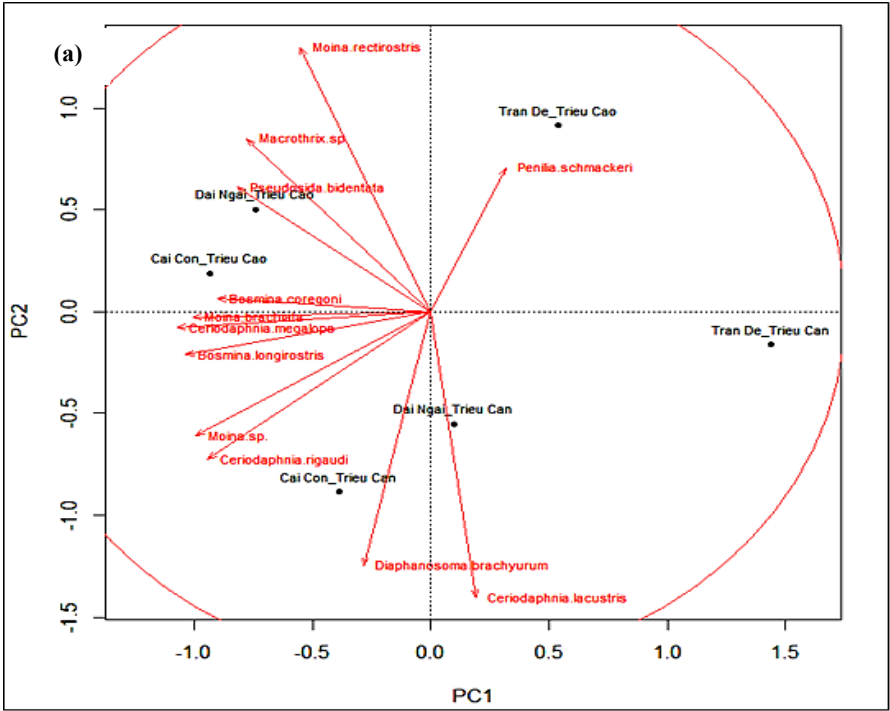
triều có sự khác biệt không lớn. Tại thời điểm đỉnh triều sự đa dạng về các chỉ số sinh học (d , J' , H') cao hơn lúc chân triều. Bên cạnh đó, tính ổn định (λ) theo thủy triều giữa 2 lần triều gần như tương đương nhau (0,068 lúc đỉnh triều và 0,069 lúc chân triều).

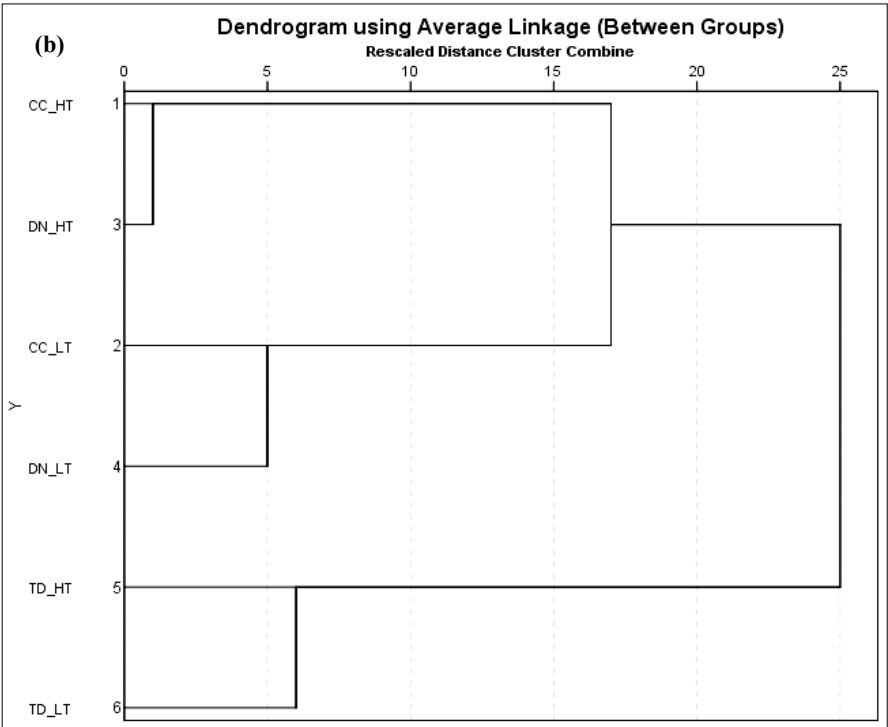
Kết quả ở Hình 3a cho thấy, các loài *Cladocera* chủ yếu phân bố tập trung nhiều ở vùng Cái Cồn và Đại Ngãi cao hơn so với vùng Trần Đề. Theo đó, sự phân bố của *Cladocera* tại Cái Cồn lúc đỉnh triều có sự tương đồng với phân bố của *Cladocera* tại Đại Ngãi lúc đỉnh triều. Bên cạnh đó, sự phân bố của *Cladocera* ở Cái Cồn lúc chân triều cũng tương đồng với thành phần loài *Cladocera* ở Đại Ngãi lúc chân triều. Ngược lại, sự phân bố của *Cladocera* ở Trần Đề lúc đỉnh triều có sự khác biệt so với sự phân bố của *Cladocera* tại Đại Ngãi lúc chân triều và tại Cái Cồn lúc chân triều (Hình 3a).

Bên cạnh đó, kết quả được thể hiện Hình 3b và Bảng 6 còn cho thấy, theo vị trí thu mẫu tại 3 vị trí Cái Cồn, Đại Ngãi và Trần Đề có 5 cụm đa dạng về sự phân bố của các loài *Cladocera* vùng hạ lưu sông Hậu trong khoảng cách từ 1 đến 25 (khoảng cách Euclidian từ 3,267 đến 5,357). Khi khoảng cách nhỏ hơn 5 có 1 cụm nhỏ là 1 - 3. Điều này cho thấy, sự đa dạng cũng như phân bố của các loài *Cladocera* ở Cái Cồn lúc đỉnh triều tương tự như ở Đại Ngãi lúc đỉnh triều. Khi khoảng cách dao động từ 5 đến 17 (khoảng cách Euclidian từ 3,668 đến 4,623), có 4 cụm gồm 1 - 3, 2 - 4, 1 - 2 và 5 - 6 (Hình 3b). Vì vậy, kết quả cho thấy vị trí thu mẫu kết hợp chế độ thủy triều lúc thu có ảnh hưởng đến sự đa dạng về thành phần loài và sự phân bố của *Cladocera* vùng hạ lưu sông Hậu.

Bảng 5. Các chỉ số sinh học của *Cladocera* tại vùng cửa sông Hậu

Đặc điểm thu mẫu		d	J'	H'	λ
Vị trí	Cái Cồn	1,80	0,884	2,772	0,070
	Đại Ngãi	1,96	0,831	2,642	0,094
	Trần Đề	1,44	0,822	2,281	0,130
Thủy triều	Đỉnh triều	2,55	0,837	2,903	0,068
	Chân triều	2,50	0,844	2,900	0,069





Hình 3. Kết quả PCA ((a), Eig. = 79,64%) và phân tích cụm (b) về sự tương đồng trong phân bố của các loài *Cladocera* trên sông Hậu theo thủy triều kết hợp với vị trí thu mẫu

Ghi chú: CC - Cái Côn, DN - Đại Ngãi, TD - Trần Đề, LT - triều cạn - chân triều, HT - triều cao - đỉnh triều

Bảng 6. Kết quả phân tích cụm về sự tương đồng trong phân bố của *Cladocera*

Cụm (Cluster)	Khoảng cách (Euclidean)	Khoảng cách [1 - 25]	Mẫu thu (Vị trí - Thủy triều)
1	3,267	1,00	(1, 3), 2, 4, 5, 6
2	3,668	5,00	(1, 3), (2, 4), 5, 6
3	3,756	6,00	(1, 3), (2, 4), (5, 6)
4	4,623	17,00	(1, 2, 3, 4), (5, 6)
5	5,357	25,00	(1, 2, 3, 4, 5, 6)

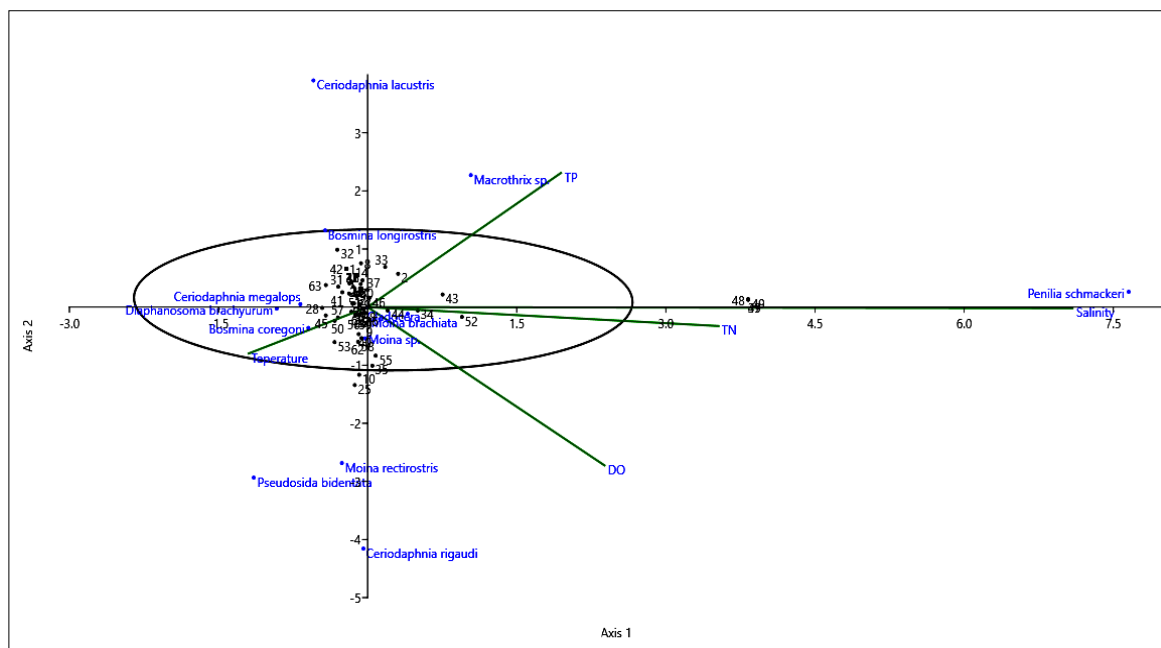
Ghi chú: Mẫu thu, 1 - Cái Côn đỉnh triều (CC_HT), 2 - Cái Côn chân triều (CC_LT), 3 - Đại Ngãi đỉnh triều (DN_HT), 4 - Đại Ngãi chân triều (DN_LT), 5 - Trần Đề đỉnh triều (TD_HT), 6 - Trần Đề chân triều (TD_LT)

3.4. Thành phần loài và mật độ *Cladocera* ở các độ mặn khác nhau trên sông Hậu

3.4.1. Tương quan giữa chất lượng nước với sự phân bố của *Cladocera*

Tương quan về thành phần loài *Cladocera* với các yếu tố chất lượng nước cơ bản và độ mặn vùng hạ lưu sông Hậu được thể hiện ở Hình 4. Kết quả CCA cho thấy, các yếu tố chất lượng nước như nhiệt độ, DO, TN, TP và độ mặn đều có mối tương quan với sự phân bố của 12 loài *Cladocera* ghi nhận được

trên sông Hậu. Giá trị Eig. = 87,16% cho thấy, mô hình này giải thích được 87,16% sự biến động của toàn bộ dữ liệu khảo sát. Theo đó, các loài như *Macrothrix* sp., *Penilia schmackeri* tương quan chặt chẽ với TP và độ mặn hơn các yếu tố khác. Trong khi đó, các loài như *Moina brachiata* và *Moina* sp. thì tương quan chặt chẽ với yếu tố DO hơn. Tuy nhiên, các loài khác như *Bosmina coregoni*, *Diaphanosoma brachyurum* tương quan chặt chẽ với nhiệt độ (Hình 4).



Hình 4. Kết quả CCA giữa các yếu tố chất lượng nước với phân bố của 12 loài Cladocera (Eig.= 87,16%)

3.4.2. Cấu trúc thành phần loài và mật độ Cladocera ở các độ mặn khác nhau

Ảnh hưởng của độ mặn lên thành phần loài, mật độ của Cladocera ở các độ mặn khác nhau và kết quả được trình bày qua Bảng 7 và Hình 5. Độ mặn ở vùng hạ lưu sông Hậu dao động từ 0 đến 20‰. Bên cạnh đó, theo ghi nhận ở các khoảng độ mặn khác nhau, số loài Cladocera hiện diện từ 0 đến 11 loài. Khi độ mặn dưới 5‰ số loài Cladocera phân bố nhiều từ 3 đến 11 loài chủ yếu các loài *B. longirostris*, *M. brachiata* và *B. coregoni*. Đặc biệt có 2 loài chỉ thích hợp phát triển trong môi trường nước ngọt (0‰), đó là *Ceriodaphnia lacustris* và *Pseudosida bidentata*. Ngược lại, khi độ mặn trên 5‰ số loài Cladocera hiện diện càng ít, chỉ xuất hiện 1 loài hoặc không có loài nào hiện diện. Ngoài ra, các loài như *M. brachiata*, *Penilia schmackeri* xuất hiện ở những vùng có độ mặn cao hơn (Bảng 7).

Bên cạnh đó, kết quả Bảng 7 còn cho thấy, mật độ Cladocera cũng thay đổi biến động theo độ mặn.

Độ mặn càng tăng cao mật độ Cladocera có xu hướng càng giảm. Khi độ mặn dưới 7‰ mật độ Cladocera dao động từ 673 đến 21.543 ct/m³. Ngược lại, khi độ mặn trên 7‰ thì mật độ Cladocera càng thưa thớt hoặc không hiện diện. Đặc biệt, Cladocera không hiện diện ở các mức độ mặn cao như 15‰, 18‰ và 20‰.

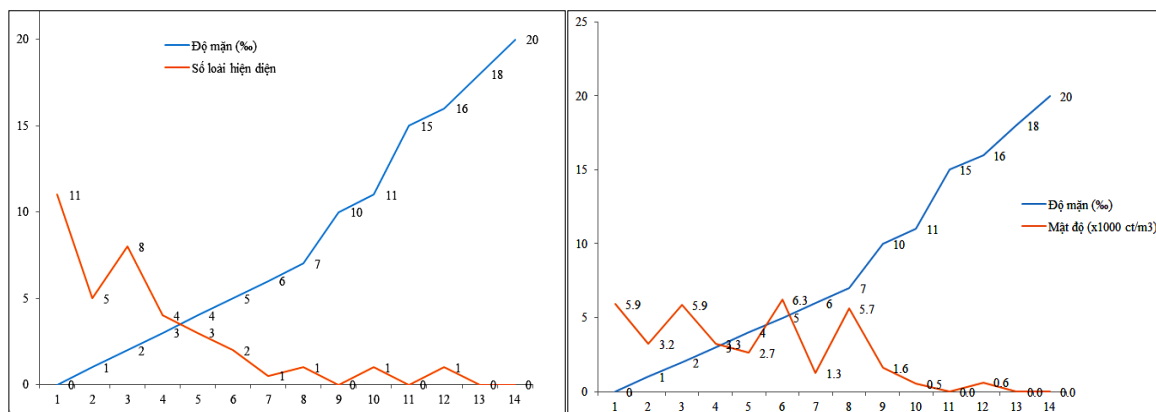
Kết quả Hình 5 cho thấy, số loài hiện diện của Cladocera đạt cao nhất (11 loài) ở độ mặn 0‰. Tương tự mật độ, khi độ mặn càng cao số loài Cladocera hiện diện càng giảm. Ở độ mặn từ 0 đến 2‰ thì thành phần loài phong phú dao động từ 8 đến 11 loài, đây khoảng độ mặn thích hợp cho các loài Cladocera trên sông Hậu phát triển (Hình 5a). Xét về mật độ, mật độ của Cladocera cũng có sự biến động theo độ mặn. Theo đó, độ mặn càng tăng cao mật độ Cladocera càng giảm, mật độ xấp xỉ 5.900 ct/m³ (ở độ mặn 0‰) giảm xuống xấp xỉ 600 ct/m³ (ở độ mặn 16‰) và 0 ct/m³ ở độ mặn từ 18‰ trở lên (Hình 5b).

Bảng 7. Thành phần loài và mật độ Cladocera ở các độ mặn khác nhau trên sông Hậu

STT	Tên loài	Độ mặn (‰)					
		0	1	2	3	4	5
1	<i>Bosmina coregoni</i>	2.499	431	1.604	-	-	-
2	<i>Bosmina longirostris</i>	1.918	141	3.583	1.323	2.986	-
3	<i>Ceriodaphnia lacustris</i>	1.807	-	-	-	-	-
4	<i>Ceriodaphnia megalops</i>	2.216	-	1.597	-	931	-
5	<i>Ceriodaphnia rigaudi</i>	1.400	-	2.771	-	-	-
6	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	2.826	1.292	-	-	-	-
7	<i>Macrothrix</i> sp.	532	-	1.630	-	1.396	-
8	<i>Moina brachiata</i>	4.651	3.014	3.016	3.542	-	-
9	<i>Moina rectirostris</i> var <i>casani</i>	1.499	-	2.375	-	-	-
10	<i>Moina</i> sp.	1.670	786	-	167	-	4.688
11	<i>Penilia schmackeri</i>	-	-	500	1.698	-	1.563
12	<i>Pseudosida bidentata</i>	525	-	-	-	-	-
Tổng số loài hiện diện		11	5	8	4	3	2
Tổng trung bình mật độ hiện diện (ct/m ³)		21.543	5.663	17.076	6.730	5.313	6.250

STT	Tên loài	Độ mặn (‰)							
		6	7	10	11	15	16	18	20
1	<i>Bosmina coregoni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
2	<i>Bosmina longirostris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
3	<i>Ceriodaphnia lacustris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
4	<i>Ceriodaphnia megalops</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
5	<i>Ceriodaphnia rigaudi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
6	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
7	<i>Macrothrix</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-
8	<i>Moina brachiata</i>	-	5.653	-	-	-	-	-	-
9	<i>Moina rectirostris</i> var <i>casani</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
10	<i>Moina</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-
11	<i>Penilia schmackeri</i>	2.583	-	-	1.611	-	639	-	-
12	<i>Pseudosida bidentata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
Tổng số loài hiện diện		1	1	0	1	0	1	0	0
Tổng trung bình mật độ hiện diện (ct/m ³)		2.583	5.653	0	1.611	0	639	0	0

Ghi chú: (-) chỉ sự không hiện diện



Hình 5. Số loài hiện diện (a) và trung bình mật độ hiện diện (b) của Cladocera ở các độ mặn khác nhau trên sông Hậu

3.4.3. Mô hình hồi quy về thành phần của Cladocera theo độ mặn

Mô hình hồi quy giữa độ mặn và thành phần Cladocera trên sông Hậu được trình bày trong Bảng 8.

Theo Bảng 8, giá trị “a” của số loài Cladocera hiện diện và mật độ của chúng lần lượt là $a_1 = -0,38$ và $a_2 = -288,3$ với các giá trị P (sig.) tương ứng lần lượt là 0,002 và 0,001. Điều này cho thấy, thành phần Cladocera trên sông Hậu có mối tương quan nghịch có ý nghĩa thống kê ($0 < 0,05$) với sự thay đổi

của độ mặn. Vì thế, ở những khu vực bị xâm nhập mặn, nhóm Cladocera sẽ bị tác động theo hướng bất lợi, độ mặn sẽ làm giảm tính đa dạng và độ phong phú của nhóm này. Bên cạnh đó, 2 phương trình Y_1 và Y_2 đều có giá trị dự đoán cao, bởi vì giá trị P (sig) của chúng đều nhỏ hơn 0,01 rất nhiều (Bảng 8). Theo phương trình Y_1 , Y_2 , khi biết được độ mặn, có thể dự đoán được số loài và mật độ của Cladocera một cách tương đối. Ví dụ, nếu độ mặn là 4‰ thì số loài hiện diện và mật độ Cladocera trên lưu vực hạ lưu sông Hậu lần lượt là 4,3 loài và 3.912 ct/m³; hoặc khi độ mặn 9‰ thì có 2,4 loài Cladocera hiện diện với mật độ tương ứng là 2.470 ct/m³.

Bảng 8. Phương trình hồi quy dự đoán số loài và mật độ Cladocera theo độ mặn trên sông Hậu

Chỉ tiêu	Đầu ra của mô hình	Giá trị	P (sig.)
Số loài hiện diện (Y_1)	Hằng số (b_1)	5,84	0,000
	Hệ số beta (a_1)	-0,38	0,002
	Phương trình hồi quy: $Y_1 = -0,38 \cdot X + 5,84$ ($R_1^2 = 0,567$)		0,002
Mật độ (Y_2)	Hằng số (b_2)	5.065	0,000
	Hệ số beta (a_2)	-288,3	0,001
	Phương trình hồi quy: $Y_2 = -288,3 \cdot X + 5.065$ ($R_2^2 = 0,624$)		0,001

Ghi chú: X là độ mặn (‰) trên sông

4. THẢO LUẬN

4.1. Sự biến động độ mặn vùng hạ lưu sông Hậu

Theo kết quả khảo sát, độ mặn trên sông Hậu có sự biến động theo thời gian và theo thủy triều. Từ tháng 8 đến tháng 10/2017, độ mặn ghi nhận được tại vùng hạ lưu là 0‰, giai đoạn này sông Hậu rất đặc trưng cho hệ sinh thái nước ngọt. Tuy nhiên, xâm nhập mặn đã xảy ra tại tháng sau đó ở Trần Đề và quá trình xâm nhập mặn diễn ra mạnh mẽ nhất

trên sông Hậu từ 12/2017 đến tháng 4/2018. Do diễn biến thời tiết ở ĐBSCL vào thời gian này rất ít mưa và lưu lượng nước từ thượng nguồn đổ về kém, kèm theo triều dâng cao làm độ mặn ở vùng cửa sông Hậu có sự gia tăng. Vùng ĐBSCL có chế độ bán nhật triều, vì vậy độ mặn ghi nhận được ở thời điểm đỉnh triều luôn cao hơn ở thời điểm chân triều, bởi vì vào lúc đỉnh triều dòng chảy mạnh từ biển vào sẽ mang theo nước biển có độ mặn cao nên làm độ mặn trong sông tăng lên. Hiện tượng này cũng được nhận định trên sông Hậu bởi Doan et al. (2018) về việc

xâm nhập mặn diễn ra ở nhiều nơi hơn khi thủy triều lên. Trong mùa mưa, sông Hậu nhận được một lượng lớn nước mưa và lúc này nguồn nước ngọt từ thượng nguồn đổ về nhiều làm cho độ mặn trên sông giảm thấp, điều này kéo theo một số tháng mùa lũ độ mặn giảm đến 0‰ ngay cả ở tầng nước mặt của Trần Đề (III). Tuy nhiên, ở mùa khô thì lượng mưa giảm và lúc này lưu lượng nước ngọt ở thượng nguồn đổ về cũng ít, nó tạo điều kiện cho nước mặn từ cửa biển Trần Đề đi sâu vào vùng nội đồng phía thượng nguồn. Theo số liệu được ghi nhận, độ mặn vùng cửa sông Hậu cao nhất ở mùa khô là 20‰, trong mùa mưa là 11‰ tại khu vực Trần Đề (III) và chủ yếu vào thời điểm thủy triều dâng cao. Trong khi đó, Cái Côn (I) và Đại Ngãi (II) nằm sâu trong nội đồng nên sự xâm nhập mặn diễn ra chậm hơn. Ở vùng Đại Ngãi, độ mặn ổn định ở 5‰ từ tháng 02 đến tháng 4/2018, riêng vùng Cái Côn do nằm sâu trong nội đồng (cách cửa biển khoảng 60 km) nên có độ mặn rất thấp và xâm nhập mặn nhẹ chỉ diễn ra ở 01/2018. Kết quả khảo sát về độ mặn trên sông Hậu cũng có tính chất tương đồng với kết quả nghiên cứu trước đây về độ mặn trên sông Tiền (phân lưu thứ hai của sông Mekong ở vùng ĐBSCL). Theo Nguyen et al. (2018), tại sông Tiền, độ mặn của nước tầng mặt giảm dần từ vùng cửa sông giáp biển về phía thượng nguồn của sông và giảm mạnh nhất ở thời điểm từ tháng 7 đến tháng 10 hàng năm. Hiện tượng này cũng được ghi nhận trong báo cáo của Doan et al. (2018), độ mặn thường xuyên bị giảm thấp ở vùng thượng nguồn và độ mặn vùng thượng nguồn luôn thấp hơn so với vùng gần cửa biển do sự pha loãng của nước dòng nước ngọt về. Điều này cho thấy, sự nhiễm mặn nguồn nước xảy ra rất rõ ràng, các vùng sinh thái càng gần cửa biển thì nguồn nước tại đây càng dễ bị xâm nhập mặn. Trong các hệ sinh thái thủy vực, độ mặn là yếu tố quan trọng quyết định đến cấu trúc thành phần loài và mật độ của *Cladocera*. Dưới tác động của biến động độ mặn, có thể xuất hiện loài mới hay mất đi một số loài hoặc mật độ quần xã *Cladocera* sẽ giảm đáng kể do chúng không có khả năng thích nghi hoặc thích nghi kém dưới sự thay đổi của độ mặn (Huynh, 2019; Yuan et al., 2020; Hall & Lewandowska, 2022; Phan et al., 2023).

4.2. Thành phần loài *Cladocera* trên sông Hậu

Nhìn chung, trên sông Hậu, *Cladocera* có số lượng loài hiện diện và mật độ ở mức tương đối (có 12 loài với mật độ trung bình từ 1.364 ± 2.030 đến 8.270 ± 7.028 ct/m³). Điều này cho thấy, cấu trúc của quần xã PSDV ở vùng hạ lưu sông Hậu là cấu trúc của phiêu sinh vật điển hình cho hệ sinh thái nước

ngọt hoặc bị nhiễm mặn theo từng thời điểm. Theo kết quả ở các nghiên cứu được công bố trước đây tại nhiều thủy vực trên thế giới của Silva et al. (2009), Ewa and Agnieszka (2015), Werba (2016), Spoljar (2018); ở môi trường nước ngọt hoặc các vùng nước có độ mặn thấp (đặc biệt ở độ mặn $\leq 5‰$), sau ngành luân trùng (Rotifera) thì nhóm *Cladocera* sẽ chiếm ưu thế trong cấu trúc của quần xã PSDV. Tại vùng ĐBSCL, nghiên cứu trước đây trên sông Hậu cũng cho kết quả tương tự, Rotifera có số loài phong phú nhất (với 45 loài, chiếm 47%), tiếp theo *Cladocera* có sự phong phú thứ 2 (với 16 loài, chiếm 17%) trong tổng cấu trúc thành phần loài PSDV trên sông Hậu đoạn chảy qua tỉnh Hậu Giang và tỉnh Sóc Trăng (Nguyen et al., 2014).

4.3. Ảnh hưởng của độ mặn lên thành phần *Cladocera* ở vùng cửa sông Hậu

Sự biến động của độ mặn đã có tác động mạnh mẽ đến cấu trúc thành phần loài và mật độ *Cladocera* ở vùng hạ lưu sông Hậu. Theo đó, số loài *Cladocera* giảm mạnh khi độ mặn gia tăng nhẹ, đặc biệt là độ mặn tăng từ 0‰ (có 11 loài) đến 5‰ (còn 2 loài). Khi độ mặn tăng từ 6‰ lên 20‰ thì số loài *Cladocera* chỉ còn rất ít (có 1 loài) và ở một số mức độ mặn như 10‰, 15‰, 18‰ và 20‰ thì không có loài *Cladocera* nào hiện diện (Bảng 7 và Hình 5). Bên cạnh đó, mật độ *Cladocera* cũng có xu hướng giảm dần với sự tăng dần của độ mặn trên sông từ vùng Cái Côn đến Trần Đề. Độ mặn trung bình ghi nhận được ở vùng cửa sông Hậu từ Cái Côn đến Đại Ngãi và Trần Đề lần lượt là 0,1‰, 1,0‰ và 5,7‰. Sự khác biệt độ mặn này ở các vùng thu mẫu đã ảnh hưởng đáng kể đến mật độ của *Cladocera*. Độ mặn tăng đã làm giảm đáng kể mật độ của *Cladocera* trên sông Hậu, theo đó, mật độ *Cladocera* tại vùng Cái Côn là 8.270 ct/m³, giảm xuống còn 1.364 ct/m³ tại Đại Ngãi và giảm mạnh xuống còn 1.364 ct/m³ ở Trần Đề (Bảng 4). Xét theo chế độ thủy triều, độ mặn ghi nhận được tại các thời điểm đỉnh triều luôn cao hơn thời điểm chân triều (Hình 2). Điều này dẫn đến mật độ *Cladocera* lúc đỉnh triều (4.522 ct/m³) thấp hơn so với lúc chân triều (5.230 ct/m³), bởi vì *Cladocera* đã bị tác động bởi sự biến động của độ mặn giữa thời điểm đỉnh triều và chân triều lúc thu mẫu và nhóm *Cladocera* là nhóm PSDV ưa độ mặn thấp. Khi xét ở các mức độ mặn cụ thể trên sông Hậu, mật độ *Cladocera* được tìm thấy ở độ mặn 0‰ là cao nhất (21.543 ct/m³), cao hơn rất nhiều so với mật độ của chúng ở độ mặn 5‰ (6.250 ct/m³) và độ mặn trên sông Hậu tăng lên 10‰, 15‰, 20‰ thì không có loài *Cladocera* nào hiện diện (Bảng 7). Đặc biệt, độ mặn từ 0 đến 2‰ là khoảng độ mặn có số loài *Cladocera* ghi nhận được nhiều với 5 - 11 loài

và tổng mật độ trung bình cũng cao từ 5.663-21.543 ct/m³ (Bảng 7 và Hình 5). Điều này cho thấy ở các vùng xâm nhập mặn nhẹ hoặc nguồn nước tại vùng cửa sông Hậu có độ mặn $\leq 2\text{‰}$ sẽ thích hợp cho sự phát triển của quần xã *Cladocera*. Nhìn chung, khi độ mặn trên sông Hậu tăng thì sự phong phú của *Cladocera* trên sông Hậu sẽ bị giảm. Hiện tượng này có tính chất tương tự với một số kết quả của nhiều nghiên cứu trước đây, *Cladocera* là nhóm PSDV thích hợp phát triển trong môi trường nước ngọt hoặc có độ mặn thấp. Sự phong phú của *Cladocera* có mối tương quan nghịch với độ mặn (Silva et al., 2009; Ewa & Agnieszka, 2015; Werba, 2016; Spoljar, 2018). Tại các ao vùng ven biển Địa Trung Hải, khi độ mặn gia tăng thì số lượng các loài *Cladocera* sẽ bị giảm và sự biến mất của *Cladocera* có thể dẫn đến tăng các hiện tượng phú dưỡng, giảm tính đa dạng sinh học trong thủy vực (Anton-Pardo & Armengol, 2011). Khi nghiên cứu về tác động của độ mặn lên biến động cấu trúc PSDV ở vùng đồng bằng Kyliya của sông Danube được thực hiện, Kateryna et al. (2014) nhận định, ở các vùng nước phức hợp, độ mặn càng tăng thì độ phong phú loài *Cladocera* càng giảm. Theo đó, một số loài *Cladocera* nước ngọt biến mất và có sự xuất hiện của các loài rộng muối, nhưng tổng số lượng loài *Cladocera* giảm đáng kể ở độ mặn lớn hơn 2‰ (Kateryna et al., 2014). Kết quả ở một nghiên cứu khác cũng nhấn mạnh rằng, độ mặn tăng lên sẽ làm giảm độ phong phú của loài *Cladocera*, đặc biệt là trong khoảng 7 - 9‰ (Zorina-Sakharova et al., 2014). Tại Thổ Nhĩ Kỳ, Ulka et al. (2015) cũng công bố, sự đa dạng loài của *Cladocera* đã bị giảm theo sự tăng dần theo độ dẫn điện (một thước đo độ mặn gián tiếp) được ghi nhận tại 3 hồ chứa nằm trong lưu vực sông Konya. Huynh (2019) đã thực hiện một thí nghiệm thực địa tại hồ Kenosee ở miền nam Saskatchewan, theo đó độ mặn tác động đến sự phân bố của PSDV được điều chỉnh nhân tạo trong 6 tuần. Kết quả cho thấy, độ mặn tăng dần đến giảm sự phong phú của PSDV và chủ yếu là do mất đi các loài *Cladocera*. Độ mặn là yếu tố ảnh hưởng mạnh mẽ đến cấu trúc quần xã PSDV ở vùng cửa sông Châu Giang (Trung Quốc) và tác động bất lợi đến sự phong phú của *Cladocera* và tổng số PSDV hiện diện trên sông (Yuan et al., 2020).

Xét về sự phân bố của một số loài *Cladocera* cụ thể trên sông Hậu, thì 3 loài *Cladocera* như *Bosmina longirostris*, *B. coregoni* và *Moina brachiata* có sự phân bố rộng với mật độ hiện diện cao ở vùng hạ lưu sông Hậu. Các loài này xuất hiện hầu hết trong tất cả các địa điểm thu mẫu từ Cái Cồn đến Trần Đề và có mật độ cao ở nhiều độ mặn khác nhau trên sông

Hậu (Bảng 3, Bảng 7, Hình 5). Loài *M. brachiata* hiện diện ở các mức độ mặn 0‰, 1‰, 2‰, 3‰, 7‰ và xuất hiện ở cả 3/3 vùng thu mẫu trên sông tại cả thời điểm đỉnh triều và chân triều (trừ chân triều ở Trần Đề) với mật độ trung bình khá cao từ 2.688 đến 4.920 ct/m³ (Bảng 3, Bảng 7). Loài *B. longirostris* hiện diện ở các mức độ mặn 0‰, 1‰, 2‰, 3‰, 4‰ và xuất hiện ở cả 3/3 vùng thu mẫu trên sông tại cả thời điểm đỉnh triều và chân triều với mật độ trung bình từ 261 đến 3.093 ct/m³ (Bảng 3, Bảng 7). Tương tự, loài *B. coregoni* cũng hiện diện tại các mức độ mặn 0‰, 1‰, 2‰ tại tất cả 3/3 vùng thu mẫu trên sông ở cả 2 thời điểm đỉnh triều và chân triều với mật độ trung bình từ 261 đến 3.093 ct/m³ (Bảng 3, Bảng 7). Nhìn chung, sự phân bố rộng và phát triển mạnh của các loài *Cladocera* này, ở các độ mặn khác nhau cũng có thể là một tín hiệu có lợi cho NTTS ven sông Hậu. Sự phân bố rộng của các loài *Cladocera* này có tính chất tương tự với kết quả của một số nghiên cứu trước đây. Khi nghiên cứu tác động của độ mặn lên biến động cấu trúc PSDV ở vùng Đồng bằng nhánh Kyliya của sông Danube được thực hiện, Kateryna et al. (2014) đã nhận định, khi độ mặn tăng từ 1,5 đến 2‰ sẽ làm giảm mạnh số lượng của các loài PSDV nước ngọt, nhưng có sự xuất hiện các loài PSDV nước lợ và rộng muối, trong đó loài *B. coregoni* xuất hiện với tỷ lệ cao (chiếm 39%) trong các vị trí thu mẫu. Một nghiên cứu khác cũng cho biết, có 17 loài PSDV ở đầm Vistula của vùng biển Baltic không bị thay đổi dưới sự biến động của độ mặn, nhóm *Cladocera* chiếm 5,82% trong tổng số lượng PSDV và *B. longirostris* là loài có mật độ cao trong vịnh với mật độ từ 152 đến 2.084 ct/L (Ewa & Agnieszka, 2015). Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu còn cho thấy trên sông Hậu, các loài như *Ceriodaphnia lacustris* và *Pseudosida bidentata* là các *Cladocera* hẹp muối và nó là các loài đặc trưng cho nước ngọt. Các loài này chỉ ghi nhận được duy nhất ở độ mặn 0‰ với mật độ khá thấp 1.807 ct/m³ (*C. lacustris*) và 525 ct/m³ (*P. bidentata*) (Bảng 7). Điều này cho thấy, đây là các loài *Cladocera* đặc hữu nước ngọt, phân bố hẹp ở vùng hạ lưu sông Hậu. Theo nhiều nghiên cứu trước đây, các loài thuộc giống *Daphni* và *Ceriodaphnia* là các *Cladocera* điển hình trong các thủy vực nước ngọt hoặc độ mặn thấp (Ulku et al., 2015; Werba 2016). Đặc biệt, điều ngược lại, tại vùng hạ lưu sông Hậu, nghiên cứu này còn phát hiện *Penilia schmackeri* là loài *Cladocera* chịu mặn. Theo ghi nhận, loài *P. schmackeri* này có tương quan ý nghĩa với độ mặn và phân bố rộng ở nhiều mức có độ mặn khác nhau như 2‰, 3‰, 5‰, 7‰, 10‰ và chịu được mặn lên đến 16‰ (với mật độ quần thể dao động từ 500 đến 2.583 ct/m³) (Bảng 7, Hình 4). Loài

này không phát hiện ở vùng Cái Côn mà chỉ ghi nhận được từ vùng Đại Ngãi đến Trần Đề (tức là những nơi có độ mặn $\geq 2\text{‰}$) ở cả 2 thời điểm chân triều và đỉnh triều (Bảng 3, Hình 3a). Phát hiện này là khá thú vị và *P. schmackeri* có thể là loài *Cladocera* rộng muối chịu mặn ghi nhận ở vùng cửa sông Hậu. Trong nghiên cứu của Huynh (2019) trước đây tại hồ Kenosee ở miền nam Saskatchewan cũng nhận định rằng, sự tồn tại của *Cladocera* trong các vùng nước có độ mặn vừa phải là do sự thích nghi hoặc sự xuất hiện của các loài *Cladocera* chịu mặn. Vì vậy, loài *P. schmackeri* có thể là một ví dụ cho nhận định này tại vùng cửa sông Hậu ở ĐBSCL.

Tóm lại, thành phần *Cladocera* có xu hướng giảm khi độ mặn gia tăng tại các điểm khảo sát trên sông Hậu. Nhiễm mặn nguồn nước ít nhiều dẫn đến thay đổi cấu trúc lưới thức ăn trên sông Hậu, bởi vì các loài *Cladocera* là các mắt xích quan trọng trong đó. Trong NTTS, *Cladocera* là nhóm PSDV có nhiều loài có lợi và là nguồn thức ăn tươi sống có giá trị dinh dưỡng cao để nuôi động vật thủy sản, nhất là giai đoạn con non (Dodson & Frey, 1991; Lavens & Sorgeloos, 1996). Vì vậy, xâm nhập mặn vùng hạ lưu sông Hậu có thể có bất lợi hơn đối với các loài cá nước ngọt bản địa vì các loại thức ăn ưa thích của cá con như *Cladocera* sẽ giảm đi hoặc được thay thế bằng các loài PSDV khác không thích hợp. Tóm lại, sự thay đổi cấu trúc *Cladocera* ở vùng nước ngọt khi xâm nhập mặn diễn ra sẽ có tác động đáng kể đến hệ sinh thái thủy vực ở ĐBSCL, bao gồm cả quần thể cá trên sông Hậu, hoạt động NTTS vùng hạ lưu ven sông và sinh kế của các cư dân có liên quan. Vì thế, người nuôi thủy sản, nhất là nuôi

cá ven sông Hậu từ Cái Côn đến Đại Ngãi, vào mùa khô hàng năm, cần có giải pháp bảo vệ các loài *Cladocera* có lợi cho hoạt động sản xuất NTTS của mình.

5. KẾT LUẬN

Độ mặn ghi nhận được trên sông Hậu dao động từ 0 đến 20‰, xâm nhập mặn đã xảy ra từ tháng 12/2017 đến tháng 4/2018.

Có 12 loài *Cladocera* đã tìm thấy trên sông Hậu; tổng mật độ hiện diện dao động từ 4.571 đến 21.898 ct/m³ (trung bình từ 381 đến 1.881 ct/m³) thấp nhất với 381 ct/m³ tại Trần Đề ở chân triều và cao nhất với 1.881 ct/m³ tại Đại Ngãi lúc đỉnh triều.

Khoảng độ mặn từ 0 đến 2‰ sẽ thích hợp cho các loài *Cladocera* trên sông Hậu phát triển. Loài *B. longirostris* và *M. brachiata* có mật độ cao ở nhiều độ mặn khác nhau. Bên cạnh đó, loài *P. schmackeri* là loài phân bố rộng chịu được độ mặn cao vùng cửa sông.

Độ mặn có tác động mạnh mẽ đến thành phần loài và mật độ *Cladocera* trên sông Hậu. Theo đó, số loài và mật độ của *Cladocera* đều tương quan nghịch với độ mặn. Sự suy giảm mật độ và thành phần loài của *Cladocera* khi xâm nhập mặn xảy ra sẽ ít nhiều dẫn đến thay đổi cấu trúc của lưới thức ăn tự nhiên ở sông Hậu.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Dự án Nâng cấp Trường Đại học Cần Thơ (hợp phần VN14-P6) đã tài trợ chi phí để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

- Aladin, N. V. (1982). Salinity adaptations and osmoregulation abilities of the *Cladocera* 3 forms from brackish and fresh water. *Zoologicheskii Zhurnal*, 61, 851-860.
- Aladin, N. V. (1991). Salinity tolerance and morphology of the osmoregulation organs in *Cladocera* with special reference to *Cladocera* from the Aral Sea. *Hydrobiologia*, 225, 291-299. <https://doi.org/10.1007/BF00028407>
- APHA, AWWA, WEF (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 19th Edition. American Public Health Association, Washington DC, 1108 pages.
- APHA (American Water Works Assn) (2012). *Standard Methods Examination Water Wastewater*, 22th Edition. American Water Works Assn. (pp. 1496).
- Anton-Pardo, M., & Armengol, X. (2011). Effects of salinity and water temporality on zooplankton community in coastal Mediterranean ponds. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 114, 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.08.018>
- Chen, Q. C. (1980). The marine zooplankton of Hong Kong. *The marine flora and fauna of Hong Kong and Southern China*. Hong Kong University Press, Hong Kong.
- Dang, P. D., Khoi, N. V., Nguyet, L. T., Thanh, N. D. N., & Hai, T. H. (2015). *Identification handbook of freshwater zooplankton of the Mekong River and its tributaries*. MRC Technical Paper 45.
- Dang, K. N., Nguyen, V. B., & Nguyen, H. T. (2007). *Water Use and Competition in the Mekong Delta, Vietnam. Challenges to Sustainable Development in the Mekong Delta: Regional and National Policy Issues and research Needs*. The Sustainable Mekong Research Network, 143-188.

- Doan, V. B., Kantoush, S., Sumi, T., Nguyen, P. M., & La, V. T. (2018). Field Investigations on River Bed Changes and Salinity Intrusion along Tien and Hau Rivers in Vietnamese Mekong Delta Considering Upstream Dams' Impacts. *Disaster Prevention Research Institute Annuals*, 61(B), 770-783.
- Dodson, S. I., & Frey, D. G. (1991). *Cladocera and Other Branchipoda*. In Thorpe, J. H., & A. P. Covich (eds.) *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press, Inc. Toronto, 723-786.
- Ersoy, Z., Abril, M., Miguel, C. C. E., & Vendrell-Puigmitja, L. P. (2022). Experimental assessment of salinization effects on freshwater zooplankton communities and their trophic interactions under eutrophic conditions. *Environmental Pollution*, 313, 120-127. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120127>
- Ewa, P., & Agnieszka, G. (2015). The effect of salinity levels on the structure of zooplankton communities. *Arch Biology Science, Belgade*, 67(2), 483-492. <https://doi.org/10.2298/ABS140910012P>
- Hall, C. A. M., & Lewandowska, M. (2022). Zooplankton dominance shift in response to climate-driven salinity change: A mesocosm study. *Frontiers in Marine Science*, 9, 861297. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.861297>
- Haridevan, G., Jyothibabu, R., Arunpandi, N., Jagadeesan, L., & Biju, A. (2015). *Influence of salinity on the life table demography of a rare Cladocera Latonopsis australis*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 643p. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4849-z>
- Huynh, M. (2019). *Dispersal as a Buffer Against Zooplankton Community Change in Response to Fluctuating Salinity Levels on the Great Plains*. Masteral thesis. Wilfrid Laurier University.
- Kateryna, Z. S., Artem, L., & Marchenko, I. (2014). Effects of Salinity on the Zooplankton Communities in the Fore-Delta of Kyliya Branch of the Danube River. *Acta zool. Bulg.*, 7, 129-133.
- Latta, L. C., Weider, L. J., Colbourne, J. K., & Pfrender, M. E. (2012). The evolution of salinity tolerance in Daphnia: a functional genomics approach. *Ecology Letters*, 15, 794-802. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01799.x>
- Lavens, P., & Sorgeloos, P. (1996). *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. FAO Fisheries Technical Paper.
- Le, A. T., Hoanh, C. T., Miller, F., & Sinh, B. T. (2007). *Flood and salinity management in the Mekong delta, Vietnam. Challenges to sustainable development in the Mekong delta: Regional and national policy issues and research needs: Literature analysis*. Bangkok, Thailand: The Sustainable Mekong Research Network (Sumernet), 15-68.
- Li, K. Z., Yin J. Q., Huang L. M., & Tan W. H. (2006). Spatial and temporal variations of mesozooplankton in the Pearl River estuary, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67, 543-552. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.12.008>
- Merle, R., Hillebrand H., & Flodera, S. (2017). Stability of marine phytoplankton communities facing stress related to global change: Interactive effects of heat waves and turbidity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 497, 219-229. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.10.002>
- Nguyen T. K. Q., Amararatne K. (2016). The role of ecosystem services of the Hau River to the aquaculture and fishing community in Long Xuyen city An Giang province. *Can Tho University Journal of Science*, 42, 75-84.
- Nguyen, D. H., Pham, V. N., Quach, V. T. E., & Vo, T. B. T. (2018). Survey of salinity of surface water and pore water in some mangrove vegetation along Tien river, Tien Giang province. *Journal of Natural Science and Technology, Ho Chi Minh City University of Education*, 15(6), 156-169.
- Nguyen, T. K. L., Diep, N. G., Huynh, T. G., & Vu, N. U. (2014). Zooplankton species composition in Hau River - from Hau Giang to Soc Trang, in the dry season. *Can Tho University Journal of Science*, 2, 284-291.
- Phan, B. T., Au, V. H., Tran, T. G., Nguyen, T. K. L., & Vu, N. U. (2023). Species composition and distribution of zooplankton in mangrove shrimp ponds at Ngoc Hien district Ca Mau province. *Vietnam Agricultural Science Journal*, 21(11), 1423-1434.
- Porto, N. F. F., Leitao, S. N., Case, M., Anna, E. E. S., Cavalcanti, E. H., Schwamborn R., Gusmao, L. M. O., & Melo, P. A. M. C. (2009). Zooplankton from shrimp culture ponds in Northeastern Brazil. *WIT Transactions on Ecology and the Environment, Ecosystems and Sustainable Development VII*, 122, 251-260. <https://doi.org/10.2495/ECO090241>
- Rokneddine, A., & Chentoufi, M. (2004). Study of salinity and temperature tolerance limits regarding four crustacean species in a temporary salt water swamp (Lake Zima, Morocco). *Animal Biol.*, 54, 237-253. <https://doi.org/10.1163/1570756042484719>
- Shirota, A. (1966). *The plankton of South Vietnam-Freshwater and marine plankton*. Overseas Technical Cooperation Agency, Japan.

- Silva, A. M. A., Barbosa, J. E. L., Medeiros, P. R., Rocha, R. M., Lucea-Filho, M. A., & Silva, D. F. (2009). Zooplankton (Cladocera and Rotifera) variations along a horizontal salinity gradient and during two seasons (dry and rainy) in a tropical inverse estuary (Northeast Brazil). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 4(2), 226-238.
- Spoljar, M., Drazina, T., Kuczynska-Kippen, N., Zhang, C., Ternjej, I., Kovacevic, G., Lajtner, J., & Fressl, J. (2018). *Zooplankton traits in the water quality assessment and restoration of shallow lakes*. 1st International Conference “The Holistic Approach to Environment” Sisak, September 13-14th, 2018.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Working Group I Report “The Physical Science Basis”.
- Ulku, N. T., Reihaneh, M., & Akbulut, N. (2015). Effects of Salinity on the Zooplankton Community Structure in Two Maar Lakes and One Freshwater Lake in the Konya Closed Basin, Turkey. *Ekoloji*, 24(94), 25-32.
- Venkataramana, V. L., Gawade, M. D., Bharathi, V. V., & Sarma, S. S. (2023). Role of salinity on zooplankton assemblages in the tropical Indian estuaries during post monsoon. *Marine Pollution Bulletin*, 190, 114816. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114816>
- Vietnam Bureau of Fisheries. (2024). Soc Trang province: *Deploying the 2024 brackish water shrimp farming season calendar*. Report of Vietnam Bureau of Fisheries.
- Werba, J. (2016). *Zooplankton community structure and ecosystem function across a salinity gradient*. Masteral Thesis. Faculty of Biology, East Carolina University.
- Woodward, G., Perkins, D. M., & Brown, L. E. (2010). Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. *Philosophical Transaction of Royal Society B*, 365, 2093-2106. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0055>
- Yuan, D., Liangdong, C., Leilei, L., Qing, W., & Yufeng, Y. (2020). Effect of Salinity on the Zooplankton Community in the Pearl River Estuary. *Journal of Ocean University of China*, 19, 1389-1398. <https://doi.org/10.1007/s11802-020-4449-6>
- Zorina-Sakharova, K., Liashenko, A., & Marchenko, I. (2014). Effects of salinity on the zooplankton communities in the Fore-Delta of Kyliya Branch of the Danube River. *Acta zool. Bulg.*, 7, 129-133.