



# ẢNH HƯỞNG CỦA KIM LOẠI NẶNG ĐẾN CÁC LOÀI THUỘC PHÂN LỚP GIÁP XÁC CHÂN CHÈO COPEPODA TẠI CỬA SÔNG HÀN VÀ SÔNG VU GIA - THU BỒN

ĐÀM MINH ANH<sup>1</sup>, PHẠM THỊ PHƯƠNG<sup>1</sup>  
TRẦN NGỌC SƠN<sup>1</sup>, TRỊNH ĐĂNG MẬU<sup>1</sup>,  
ĐOÀN CHÍ CƯỜNG<sup>1</sup>, LÊ THỊ THU HIỀN<sup>1</sup>,  
NGUYỄN MINH THIÊN<sup>2</sup>, TỬ THỊ THU HIẾU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Sư phạm - Đại học Đà Nẵng

<sup>2</sup> Phòng Thí nghiệm phân tích môi trường khu vực II  
thuộc Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Trung Trung bộ

## Tóm tắt:

Hiện nay, ô nhiễm kim loại nặng (KLN) đã trở thành vấn đề nghiêm trọng ở các thủy vực, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe con người cũng như hệ sinh thái. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm cung cấp thông tin về thành phần các loài *Copepods*; đánh giá hiện trạng hàm lượng KLN trong mẫu nước và trầm tích; phân tích ảnh hưởng của hàm lượng KLN đến sự xuất hiện cũng như mật độ các loài *Copepods* sống tại vùng cửa sông Vu Gia - Thu Bồn và sông Hàn. Nghiên cứu đã tiến hành thu mẫu thực địa, phân tích hàm lượng các KLN (Pb, Cr, Cd, Cu) trong mẫu nước mặt, trầm tích tại 16 địa điểm thuộc cửa sông Hàn (Thành phố Đà Nẵng) và sông Vu Gia - Thu Bồn (tỉnh Quảng Nam); đối với các mẫu động vật phù du thu về cũng được phân loại, đếm mật độ theo từng loài. Mối tương quan giữa mật độ và sự xuất hiện các loài *Copepods* được xây dựng thông qua mô hình phân tích tương quan đa biến (CCA). Kết quả cho thấy, các loài *Copepods* thường xuất hiện khá phổ biến được ghi nhận ở cả 2 cửa sông là loài *Acartia clausi*, *Mongolodiptomus mekongensis*, *Halicyclops lanceolatus*, *Oithona nana*, *Paracyclopsina nana*, *Mesochra bodini*. Thông qua phân tích mô hình tương quan đa biến (CCA) giữa mật độ, sự xuất hiện của các loài *Copepods* với hàm lượng KLN trong môi trường tại khu vực nghiên cứu đã thể hiện KLN có sự ảnh hưởng đáng kể đến một số loài *Copepods* sống tại khu vực nghiên cứu. Cụ thể, các loài *S. bulbosa*, *O. talipes*, *L. enchinatus*, *H. lanceolatus* có mối tương quan thuận với sự gia tăng hàm lượng Cu, Pb, Cr trong nước và hàm lượng Pb, Cu có trong trầm tích. Ngược lại, các loài như *A. tsuensis*, *O. nana*, *T. triangularis*, *P. trihamatus* và *L. sibirica* lại có mối tương quan nghịch với sự gia tăng hàm lượng KLN trong môi trường.

**Từ khóa:** Kim loại nặng, chỉ thị sinh học, sinh vật phù du, giáp xác chân chèo.

Ngày nhận bài: 9/10/2024; Ngày sửa chữa: 1/11/2024;

Ngày duyệt đăng: 18/11/2024.

## EFFECTS OF HEAVY METALS ON SPECIES OF COPEPODA IN HAN AND VU GIA - THU BON DOWNRIVER

### Abstract:

Currently, heavy metal pollution has become a serious issue in aquatic environments, directly affecting human health and ecosystems. This study was conducted to provide information on the composition of Copepod species; assess the current levels of heavy metal in water and sediment samples; and analyze the impact of heavy metal concentrations on the occurrence and density of Copepod species living in the estuarine areas of Vu Gia - Thu Bon and Han rivers. The research involved field sampling and analysis of heavy metal concentrations (Pb, Cr, Cd, Cu) in surface water and sediment samples collected from 16 locations in the Han river estuary (Da Nang City) and the Vu Gia - Thu Bon river (Quang Nam Province). Zooplankton samples were also collected, classified, and counted to determine species density. The correlation between the density and occurrence of Copepod species was established using a multivariate correlation analysis model (CCA). The results indicated that common Copepod species recorded in both estuaries include *Acartia clausi*, *Mongolodiptomus mekongensis*, *Halicyclops lanceolatus*, *Oithona nana*, *Paracyclopsina nana*, and *Mesochra bodini*. Through multivariate correlation analysis (CCA) of the density and occurrence of Copepod species with heavy metal concentrations in the study area, it is evident that heavy metal significantly influences some Copepod species in the study area. Specifically, species such as *S. bulbosa*, *O. talipes*, *L. enchinatus*, and *H. lanceolatus* showed a positive correlation with increasing concentrations of Cu, Pb, and Cr in water, as well as Pb and Cu in sediment. Conversely, species such as *A. tsuensis*, *O. nana*, *T. triangularis*, *P. trihamatus*, and *L. sibirica* exhibited a negative correlation with rising heavy metal concentrations in the environment.

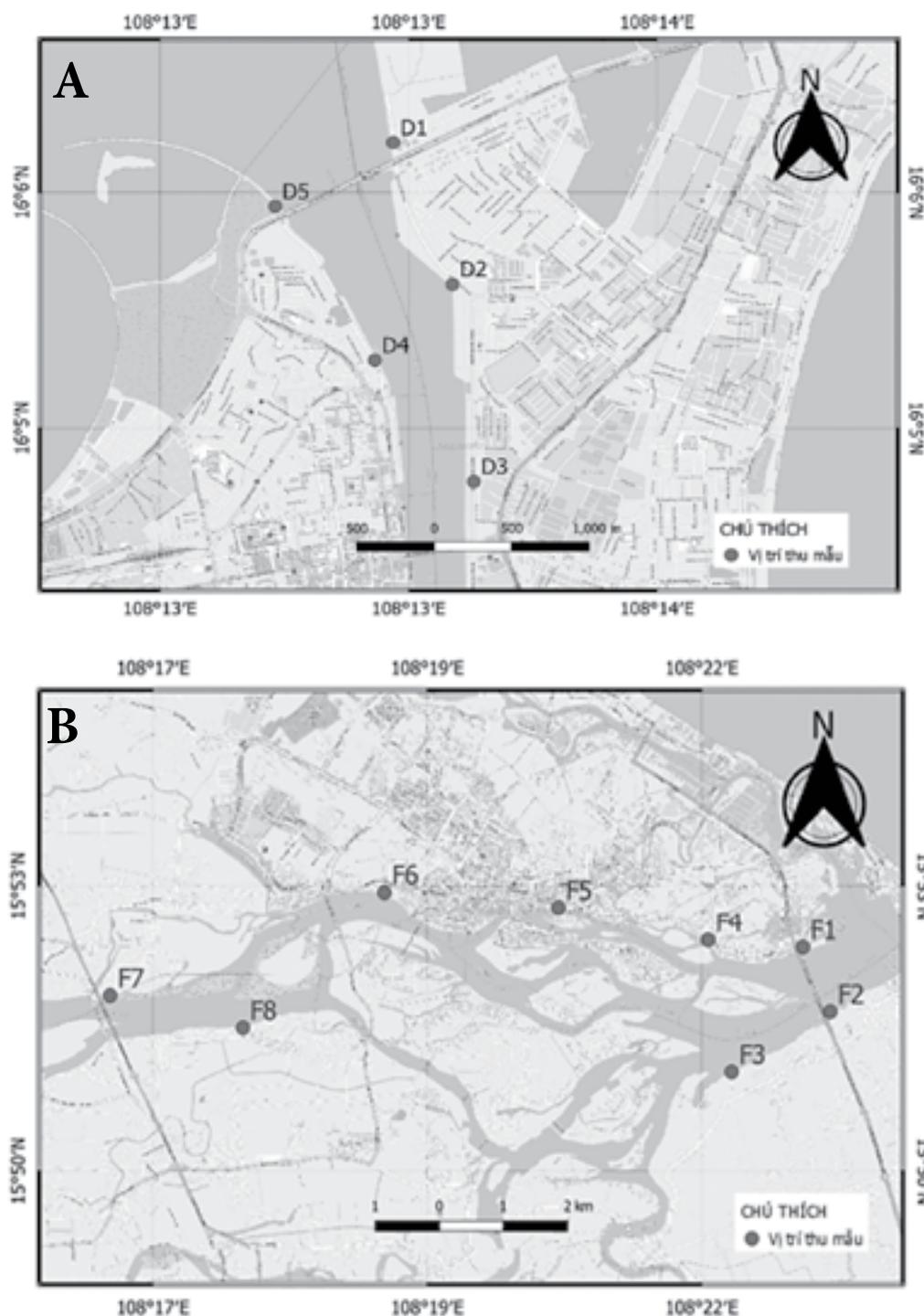
**Keywords:** Heavy metals, bioindicators, plankton, copepods.

**JEL Classifications:** O13, O44, Q51, Q56, R11.

## 1. Giới thiệu

Cửa sông là nơi giao thoa giữa nước ngọt và nước mặn, nơi tiếp nhận nguồn gây ô nhiễm rất lớn từ các hoạt động của con người diễn ra xung quanh (Smail et al., 2012) (Fernández-Severini et al., 2013). Khu vực sông Hàn (Đà Nẵng) là nơi tiếp nhận nhiều nguồn thải từ các hoạt động kinh tế - xã hội của Thành phố trước

khi đổ ra biển (Trịnh Thị Thảo và cs., 2022). Bên cạnh đó, sông Vu Gia - Thu Bồn thuộc tỉnh Quảng Nam cũng chịu nhiều ảnh hưởng từ các hoạt động công nghiệp, khai thác, tiềm ẩn nguy cơ gây ô nhiễm môi trường, nhất là ô nhiễm KLN, ảnh hưởng đến hệ sinh thái và sức khỏe của con người trong khu vực (Phạm Văn Ngọt và cs., 2012).



▲ Hình 1. Vị trí thu mẫu ở cửa sông Hàn (A) và cửa sông Vu Gia - Thu Bồn (B)

Nguồn: Nhóm nghiên cứu thực hiện

*Copepods* thuộc ba bộ sống tự do là Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida, có kích thước nhỏ, vòng đời ngắn, sinh sản nhanh, được xem là một trong những nhóm loài động vật có số lượng lớn nhất trên thế giới, chúng khá nhạy cảm với sự thay đổi của các yếu tố môi trường. Các loài *Copepods* phân bố rộng rãi trong nhiều dạng thủy vực khác nhau, đa dạng về hình thái và môi trường sống. Copepoda thường được sử dụng trong các thử nghiệm độc tính vì chúng nhạy cảm với chất độc có liên quan đến sinh thái. Vì vậy, giáp xác chân chèo được công nhận là sinh vật chỉ thị sinh học đối với ô nhiễm KLN trong các thủy vực, đặc biệt là môi trường biển (Villagran et al., 2019) (Battuello et al., 2016) (Hsiao et al., 2011) (Fang et al., 2006) (Barka et al., 2001). Nhiều nghiên cứu trước đây cho thấy, KLN có sự ảnh hưởng đến đa dạng và mật độ của một số loài thuộc động vật phù du (Rainbow, 2002). Trong nghiên cứu khác của Yun-Ru Ju et al., 2018 cũng đã chứng minh sự ảnh hưởng của hàm lượng KLN đối với sự phong phú và phân bố của động vật phù du, trong đó phổ biến là các loài thuộc *Copepods* ở bờ biển phía Tây Nam Đài Loan (Ju et al., 2018).

Tuy nhiên, những nghiên cứu tại Việt Nam hiện nay mới chỉ tập trung chủ yếu vào đánh giá tích lũy KLN trên một số đối tượng như động vật hai mảnh vỏ, động vật đáy hay vi tảo, rất ít nghiên cứu về sự ảnh hưởng của KLN đến các loài thuộc *Copepods* mặc dù chúng khá phổ biến trong hệ sinh thái dưới nước. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm cung cấp thông tin về thành phần các loài *Copepods*; hiện trạng hàm lượng KLN trong mẫu nước và trầm tích tại khu vực nghiên

cứ; chỉ ra mối tương quan giữa hàm lượng KLN đến sự xuất hiện cũng như mật độ các loài *Copepods* tại 2 khu vực cửa sông Hàn và sông Vu Gia - Thu Bồn.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Thu mẫu

Mẫu nước, mẫu *Copepods* được thu thập tại vùng cửa sông lớn là sông Hàn và sông Vu Gia - Thu Bồn với tổng cộng 16 điểm thu được lựa chọn (Hình 1), thời gian thu mẫu được tiến hành từ tháng 1 - 2/2024. Mẫu định tính *Copepods* được thu bằng vợt thu mẫu Zooplankton có kích thước mắt lưới 50  $\mu\text{m}$ , (Goswami, 2004). Trong khi đó, mẫu định lượng được thu bằng cách lọc 100 lít nước qua lưới lọc, kích thước mắt lưới 50  $\mu\text{m}$ . Tất cả mẫu động vật được cô đặc bằng ống Falcon 50 ml dưới đáy của lưới lọc và được bảo quản trong Formaldehyde (5%). Đối với mẫu trầm tích, được lấy theo TCVN 6663-6:2018 (ISO 5667-6:2014) và bảo quản theo TCVN 6663-6:2018 (ISO 5667-6:2014).

### 2.2. Phân tích hàm lượng kim loại nặng trong mẫu nước và trầm tích

Mẫu nước được phân tích theo phương pháp quy trình Sharma & Tyagi, 2013. Mẫu trầm tích sau khi bảo quản sẽ được xử lý theo hướng dẫn của EPA 3050B (1996). Các kim loại nặng (Cu, Cd, Pb, Cr) được phân tích trên máy hấp phụ nguyên tử AAS Jena 700P.

### 2.3. Phương pháp đếm mật độ

Mẫu định lượng động vật sẽ được lọc để loại bỏ rác và cô đặc lại đến thể tích nhất định, sau đó đếm số

**Bảng 1. Hàm lượng trung bình các KLN (Pb, Cd, Cr, Cu) trong mẫu nước mặt tại 2 khu vực của sông nghiên cứu**

Khu vực	Pb ( $\mu\text{g/L}$ )	Cd ( $\mu\text{g/L}$ )	Cr (mg/L)	Cu (mg/L)
Cửa sông Hàn	4,66 $\pm$ 1,68	0,15 $\pm$ 0,08	0,032 $\pm$ 0,02	0,12 $\pm$ 0,03
Cửa sông Vu Gia - Thu Bồn	7,84 $\pm$ 4,34	0,29 $\pm$ 0,09	0,15 $\pm$ 0,11	0,14 $\pm$ 0,03
P_value	0,15	0,02	0,035	0,268
QCVN 08:2023/BTNMT	20	5	0,05	0,1

Nguồn: Nhóm nghiên cứu thực hiện

**Bảng 2. Hàm lượng trung bình các KLN (Pb, Cd, Cr, Cu) trong mẫu trầm tích tại 2 khu vực cửa sông nghiên cứu**

Khu vực	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Cửa sông Hàn	5,07 $\pm$ 2,07	0,08 $\pm$ 0,05	156,26 $\pm$ 109,88	16,99 $\pm$ 3,789
Cửa sông Vu Gia - Thu Bồn	37,58 $\pm$ 37,00	0,21 $\pm$ 0,23	391,60 $\pm$ 213,89	25,38 $\pm$ 12,07
P_value	0,08	0,267	0,045	0,165
QCVN 43:2017/BTNMT	112	4,2	160	108

Nguồn: Nhóm nghiên cứu thực hiện

lượng cá thể từng loài *Copepods* trong mẫu định lượng. Công thức tính mật độ cá thể các loài thuộc *Copepods* được tính như sau:

$$\text{Mật độ (cá thể/m}^3\text{)} = \frac{n}{V_{\text{bd}}} \times 1000$$

Trong đó:

n: Số cá thể đếm được

$V_{\text{bd}}$ : Thể tích nước thu qua lưới lọc ban đầu (L).

#### 2.4. Phương pháp phân loại

Mẫu định tính được lọc để loại bỏ rác, tiến hành bắt các cá thể *Copepods* trên các tiêu bản có chứa glycerin. Giải phẫu và quan sát các phần phụ của mẫu (cặp chân bơi, râu, phụ miệng, chạc đuôi) trên kính hiển vi quang học Kruss với độ phóng đại x 100, x 200, x 400. Đặc điểm hình thái sẽ được quan sát, đối chiếu với các tài liệu phân loại học chuyên ngành.

#### 2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Các phân tích thống kê mô tả và phân tích phương sai một nhân tố (ANOVA, Turkey,  $p < 0,05$ ) được tiến hành trên phần mềm SPSS ver18. Phân tích tương quan đa biến CCA (Canonical Component Analysis) được thực hiện trên phần mềm thống kê sinh học Past 4.0 và bản đồ thu mẫu được xây dựng trên phần mềm QGIS.

### 3. Kết quả nghiên cứu

#### 3.1. Thành phần loài *Copepoda* tại khu vực nghiên cứu

Kết quả nghiên cứu đã ghi nhận được 19 loài, thuộc 13 họ, 16 chi tại tổng số 16 vị trí thu mẫu ở khu vực cửa sông Hàn và Vu Gia - Thu Bồn. Trong đó, bộ Calanoida chiếm số lượng loài cao nhất với 47,37%; bộ

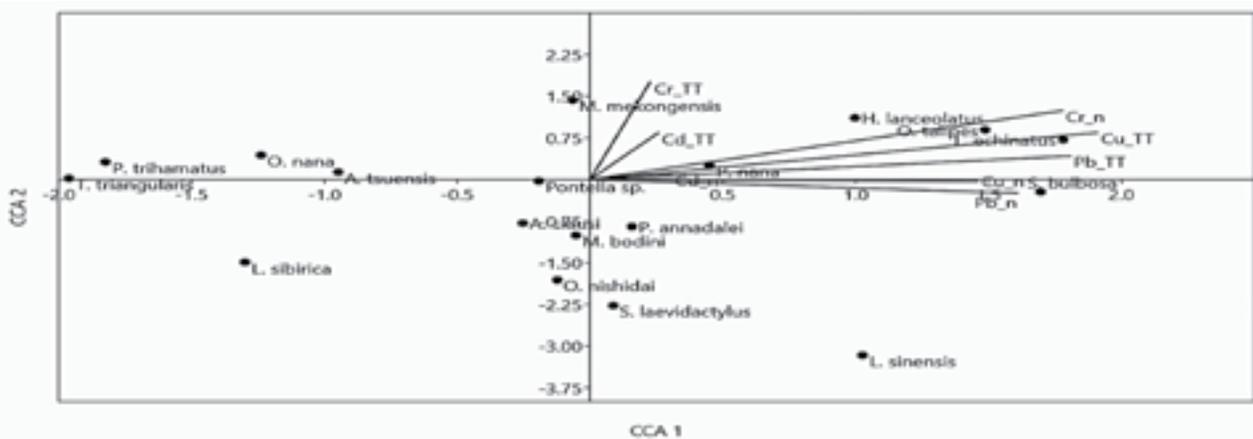
Harpacticoida và Cyclopoida đều chiếm tỷ lệ 26,315% trong tổng số lượng loài ghi nhận được. Một số loài xuất hiện khá phổ biến khi được tìm thấy ở cả hai cửa sông như *Acartia clausi*, *Mongolodiptomus mekongensis*, *Halicyclops lanceolatus*, *Oithona nana*, *Paracyclops nana*, *Mesochra bodini*.

#### 3.2. Hàm lượng kim loại (Pb, As, Cd, Cr) trong mẫu nước và trầm tích tại khu vực nghiên cứu

Giá trị hàm lượng trung bình của 4 KLN (Pb, Cd, Cr, Cu) trong mẫu nước mặt được thể hiện tại Bảng 1 và mẫu trầm tích (Bảng 2). Kết quả cho thấy, hàm lượng kim loại Pb, Cd (Bảng 1) đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT. Tuy nhiên, kim loại Cr có hàm lượng tương đối cao, vượt 1,04 - 6,12 lần so với giới hạn cho phép. Ngoài ra, hàm lượng Cu trong mẫu nước cũng bị vượt nhẹ so với giới hạn của QCVN từ 1,2 - 1,4 lần.

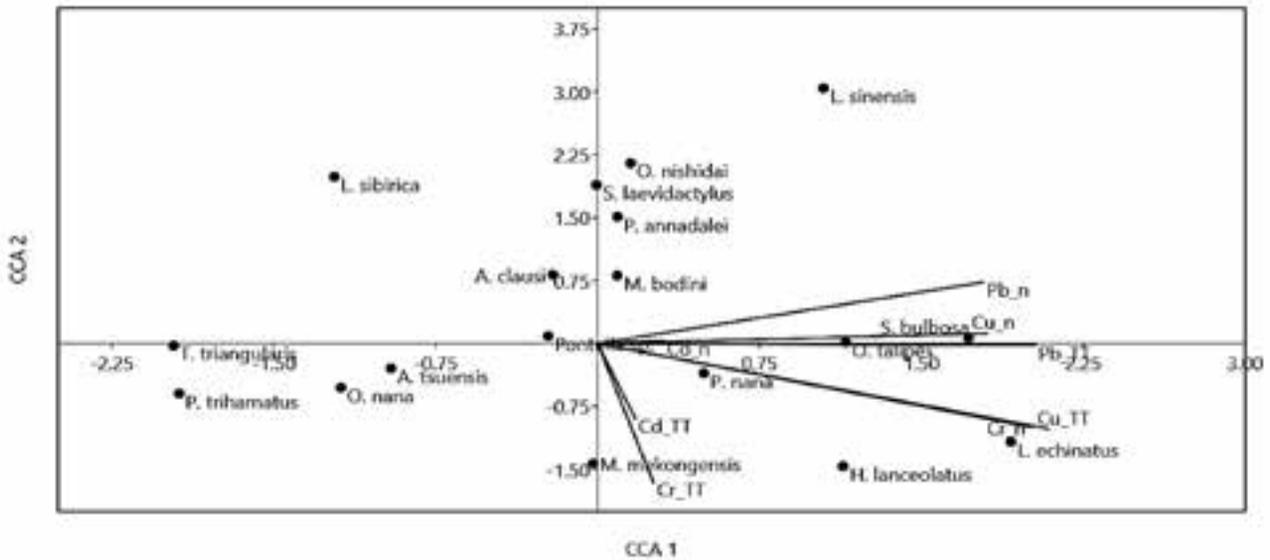
Qua kết quả phân tích hàm lượng trung bình các KLN (Pb, Cd, Cr, Cu) tại khu vực cửa sông Hàn và sông Vu Gia - Thu Bồn (Bảng 2) cho thấy, hàm lượng Pb, Cu, Cd đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 43:2017/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng trầm tích. Kết quả phân tích còn cho thấy, hàm lượng cao Cr được tìm thấy trong các mẫu trầm tích, đặc biệt là khu vực cửa sông Vu Gia - Thu Bồn. Hàm lượng trung bình Cr tại khu vực cửa sông Vu Gia - Thu Bồn vượt khoảng 2,4 lần so với QCVN; Cr tại cửa sông Hàn mặc dù không vượt so với QCVN nhưng hàm lượng trung bình cũng khá cao, gần đạt giới hạn cho phép.

Nhìn chung sông Vu Gia - Thu Bồn có hàm lượng trung bình KLN cao hơn so với sông Hàn, tuy nhiên,



▲ Hình 2. Mô hình tương quan đa biến (CCA) giữa sự xuất hiện của các loài *Copepods* với hàm lượng KLN (Cu, Cd, Pb, Cr) tại khu vực nghiên cứu (\_TT: trong mẫu trầm tích, \_n: trong mẫu nước)

Nguồn: Nhóm nghiên cứu thực hiện



▲ Hình 3. Mô hình tương quan đa biến (CCA) giữa mật độ các loài Copepods với hàm lượng KLN (Cu, Cd, Pb, Cr) tại khu vực nghiên cứu (\_TT: trong mẫu trầm tích, \_n: trong mẫu nước)

Nguồn: Nhóm nghiên cứu thực hiện

sự khác biệt về mật thống kê không đáng kể do sự biến động khá lớn các giá trị hàm lượng KLN đo được tại nhiều vị trí khác nhau ở mỗi vùng cửa sông. Đối với hàm lượng kim loại Cr tại khu vực cửa sông Hàn, có sự khác biệt so với khu vực cửa sông Vu Gia - Thu Bồn; hàm lượng trung bình Cr tại cửa sông Vu Gia - Thu Bồn ( $391,604 \pm 213,894$  mg/kg), cao hơn so với cửa sông Hàn ( $156,264 \pm 109,882$  mg/kg).

### 3.3. Ảnh hưởng của hàm lượng KLN trong nước và trầm tích đến sự xuất hiện của các loài Copepods

Phân tích tương quan đa biến CCA được thực hiện để đánh giá mối liên quan giữa hàm lượng KLN có trong mẫu trầm tích với sự xuất hiện của các loài Copepods, kết quả được thể hiện rõ trong Hình 2. Trong đó, mối tương quan giữa sự hiện diện các loài Copepods và chất lượng môi trường nước thể hiện ý nghĩa thống kê ở trục CCA1 là 30,31% (P-value < 0,05) và trục CCA2 là 21,58%. Hai trục CCA1 và CCA2 chi phối 51,89% sự biến động về thành phần các loài Copepods ở 2 khu vực cửa sông. Xét trên trục CCA1 cho thấy, các yếu tố môi trường như hàm lượng Cr, Cu, Pb trong mẫu trầm tích và nước có mối tương quan với sự xuất hiện của một số loài thuộc Copepods. Cụ thể, các loài như *H. lanceolatus*, *O. talipes*, *L. enchinatus*, *S. bullbosa* có mối tương quan thuận đối với sự gia tăng hàm lượng KLN trong môi trường, hệ số tương quan trên trục CCA1 lần lượt là 0,998; 1,487; 1,78; 1,696. Trong khi đó, các loài khác như *A. tsuensis*, *O. nana*, *P. trihamatus*, *T. triangularis*

lại có mối tương quan nghịch với sự gia tăng hàm lượng các KLN (Cu, Pb, Cr) trong môi trường, hệ số tương quan lần lượt là - 0,947; - 1,238; - 1,823; - 1,962. Ngoài ra, phân tích cũng cho thấy, sự xuất hiện của loài *M. mekongensis* bị chi phối bởi hàm lượng Cr có trong trầm tích khi xét trên trục CCA2. Đối với hàm lượng Cd trong cả mẫu nước và trầm tích, không cho thấy sự ảnh hưởng rõ rệt đến sự xuất hiện của các loài thuộc Copepods, có thể do hàm lượng Cd ghi nhận tại 2 khu vực nghiên cứu đều nằm ở mức rất thấp và không có sự khác biệt đáng kể ở 2 khu vực.

### 3.4. Ảnh hưởng của hàm lượng KLN trong nước và trầm tích đến mật độ các loài Copepods

Tương tự, một mô hình phân tích tương quan đa biến (CCA) được xây dựng để làm rõ mối tương quan giữa hàm lượng KLN trong môi trường với mật độ các loài Copepods xuất hiện tại 2 khu vực nghiên cứu (Hình 3). Trong đó, mối tương quan giữa mật độ các loài Copepods và chất lượng môi trường nước thể hiện ý nghĩa thống kê ở trục CCA1 là 33,79% (p-value < 0,05) và trục CCA2 là 23,51% (p-value < 0,05), với tổng chi phối sự biến động về mật độ các loài Copepods là 57,3%. Kết quả phân tích cũng cho thấy, khi xét theo trục CCA1, nhóm các loài *S. bullbosa*, *O. talipes*, *L. enchinatus*, *H. lanceolatus* có mối tương quan thuận với sự gia tăng hàm lượng Cu, Pb, Cr trong nước và hàm lượng Pb, Cu có trong trầm tích, hệ số trên trục CCA1 lần lượt là 1,72; 1,15; 1,91; 1,137. Đối với nhóm các loài

*A. tsuensis*, *O. nana*, *T. triangularis*, *P. trihamatus* và *L. sibirica* lại có mối tương quan nghịch với sự gia tăng hàm lượng KLN trong môi trường, trọng số tương quan trên trục CCA1 lần lượt là - 0,96; - 1,19; - 1,96; - 1,94; - 1,22. Tương tự, hàm lượng Cd trong môi trường không cho thấy sự ảnh hưởng lớn đến mật độ các loài *Copepods* tại khu vực nghiên cứu. Khi xét trên trục CCA2, mật độ các loài *O. nishidai*, *S. laevidactylus*, *P. annadalei*, *M. bodini* và *A. clausi* có mối tương quan nghịch với hàm lượng Cd và Cr có trong trầm tích.

#### 4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã ghi nhận được 19 loài, thuộc 13 họ, 16 chi trên tổng số 16 vị trí thu mẫu ở khu vực cửa sông Hàn và Vu Gia - Thu Bồn. Trong đó, bộ Calanoida chiếm tỷ lệ cao nhất với 47,37%; bộ Harpacticoida và Cyclopoida đều chiếm tỷ lệ 26,315% trong tổng số lượng loài ghi nhận được.

Dựa vào kết quả phân tích mô hình tương quan đa biến (CCA) giữa mật độ, sự xuất hiện loài của các loài *Copepods* với hàm lượng KLN trong môi trường tại khu vực nghiên cứu cho thấy, nhóm các loài *S. bulbosa*, *O. talipes*, *L. enchinatus*, *H. lanceolatus* có mối tương

quan thuận với sự gia tăng hàm lượng Cu, Pb, Cr trong nước và hàm lượng Pb, Cu có trong trầm tích. Ngược lại, các loài như *A. tsuensis*, *O. nana*, *T. triangularis*, *P. trihamatus* và *L. sibirica* lại có mối tương quan nghịch với sự gia tăng hàm lượng KLN trong môi trường. Đối với hàm lượng Cd trong cả mẫu nước và trầm tích, do hàm lượng phát hiện khá thấp nên không cho thấy sự ảnh hưởng rõ rệt đến sự xuất hiện hay mật độ của các loài thuộc *Copepods*.

Do những hạn chế về phạm vi và thời gian nên kết quả của nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở việc đánh giá ảnh hưởng của KLN đến mật độ và sự xuất hiện của các loài thuộc *Copepods* ở hai vùng cửa sông (Hàn, Vu Gia - Thu Bồn). Cần có thêm những nghiên cứu trên quy mô rộng, thời gian dài để có những dữ liệu đầy đủ hơn, từ đó có thể làm cơ sở cho việc xây dựng một quy trình hoàn thiện về ứng dụng *Copepods* làm sinh vật chỉ thị trong giám sát chất lượng môi trường nước.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được thực hiện từ nguồn kinh phí hỗ trợ của Bộ Giáo dục và Đào tạo, trong Đề tài có mã số: B2023-DNA-16■

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Barka, S., Pavillon, J. F., & Amiard, J. C. (2001). Influence of different essential and non-essential metals on MTLP levels in the Copepod *Tigriopus brevicornis*. *Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology*, 128 (4), 479 - 493.
2. Battuello, M., Brizio, P., Mussat Sartor, R., Nurra, N., Pessani, D., Abete, M. C., & Squadrone, S. (2016). Zooplankton from a North Western Mediterranean area as a model of metal transfer in a marine environment. *Ecological Indicators*, 66, 440 - 451.
3. Fang, T. H., Hwang, J. S., Hsiao, S. H., & Chen, H. Y. (2006). Trace metals in seawater and copepods in the ocean outfall area off the northern Taiwan coast. *Marine Environmental Research*, 61 (2), 224 - 243.
4. Fernández-Severini M. D., Hoffmeyer M. S., Marcovecchio J. E. (2013) Heavy metals concentrations in zooplankton and suspended particulate matter in a southwestern Atlantic temperate estuary (Argentina). *Environ Monit Assess* 185:1495 - 1513.
5. Gardner, G. A., & Szabo, I. (1982). British Columbia pelagic marine copepoda. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science*, (62).
6. Goswami, S. C. (2004). *Zooplankton methodology, collection & identification-A field manual*.
7. Hsiao, S. H., Hwang, J. S., & Fang, T. H. (2011). Copepod species and their trace metal contents in coastal northern Taiwan. *Journal of Marine Systems*, 88 (2), 232 - 238.
8. Ju, Y. R., Lo, W. T., Chen, C. F., Chen, C. W., Huang, Z. L., & Dong, C. Di. (2018). Effect of metals on zooplankton abundance and distribution in the coast of southwestern Taiwan. *Environmental Science and Pollution Research*, 26 (33), 33.722 - 33.731.
9. Phạm Văn Ngọt, Quách Văn Toàn Em, Nguyễn Kim Hồng, Trần Thị Tuyết Nhung (2012). Vai trò của rừng ngập mặn ven biển Việt Nam. *Tạp chí Khoa học - Đại học Sư phạm TP. Hồ Chí Minh*, 33, 115 - 124.
10. Rainbow P. S. (2002) Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why and what? *Environ Pollut* 120:497 - 507.
11. Sharma, B., & Tyagi, S. (2013). Simplification of Metal Ion Analysis in Fresh Water Samples by Atomic Absorption Spectroscopy for Laboratory Students. *Journal of Laboratory Chemical Education*, 2013 (3), 54 - 58.
12. Smail E. A., Webb E. A., Franks R. P., Bruland K. W., Sañudo-Wilhelmy S. A. (2012). Status of metal contamination in surface waters of the coastal ocean off Los Angeles, California since the implementation of the Clean Water Act. *Environ Sci Technol*, 46:4304 - 4311.
13. Trịnh Thị Thắm, Lê Thị Trinh, Trịnh Thị Thủy (2022). Rủi ro sinh thái một số KLN trong trầm tích tại khu vực hạ lưu sông Hồng. *Bản B Cửa Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, 64 (11), 112 - 119.