

ĐA DẠNG SINH HỌC PHÂN LỚP GIÁP XÁC CHÂN CHÈO (COPEPODA) VÀ TƯƠNG QUAN VỚI CÁC THÔNG SỐ MÔI TRƯỜNG TRONG NƯỚC NGẦM TẠI MỘT SỐ HUYỆN MIỀN NÚI THUỘC TỈNH QUẢNG NAM

Trần Ngọc Sơn, Phạm Thị Phương⁽¹⁾
Trần Thị Dung, Võ Văn Minh
Trịnh Đăng Mậu, Nguyễn Thị Tường Vi
Phùng Khánh Chuyên

TÓM TẮT

Kết quả nghiên cứu đa dạng phân lớp giáp xác chân chèo (Copepoda) trong nước ngầm tại một số huyện miền núi thuộc tỉnh Quảng Nam ghi nhận 13 loài thuộc 5 họ của 2 bộ Cyclopoida và Harpacticoida đã được xác định trong nước ngầm. Trong đó, 5 loài được ghi nhận là loài mới cho Việt Nam là *Elaphoidella nepalensis*, *Microcyclops rubellus*, *Paracyclops hirsutus*, *Microcyclops ceibaensis* và *Schizopera samchunensi*. Kết quả phân tích tương quan bằng mô hình CCA cho thấy, các yếu tố môi trường như EC, TDS, độ cao, SO_4^{2-} , pH và NO_3^- có ảnh hưởng đến sự phân bố của các loài thuộc Copepoda tại khu vực nghiên cứu.

Từ khóa: *Copepoda*, đa dạng sinh học, nước ngầm, Quảng Nam.

Nhận bài: 7/5/2022; Sửa chữa: 30/5/2022; Duyệt đăng: 2/6/2022.

1. Mở đầu

Copepoda là phân lớp giáp xác chân chèo được tìm thấy trong hầu hết các môi trường sống nước ngọt và nước mặn. Trong hệ sinh thái nước ngầm, Copepoda là một trong những nhóm chiếm ưu thế và có vai trò quan trọng đối với đa dạng sinh học của hệ sinh thái này, với hơn 1.000 loài được biết đến trong các kiểu sinh cảnh nước ngầm khác nhau như hang động (Cave), cát (Hyporheic) và trong nước giếng (Well) (Galassi 2001). Sự phân bố rộng trong nhiều loại hình nước ngầm khác nhau của các loài Copepods là do sự đa dạng về hình thái và khả năng thích nghi cao của chúng (Galassi, Huys, and Reid 2009).

Các nghiên cứu về đa dạng và phân bố của Copepoda trong nước ngầm đã được tiến hành ở nhiều nước trên thế giới từ khá sớm, đặc biệt tại các nước châu Âu, các nghiên cứu sau đó được mở rộng ra nhiều châu lục khác. Tại khu vực Đông Nam Á, nhiều loài Copepods được ghi nhận và có những phát hiện mới cho khoa học, số lượng loài ghi nhận nhiều nhất tại Thái Lan với khoảng 25 loài mới được tìm thấy, còn tại Việt Nam cũng ghi nhận 14 loài mới cho khoa học. Trong đó, 14 loài ghi nhận mới ở Việt Nam thì

có đến 11 loài phát hiện trong trong thủy vực nước ngầm hang động và chỉ mới có 3 loài thuộc nước ngầm sinh cảnh cát (hyporheic) là *Metacyclops amicitiae* Kołaczynski, 2015, *Parastenocaris sontraensis* Tran, 2021 và *Parastenocaris vugiaensis* Tran, 2021 (Brancelj et al. 2013; Tran et al 2021).

Hệ sinh thái nước ngầm trong cát sát mép nước (Hyporheic zone) là môi trường đặc thù với sự kết nối giữa môi trường mặt và nước ngầm, có nhiều đặc trưng riêng như sự biến động về mực nước, dinh dưỡng, các chất hữu cơ dưới tác động của nước mặt. Bên cạnh đó, Hyporheic zone đóng vai trò quan trọng cho các lưu vực sông, là môi trường cho ấu trùng của các loài động thực vật thủy sinh sinh trưởng và phát triển (Mugnai et al 2015). Các huyện miền núi thuộc tỉnh Quảng Nam thuộc thượng lưu sông Vu Gia có sự đa dạng địa hình và hợp lưu với nhiều nhánh suối, đây là sinh cảnh thuận lợi cho các loài thuộc Copepods trong nước ngầm hệ sinh thái cát phát triển. Tuy nhiên, hiện nay rất ít thông tin đa dạng Copepods trong nước ngầm thuộc Hyporheic tại Việt Nam cũng như trên Thế giới (Tran 2020, 2021). Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá đa dạng của phân lớp giáp xác chân chèo (Copepods)

¹ Trường Đại học Sư phạm - Đại học Đà Nẵng

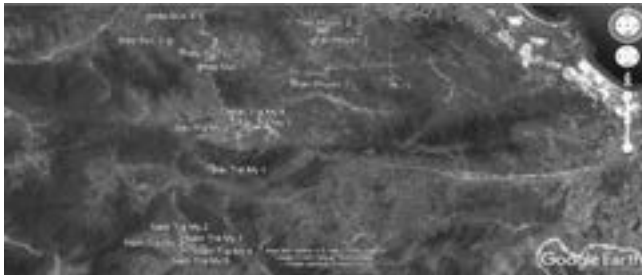


trong nước ngầm thuộc sinh cảnh Hyporheic và đồng thời khảo sát ảnh hưởng của các thông số môi trường đến mật độ và phân bố của các loài Copepods.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp thu mẫu và định loại Copepoda

Mẫu Copepoda được thu tại 16 điểm dọc sông Vu Gia (Hình 1) thuộc 4 huyện miền núi tỉnh Quảng Nam, bao gồm huyện Nam Trà My, Tiên Phước, Bắc Trà My và Hiệp Đức, các địa điểm thu mẫu được thể hiện theo bản đồ (Hình 1). Thời gian thu mẫu được tiến hành từ tháng 6 đến tháng 10/2021. Tại mỗi điểm sẽ thu Copepods trong nước ngầm ở các sinh cảnh cát sát mép sông (Hyporheic zone). Mẫu định tính Copepods trong sinh cảnh cát thu bằng cách đào các hố cát có độ sâu khoảng 20 cm gần mép nước, sau đó lọc nước trong cát bằng bình lọc Zooplankton với mắt lưới 60µm theo phương pháp của Branceij (2004). Mẫu định lượng Copepods trong cát được thu theo ô tiêu chuẩn có kích thước 30 cm x 30 cm, toàn bộ cát được cho vào xô nhựa sau đó trộn với nước đã lọc, rồi lọc bằng dụng cụ chuyên dụng như mẫu định tính. Mẫu Copepods được bảo quản bằng ethanol 70% trong bình đựng mẫu 50ml chuyên dụng. Mẫu Copepods được giải phẫu và phân loại dưới kính hiển vi huỳnh quang Carl Zeiss Axio Lab A1 (Đức). Định danh loài theo các tài liệu phân loại của Wells (2007), Thorp (2017). Mật độ của mỗi loài Copepods được xác định bằng buồng đếm sinh vật phù du Sedgewick - Rafter.



▲ Hình 1. Bản đồ thu mẫu tại các huyện miền núi thuộc tỉnh Quảng Nam

2.2. Phương pháp phân tích mẫu nước

Mẫu được thu và bảo quản theo TCVN 6663-3:2003 và được đưa về phòng thí nghiệm để phân tích ngay sau khi thu. Các thông số pH, Oxi hòa tan (DO), độ đục (NTU), độ dẫn điện (EC), tổng chất rắn hòa tan (TDS) được đo bằng thiết bị YSI 6920V2. Các thông số Amoni (NH_4^+), Nitrat (NO_3^-), Nitrit (NO_2^-), Photphat (PO_4^{3-}) phân tích theo các TCVN tại phòng thí nghiệm.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

- Phương pháp đánh giá đa dạng sinh học:
+ Chỉ số đa dạng Shannon - Wiener được xác định theo công thức:

$$H = - \sum [pi \times \ln(pi)]$$

Trong đó:

pi: Tỷ lệ tổng số mẫu đại diện bởi loài {i}. Lấy tổng số lượng mẫu chia cho số lượng từng cá thể của loài i. (Article 1999)

+ Chỉ số phong phú loài Margalef (d)

Chỉ số này được sử dụng để xác định tính đa dạng hay độ phong phú của loài. Chỉ số Margalef (d) được tính theo công thức sau:

$$d = \frac{S-1}{\log N}$$

Trong đó:

d: Chỉ số đa dạng Margalef

S: Tổng số loài trong mẫu

N: Tổng số lượng cá thể trong mẫu

+ Phương pháp xác định mức độ tương đồng bằng chỉ số tương đồng (Index of similarity hay Sorensen's Index- SI)

Chỉ số tương đồng SI cho thấy mức độ tương đồng về thành phần loài ở các quần xã khác nhau, chỉ số được tính theo công thức:

$$SI = 2C / (A+B)$$

Trong đó:

C = số lượng loài xuất hiện cả ở 2 quần thể A & B

A = số lượng loài của quần thể A

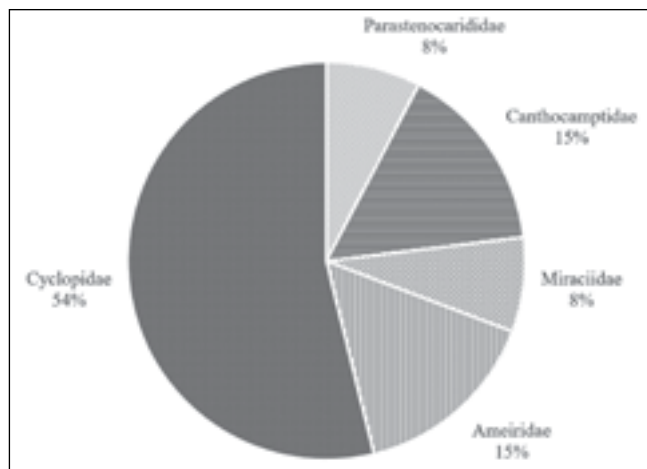
B = số lượng loài của quần thể B

- Bản đồ lấy mẫu được xây dựng trên phần mềm Google Earth pro.

3. Kết quả

3.1. Đa dạng thành phần loài giáp xác chân chèo ở khu vực nghiên cứu

Kết quả nghiên cứu về thành phần loài phân lớp Copepoda đã xác định được 13 loài ở 16 khu vực thu mẫu thuộc 7 chi, 5 họ của 2 bộ Cyclopoida và Harpacticoida (Bảng 1). Trong đó, các loài như *Parastenocaris sontraensis*, *Elaphoidella bidens*, *Elaphoidella nepalensis*, *Paracyclops* sp1. là những loài phân bố rộng khi có mặt nhiều địa điểm thu mẫu khác nhau ở các huyện. Bộ Cyclopoida chỉ có một họ Cyclopidae được tìm thấy và họ này có số lượng loài nhiều nhất, với 7 loài chiếm 54% tổng số loài (Hình 2). Bộ Harpacticoida với 4 họ *Parastenocarididae*, *Cathocamptidae*, *Ameiridae* và *Miraciidae*. Trong đó, họ *Cathocamptidae* và họ *Ameiridae* đều ghi nhận được 2 loài chiếm 15%. Ngoài ra, họ *Miraciidae* và họ *Parastenocarididae* chiếm tỷ lệ thấp nhất (8%) với 01 loài được phát hiện. Tất cả các loài tìm thấy đều nằm trong hai bộ Cyclopoida và Harpacticoida, đây được xem là hai bộ có số lượng loài chiếm ưu thế trong môi trường nước ngầm.



▲ Hình 2. Cấu trúc thành phần của quần xã Copepoda ở cấp độ phân loại đến họ tại khu vực nghiên cứu

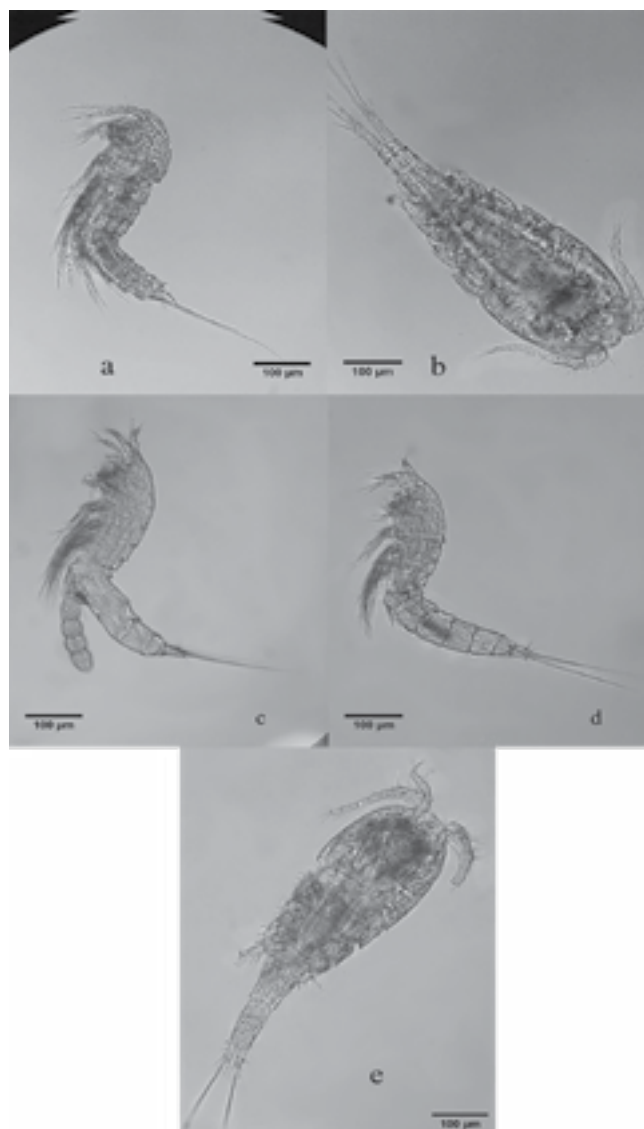
Bảng 1. Danh mục thành phần loài giáp xác chân chèo tại các khu vực thu mẫu

TT	Phân Lớp Copepoda Milne-Edwards, 1840
	Bộ Harpacticoida Sars, 1906
	Họ Parastenocarididae Chappuis, 1940
1	<i>Parastenocaris sontraensis</i> (Tran, 2021)
	Họ Canthocamptidae Brady, 1880
2	<i>Elaphoidella bidens</i> (Schmeil, 1894)
3	<i>Elaphoidella nepalensis</i> * (Ishida, 1994)
	Họ Miraciidae Dana, 1846
4	<i>Schizopera samchunensis</i> *
	Họ Ameiridae Boeck, 1865
5	<i>Nitokra sewelli husmanni</i>
6	<i>Nitokra</i> sp.
	Bộ Cyclopoida
	Họ Cyclopidae
7	<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer, 1853)
8	<i>Paracyclops</i> sp1.
9	<i>Paracyclops hirsutus</i> *
10	<i>Microcyclops rubellus</i> * (Lilljeborg, 1901)
11	<i>Microcyclops ceibaensis</i> *
12	<i>Paracyclops</i> sp2.
13	<i>Eucyclops speratus</i>

Ghi chú: * Các loài mới ghi nhận cho Việt Nam

Hiện nay, hệ giáp xác nước ngọt Việt Nam đã ghi nhận được khoảng 114 loài Copepoda thuộc 3 bộ Cyclopoida (2 họ, 12 chi), Calanoida (3 họ, 15 chi), Harpacticoida (với 9 họ, 21 chi). Trong đó các loài thuộc chi *Elaphoidella* có 9 loài, chi *Schizopera* có 1 loài, chi *Microcyclops* có 4 loài, chi *Paracyclops* có 2 loài (Minh 2018) và chi *Parastenocaris* có hai loài được ghi nhận là loài mới cho khoa học trong năm 2021 tại Đà Nẵng và Quảng Nam năm 2021 (Trần 2021).

Từ kết quả của nghiên cứu này đã bổ sung thêm 5 loài mới (Hình 3) vào danh sách khu hệ động vật giáp xác nước ngọt tại Việt Nam bao gồm loài *Elaphoidella nepalensis*, *Microcyclops rubellus*, *Paracyclops hirsutus*, *Microcyclops ceibaensis* và *Schizopera samchunensis*.



▲ Hình 3. a. *Elaphoidella nepalensis*, b. *Microcyclops rubellus*, c. *Schizopera samchunensis* (♀), d. *Schizopera samchunensis* (♂), e. *Microcyclops ceibaensis*

3.2. Sự tương đồng về thành phần loài giữa khu vực nghiên cứu với các nghiên cứu khác tại Việt Nam

Sự tương đồng về các loài trong quần xã Copepoda tại khu vực nghiên cứu được so sánh với các nghiên cứu khác trong một số thủy vực nước ngọt tại Việt Nam. Kết quả tương đồng được thể hiện thông qua bảng so sánh dựa trên chỉ số tương đồng SI (Index of similarity hay Sorensen's Index) (Bảng 2). Có thể thấy thành phần loài tại khu vực nghiên cứu có sự tương đồng cao nhất với nước ngầm Đà Nẵng (Trần Ngọc



Sơn et al. 2021) với giá trị tương đồng là 0,273. Nghiên cứu về nước ngầm Đà Nẵng có sinh cảnh khá giống với khu vực được nghiên cứu, hơn nữa về vị trí địa lý cũng tương đối gần hơn so với các khu vực được so sánh khác. Khác biệt lớn nhất với thành phần loài Copepoda tại khu vực nghiên cứu là khu vực sông Nhuệ - Đáy (Trần Đức Lương, Hồ Thanh Hải 2008) với giá trị khác biệt là 0,953.

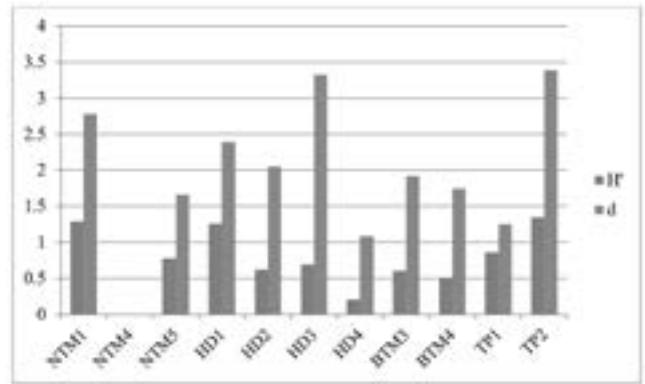
Bảng 2. Chỉ số tương đồng của quần xã Copepoda với các nghiên cứu khác

	(1)	(2)	(3)	(4)
Khu vực nghiên cứu (1)	1			
VQG Phong Nha- Kẻ Bàng (2)	0,07	1		
Sông Nhuệ - Đáy (3)	0,047	0,054	1	
Nước ngầm Đà Nẵng (4)	0,273	0,113	0,051	1

Các khu vực nước ngọt được so sánh chủ yếu là những khu vực nước mặt trừ nghiên cứu về nước ngầm Đà Nẵng và một số loài trong hang động tại vườn quốc gia Phong Nha - Kẻ Bàng, có thể sự khác biệt về sinh cảnh là nguyên nhân chính dẫn đến sự tương đồng về thành phần loài thấp tại các khu vực VQG Phong Nha- Kẻ Bàng, sông Vu Gia - Thu Bồn (Sơn 2021), sông Nhuệ - Đáy với khu vực nghiên cứu. Hầu hết các loài góp phần vào sự tương đồng giữa các khu vực này là loài có phổ phân bố rộng và khá phổ biến tại các thủy vực nước ngọt Việt Nam.

3.3. Mức độ đa dạng sinh học của phân lớp giáp xác chân chèo

Chỉ số đa dạng Shannon H của phân lớp giáp xác chân chèo ở 11 điểm thuộc 4 khu vực nghiên cứu (Hình



▲ Hình 4: Chỉ số đa dạng Shannon (H') và chỉ số phong phú Margalef (d) tại khu vực nghiên cứu

4) dao động từ 0 - 1,35. Trong đó, thấp nhất tại vị trí NTM4 thuộc huyện Nam Trà My (với $H = 0$) khi chỉ tìm thấy một loài *E. bidens*, tại vị trí HD4 thuộc huyện Hiệp Đức cũng có giá trị đa dạng rất thấp (với $H = 0,2$). Bên cạnh đó, điểm TP2 (Tiên Phước) có mức độ đa dạng cao nhất so với các khu vực còn lại (với $H = 1,35$) tiếp đến là vị trí NTM1 (thuộc Nam Trà My) với $H = 1,29$ và HD1 (thuộc Hiệp Đức) với $H = 1,26$. Hầu hết các địa điểm trong các khu vực nghiên cứu đều có giá trị chỉ số Shannon nằm ở mức kém đa dạng ngoại trừ vị trí TP2, HD1 và NTM1 nằm ở mức đa dạng trung bình.

Kết quả nghiên cứu (Hình 4) cho thấy, chỉ số phong phú của nhóm Giáp xác chân chèo ở khu vực nghiên cứu dao động từ 0 - 3,38. Trong đó, mức độ phong phú loài cao nhất ở các điểm là TP2 (với $d = 3,38$), HD3 (với $d = 3,32$) và NTM1 (với $d = 2,78$). Mức độ đa dạng loài thấp nhất theo chỉ số d thuộc các khu vực khảo sát là NTM4 (với $d = 0$), HD4 (với $d = 1,08$) và TP1 (với $d = 1,25$). Theo kết quả của chỉ số phong phú loài d (Hình

Bảng 4. Các thông số môi trường tại các khu vực thu mẫu

TT	Chỉ tiêu	NTM	HD	BTM	TP	P-value
1	Nhiệt độ (T°)	18,1±4,20	24,92±0,22	24,84±0,18	25,90±0,05	0,02*
2	EC mS/cm	0,29±0,40	0,08±0,01	0,1±0,04	0,17±0,02	0,514
3	TDS (mg/L)	0,08±0,01	0,05±0,01	0,06±0,03	0,11±0,01	0,015*
4	pH	7,28±1,08	6,68±0,14	6,63±0,57	7,9±0,59	0,142
5	Cl ⁻ (mg/L)	1,40±1,61	3,8±0,47	5,05±0,78	3,34±0,38	0,003*
6	DO (mg/L)	6,75±1,66	8,33±0,59	5,38±1,93	5,46±0,68	0,087
7	Độ cao (m)	255,80±20,01	104±31,64	140±73,38	78,33±22,1	0,001*
8	NO ₂ (mg/L)	0,31±0,03	0,33±0,02	0,38±0,12	0,3±0,03	0,499
9	NH ₄ (mg/L)	0,74±0,04	0,76±0,05	1,06±0,48	0,95±0,07	0,322
10	PO ₄ (mg/L)	1,05±0,04	1,09±0,05	1,19±0,13	1,5±0,55	0,225
11	SO ₄ (mg/L)	35,55±0,8	36,58±2,43	34,91±0,78	37,6±1,7	0,252
12	NO ₃ (mg/L)	7,24±0,9	7,26±0,6	6,66±0,35	7,75±0,58	0,350
13	Fe (mg/L)	2,38±1,07	3±1,67	5,63±4,42	6,19±1,77	0,238

Ghi chú: NTM: Nam Trà My, HD: Hiệp Đức, BTM: Bắc Trà My, TP: Tiên Phước

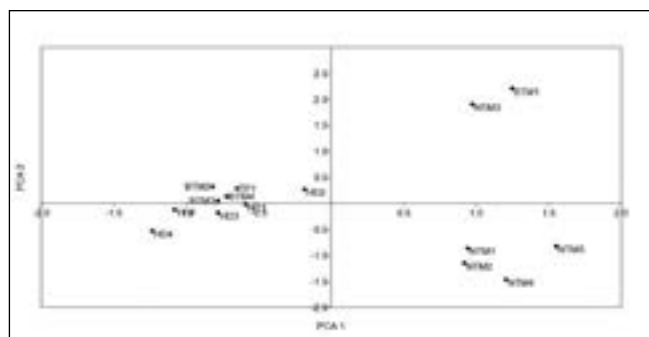
4) có thể thấy hầu hết các vị trí có mức phong phú loài từ mức tương đối tốt đến mức phong phú, ngoại trừ điểm HD4, điểm TP1 nằm ở độ phong phú bình thường và điểm NTM4 thuộc tính đa dạng kém.

3.4. Đặc điểm các thông số môi trường nước ngầm tại các khu vực khảo sát

Đánh giá chất lượng môi trường nước ngầm tại 4 huyện miền núi (Nam Trà My, Hiệp Đức, Bắc Trà My và Tiên Phước) của tỉnh Quảng Nam với 13 chỉ tiêu khác nhau, thể hiện rõ trong Bảng 4. Qua kết quả phân tích ANOVA một yếu tố cho thấy các chỉ tiêu như độ dẫn điện (EC), tổng chất rắn hòa tan (TDS), hàm lượng Cl⁻ và độ cao có sự khác nhau có ý nghĩa về mặt thống kê giữa các huyện (P < 0,05).

3.5. Đánh giá tương đồng giữa các vị trí thu mẫu dựa trên các thông số môi trường

Thông qua phân tích từ mô hình PCA (Hình 5) dựa trên các chỉ tiêu môi trường của các vị trí lấy mẫu cho thấy có sự phân nhóm chất lượng môi trường tại các vị trí (với giá trị riêng của mô hình là 99,9%). Có thể chia thành 4 nhóm vị trí có chất lượng môi trường tương đồng nhau.



▲ Hình 5. Phân tích PCA cho các vị trí lấy mẫu dựa trên thông số môi trường

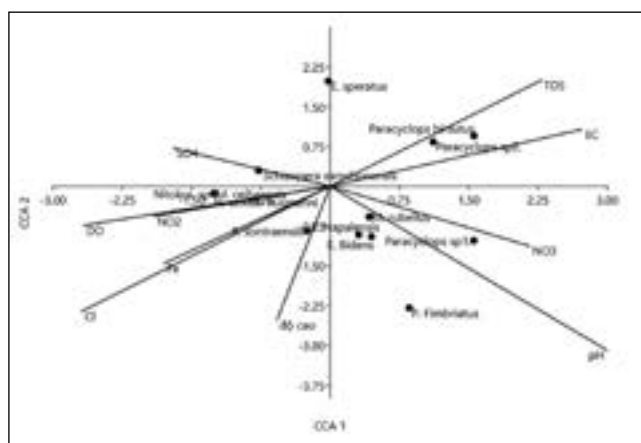
Nhóm 1 bao gồm 2 vị trí BTM1 và NTM3, trong nhóm này có lượng Cl⁻ tương đối cao so với các điểm còn lại (4,6 - 5,5 mg/L) và độ cao cũng khá cao nằm trong khoảng 244 - 267 m so với mực nước biển. Nhóm 2 bao gồm các điểm NTM1, NTM2, NTM4, NTM5; với khoảng nhiệt độ tương đối thấp nằm trong khoảng 15,35 - 16,97°C, nhóm này cũng là nhóm có độ cao tương đối lớn từ 239 - 292 m so với mực nước biển, TDS nằm ở mức trung bình so với các điểm khác (0,61 - 0,86 mg/L). Nhóm 3 bao gồm các điểm BTM2, BTM3, BTM4, HD1, HD3, HD4, TP1, TP2; các vị trí này có mức nhiệt tương đối cao (trong khoảng 24,63 °C - 25,96°C), độ cao ở các khu vực này nhìn chung tương đối thấp (nằm trong khoảng 72 - 113m) so với vị trí khác và EC tương đối cao (0,069 - 0,162 mS/cm). Nhóm 4 chỉ bao gồm 1 vị trí là HD2, tại điểm này chỉ tiêu EC và TDS có giá trị thấp nhất so với các điểm lấy mẫu còn lại.

3.6. Ảnh hưởng của các thông số môi trường nước đến sự phân bố loài

Kết quả của phân tích tương quan Canonical Correspondence Analysis (CCA) cho thấy các yếu tố môi trường có ảnh hưởng đến mật độ loài của Copepoda. Thông qua mô hình phân tích tương quan (Bảng 5 và Hình 6) có thể thấy một số các chỉ tiêu môi trường có mối tương quan đến mật độ của các loài thuộc Copepoda như NO₃⁻, Fe, Cl⁻, SO₄²⁻, độ cao, EC, pH. Cụ thể, loài *Schizopera samchunensis* có mối tương quan nghịch với chỉ tiêu SO₄²⁻ (với hệ số tương quan trên trục CCA1 là -0,77), ngược lại chỉ tiêu NO₃⁻ lại có mối tương quan thuận với loài *Schizopera samchunensis* khi mật độ loài *Schizopera samchunensis* không quá nhiều nhưng chỉ tập trung tại vị trí TP2 thuộc Tiên Phước với nồng độ NO₃⁻ (8,49 mg/L) cao nhất so với những khu vực khác.

Bảng 5. Các giá trị đặc trưng cho trục CCA và mối tương quan giữa mật độ loài với môi trường

	AX1	AX2	AX3	AX4
Eigenvalues	0,059	0,027	0,016	0.008
%	49,59	23,29	13,59	7.009



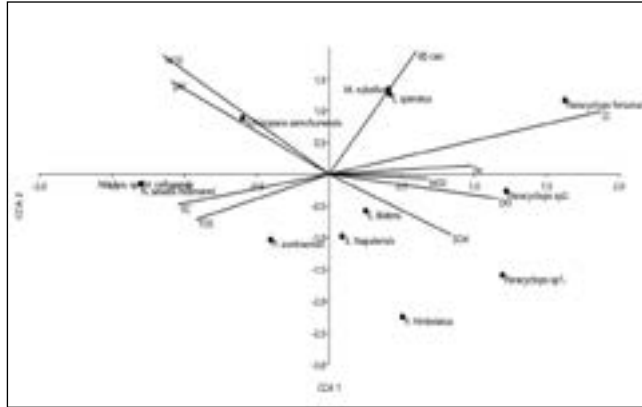
▲ Hình 6. Ảnh hưởng của các thông số môi trường đến mật độ các loài

Đối với loài *Paracyclops* sp2. có mối tương quan thuận chặt chẽ với TDS (với hệ số tương quan trên trục CCA1 là 1,115), tuy nhiên loài *Paracyclops* sp2. lại tương quan nghịch với chỉ tiêu Fe và Cl⁻ khi phân bố chủ yếu tại khu vực Nam Trà My nơi có nồng độ Fe (1,124 mg/L) và Cl⁻ (0,329 mg/L) rất thấp. Kết quả còn chỉ ra sự ảnh hưởng của giá trị pH đến sự phân bố về số lượng của loài *M. rubellus* khi có mối tương quan thuận với giá trị pH theo trục CCA1 (với hệ số tương quan 0,423). So sánh với nghiên cứu của Wang Tian và cộng sự về sự phản ứng của các loài động vật phù du đối với các yếu tố môi trường và sinh khối thực vật phù du ở hồ Nansihu, Trung Quốc cũng chỉ ra rằng DO, TDS ảnh hưởng đến sự phân bố của các loài động vật phù du bao gồm Copepoda (Tian et al. 2017).



Bảng 6. Các giá trị đặc trưng cho trục CCA và mối tương quan sự xuất hiện loài với môi trường

	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
Eigenvalue	0,041	0,01	0,009	0,005
%	59,29	14,2	12,79	7,22



▲ Hình 7. Ảnh hưởng của các thông số môi trường đến sự xuất hiện loài

Mối tương quan giữa sự xuất hiện loài và các chỉ tiêu môi trường tại các khu vực lấy mẫu được thể hiện qua mô hình tương quan CCA (Bảng 6 và Hình 7). Qua mô hình CCA cho thấy các thông số độ cao, pH và NO_3^- đều có sự ảnh hưởng đến sự xuất hiện của các loài thuộc phân lớp Copepoda. Dựa vào mô hình có thể thấy độ cao có mối tương quan thuận với loài *Eucyclops speratus* và loài *Microcyclops rubellus* (với hệ số tương quan lần lượt là 0,417 và 0,408 trên trục CCA1), những loài này chủ yếu tập trung tại các vùng có địa hình cao như Nam Trà My với độ cao >200m so với mực nước biển. Ngoài ra pH và NO_3^- cũng có mối tương quan với loài *Schizopera Samchunensis* (với hệ số tương quan trên trục CCA1 là -0,59 và 0,88 trên trục CCA2), loài

Schizopera Samchunensis được tìm thấy tại môi trường có độ pH (pH = 8,53) và nồng độ NO_3^- (8,499 mg/L) tương đối cao so với các khu vực nghiên cứu khác. So sánh với nghiên cứu của Karuthapandi về động vật phù du sống trong các ao nước ngọt tại Ấn Độ cho thấy các loài thuộc Copepoda có mối tương quan cao với các thông số NO_3^- , Cl⁻, TDS và độ cứng (Jan and Pradesh 2012). Trong nghiên cứu khác của Mori về sự phân bố và môi trường sống phổ biến của chi *Elaphoidella* ở Slovenia cho thấy các yếu tố môi trường như độ dẫn điện, pH và độ cao có ảnh hưởng đến sự phân bố của các loài thuộc chi này (Mori and Á 2008).

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu ghi nhận 13 loài thuộc 5 họ của 2 bộ Cyclopoida và Harpacticoida đã được xác định trong nước ngầm thuộc sinh cảnh Hyporheic. Trong đó, 5 loài được ghi nhận là loài mới cho Việt Nam là (*Elaphoidella nepalensis*, *Microcyclops rubellus*, *Paracyclops hirsutus*, *Microcyclops ceibaensis* và *Schizopera samchunensis*), 3 loài chiếm ưu thế (*Elaphoidella nepalensis*, *Elaphoidella bidens* và *Prastenocaris sontraensis*) trong khi đó một số loài chỉ xuất hiện tại một vị trí nhất định trong khu vực nghiên cứu (*Schizopera samchunensis*, *Microcyclops ceibaensis*, *Paracyclops sp2*).

Kết quả nghiên cứu cho thấy, các yếu tố môi trường như EC, TDS, độ cao, SO_4^{2-} , pH và NO_3^- đều có ảnh hưởng đến sự phân bố của các loài thuộc Copepoda tại khu vực nghiên cứu.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện từ nguồn kinh phí hỗ trợ Bộ Giáo dục và Đào tạo trong đề tài có mã số B2019-DNA-05■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Minh, Lê Danh. 2018. "Nghiên Cứu về Thành Phần Loài và Đặc Trưng Phân Bố Của Giáp Xác Nước Ngọt (Crustacea) Tại Vườn Quốc Gia Phong Nha-Kẻ Bàng" 2(1942):44.
2. Trần Đức Lương, Hồ Thanh Hải, Lê Hùng Anh. 2008. "Dẫn Liệu về Động Vật Nổi (Zooplankton) Sông Nhuệ-Đáy." Hội Nghị Toàn Quốc về Sinh Thái và Tài Nguyên Sinh Vật Lân Thứ Ba 30(30):1233-38.
3. Trần Ngọc Sơn, Phạm Thị Phương, Trần Nguyễn Quỳnh Anh Trịnh Đăng Mậu, Nguyễn Thị Tường Vi Võ Văn Minh, and Đàm Minh Anh Trần Thị Dung, Nguyễn Ngọc Dung. 2021. "Thành phần phân lớp giáp xác chân chèo (Copepoda) và tương quan với các thông số môi trường trong nước ngầm Tại TP. Đà Nẵng, Việt Nam." Tạp chí Môi trường 73-77.
4. Sanoamuang. 2013. "The Groundwater-Dwelling Fauna of South East Asia." *Journal of Limnology* 72(S2):327-44.
5. Galassi, Diana. 2001. "Groundwater Copepods: Diversity Patterns over Ecological and Evolutionary Scales." *Hydrobiologia* 453/454(1997):227-53.
6. Galassi, Diana, Rony Huys, and Janet W. Reid. 2009. "Diversity, Ecology and Evolution of Groundwater Copepods." *Freshwater Biology* 54(4):691-708.
7. Mori, Natas', and Anton Brancelj Á. 2008. "Distribution and Habitat Preferences of Species within the Genus *Elaphoidella* Chappuis, 1929 (Crustacea: Copepoda: Harpacticoida) in Slovenia." 247:85-94.
8. Mugnai, R., G. Messana, and T. Di Lorenzo. 2015. "The Hyporheic Zone and Its Functions: Revision and Research Status in Neotropical Regions." *Brazilian Journal of Biology* 75(3):524-34.
9. Shannon, C. E. 1948. "A Mathematical Theory of Communication." *Bell System Technical Journal* 27(3):379-423.

10. Tian, Wang, Huayong Zhang, Jian Zhang, Lei Zhao, Mingsheng Miao, and Hai Huang. 2017. "Responses of Zooplankton Community to Environmental Factors and Phytoplankton." 49(2):493-504.
11. Tran, Ngoc-son, Mau Trinh-dang, and Anton Brancelj. 2021. "Two New Species of Parastenocaris (Copepoda , Harpacticoida) from a Hyporheic Zone and Overview of the Present Knowledge on Stygobiotic Copepoda in Vietnam †." *Diversity* 13(Table 1):1-22.

BIODIVERSITY OF COPEPODA AND THE CORRELATION WITH ENVIRONMENTAL PARAMETERS OF GROUNDWATER IN MOUNTAINOUS DISTRICTS, QUẢNG NAM PROVINCE

**Tran Ngoc Son, Pham Thi Phuong, Tran Thi Dung, Vo Van Minh
Trinh Dang Mau, Nguyen Thi Tuong Vi, Phung Khanh Chuyen**
The University of Danang - University of Science and Education

ABSTRACT

Research on biodiversity of Copepoda subclass was investigated groundwater in some mountainous districts of Quang Nam province and has identified 13 species belonging to 5 families of 2 orders Cyclopoida and Harpacticoida were identified in groundwater. Of these, 05 species were recorded as new species for Vietnam, namely *Elaphoidella nepalensis*, *Microcyclops rubellus*, *Paracyclops hirsutus*, *Microcyclops ceibaensis* and *Schizopera samchunensi*. Moreover, The results of correlation analysis using CCA model show that environmental factors such as EC, TDS, altitude, SO_4^{2-} , pH and NO_3^- have an influence on the distribution and density of Copepoda species in the research area.

Key word: *Copepoda, Biodiversity, Groundwater, Quang Nam province.*