

SEASONAL DISTRIBUTION OF FREE - LIVING NEMATODE COMMUNITIES IN BA LAI RIVER, BEN TRE PROVINCE

Pham Ngoc Hoai^{1,2}, Tran Thanh Thai³, Nguyen Thi My Yen³,
Phan Thi Thanh Huyen², Ngo Xuan Quang^{1,3*}

¹Graduate University of Science and Technology – VAST, ²Thu Dau Mot University

³Institute of Tropical Biology – VAST

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Received: 06/11/2021</p> <p>Revised: 09/3/2022</p> <p>Published: 04/4/2022</p>	<p>The seasonal variation in the distribution structure of the free-living nematode communities in Ba Lai River, Ben Tre province was investigated to evaluate their differences in the wet and dry seasons. Nematode data were processed basing on average and standard deviation. Multivariate analysis such as MDS, ANOSIM and SIMPER were done by the PRIMER v.6–PERMANOVA software. The results of the study showed that seasonal differences in the distribution structure of nematode communities. Broadly distributed nematode genera, such as <i>Daptonema</i>, <i>Theristus</i>, <i>Monhystera</i>, and <i>Terschellingia</i>, were appeared in both seasons. Seasonal factors change the environmental characteristics, thereby changing nematode communities; however, it is necessary to define specifically this environmental characteristic in the next study.</p>
<p>KEYWORDS</p> <p>Benthic invertebrate fauna</p> <p>Biodiversity</p> <p>Bioindicators</p> <p>Meiofauna</p> <p>Mekong River</p>	

BIẾN ĐỘNG THEO MÙA TRONG CẤU TRÚC PHÂN BỐ QUẦN XÃ TUYẾN TRÙNG SỐNG TỰ DO Ở SÔNG BA LAI, TỈNH BẾN TRE

Phạm Ngọc Hoài^{1,2}, Trần Thành Thái³, Nguyễn Thị Mỹ Yến³,
Phan Thị Thanh Huyền², Ngô Xuân Quảng^{1,3*}

¹Học viện Khoa học và Công nghệ - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Trường Đại học Thủ Dầu Một

³Viện Sinh học nhiệt đới - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
<p>Ngày nhận bài: 06/11/2021</p> <p>Ngày hoàn thiện: 09/3/2022</p> <p>Ngày đăng: 04/4/2022</p>	<p>Sự biến động theo mùa trong cấu trúc phân bố của quần xã tuyến trùng sống tự do ở sông Ba Lai, tỉnh Bến Tre được nghiên cứu nhằm đánh giá sự khác biệt của chúng trong mùa mưa và mùa khô. Dữ liệu của tuyến trùng được xử lý và phân tích dưới dạng giá trị trung bình và độ lệch chuẩn. Các phương pháp phân tích đa biến như MDS, ANOSIM và SIMPER được thực hiện bằng phần mềm PRIMER v.6–PERMANOVA. Kết quả nghiên cứu cho thấy sự khác biệt theo mùa trong cấu trúc phân bố quần xã tuyến trùng. Các giống tuyến trùng có phân bố rộng như <i>Daptonema</i>, <i>Theristus</i>, <i>Monhystera</i> và <i>Terschellingia</i> hiện diện ở cả hai mùa. Có thể sự khác biệt theo mùa trong tính chất môi trường đã làm thay đổi cấu trúc phân bố quần xã tuyến trùng; tuy nhiên những tính chất môi trường nào có sự biến đổi theo mùa cần phải được xác định trong nghiên cứu tiếp theo.</p>
<p>TỪ KHÓA</p> <p>Chỉ thị sinh học</p> <p>Đa dạng sinh học</p> <p>Động vật đáy cỡ trung bình</p> <p>Động vật đáy không xương sống</p> <p>Sông Mê Kông</p>	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.5235>

* Corresponding author. Email: ngoxuanq@gmail.com

1. Giới thiệu

Hệ thống sông Mê Kông có chế độ thủy văn chia làm hai mùa rõ rệt: Mùa lũ (mùa mưa) từ tháng 6 đến tháng 12 (với lưu lượng dòng chảy chiếm 70–80% tổng lưu lượng năm) và mùa cạn (mùa khô) từ tháng 1 đến tháng 5 [1]. Chính từ sự khác nhau trong đặc điểm thủy văn, tính chất môi trường lý - hóa giữa các mùa tác động rất lớn đến cấu trúc phân bố và đặc điểm quần xã thủy sinh vật như: động vật đáy không xương sống cỡ lớn [2]-[4], động vật có xương sống [5]-[7], phiêu sinh vật [8]-[10]. Tuy nhiên, nhóm động vật đáy không xương sống cỡ trung bình, vốn được xem là rất nhạy cảm và có vai trò quan trọng trong hệ sinh thái nên đáy [11]-[13], vẫn còn ít được chú ý trong các nghiên cứu về tác động của thay đổi mùa lên thủy sinh vật.

Tuyến trùng (hay còn gọi là giun tròn) là ngành sinh vật chiếm ưu thế trong nhóm động vật đáy không xương sống cỡ trung bình [13]. Quần xã tuyến trùng sống tự do (QXTT) đóng vai trò quan trọng trong sự luân chuyển dòng vật chất ở hệ sinh thái nền đáy [11]. Tuyến trùng là một mắt xích trung gian quan trọng trong lưới thức ăn thủy vực giữa nhóm sinh vật sản xuất và nhóm sinh vật tiêu thụ bậc cao hơn (động vật đáy không xương sống, có xương sống) [6]. Thực tế cho thấy, do khác biệt trong tính chất môi trường giữa các mùa đã ảnh hưởng lên cấu trúc thành phần QXTT [11]. Mật độ QXTT vùng triều ở cửa sông Hunter (Úc) có biến động rất lớn giữa các mùa trong năm [14]. Ngoài ra, kiểu dinh dưỡng của các nhóm tuyến trùng trong quần xã cũng ghi nhận có biến động theo mùa do thay đổi trong nguồn thức ăn tự nhiên [14]. Alongi (1987) ghi nhận mật độ QXTT không khác biệt giữa năm cửa sông ở Úc nhưng có sự khác biệt theo mùa (mùa hè cao hơn mùa đông) [15]. Một nghiên cứu khác của Hodda và Nicholas (1990) cho rằng, tỷ lệ giới tính và kích thước tuyến trùng rất khác nhau giữa các mùa [16]. Ngoài ra, Li và Vincx (1993) nghiên cứu QXTT cửa sông Westerschelde (Hà Lan) từ 1983-1989 cho thấy không có sự thay đổi ý nghĩa trong cấu trúc quần xã theo mùa; tuy nhiên sự biến động trong độ mặn, do ảnh hưởng từ lượng nước ngọt cung cấp từ thượng nguồn, mới là nhân tố chính chi phối QXTT [17]. Tác giả Ngô Xuân Quảng và cộng sự (2013) nghiên cứu QXTT tại tám cửa sông Mê Kông cho thấy không có sự khác biệt rõ ràng trong cấu trúc phân bố quần xã giữa mùa khô và mùa mưa. Tác giả còn đề xuất cần có những nghiên cứu trong tương lai để làm rõ mối quan hệ giữa yếu tố mùa và QXTT [18]. Đây cũng là một trong những nghiên cứu đầu tiên bước đầu ghi nhận tương tác giữa yếu tố mùa và tuyến trùng; tuy nhiên, nghiên cứu này được thực hiện tại vùng cửa sông, thông tin về ảnh hưởng của yếu tố mùa lên QXTT vùng nước ngọt vẫn còn chưa được nghiên cứu đầy đủ.

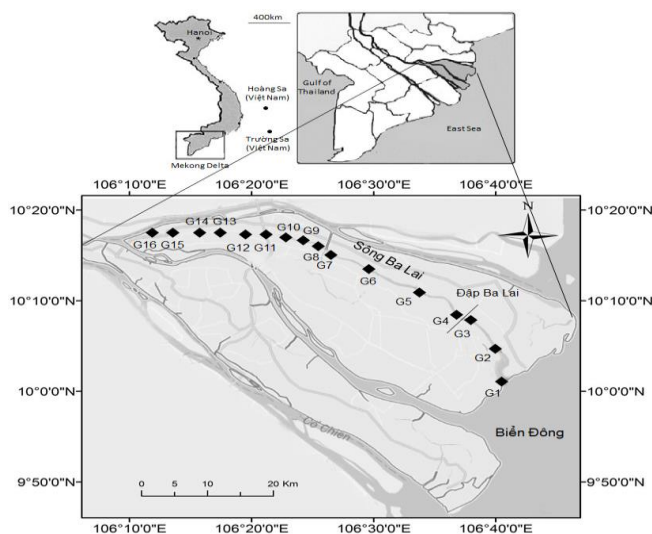
Các đánh giá về ảnh hưởng của yếu tố mùa lên QXTT còn chưa thực sự rõ ràng, nguyên nhân do tính chất môi trường và cấu trúc QXTT ở từng khu vực nghiên cứu là rất khác biệt. Từ đây, nghiên cứu này được tiến hành với mục tiêu đánh giá sự biến động trong cấu trúc phân bố QXTT ở sông Ba Lai thuộc hệ thống sông Mê Kông, tỉnh Bến Tre. Cùng với nghiên cứu của Ngô Xuân Quảng và cộng sự (2013) [18], thông tin từ nghiên cứu này cung cấp thêm dữ liệu khoa học về tương tác giữa yếu tố mùa và QXTT ở hệ sinh thái ngọt - lợ.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu và bố trí thu mẫu

Sông Ba Lai có chiều dài 55 km chảy từ xã Tân Lợi (huyện Châu Thành) ra đến biển. Từ xã Tân Lợi đến xã Thành Triệu dòng sông cạn và hẹp, từ kênh An Hóa đi về phía biển, lòng sông được mở rộng từ 200-300 m, độ sâu từ 3-5 m [19]. Năm 2002, cống đập Ba Lai được khánh thành nhằm mục đích bảo vệ vùng đất phân trung và thượng nguồn không bị mặn hóa do triều cường. Lưu lượng của sông vào mùa khô khoảng 50-60 m³/s, mùa mưa khoảng 250-300 m³/s [20].

Quần xã tuyến trùng được thu thập trong tháng 10/2019 (mùa mưa), tháng 03/2020 (mùa khô) theo trình tự từ ngoài cửa sông đến thượng nguồn tại 16 vị trí (ký hiệu từ G1 đến G16), vị trí G1 đến G3 nằm về hạ nguồn đập Ba Lai, G4 đến G16 nằm về thượng nguồn sông (Hình 1). Ở mỗi vị trí, thu ba mẫu lặp lại ở vùng triều.



Hình 1. Bản đồ vị trí thu mẫu tuyến trùng trên sông Ba Lai, tỉnh Bến Tre

2.2. Thu và xử lý mẫu tuyến trùng

Dùng ống core cắm sâu xuống nền đáy khoảng 15 cm và thu toàn bộ mẫu trầm tích lớp mặt ở độ sâu 10 cm. Sau đó mẫu trầm tích được cố định bằng dung dịch formaldehyde 7%, nóng ở nhiệt độ 60°C ngoài hiện trường và chuyển về phòng thí nghiệm của Phòng Công nghệ và Quản lý môi trường, Viện Sinh học nhiệt đới để tiến hành xử lý và phân tích.

Gạn lọc lấy phần trầm tích từ 38 μm –1 mm bằng rây, sau đó tách lấy mẫu tuyến trùng bằng phương pháp sử dụng dung dịch Ludox–TM50 (tỉ trọng 1,18) [21]. Nhuộm mẫu với dung dịch Rose Bengal 1% rồi dùng kính lúp soi nổi SZ–COUS PM 01 để xác định mật độ. Gấp ngẫu nhiên 100 cá thể tuyến trùng (mẫu nào dưới 100 thì gấp toàn bộ) xử lý lên tiêu bản theo phương pháp của De Grisse (1969) [22]. Định danh đến cấp độ giống (genus) theo các khóa phân loại của Platt và Warwick (1983, 1988) [23], [24], Warwick và cộng sự (1988) [25], định danh các giống tuyến trùng nước ngọt [26], [27]. Ngoài ra, tham khảo thêm cơ sở dữ liệu tuyến trùng trực tuyến NEMYS [28].

2.3. Xử lý số liệu

Đặc điểm của QXTT về mật độ được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel 2019, số liệu được thể hiện dưới dạng giá trị trung bình \pm độ lệch chuẩn. Các chỉ số như độ phong phú về giống số loài (S), chỉ số đa dạng Shannon–Wiener ($H' \log_2$), Margalef (d) và chỉ số đồng đều Pielou's (J') được sử dụng để đánh giá mức độ đa dạng sinh học quần xã.

Số liệu về mật độ, đa dạng sinh học của QXTT được kiểm định phân phối chuẩn bằng kiểm tra Shapiro–Wilk, và phương sai đồng nhất bằng kiểm tra Levene. Nếu số liệu thỏa mãn yêu cầu về phân phối chuẩn và phương sai đồng nhất thì phân tích ANOVA một yếu tố được sử dụng để kiểm tra sự khác biệt thống kê các đặc điểm của QXTT (mật độ, đa dạng sinh học) giữa hai mùa. Nếu không thỏa mãn thì phân tích phi tham số Kruskal–Wallis được dùng để thay thế. Dữ liệu được chuyển về dạng phù hợp trước khi phân tích bằng XLSTAT 2019.

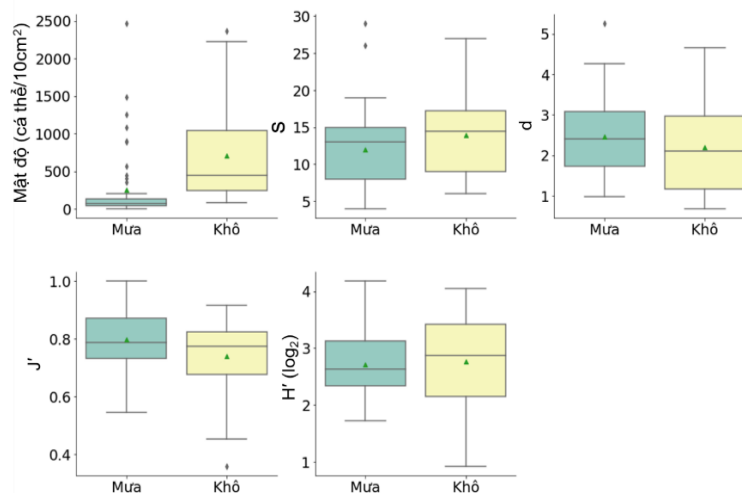
Cấu trúc phân bố QXTT được phân tích bằng phần mềm PRIMER v.6–PERMANOVA. Trước khi thực hiện các phép phân tích đa biến, số liệu được chuyển về dạng $\log(x+1)$, sau đó chuyển thành ma trận dựa trên chỉ số tương đồng Bray–Curtis. Phân tích MDS (Non–metric Multi Dimensional Scaling analysis) được áp dụng để đánh giá cấu trúc phân bố QXTT theo mùa. Dùng one–way ANOSIM (ANalysis Of SIMilarity) để kiểm tra khác biệt ý nghĩa cấu trúc quần xã giữa mùa khô và mùa mưa. Phân tích SIMPER (SIMilarity PERcentages) được áp dụng để tìm ra các giống ưu thế chi phối đến sự tương đồng (hoặc không tương đồng) giữa hai mùa.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Biến động theo mùa của mật độ và đa dạng sinh học

Cấu trúc thành phần quần xã tuyến trùng sông Ba Lai vào mùa mưa 2019 bao gồm 97 giống thuộc 47 họ, 11 bộ (Araeolaimida, Chromadorida, Desmodorida, Desmoscolecida, Dorylaimida, Enoplida, Mononchida, Monhysterida, Plectida, Rhabditida, Triplonchida), 2 lớp (Chromadorea và Enoplia). Mùa khô 2020, QXTT gồm 91 giống thuộc 43 họ, 10 bộ (Araeolaimida, Chromadorida, Desmodorida, Dorylaimida, Enoplida, Mononchida, Monhysterida, Plectida, Rhabditida, Triplonchida), 2 lớp (Chromadorea và Enoplia) [29]. Nhìn chung, không có sự biến động lớn trong số lượng giống, họ, bộ và lớp của QXTT theo mùa.

Mật độ quần xã (cá thể/10 cm²) mùa mưa khoảng $256,54 \pm 473,18$ thấp hơn đáng kể khi so với mật độ mùa khô, ước khoảng $709,75 \pm 612,58$. Chỉ số phong phú về giống (S) không có khác biệt đáng kể giữa mùa mưa ($12,04 \pm 5,27$) và mùa khô ($13,92 \pm 5,43$). Các chỉ số đa dạng d, J' và H' mùa mưa lần lượt là $2,47 \pm 0,96$; $0,80 \pm 0,10$; $2,72 \pm 0,57$, không quá khác biệt với mùa khô với $2,20 \pm 1,10$; $0,74 \pm 0,13$; $2,77 \pm 0,79$ tương ứng. Nhìn chung, chỉ có mật độ là có sự khác biệt rõ rệt giữa hai mùa, ngược lại không có sự biến động lớn theo mùa về đa dạng sinh học (Hình 2). Kết quả phân tích thống kê cho thấy chỉ có mật độ quần xã là có khác biệt ý nghĩa theo mùa, trong khi các chỉ số đa dạng không ghi nhận sự khác biệt ý nghĩa thống kê (Bảng 1).



Hình 2. Mật độ và đa dạng sinh học theo mùa của quần xã tuyến trùng sông Ba Lai

Bảng 1. Phân tích thống kê đặc điểm quần xã tuyến trùng theo mùa

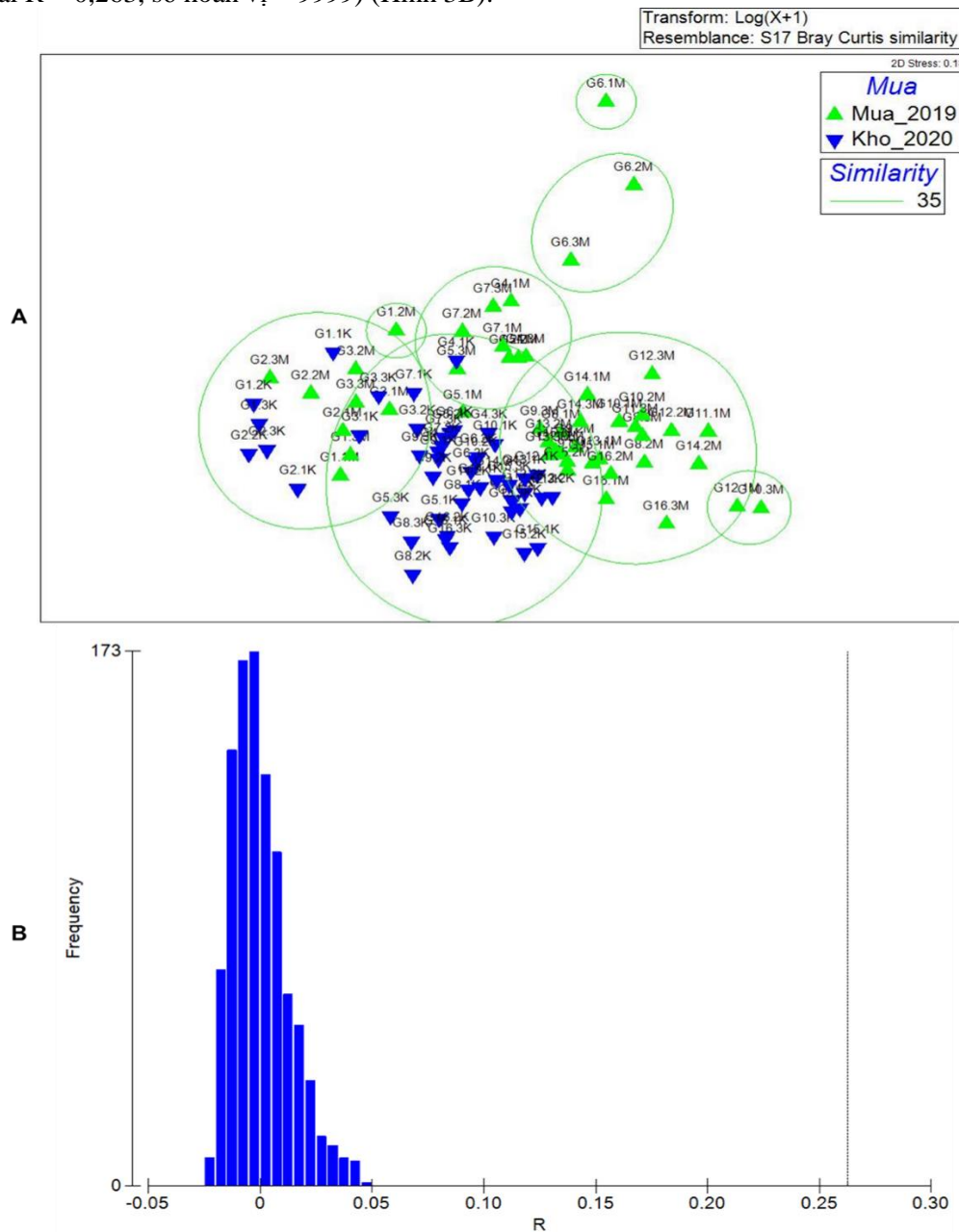
Đặc điểm	n	p-ShW	p-L	Kiểu test	p-value
Mật độ	96	0,07	0,14	ANO	< 0,0001
S	96	0,004	0,80	KrW	0,06
d	96	0,07	0,04	KrW	0,17
J'	96	< 0,0001	0,27	KrW	0,051
H' (log ₂)	96	0,03	0,02	KrW	0,50

p-ShW: Giá trị p của kiểm tra Shapiro-Wilk, p-L: Giá trị p của kiểm tra Levene, ANO: ANOVA, KrW: Kruskal-Wallis

3.2. Biến động theo mùa trong cấu trúc phân bố

Nhìn chung, kết quả mô phỏng MDS cho thấy cấu trúc phân bố QXTT tại tám vị trí có sự phân biệt khá rõ theo mùa. Ở mức độ tương đồng 35%, cấu trúc phân bố quần xã tách thành quần xã mùa khô và mùa mưa. Tuy nhiên, các vị trí hạ nguồn đập Ba Lai vẫn chưa thấy có sự khác biệt rõ rệt theo mùa (Hình 3A). Ngoài ra, kết quả phân tích ANOSIM cho thấy có sự khác biệt ý nghĩa

trong cấu trúc QXTT sông Ba Lai giữa hai mùa ở mức khác biệt (significance level) 0,1% (Global R = 0,263, số hoán vị = 9999) (Hình 3B).



Hình 3. (A) MDS cấu trúc phân bố quần xã tuyến trùng tại tám vị trí trong hai mùa, (B) Kiểm tra khác biệt thống kê quần xã tuyến trùng giữa hai mùa bằng phân tích ANOSIM

Vào mùa mưa 2019, phân tích SIMPER cho thấy mức độ tương đồng trung bình quần xã khá thấp (20,61%). Các giống *Theristus*, *Monhystera*, *Dorylaimus* và *Terschellingia* là những giống có vai trò chính trong sự tương đồng trong mùa mưa với mức đóng góp lần lượt là 26,55%, 21,03%, 15,57% và 14,01%. Mùa khô 2020, mức độ tương đồng trung bình vẫn khá thấp, đạt 23,60%. Giống *Daptonema* và *Theristus* tiếp tục đóng vai trò quan trọng trong sự tương đồng ở mùa khô (đóng góp 29,83%, 16,94%, tương ứng), sau đó là các giống *Monhystera* (13,70%) và *Terschellingia* (10,00%) (Bảng 2).

Bảng 2. Phân tích SIMPER mức tương đồng trung bình trong từng mùa và giống tuyến trùng ảnh hưởng đến sự tương đồng (Dừng ở mức độ tích lũy < 90%)

Mùa mưa 2019: Tương đồng trung bình 20,61%					
Giống	Mật độ trung bình (cá thể/10 cm²)	Tương đồng trung bình	Đóng góp (%)	Tích lũy (%)	
<i>Theristus</i>	66,25	5,47	26,55	26,55	
<i>Monhystera</i>	14,47	4,33	21,03	47,58	
<i>Dorylaimus</i>	5,65	3,21	15,57	63,15	
<i>Terschellingia</i>	35,94	2,89	14,01	77,16	
<i>Daptonema</i>	11,63	1,37	6,64	83,80	
<i>Parodontophora</i>	24,01	0,80	3,86	87,66	
<i>Rhabdolaimus</i>	2,01	0,37	1,81	89,48	
<i>Paracomesoma</i>	34,45	0,3	1,44	90,92	
Mùa khô 2020: Tương đồng trung bình 23,60%					
Giống	Mật độ trung bình (cá thể/10 cm²)	Tương đồng trung bình	Đóng góp (%)	Tích lũy (%)	
<i>Daptonema</i>	178,86	7,04	29,83	29,83	
<i>Theristus</i>	85,98	4,00	16,94	46,76	
<i>Monhystera</i>	77,21	3,23	13,70	60,46	
<i>Terschellingia</i>	46,70	2,36	10,00	70,46	
<i>Sphaerotheristus</i>	16,66	1,54	6,53	76,99	
<i>Dichromadora</i>	54,62	1,07	4,52	81,51	
<i>Parodontophora</i>	28,07	1,03	4,35	85,85	
<i>Rhabdolaimus</i>	9,59	0,80	3,37	89,22	
<i>Monhystrella</i>	5,63	0,55	2,31	91,53	

Phân tích SIMPER tiếp tục được áp dụng để xác định mức khác biệt trong quần xã giữa hai mùa và các giống có vai trò quan trọng trong sự khác biệt đó. Nhìn chung, giữa hai mùa có sự khác biệt rất lớn trong cấu trúc QXTT (mức khác biệt trung bình là 81,16%). Ba giống *Daptonema*, *Theristus* và *Monhystera* là những giống có vai trò chính trong sự khác biệt giữa mùa mưa và mùa khô (đóng góp 19,36%, 12,41% và 11,13%, tương ứng). Ngoài ra, các giống như *Terschellingia*, *Dichromadora*, *Parodontophora*, *Paracomesoma*, *Sphaerotheristus*, *Rhabdolaimus* và *Hopperia* cũng có vai trò quan trọng trong sự khác biệt giữa hai mùa (Bảng 3).

Bảng 3. Phân tích SIMPER mức khác biệt trung bình giữa hai mùa và giống tuyến trùng ảnh hưởng đến sự khác biệt (Dừng ở mức độ tích lũy < 90%)

Mùa mưa 2019 - Mùa khô 2020: Khác biệt trung bình 81,16%					
Giống	Mùa mưa 2019	Mùa khô 2020	Khác biệt trung bình	Đóng góp (%)	Tích lũy (%)
	Mật độ TB (cá thể/10 cm²)	Mật độ TB (cá thể/10 cm²)			
<i>Daptonema</i>	11,63	178,86	16,68	19,36	19,36
<i>Theristus</i>	66,25	85,98	10,69	12,41	31,77
<i>Monhystera</i>	14,47	77,21	9,59	11,13	42,90
<i>Terschellingia</i>	35,94	46,7	6,66	7,74	50,64
<i>Dichromadora</i>	3,48	54,62	4,34	5,04	55,67
<i>Parodontophora</i>	24,01	28,07	4,10	4,76	60,43
<i>Paracomesoma</i>	34,45	10,75	2,97	3,45	63,88
<i>Sphaerotheristus</i>	1,60	16,66	2,91	3,38	67,26
<i>Rhabdolaimus</i>	2,01	9,59	2,52	2,92	70,18
<i>Hopperia</i>	1,62	34,37	1,87	2,17	72,35
<i>Dorylaimidae</i>	5,65	9,81	1,63	1,90	74,25
<i>Monhystrella</i>	0,19	5,63	1,63	1,90	76,14
<i>Desmodora</i>	1,94	6,22	1,43	1,66	77,81
<i>Diplolaimelloides</i>	1,05	18,23	1,27	1,48	79,28
<i>Diplolaimella</i>	0,00	17,69	1,04	1,20	80,49
<i>Spilophorella</i>	7,05	7,08	0,93	1,08	81,57

Mùa mưa 2019 - Mùa khô 2020: Khác biệt trung bình 81,16%					
Giống	Mùa mưa 2019	Mùa khô 2020	Khác biệt trung bình	Đóng góp (%)	Tích lũy (%)
	Mật độ TB (cá thể/10 cm ²)	Mật độ TB (cá thể/10 cm ²)			
<i>Halalaimus</i>	4,51	4,75	0,86	1,00	82,58
<i>aliplectus</i>	0,58	11,89	0,81	0,94	83,52
<i>Mononchulus</i>	0,38	3,79	0,77	0,90	84,42
<i>Mylonchulus</i>	0,42	3,33	0,70	0,82	85,23
<i>Pseudolella</i>	1,77	8,94	0,69	0,81	86,04
<i>Neotobrilus</i>	0,53	4,40	0,64	0,74	86,78
<i>Tobrilus</i>	0,00	1,79	0,52	0,60	87,38
<i>Sabatieria</i>	2,41	5,20	0,52	0,60	87,98
<i>Eumonyhystera</i>	1,89	1,54	0,50	0,58	88,56
<i>Trissonchulus</i>	4,96	2,88	0,49	0,57	89,13
<i>Onyx</i>	0,00	5,18	0,40	0,46	89,59
<i>Paraplectonema</i>	0,32	1,43	0,40	0,46	90,05

Đánh giá biến động của QXTT theo mùa vẫn còn một số tranh luận. Nhiều tác giả ghi nhận yếu tố mùa tác động lên mật độ, kiểu dinh dưỡng của QXTT [11], [30], [31]. Ngược lại, Hodda (1990), nghiên cứu ở vùng cửa sông ôn đới tại Úc, tác giả cho rằng QXTT thay đổi theo vị trí khảo sát, ít thay đổi theo mùa trong năm [16]. Những nghiên cứu cho rằng yếu tố mùa không ảnh hưởng đến QXTT, có thể xuất phát từ tính bền vững, ít thay đổi trong tính chất môi trường ở khu vực nghiên cứu [32]. Tuy nhiên, chế độ thủy văn sông Ba Lai nói riêng và cả hệ thống sông Mê Kông nói chung, là rất phức tạp và biến động theo mùa. Giữa các mùa có sự khác nhau rất lớn điều kiện lý hóa dòng sông, dẫn đến biến động trong đặc điểm quần xã thủy sinh vật, trong đó có tuyến trùng. Tác giả Phạm Ngọc Hoài và cộng sự (2021), đã chứng minh rằng các đặc tính chỉ thị của tuyến trùng sông Ba Lai về tỷ lệ các nhóm sinh thái, chỉ số sinh trưởng có sự thay đổi theo mùa. Nhìn chung, trong nghiên cứu này ghi nhận cấu trúc phân bố và mật độ QXTT sông Ba Lai khác biệt theo mùa, ngược lại chưa ghi nhận thay đổi theo mùa trong mức độ đa dạng sinh học. Thời gian thực hiện nghiên cứu còn ngắn, đặc điểm QXTT ở mùa khô và mùa mưa chưa có đánh giá lặp lại, cho nên tính bền vững theo mùa trong mức độ đa dạng sinh học của QXTT sông Ba Lai cần phải tiếp tục đánh giá trong nghiên cứu tiếp theo.

Cũng đánh giá sự thay đổi theo mùa trong cấu trúc phân bố QXTT, tác giả Ngô Xuân Quảng và cộng sự (2013) cho rằng, QXTT cửa sông Mê Kông biến động theo vị trí khảo sát, ít thay đổi theo mùa trong năm [13]. Trong khi, kết quả nghiên cứu lại ghi nhận cấu trúc phân bố QXTT sông Ba Lai lại biến động theo mùa. Sự khác nhau này có thể được lý giải do khác nhau trong không gian nghiên cứu, nghiên cứu của Ngô Xuân Quảng và cộng sự (2013) theo không gian “cửa sông - cửa sông”, nghiên cứu này theo không gian “thượng nguồn-hạ nguồn”. Do khác nhau trong không gian nghiên cứu nên điều kiện lý hóa môi trường cũng sẽ khác nhau. Thật vậy, thành phần trầm tích được xem là yếu tố chính ảnh hưởng đến đặc điểm QXTT cửa sông Mê Kông [18]; tuy nhiên, độ mặn được xem là yếu tố chủ chốt tác động đến QXTT theo trục dọc sông Ba Lai [33].

Do nghiên cứu chưa cung cấp thông tin về đặc điểm môi trường sông Ba Lai ở hai mùa nên cơ chế ảnh hưởng của yếu tố mùa lên QXTT vẫn còn chưa được làm rõ. Nghiên cứu tiếp theo cần thu thập, đánh giá thêm điều kiện môi trường ở từng mùa, xem xét yếu tố mùa đã thay đổi điều kiện môi trường ra sao. Từ đây, đánh giá mối tương quan giữa QXTT và đặc điểm môi trường, như vậy cơ chế tác động của yếu tố mùa lên QXTT sẽ được làm rõ.

4. Kết luận

Thông qua phân tích đa biến của quần xã tuyến trùng sông tự do cho thấy cấu trúc phân bố và mật độ quần xã tuyến trùng sông Ba Lai chịu ảnh hưởng khá rõ từ yếu tố mùa nhưng chưa ghi

nhận trong trường hợp của các chỉ số đa dạng sinh học. Do không có thông tin về các yếu tố môi trường chi phối lên quần xã tuyến trùng nên việc lý giải cụ thể tại sao yếu tố mùa tác động lên quần xã tuyến trùng vẫn còn chưa được giải đáp. Nghiên cứu trong tương lai cần làm rõ mối liên hệ từ thay đổi mùa dẫn đến thay đổi tính chất môi trường, từ đó tác động lên quần xã tuyến trùng. Ngoài ra, nghiên cứu tiếp theo cần thời gian đánh giá lâu hơn, để mỗi mùa có lần lặp lại, như vậy mới đảm bảo ghi nhận đúng quy luật mùa tác động lên quần xã tuyến trùng nói riêng và thủy sinh vật nói chung.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 106.06–2019.51. Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn những đóng góp và chỉnh sửa của Ban biên tập và Quý phản biện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] Mekong River Commission, *Overview of the Hydrology of the Mekong Basin*, Vientiane, p. 73, November 2005.
- [2] C. Leigh, "Dry-season changes in macroinvertebrate assemblages of highly seasonal rivers: responses to low flow, no flow and antecedent hydrology," *Hydrobiologia*, vol. 703, no. 1, pp. 95-112, 2013.
- [3] S. Chi, S. Li, S. Chen, M. Chen, J. Zheng, and J. Hu, "Temporal variations in macroinvertebrate communities from the tributaries in the Three Gorges Reservoir Catchment, China," *Revista chilena de historia natural*, vol. 90, pp. 1-11, 2017.
- [4] L. M. Mesa, "Interannual and seasonal variability of macroinvertebrates in monsoonal climate streams," *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 55, no. 3, pp. 403-410, 2012.
- [5] P. B. Ngor, T. Oberdorff, C. Phen, C. Baehr, G. Grenouillet, and S. Lek, "Fish assemblage responses to flow seasonality and predictability in a tropical flood pulse system," *Ecosphere*, vol. 9, no. 11, p. e02366, 2018.
- [6] C. Ou and K. O. Winemiller, "Seasonal hydrology shifts production sources supporting fishes in rivers of the Lower Mekong Basin," *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 73, no. 9, pp. 1342-1362, 2016.
- [7] T. K. P. Chea, M. Chevalier, P. Ngor, N. So, K. O. Winemiller, S. Lek, and G. Grenouillet, "Impact of seasonal hydrological variation on tropical fish assemblages: abrupt shift following an extreme flood event," *Ecosphere*, vol. 11, no. 12, 2020, Art. no. e03303.
- [8] A. Ohtaka, R. Watanabe, S. Im, R. Chhay, and S. Tsukawaki, "Spatial and seasonal changes of net plankton and zoobenthos in Lake Tonle Sap, Cambodia," *Limnology*, vol. 11, no. 1, pp. 85-94, 2010.
- [9] Y. Shi, J. Wang, T. Zuo, X. Shan, X. Jin, J. Sun, W. Yuan, and E. A. Pakhomov, "Seasonal Changes in Zooplankton Community Structure and Distribution Pattern in the Yellow Sea, China," *Frontiers in Marine Science*, vol. 7, pp. 1-14, June 2020.
- [10] M. M. El-Sheekh, A. M. Haroon, and S. Sabae, "Seasonal and spatial variation of aquatic macrophytes and phytoplankton community at El-Quanater El-Khayria River Nile, Egypt," *Beni Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 7, no. 3, pp. 344-352, 2018.
- [11] C. Heip, M. Vincx, and G. Vranken, "The ecology of marine nematodes," *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, vol. 23, pp. 399-489, 1985.
- [12] T. Bongers, R. Alkemade, and G. W. Yeates, "Interpretation of disturbance-induced maturity decrease in marine nematode assemblages by means of the maturity index," *Marine Ecology Progress Series*, vol. 76, pp. 135-142, 1991.
- [13] X. Q. Ngo, N. C. Nguyen, and A. Vanreusel, "How variable are nematode communities responding to seasonal factor?," *Vietnam Journal of Science and Technology*, vol. 51, no. 4, pp. 615-626, 2013.
- [14] M. Hodda and W. L. Nicholas, "Nematode diversity and industrial pollution in the Hunter River Estuary, NSW, Australia," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 17, pp. 251-255, 1986.
- [15] D. M. Alongi, "Intertidal zonation and seasonality of meiobenthos in tropical mangrove estuaries," *Marine Biology*, vol. 95, pp. 447-458, 1987.
- [16] M. Hodda and W. L. Nicholas, "Production of meiofauna in an Australian estuary," *Wetland*, vol. 9, pp. 41-48, 1990.

- [17] J. Li and M. Vincx, "The temporal variation of intertidal nematodes in the Westerschelde I. the importance of estuarine gradient," *Netherland Journal of Aquatic Ecology*, vol. 27, pp. 319-326, 1993.
- [18] X. Q. Ngo, N. C. Nguyen, N. Smol, L. Prozorova, and A. Vanreusel, "Intertidal nematode communities in the Mekong estuaries of Vietnam and their potential fo biomonitoring," *Environmental monitoring and assessment*, vol. 188, no. 2, p. 91, 2016.
- [19] P. Thach and T. Doan, *Monography of Ben Tre (In Vietnamese)*. Science and Society Publisher, 2001, p. 1421.
- [20] T. A. Le, D. V. Le, and S. Tristan, "Rapid integrated & ecosystem-based assessment of climate change vulnerability & adaptation for Ben Tre province, Vietnam," *Journal of Science and Technology*, vol. 52, pp. 287-293, 2014.
- [21] M. Vincx, *Meiofauna in marine and freshwater sediments*. In: Hall, G.S. *Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soils and Sediments*, CAB International in association with United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization and the International Union of Biological Sciences: Wallingford, UK, pp. 187-195, 1996.
- [22] A. T. De Grisse, "Redescription ou modification de quelques techniques utilisée dans l'étude des nematodes phytoparasitaires," *Mededelingen Rijksfaculteti Der Landbouveten Gent*, vol. 34, pp. 351-369, 1969.
- [23] H. M. Platt and R. M. Warwick, *Free-living Marine Nematodes (Part I: British Enoplids)*. The Linnean Society of London and the Estuarine & Coastal Sciences Association: London, UK, 1983.
- [24] H. M. Platt and R. M. Warwick, *Free-living Marine Nematodes (Part II. British Chromadorids)*. The Linnean Society & The Estuarine & Brackish-Water Sciences Association: London, UK, 1988.
- [25] R. M. Warwick, H. M. Platt, and P. J. Somerfield, *Free living marine nematodes (Part III. Monhysterids)*. The Linnean Society of London and the Estuarine and Coastal Sciences Association, London, 1988.
- [26] A. Zullini, *The Identification manual for freshwater nematode genera, Lecture book, MSc*, Nematology Ghent University: Ghent, Belgium, 2010, p. 112.
- [27] V. T. Nguyen, *Fauna of Vietnam: Free-living nematodes orders Monhysterida, Araeolaimida, Chromadorida, Rhabditida, Enoplida, Mononchida and Dorylaimida (in Vietnamese)*, Science Technology Publisher, Hanoi, 2007.
- [28] T. N. Bezerra, U. Eisendle, M. Hodda, O. Holovachov, D. Leduc, V. Mokievsky, R. Peña Santiago, J. Sharma, N. Smol, A. Tchesunov, V. Venekey, Z. Zhao, and A. Vanreusel, "Nemys: World Database of Nematodes," 2021. [Online]. Available: <http://nemys.ugent.be>. [Accessed Apr. 21, 2021].
- [29] N. H. Pham, T. T. Tran, T. M. Y. Nguyen, T. H. Y. Nguyen, T. T. H. Phan, and X. Q. Ngo, "Influence of seasonal factors on ecological health assessment of sediment habitat in the Ba Lai river using free living nematodes," (in Vietnamese), *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 226, no. 10: Agriculture - Forestry - Medicine & Pharmacy, pp. 170-177, 2021.
- [30] J. H. Tietjen, "The ecology of shallow water meiofauna in two New England estuaries," *Oecologia*, vol. 2, pp. 251-291, 1969.
- [31] R. Fisher, "Spatial and temporal variations in nematode assemblages in tropical seagrass sediments," *Hydrobiologia*, vol. 493, pp. 43-63, 2003.
- [32] E. F. Almeida, R. B. Oliveira, R. Mugnai, J. L. Nessimian, and D. F. Baptista, "Effects of small dams on the benthic community of streams in an Atlantic forest area of Southeastern Brazil," *International Review of Hydrobiology*, vol. 94, no. 2, pp. 179-193, 2009.
- [33] T. T. Tran, Q. L. N. Le, H. D. Le, T. M. Y. Nguyen, and Q. X. Ngo, "Intertidal meiofaunal communities in relation to salinity gradients in the Ba Lai river, Vietnam," *Journal of Vietnamese Environment*, vol. 10, no. 2, pp. 138-150, 2018.