

INFLUENCE OF SEASONAL FACTORS ON ECOLOGICAL HEALTH ASSESSMENT OF SEDIMENT HABITAT IN THE BA LAI RIVER USING FREE LIVING NEMATODES

Pham Ngoc Hoai^{1,2}, Tran Thanh Thai³, Nguyen Thi My Yen³, Nguyen Thi Hai Yen⁴, 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, ⁴TNU - University of Sciences

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Received: 18/5/2021</p> <p>Revised: 30/6/2021</p> <p>Published: 02/7/2021</p>	<p>Seasonal factors are considered influencing the ecological research of nematode communities when applied to ecological health assessment. This study was carried out with the aim of applying free-living nematodes in the ecological health assessment of the Ba Lai River, Ben Tre Province in the rainy season in 2019 and the dry season in 2020. In total of 97 genera, 47 families of 11 orders in the rainy season and 91 genera, 43 families of 10 orders in the dry season, all of them belong to 2 classes Chromadorea and Enoplia were recorded. Evaluating the ecological health based on the cp value and the Maturity Index of nematode communities. The results showed that most of the survey stations had a signal of disturbance. The ecological health of the Ba Lai River was different and varied by season. Therefore, seasonal factors are recommended to consider to use since applying free living nematodes for assessment of ecological health in the Ba Lai river.</p>
<p>KEYWORDS</p> <p>Bioindicators Cp (colonizer persister) Mekong River MI (Maturity Index) Seasonal factors</p>	

ẢNH HƯỞNG CỦA YẾU TỐ MÙA TỚI SỰ ĐÁNH GIÁ SỨC KHỎE SINH THÁI NỀN ĐÁY SÔNG BA LAI THÔNG QUA QUẦN XÃ TUYẾN TRÙNG SỐNG TỰ DO

Phạm Ngọc Hoài^{1,2}, Trần Thành Thái³, Nguyễn Thị Mỹ Yên³, Nguyễn Thị Hải Yên⁴, Phan Thị Thanh Huyền², Ngô Xuân Quang^{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,

⁴Trường Đại học Khoa học - ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
<p>Ngày nhận bài: 18/5/2021</p> <p>Ngày hoàn thiện: 30/6/2021</p> <p>Ngày đăng: 02/7/2021</p>	<p>Yếu tố mùa thường được nghiên cứu nhằm làm rõ sự ảnh hưởng của chúng đối với quần xã tuyến trùng sống tự do khi áp dụng vào đánh giá nhanh sức khỏe sinh thái. Nghiên cứu được thực hiện tại sông Ba Lai, tỉnh Bến Tre trong mùa mưa năm 2019 và mùa khô năm 2020. Kết quả nghiên cứu thu được trong mùa mưa là 97 giống, 47 họ thuộc 11 bộ và trong mùa khô là 91 giống nhưng thuộc 43 họ, 10 bộ thuộc cùng 2 lớp (Chromadorea và Enoplia). Áp dụng giá trị cp và chỉ số sinh trưởng MI của quần xã tuyến trùng sống tự do để đánh giá nhanh cho thấy, sức khỏe sinh thái nền đáy sông Ba Lai ở mức xáo trộn tại hầu hết các vị trí khảo sát, các vị trí ngay chân đập Ba Lai luôn duy trì sức khỏe sinh thái xáo trộn qua hai mùa khảo sát. Các chỉ số và giá trị MI của quần xã tuyến trùng trên sông Ba Lai cho thấy yếu tố mùa đã chi phối tính khác biệt trong kết quả đánh giá. Do đó, yếu tố mùa cần được cân nhắc cẩn trọng và áp dụng vào nghiên cứu chi tiết hơn khi dùng tuyến trùng làm sinh vật chỉ thị.</p>
<p>TỪ KHÓA</p> <p>Chỉ thị sinh học Cp (colonizer persister) Sông Mê Kông Chỉ số MI Yếu tố mùa</p>	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.4516>

* Corresponding author. Email: ngoxuanq@gmail.com

1. Giới thiệu

Do ảnh hưởng chính từ yếu tố khí hậu, chế độ thủy văn hàng năm của sông Mê Kông chia thành hai mùa rõ rệt: Mùa lũ (mùa mưa) từ tháng 6 đến tháng 12 với lượng dòng chảy chiếm 70 - 80% tổng lượng dòng chảy năm và mùa khô từ tháng 1 đến tháng 5, các tháng 3 và 4 có dòng chảy cạn nhất [1]. Nhìn chung, do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và các công trình đập (nhất là đập thủy điện), chế độ thủy văn của sông Mê Kông thay đổi rất phức tạp [2]. Sự khác nhau trong đặc điểm lý - hóa của môi trường giữa các mùa tác động rất lớn đến cấu trúc phân bố và đặc điểm quần xã các nhóm thủy sinh vật như: động vật đáy không xương sống cỡ lớn [3], cá [4], động vật phù du [5], thực vật phù du và thủy sinh vật khác [6].

Trong số các nhóm thủy sinh vật, tuyến trùng được chứng minh là rất nhạy cảm với sự thay đổi của điều kiện môi trường. Chúng được nghiên cứu khá nhiều trong đánh giá sức khỏe sinh thái cũng như tác động của môi trường [7], [8]. Ở các nước có điều kiện khí hậu ôn đới đã có một số nghiên cứu liên quan đến yếu tố mùa. Heip et al. (1985) [9] cho rằng, cấu trúc thành phần quần xã tuyến trùng (QXTT) rất khác nhau giữa các mùa, nguyên nhân là do khác biệt trong tính chất môi trường. Khi nghiên cứu QXTT vùng triều ở cửa sông Hunter (Úc), Hodda và Nicholas (1986) [10] ghi nhận biến động rất lớn trong mật độ giữa các mùa, đặc biệt là cấu trúc dinh dưỡng trong quần xã, nguyên nhân có thể do thay đổi trong nguồn thức ăn cho tuyến trùng. Alongi (1987) [11] 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). Một nghiên cứu khác của Hodda và Nicholas (1990) [12] cho rằng, tỷ lệ giới tính và kích thước tuyến trùng rất khác nhau giữa các mùa.

Ở Việt Nam, các nghiên cứu QXTT theo mùa chưa nhiều. Ngô Xuân Quảng và cs. (2013a) [13] và Ngô Xuân Quảng và cs. (2013b) [14] đã nghiên cứu QXTT tại 8 trạm vùng cửa biển của sông Mê Kông cho thấy sự khác biệt trong thành phần và các nhóm ưu thế theo mùa trong quần xã tuyến trùng tại mỗi điểm là khá lớn [13]. Đặc biệt, cũng tại các vị trí cửa biển này, nghiên cứu cho thấy, cấu trúc giới tính và cấu trúc dinh dưỡng của QXTT giữa mùa khô và mùa mưa có sự khác biệt ý nghĩa [14]. Mặc dù vậy, các vấn đề liên quan đến quần xã, cấu trúc nội tại, xu thế và biến động của các loài có giá trị chỉ thị sinh học vẫn cần nghiên cứu sâu hơn. Đây cũng là một trong những công bố đầu tiên ở khí hậu miền Nam Việt Nam về yếu tố mùa chi phối tính chất và các đặc điểm của QXTT.

Do đó, nghiên cứu này được tiến hành với mục tiêu đánh giá sự biến động trong tỷ lệ các nhóm cp và chỉ số MI của QXTT sống tự do ở sông Ba Lai thuộc hệ thống sông Mê Kông, tỉnh Bến Tre nhằm làm rõ yếu tố mùa chi phối quần xã này khi đánh giá chất lượng sức khỏe sinh thái sông Ba Lai phục vụ công tác quản lý môi trường trong tương lai.

2. Phương pháp nghiên cứu

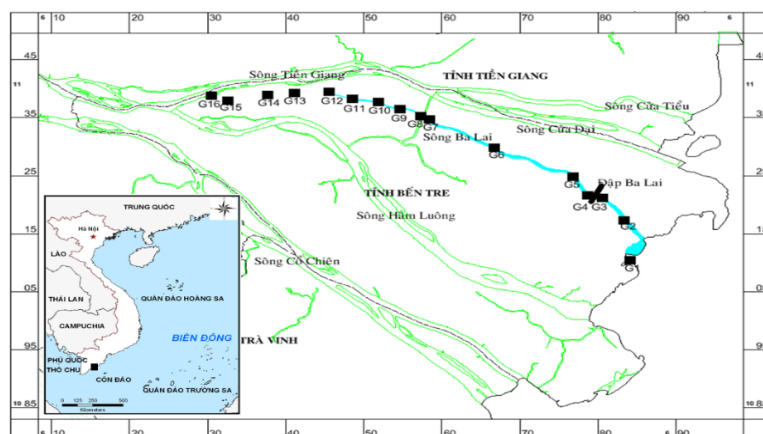
2.1. Khu vực nghiên cứu và bố trí thu mẫu

Sông Ba Lai có chiều dài 55 km chảy từ xã Tân Lợi (huyện Châu Thành) ra đến biển. Năm 2002, công đập Ba Lai được khánh thành nhằm mục đích bảo vệ vùng đất phần 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 [15].

Quần xã tuyến trùng sống tự do được thu thập trong tháng 10/2019, tháng 03/2020 (tương ứng với mùa mưa và mùa khô ở miền Nam Việt Nam) 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 điểm, thu lặp lại 3 mẫu tuyến trùng ở ven bờ.

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 được cố định bằng dung dịch formaldehyde 7% ở nhiệt độ 60°C. Mẫu được chuyển về phòng thí nghiệm của Phòng Công nghệ và Quản lý môi trường, Viện Sinh học nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam để tiến hành xử lý và phân tích.



Hình 1. Bản đồ vị trí thu mẫu tuyến trùng trên sông Ba Lai, tỉnh Bến Tre
(Nguồn: Nhóm tác giả thiết kế, 2019)

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) [16]. 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) [17]. Định danh đến cấp độ giống (genus) theo các khóa phân loại của Platt và Warwick (1983, 1988) [18], [19], Warwick et al. (1988) [20], Zullini (2010) [21], Nguyễn Vũ Thanh (2007) [22] và NEMYS [23].

2.3. Phân tích số liệu

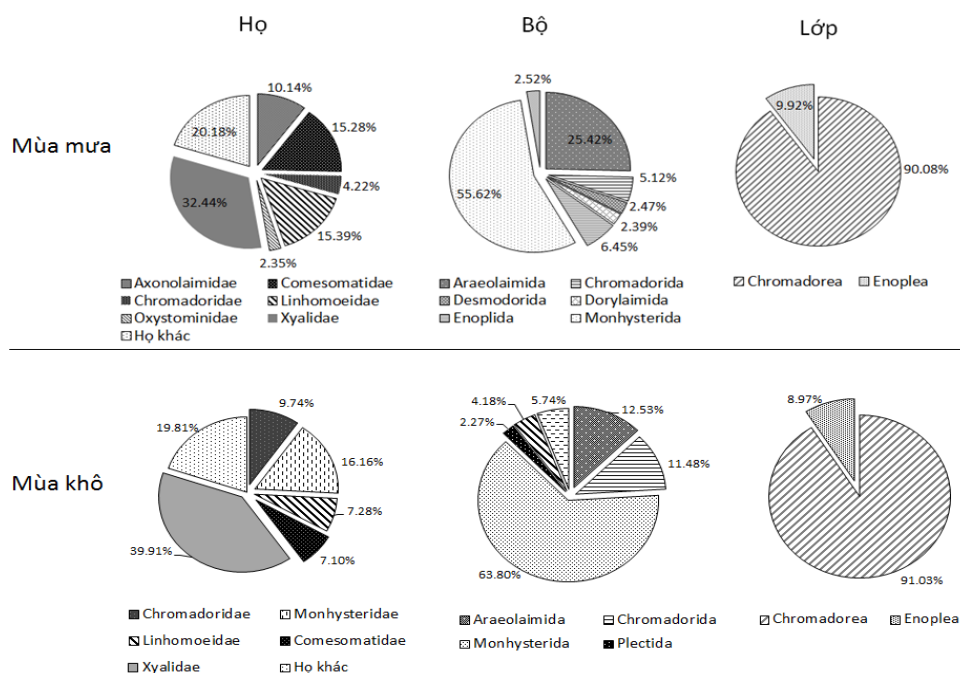
Đánh giá sức khỏe sinh thái nền đáy sông Ba Lai (SKSTND) thông qua chỉ số MI. Chỉ số MI dựa vào mức độ bền vững sinh thái cp của tuyến trùng, có giá trị từ 1 đến 5 tương ứng với mức độ từ kém bền vững (colonizers) đến mức độ ổn định (persisters) của môi trường sinh thái được xác định theo Bongers và Ferris (1999) [24]. Moreno et al. (2011) [7] đề xuất thang quy đổi giá trị MI thành sức khỏe sinh thái nền đáy: Rất tốt ($MI > 2,8$), tốt ($2,8 \geq MI > 2,6$), trung bình ($2,6 \geq MI > 2,4$), thấp ($2,4 \geq MI > 2,2$), kém ($MI \leq 2,2$).

Phương pháp Shapiro–Wilk được sử dụng để kiểm tra phân phối chuẩn của dữ liệu, kiểm tra Levene để đánh giá đồng nhất của phương sai. Nếu dữ liệu đáp ứng hai điều kiện trên, phân tích ANOVA hai yếu tố được sử dụng để xác định khác biệt thống kê các tỷ lệ cp và giá trị MI theo yếu tố mùa, vị trí, tương tác (mùa * vị trí). Dữ liệu được chuyển đổi sang dạng căn bậc hai hoặc dạng log nếu hai điều kiện trên không thỏa mãn. Nếu vẫn tiếp tục không đáp ứng điều kiện, phân tích phi tham số PERMANOVA hai yếu tố được sử dụng. Phân tích ANOVA bằng phần mềm STATGRAPHICS Centurion 18 (ver. 18.1.2), phân tích PERMANOVA bằng Microsoft Excel 2019 tích hợp XLSTAT-R engine.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Đặc điểm quần xã tuyến trùng

Thành phần quần xã tuyến trùng ở sông Ba Lai trong mùa mưa năm 2019 và mùa khô năm 2020 được biểu diễn trên hình 2. Trong mùa mưa, phân tích được 97 giống, 47 họ thuộc 11 bộ (Araeolaimida, Chromadorida, Desmodorida, Desmoscolecida, Dorylaimida, Enoplida, Mononchida, Monhysterida, Plectida, Rhabditida, Triplonchida), 2 lớp (Chromadorea và Enoplia). Mùa khô năm 2020, ghi nhận 91 giống thuộc 43 họ, 10 bộ (Araeolaimida, Chromadorida, Desmodorida, Dorylaimida, Enoplida, Mononchida, Monhysterida, Plectida, Rhabditida, Triplonchida), 2 lớp (Chromadorea và Enoplia).



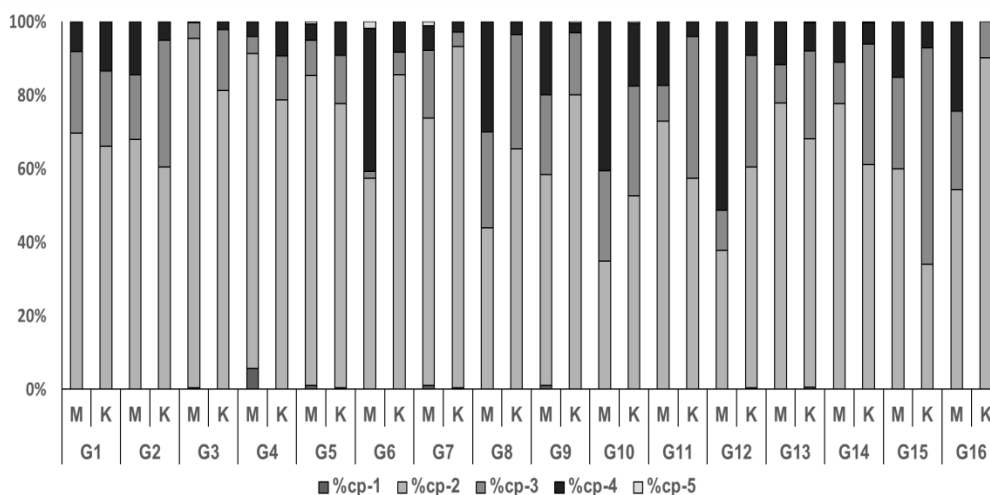
Hình 2. Tỷ lệ % các họ, bộ và lớp của quần xã tuyến trùng trên sông Ba Lai

3.2. Thay đổi theo mùa trong tỷ lệ các nhóm cp của quần xã tuyến trùng

Các nhóm cp của QXTT sông Ba Lai chủ yếu tập trung ở cp-2 và cp-3, cho thấy quần xã chủ yếu gồm nhóm quần lập và định cư. Đặc biệt, quần xã tuyến trùng trong đập và ngoài đập vào cả mùa mưa lẫn mùa khô đều xuất hiện các giống có cp thấp (chỉ thị cho môi trường bị xáo trộn). Cụ thể, bên ngoài đập Ba Lai xuất hiện các giống như: *Paracomesoma* (cp = 2), *Pseudolella* (cp = 2), *Sabatieria* (cp = 2); *Anoplostoma* (cp = 2), *Hopperia* (cp = 2), *Paracomesoma* (cp = 2); trong đập xuất hiện các giống: *Monhystera* (cp = 2), *Daptonema* (cp = 2), *Theristus* (cp = 2), *Terschellingia* (cp = 2), *Parodontophora* (cp = 2). Điều này cho thấy nền đáy của sông Ba Lai khu vực phía ngoài lẫn bên trong đập đều bị xáo trộn.

Vào mùa mưa 2019, nhóm tuyến trùng có cp = 2 (đại diện cho môi trường xáo trộn) chiếm ưu thế cao (từ 54,96 - 88,65% trong đập, 41,95 - 63,19% ngoài đập), đồng thời chiếm ưu thế cao nhất trong cả quần xã. Nhóm cp = 1 (đại diện cho môi trường xáo trộn mạnh) có xuất hiện nhưng với tỷ lệ rất thấp (0,56 - 1,67% trong đập và đến 0,03% ngoài đập). Nhóm cp = 3 (đại diện cho môi trường ít xáo trộn, trung tính) chiếm ưu thế cao ở ngoài đập (3,68 - 14,58% trong đập, 16,55 - 37,40% ngoài đập) (Hình 3). Chứng tỏ môi trường nền đáy trong và ngoài đập đều kém ổn định, tuy nhiên môi trường trong đập kém ổn định hơn ngoài đập, đặc biệt kém ổn định nhất ở vị trí chân đập (G3, G4, và G5). Mùa khô 2020, nhóm tuyến trùng có cp = 2 tiếp tục chiếm ưu thế cao nhất trong quần xã (chiếm 92,76% trong đập, 81,26% ngoài đập). Tuy nhiên, trong mùa khô chúng không ưu thế cao bằng mùa mưa (85,56% trong đập, 95,04% ngoài đập mùa mưa). Nhóm cp = 1 xuất hiện (0,05 - 0,59% trong đập, không ghi nhận ngoài đập). Hơn nữa, nhóm cp = 3 chiếm ưu thế cao ở ngoài đập (16,55 - 34,42%) (Hình 3). Chứng tỏ môi trường nền đáy trong đập kém ổn định hơn ngoài đập. Ngoài ra, trong 3 vị trí ngoài đập thì G3 tiếp tục ghi nhận nền đáy kém ổn định nhất.

Kết quả phân tích PERMANOVA 2 yếu tố cho thấy có sự khác biệt ý nghĩa thống kê tỷ lệ (%) cp-3 và cp-4 theo yếu tố mùa. Tỷ lệ cp-2 mặc dù chỉ khác biệt theo vị trí, không khác biệt theo mùa nhưng vẫn có khác biệt ở yếu tố tương tác (mùa * vị trí). Tỷ lệ cp-2 và cp-5 (vốn chiếm tỷ lệ thấp trong quần xã) gần như không khác biệt ý nghĩa theo mùa.



Hình 3. Tỷ lệ (%) các nhóm cp của quần xã tuyến trùng trong hai mùa khảo sát

3.3. Thay đổi theo mùa của chỉ số MI và sức khỏe nền đáy sông Ba Lai

Giá trị MI dao động từ $2,05 \pm 0,04$ (G3) đến $3,14 \pm 0,20$ (G12) vào mùa mưa, từ $2,09 \pm 0,05$ (G7) đến $2,73 \pm 0,05$ (G15) vào mùa khô (Bảng 1). Nhìn chung, giá trị MI cho thấy SKSTNĐ sông Ba Lai vào mùa mưa tốt hơn mùa khô, các vị trí ngay chân đập Ba Lai (G2, G4 và G5) có nền đáy kém ổn định hơn khi so với các vị trí khác. Mùa mưa 2019, vị trí cửa sông (G1), chân đập (G3, G4 và G5) có nền đáy xáo trộn; ngược lại, các vị trí thượng nguồn sông có nền đáy từ trung bình đến rất tốt (trừ G13 và G14 vẫn ghi nhận nền đáy xáo trộn). Sang mùa khô 2020, các vị trí ngoài đập có xu hướng cải thiện sức khỏe nền đáy, trừ G3 vẫn tiếp tục ghi nhận nền đáy có sức khỏe kém. Hầu hết các vị trí bên trong đập đều có sức khỏe nền đáy bị xáo trộn mạnh, ở mức kém và thấp, chỉ trừ G10, G11, G12, G14 và G15. Các vị trí ngay chân đập Ba Lai có nền đáy xáo trộn, nguyên nhân có thể do các vị trí này là nơi tích tụ các vật chất hữu cơ của cả dòng sông, hàm lượng các chất hữu cơ cao dẫn đến nhóm tuyến trùng có chỉ số cp thấp chiếm ưu thế ở các vị trí này (*Terschellingia*, cp = 2, *Parodontophora*, cp = 2). Từ mùa mưa sang mùa khô, SKSTNĐ vị trí thượng nguồn (G16) chuyển từ tốt sang kém. Việc suy giảm SKSTNĐ tại vị trí này có thể do hiện tượng xâm nhập mặn vào mùa khô, chuyển độ mặn đột ngột làm cho quần xã tuyến trùng chưa kịp thích nghi, các giống nhạy cảm lập tức biến mất, thay thế bằng các giống có phân bố rộng, thích nghi cao với thay đổi môi trường (ví dụ *Theristus*, cp = 2). Thật vậy, đập Ba Lai ngăn nước mặn từ cửa biển vào, tuy nhiên dòng chảy nước mặn từ sông Mỹ Tho đã xâm nhập vào thượng nguồn sông Ba Lai qua kênh An Hóa và vị trí thượng nguồn, hiện tượng này đã được ghi nhận trong Trần Thành Thái và cs. (2018) [25]. Xâm nhập mặn ở thượng nguồn có thể làm suy giảm chất lượng nguồn nước, thay đổi quần xã thủy sinh vật (vốn là quần xã nước ngọt thành quần xã nước lợ), từ đây làm giảm vai trò ngăn mặn - giữ ngọt của công trình đập Ba Lai.

Phân tích PERMANOVA hai yếu tố cho thấy giá trị MI của quần xã tuyến trùng có khác biệt ý nghĩa thống kê theo mùa, theo vị trí và cả tương tác (mùa * vị trí). Nhìn chung kết quả phân tích thống kê cho thấy, yếu tố mùa ảnh hưởng đến tỷ lệ nhóm cp ưu thế cao trong quần xã (cp-2, cp-3, và cp-4), từ đó ảnh hưởng đến giá trị MI và đánh giá SKSTNĐ.

Bảng 1. Giá trị MI trung bình ($\pm SD$) của quần xã tuyền trùng và đánh giá sức khỏe sinh thái nền đáy sông Ba Lai. Sức khỏe sinh thái mức thấp, kém được in đậm

Vị trí		Mùa mưa năm 2019		Mùa khô năm 2020	
		MI	Hiện trạng	MI	Hiện trạng
Ngoài đập	G1	2,39 \pm 0,20	Thấp	2,47 \pm 0,12	Trung bình
	G2	2,47 \pm 0,14	Trung bình	2,45 \pm 0,12	Trung bình
	G3	2,05 \pm 0,04	Kém	2,21 \pm 0,17	Kém
	G4	2,07 \pm 0,07	Kém	2,31 \pm 0,25	Thấp
	G5	2,20 \pm 0,02	Kém	2,31 \pm 0,16	Thấp
	G6	2,85 \pm 0,10	Rất tốt	2,23 \pm 0,06	Thấp
	G7	2,34 \pm 0,10	Thấp	2,09 \pm 0,05	Kém
	G8	2,86 \pm 0,26	Rất tốt	2,38 \pm 0,05	Thấp
Trong đập	G9	2,60 \pm 0,19	Trung bình	2,24 \pm 0,08	Thấp
	G10	3,06 \pm 0,08	Rất tốt	2,65 \pm 0,21	Tốt
	G11	2,45 \pm 0,35	Trung bình	2,47 \pm 0,08	Trung bình
	G12	3,14 \pm 0,20	Rất tốt	2,48 \pm 0,11	Trung bình
	G13	2,34 \pm 0,08	Thấp	2,40 \pm 0,20	Thấp
	G14	2,33 \pm 0,17	Thấp	2,45 \pm 0,04	Trung bình
	G15	2,55 \pm 0,21	Trung bình	2,73 \pm 0,05	Tốt
	G16	2,70 \pm 0,33	Tốt	2,10 \pm 0,02	Kém

Sức khỏe sinh thái sông Ba Lai có sự khác biệt và biến động theo mùa, điều này là do khác biệt theo mùa trong đặc điểm QXTT (tỷ lệ các nhóm cp và giá trị MI). Kết quả nghiên cứu giống với một nghiên cứu trên thế giới, cho rằng các đặc điểm QXTT biến động, khác nhau theo mùa. Nghiên cứu ở vùng ôn đới cho thấy mật độ tuyền trùng mùa xuân cao hơn hẳn mùa hè [26]. Ngoài ra, một nghiên cứu ở vùng cận nhiệt đới đã chỉ ra yếu tố mùa chi phối mạnh đến kiểu dinh dưỡng (feeding type) của tuyền trùng. Nguyên nhân là do biến động theo mùa trong nguồn thức ăn cho tuyền trùng [9], [27]. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu khác với nhận định của Hodda và Nicholas (1985, 1990) [28], [12], 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. 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. Thực vậy, nếu tính chất môi trường ổn định theo mùa thì không có sự khác biệt trong đặc điểm quần xã động vật đáy không xương sống cỡ lớn [29]. Tuy nhiên, chế độ thủy văn sông Ba Lai nói riêng và cả hệ thống sông Mê Kông nói chung theo mùa là rất phức tạp. Giữa mùa khô và mùa mưa có sự khác nhau rất lớn giữa lượng mưa, chế độ dòng chảy, từ đây ảnh hưởng đến điều kiện lý hóa dòng sông (nhất là độ mặn). Ngoài ra, chế độ thủy văn sông Ba Lai ngoài tác động của yếu tố mùa còn chịu sự điều tiết của đập Ba Lai. Cho nên, với đặc điểm là có sự thay đổi lớn theo mùa trong điều kiện môi trường, có thể dẫn đến biến động trong đặc điểm quần xã thủy sinh vật, trong đó có tuyền trùng.

Sự khác nhau trong nhận định ảnh hưởng của yếu tố mùa đến QXTT từ nghiên cứu này với Ngô Xuân Quảng và cs. (2013a,b) [13], [14] có thể đến từ khác nhau trong không gian nghiên cứu. Mặc dù cùng chung đối tượng nghiên cứu và khu vực nghiên cứu khá gần nhau; tuy nhiên, Ngô Xuân Quảng và cs. (2013a,b) [13], [14] nghiên cứu QXTT ở tám cửa sông Mê Kông (không gian: “cửa sông - cửa sông”), nghiên cứu này theo trục dọc sông Ba Lai (không gian: “thượng nguồn - hạ nguồn”). Khác nhau trong không gian nghiên cứu tất yếu dẫn đến khác biệt trong điều kiện lý hóa môi trường (những yếu tố ảnh hưởng đến QXTT). Ví dụ, tỷ lệ các loại hạt trong trầm tích (grain size) được xem là yếu tố chính ảnh hưởng đến đặc điểm QXTT của sông Mê Kông [8]. Theo trục dọc sông Ba Lai, độ mặn được xem là yếu tố chủ chốt tác động đến QXTT [25]. Yếu tố mùa thay đổi độ mặn, từ đó là tác động đến QXTT là rõ ràng; tuy nhiên, mùa còn thay đổi các yếu tố môi trường khác cần phải nghiên cứu sâu hơn.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy, sức khỏe sinh thái nền đáy sông Ba Lai ở mức xáo trộn tại hầu hết các vị trí khảo sát, các vị trí ngay chân đập Ba Lai luôn duy trì sức khỏe sinh thái xáo trộn qua hai mùa khảo sát. Các chỉ số và giá trị MI của QXTT trên sông Ba Lai cho thấy yếu tố mùa đã chi phối tính khác biệt khi đánh giá sức khỏe sinh thái. Do đó, yếu tố mùa cần được cân nhắc cẩn trọng và nghiên cứu chi tiết hơn khi dùng tuyến trùng làm sinh vật chỉ thị đánh giá sức khỏe sinh thái ở sông Ba Lai.

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] S. W. Lyon, K. King, O. U. Polpanich, and G. Lacombe, "Assessing hydrologic changes across the Lower Mekong Basin," *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 12, pp. 303-314, 2017.
- [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] R. Chea, T. K. Pool, 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] M. Moreno, F. Semprucci, L. Vezzulli, M. Balsamo, M. Fabiano, and G. Albertelli, "The use of nematodes in assessing ecological quality status in the Mediterranean coastal ecosystems," *Ecological Indicators*, vol. 11, pp. 328-336, 2011.
- [8] Q. X. Ngo, N. N. Chau, N. Smol, L. Prozorova, and A. Vanreusel, "Intertidal nematode communities in the Mekong estuaries of Vietnam and their potential for biomonitoring," *Environmental monitoring and assessment*, vol. 188, no. 2, pp. 91, 2016.
- [9] C. Heip, M. Vincx, and G. Vranken, "The ecology of marine nematodes," *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, vol. 23, pp. 399-489, 1985.
- [10] 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.
- [11] D. M. Alongi, "Intertidal zonation and seasonality of meiobenthos in tropical mangrove estuaries," *Marine Biology*, vol. 95, pp. 447-458, 1987.
- [12] M. Hodda and W. L. Nicholas, "Production of meiofauna in an Australian estuary," *Wetland*, vol. 9, pp. 41-48, 1990.
- [13] Q. X. Ngo, N. C. Nguyen, D. T. Nguyen, and A. Vanreusel, "Distribution pattern of free living nematode communities in the eight Mekong estuaries by seasonal factor," *Journal of Vietnamese Environment*, vol. 4, no. 1, pp. 28-33, 2013a.
- [14] Q. X. Ngo, C. N. Nguyen, and A. Vanreusel, "How variable are nematode communities responding to seasonal factor?," *Journal of Science and Technology – Vietnam Academy of Science and Technology*, vol. 51, no. 4, pp. 615-626, 2013b.
- [15] 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.

- [16] 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.
- [17] A. T. De Grisse, "Redescription ou modification de quelques techniques utilisées dans l'étude des nematodes phytoparasitaires," *Mededelingen Rijksfaculteti Der Landbouwetent Gent*, vol. 34, pp. 351-369, 1969.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] A. Zullini, *The Identification manual for freshwater nematode genera, Lecture book, MSc*, Nematology Ghent University: Ghent, Belgium, 2010, p. 112.
- [22] V. T. Nguyen, *Fauna of Vietnam. Free-living nematodes orders Monhysterida, Araeolaimida, Chromadorida, Rhabditida, Enoplida, Mononchida and Dorylaimida*. Science Technology Publication, Hanoi, 2007.
- [23] 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 April 21, 2021].
- [24] T. Bongers and H. Ferris, "Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring," *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 14, no. 6, pp. 224-228, 1999.
- [25] 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.
- [26] J. H. Tietjen, "The ecology of shallow water meiofauna in two New England estuaries," *Oecologia*, vol. 2, pp. 251-291, 1969.
- [27] R. Fisher, "Spatial and temporal variations in nematode assemblages in tropical seagrass sediments," *Hydrobiologia*, vol. 493, pp. 43-63, 2003.
- [28] M. Hodda and W. L. Nicholas, "Meiofauna associated with mangroves in the Hunter River Estuary and Fullerton Cove, South-eastern Australia," *Australia Marine Freshwater Research*, vol. 36, pp. 41-50, 1985.
- [29] 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.