

Áp dụng phương pháp đường cong ABC của quần xã tuyến trùng sống tự do để đánh giá chất lượng môi trường thủy vực tại các cảng trên sông Sài Gòn

Nguyễn Thị Mỹ Yến, Trần Thành Thái, Ngô Xuân Quảng*

Viện Sinh học nhiệt đới, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

Ngày nhận bài 30/12/2016, ngày chuyển phản biện 3/1/2017, ngày nhận phản biện 16/1/2017, ngày chấp nhận đăng 20/1/2017

Chất lượng môi trường nền đáy sông Sài Gòn được đánh giá dựa trên phương pháp đường cong ABC của quần xã tuyến trùng sống tự do. Mẫu tuyến trùng sống tự do được thu thập trong trầm tích sông Sài Gòn theo mùa khô và mùa mưa năm 2014-2015 tại 12 vị trí từ Củ Chi xuống tới Cảng Dầu thực vật. Kết quả phân tích cho thấy, chất lượng môi trường nền đáy sông Sài Gòn không đồng nhất theo thời gian tại tất cả các vị trí khảo sát. Trong đó, một số khu vực bị ô nhiễm nặng hầu như trong cả 4 đợt, bao gồm Cảng Biển Đông, Cảng Bông Sen và Cảng Dầu thực vật. Các vị trí Cảng Tân Thuận Đông, Cảng Bến Nghé, Cảng Sài Gòn mới, Cảng Nhà máy đóng tàu biển Sài Gòn ô nhiễm nặng trong các tháng mùa mưa. Một số cảng khác ô nhiễm nhẹ như Cảng Bến Nghé, Cảng Công ty liên doanh phát triển tiếp vận số 1 - VICT, Cảng Sài Gòn mới, Cảng Nhà máy đóng tàu biển Sài Gòn trong các tháng mùa khô và Bến Dược huyện Củ Chi, Tân Cảng, Nhà máy đóng tàu Ba Son, Cảng Công ty liên doanh phát triển tiếp vận số 1 - VICT trong các tháng mùa mưa.

Từ khóa: chất lượng môi trường, phương pháp ABC, quần xã tuyến trùng dưới triều, sông Sài Gòn.

Chỉ số phân loại: 1.7

Đặt vấn đề

Sông Sài Gòn đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp nguồn nước cho TP Hồ Chí Minh nhưng chất lượng môi trường nước đang ngày càng xuống cấp nghiêm trọng [1]. Để có thể giám sát và hoàn thiện công tác quản lý môi trường nước, bên cạnh việc phân tích các yếu tố hóa - lý thì phương pháp chỉ thị sinh học ngày càng được sử dụng do những ưu thế vượt trội. Đặc biệt sử dụng quần xã động vật đáy không xương sống, trong đó có tuyến trùng sống tự do để đánh giá chất lượng nền đáy cho kết quả khá nhanh, hiệu quả và tiết kiệm được chi phí.

Quần xã tuyến trùng sống tự do không chỉ tham gia vào chu trình chuyển hóa năng lượng và tương tác sinh học trong hệ thống trầm tích thủy vực mà còn được xem như một công cụ ưu việt trong đánh giá chất lượng môi trường [2-4]. Nghiên cứu mới đây của Ngo và cs. (2016) đã ứng dụng phân tích đa biến các đặc điểm của quần xã tuyến trùng liên quan đến các yếu tố môi trường cho thấy mối tương quan chặt chẽ giữa mật độ, cấu trúc quần xã tuyến trùng với môi trường nền đáy, từ đó khẳng định vai trò hữu ích của tuyến trùng trong quan trắc đánh giá môi trường thủy vực [5].

Phương pháp áp dụng mật độ và cấu trúc quần xã tuyến trùng sống tự do để đánh giá chất lượng môi trường đã được Warwick (1986) mô tả bằng 2 đường cong về mật độ loài và sinh khối loài trên cùng 1 đồ thị và so sánh hình thái giữa chúng; dạng đồ thị này được gọi là phương pháp đường cong ABC (Abundance Biomass Comparison Curves) [6]. Áp dụng phương pháp này trên quần xã động vật đáy giúp đánh giá nhanh, hiệu quả hiện trạng ô nhiễm trong bất cứ thời gian nào mà có thể không cần tham khảo dữ liệu trước đây, và đã được nhân mạnh qua nhiều nghiên cứu [7-11]. Phương pháp này đặc biệt được xem xét nghiên cứu sâu trong công bố của Clarke (1990), Warwick & Clarke (1994) và Clarke & Warwick (2001) về tính toán thống kê trong sinh thái học [12-14]. Clarke & Warwick (2001) cho rằng các điều kiện môi trường (không ô nhiễm, ô nhiễm vừa, cực kỳ ô nhiễm) có thể được nhận biết qua 2 đường cong cùng hoạt động đối lập nhau trên cùng 1 đồ thị mà không nhất thiết phải thiết lập mẫu đối chứng theo không gian và thời gian [14].

Áp dụng phương pháp đường cong ABC trên quần xã tuyến trùng để đánh giá chất lượng môi trường trên

*Tác giả liên hệ: Email: ngoxuanq@gmail.com

Applying the ABC curve method of free-living nematode communities to assess the environmental quality of water in Sai Gon River harbors

Summary

It is the first time the benthic water quality of the Sai Gon River was investigated according to the ABC curve method based on the analysis of the density and biomass of all species of free-living nematodes that were present in the sediment of the studied area. The nematode samples were collected in the Sai Gon River from Cu Chi district to Navioil port during 2014-2015 at dry and rainy seasons. Our results showed the benthic environmental quality was not homogenous in during four times of sampling and at different stations. While some stations were heavily polluted in all sampling times such as Bien Dong port, Lotus port, and Navioil port, but some other stations were polluted only in the wet season such as Tan Thuan Dong port, Ben Nghe port, Sai Gon New port, and Sai Gon Shipbuilding port. And Ben Nghe port, Vietnam International Container Terminals - VICT port, Sai Gon New port, and Sai Gon Shipbuilding port were moderately polluted in the dry season. In the rainy season, Ben Duoc - Cu Chi port, Tan Cang port, Ba Son Shipyard, and VICT port were lightly influenced.

Keywords: ABC curve, environmental quality, Sai Gon River, subtidal nematode communities.

Classification number: 1.7

thế giới đã đưa đến các kết quả tin cậy. Nghiên cứu của Vidakovic & Bogut (2004) cho thấy nền đáy của phần biển sâu vùng trung tâm Sakadaš bị xáo trộn nhẹ [15]. Một nghiên cứu gần đây của Sabeel & Vanreusel (2015) về sinh khối quần xã tuyến trùng, phổ kích thước sinh khối và đường cong ABC ở 3 vị trí đại diện cho thấy mức độ phá hủy rừng ngập mặn ở 3 trạm nghiên cứu theo mực nước gồm cao, thấp, trung bình. Kết quả phân tích cho thấy việc phá hủy rừng ngập mặn tác động tiêu cực đến môi trường ở mức xáo trộn từ vừa phải đến trầm trọng [16]. Ở khu vực Đông Nam Á hầu như chưa có nghiên cứu nào sử dụng phương

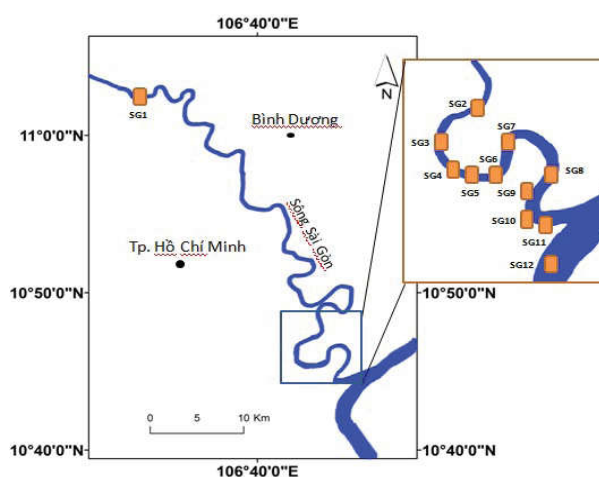
pháp đường cong ABC, trừ công bố của Nguyễn Vũ Thanh (2005). Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng đường cong ABC và các chỉ số đa dạng (H' , J' , $d...$) của quần xã tuyến trùng sống tự do để đánh giá chất lượng nước của lưu vực sông Cầu. Kết quả phân tích cho thấy chất lượng nước mặt Sông Cầu bị xáo trộn từ mức vừa phải đến mức rất trầm trọng [17].

Phương pháp đường cong ABC lần đầu được áp dụng để đánh giá chất lượng môi trường tại các cảng trên sông Sài Gòn nhằm phục vụ việc quan trắc sinh học và góp phần đánh giá, đưa ra cảnh báo chất lượng môi trường sông Sài Gòn hiện nay.

Đối tượng và phương pháp

Thu thập và phân tích mẫu

Mẫu tuyến trùng sống tự do được thu thập bằng gầu Ekma trong phạm vi 10 cm² tại 12 khu vực cảng trên sông Sài Gòn qua 4 đợt khảo sát. Các trạm được ký hiệu: SG1 (huyện Củ Chi), SG2 (Tân Cảng), SG3 (Nhà máy đóng tàu Ba Son), SG4 (Cảng Sài Gòn), SG5 (Cảng Tân Thuận Đông), SG6 (Cảng Bến Nghé), SG7 (Cảng Công ty liên doanh phát triển tiếp vận số 1 - VICT), SG8 (Cảng Sài Gòn mới), SG9 (Cảng Biển Đông), SG10 (Cảng Nhà máy đóng tàu biển Sài Gòn), SG11 (Cảng Bông Sen) và SG12 (Cảng Dầu thực vật) (hình 1). Tại mỗi trạm lấy 3 mẫu lặp lại bằng ống thu mẫu core bằng nhựa plastic, dài 30 cm, đường kính 3,5 cm. Ống nhựa được cắm sâu >10 cm và thu mẫu tuyến trùng từ 0-10 cm tính từ bề mặt. Mẫu thu xong được cho vào hộp nhựa dung tích 300 ml và cố định bằng formaline 7% ở nhiệt độ 60°C và khuấy đều cho đất tan hết thành dung dịch [18].

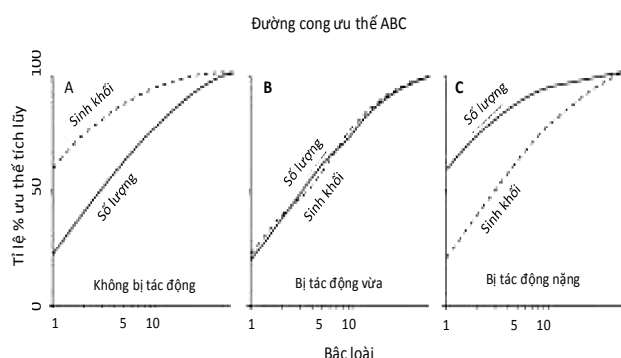


Hình 1: bản đồ các trạm khảo sát, thu mẫu dọc sông Sài Gòn

Mẫu tuyến trùng sống tự do được phân tích tại phòng thí nghiệm của Phòng Công nghệ và Quản lý môi trường, Viện Sinh học nhiệt đới - Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam theo phương pháp của Vincx (1996) [18]. Mẫu được định danh tới cấp độ giống theo các tài liệu của Warwick và cs. (1998), Zullini (2005) và Nguyễn Vũ Thanh (2007) [19-21].

Phân tích và xử lý số liệu

Mẫu tuyến trùng sau khi được định danh tới cấp độ giống được đo sinh khối theo kích thước chiều dài và chiều rộng cơ thể. Chúng tôi áp dụng công thức của Wieser (1953) để tính toán trọng lượng khô cho mỗi giống [22]. Số liệu về sinh khối và mật độ được xử lý bằng chương trình Microsoft Excel 2010. Tất cả các giống được sắp xếp theo tầm quan trọng về sinh khối hoặc mật độ trên trục x với tỷ lệ ưu thế trên trục y (hình 2).



Hình 2: đồ thị mô phỏng ba trạng thái môi trường theo phương pháp đường cong ABC (A: môi trường không bị tác động - sạch, B: môi trường bị tác động vừa - ô nhiễm vừa, C: môi trường bị tác động nặng - cực kỳ ô nhiễm)

Theo Warwick (1986) [5] và Clarke & Warwick (2001) [14], đối với môi trường không bị xáo trộn, quần xã ưu thế bởi một hoặc một số loài kích thước lớn, tuy nhiên những loài này chỉ hiện diện một vài cá thể nên không có ưu thế về số lượng; vì vậy đường sinh khối nằm phía trên đường số lượng trong suốt chiều dài của nó trong đường cong ABC (hình 2A). Khi xuất hiện dấu hiệu ô nhiễm, ưu thế cạnh tranh lớn được loại bỏ, sự chênh lệch giữa sinh khối và số lượng giảm, do đó đường sinh khối và đường số lượng có xu hướng dịch lại gần nhau và có thể dao động quanh nhau một vài lần (hình 2B). Nếu sự ô nhiễm ngày càng trầm trọng, quần xã sẽ ưu thế về số lượng bởi một vài loài có khả năng chống chịu nhưng có kích thước cơ thể rất nhỏ, dẫn đến đường sinh khối nằm dưới đường số lượng dọc theo

chiều dài của nó trong đường cong ABC (hình 2C).

Clarke & Warwick (2001) [15] cũng đã cung cấp công thức tính thống kê chỉ số W:

$$W = \sum_{i=1}^S (B_i - A_i) / [50(S - 1)]$$

Trong đó, B_i là sinh khối của loài thứ i (μg), A_i là mật độ của loài thứ i (cá thể), S là tổng số loài.

Giá trị chỉ số W dao động trong khoảng $(-1, 1)$, khi W dao động từ $0 \rightarrow +1$, sinh khối của các loài ưu thế so với số lượng và chất lượng môi trường ít bị xáo trộn. Trái lại khi W có giá trị từ $-1 \rightarrow 0$, mật độ các loài chiếm ưu thế so với sinh khối và môi trường bị tác động.

Kết quả

Quần xã tuyến trùng sông Sài Gòn

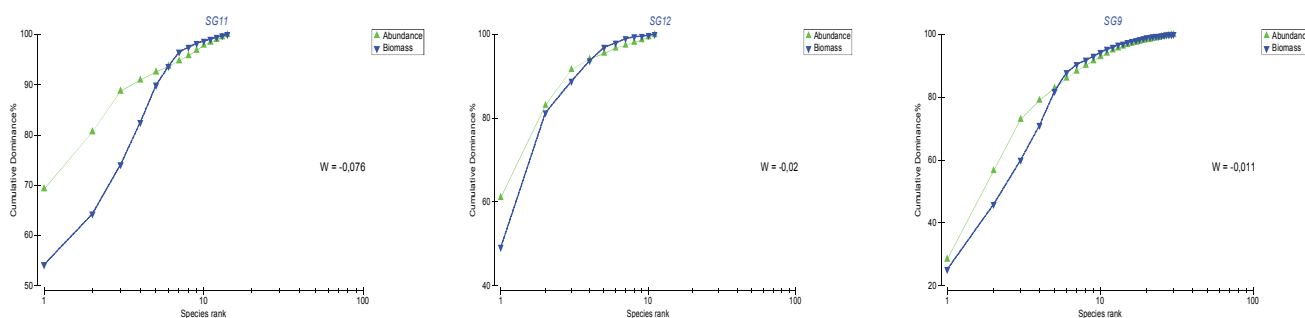
Qua 4 đợt khảo sát thành phần loài quần xã tuyến trùng khu vực khảo sát gồm 157 giống thuộc 59 họ, 11 bộ của 2 lớp Enoplea và Chromadorea. Trong đó có 87 giống được ghi nhận vào mùa khô 2014, con số này tăng lên 102 giống trong mùa mưa cùng năm, sau đó giảm xuống 94 và 91 giống vào mùa khô và mùa mưa của năm 2015. Mật độ quần xã tuyến trùng khu vực khảo sát khá cao, dao động từ $13,33 \pm 2,89$ đến $5863 \pm 2396,46$ cá thể/10 cm^2 , cao nhất tại SG8 (Cảng Sài Gòn mới) vào mùa mưa 2015. Một số giống được tìm thấy trong mùa khô nhưng không hiện diện trong mùa mưa: *Chromadorina*, *Crocodyrilaimus*, *Neochromadora*, *Oionchus*, *Rogerus*, *Spilophorella*. Ngược lại, *Acrostichus*, *Aporcelaimellus*, *Crassogula*, *Diploscapter*, *Goffartia*, *Heterocephalobus*, *Ischiodorylaimus*, *Leptolaimus*, *Panagrellus*, *Paramphidelus* là những giống chỉ có mặt trong mùa mưa. Những giống ưu thế được tìm thấy trong khu vực khảo sát như: *Achromadora*, *Aphanonchus*, *Dorylaimus*, *Daptonema*, *Diplolaimeloides*, *Geomonhystera*, *Ironus*, *Mesodorylaimus*, *Mononchulus*, *Monhystera*, *Mylonchulus*, *Paraplectonema*, *Parodontophora*, *Punctodora*, *Rhabdolaimus*, *Sphaerolaimus*, *Sphaerotheristus*, *Terschellingia*, *Thalassomonhystera*, *Theristus*.

Phân tích đường cong ABC của quần xã tuyến trùng sông Sài Gòn

Kết hợp phân tích đường cong ABC và chỉ số W cho thấy sự xáo trộn môi trường trầm tích các cảng vào các mùa là khác nhau.

Mùa khô năm 2014:

Trong mùa khô 2014, môi trường trầm tích các khu vực SG11, SG12, SG9 bị ô nhiễm nặng với đường cong ABC có dạng đường sinh khối ở phía dưới đường số lượng và giá trị chỉ số W từ -0,076 đến -0,011. Tại điểm SG10 môi trường có dấu hiệu bị tác động, giá trị chỉ số W=0,003 và 2 đường sinh khối và số lượng dao động quanh nhau. Các điểm còn lại (SG6, SG8, SG1, SG7, SG5, SG2, SG3, SG4) chưa có dấu hiệu ô nhiễm, quần xã tuyến trùng cân bằng với môi trường trong toàn đợt khảo sát với đường sinh khối nằm trên đường số lượng trong đường cong ABC (W=0,05-0,307) (hình 3).



Hình 3: đường cong ABC tại các cảng cực kỳ ô nhiễm vào mùa khô 2014

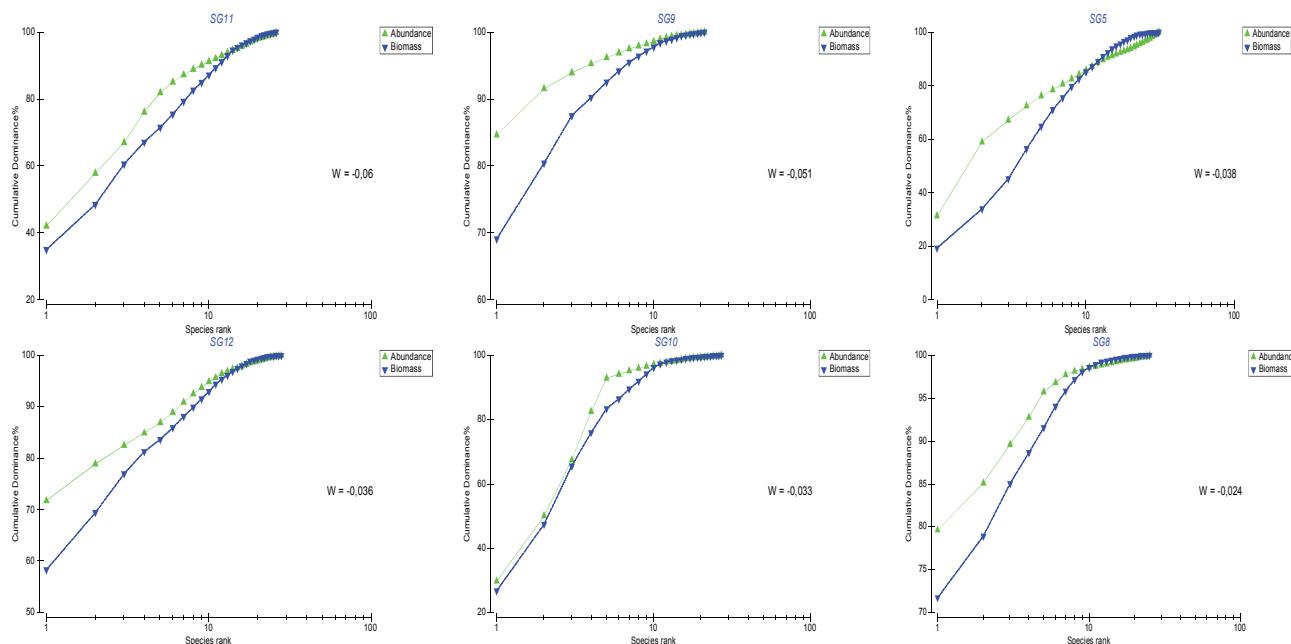
SG9, SG11, SG12 có tỷ lệ B/A rất thấp (lần lượt là 0,10, 0,05 và 0,05). Các cảng này ưu thế về số lượng bởi *Monhystera* (28,2-61,14% tổng số số cá thể của điểm), *Parodontophora* (16,24-21,87%) và

Terschellingia (28,5-69,24%) so với các giống còn lại, nhưng tỷ lệ B/A của các giống này thấp (0,38-0,126). Điều đó phù hợp với luận điểm của Warwick (1986), khi môi trường trở nên khắc nghiệt, quần xã tăng về số lượng bởi một hoặc một vài loài có kích thước nhỏ, từ đó làm cho tỷ lệ B/A ở các giống này thấp [5].

Mùa mưa năm 2014:

Đối với mùa mưa 2014, khu vực SG11, SG9, SG5, SG12, SG10 và SG8 bị tác động mạnh với giá trị chỉ số W từ -0,06 đến -0,024 và đường cong ABC có dạng đường sinh khối nằm dưới đường số lượng. Các điểm bị tác động nhẹ với 2 đường sinh khối và số lượng

dao động quanh nhau là SG1, SG6, SG7, SG3; chỉ số W=0,003-0,094. Trong khi điểm SG2 và SG4 chưa có dấu hiệu bị tác động, cùng có giá trị W=0,159, đường cong sinh khối cao hơn đường cong số lượng (hình 4).

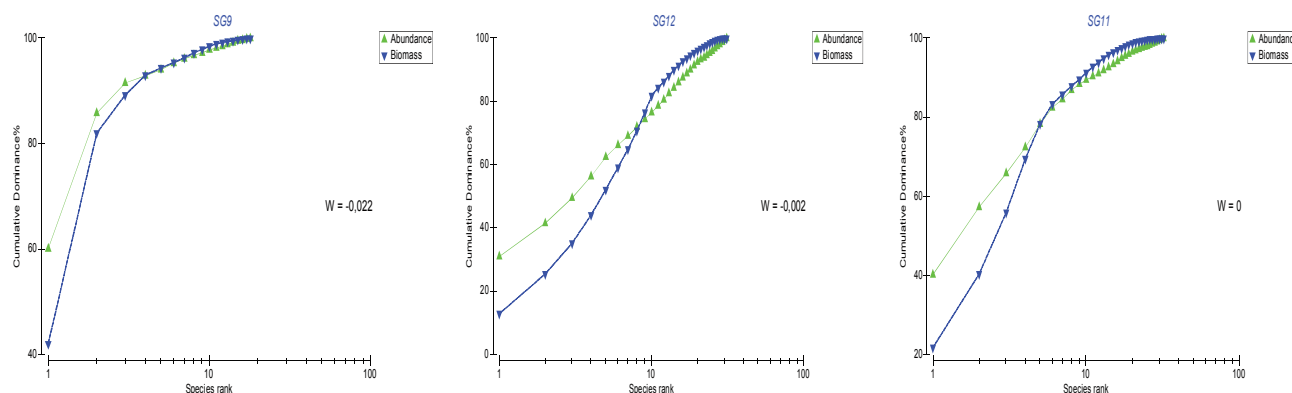


Hình 4: đường cong ABC tại các trạm bị ô nhiễm mạnh vào mùa mưa 2014

Các cảng có môi trường trầm tích ô nhiễm nặng (SG5, SG8, SG9, SG10, SG11 và SG12) với tỷ lệ B/A thấp (0,107, 0,037, 0,048, 0,042, 0,039, 0,028 theo tuần tự). *Monhystra*, *Parodontophora*, *Theristus* là những giống phong phú về số lượng tại các điểm này (17,35-84,67% tổng số cá thể của mỗi điểm) nhưng tỷ lệ B/A rất thấp (0,023-0,075), thấp hơn so với đợt khảo sát mùa khô 2014. Mật độ cao của các giống kích thước nhỏ này làm cho chỉ số W thấp cũng như hình dạng đường cong ABC nói lên môi trường nền đáy các cảng này đang bị tác động mạnh [5].

Mùa khô năm 2015:

Vào mùa khô 2015, môi trường SG9 và SG12, SG11 bị xáo trộn lớn, đường cong ABC cho thấy ưu thế về đường sinh khối thấp hơn so với đường số lượng và giá trị W từ -0,022 đến 0. Các khu vực SG8, SG6, SG7 ít bị tác động với W=0,005-0,08, các đường cong trong biểu đồ dao động quanh nhau một vài lần. Các điểm còn lại không bị tác động (W=0,114-0,191) (hình 5).



Hình 5: đường cong ABC tại các trạm bị xáo trộn lớn vào mùa khô 2015

Cũng tương tự như mùa khô 2014, tỷ lệ B/A thấp ở các khu vực SG9, SG11 và SG12 (tương ứng với 0,08, 0,08 và 0,11). Những điểm này tập trung số lượng lớn của các giống *Parodontophora* và *Theristus* (17,10-60,09% tổng số cá thể mỗi điểm), tuy nhiên tỷ lệ B/A của chúng thấp (0,042-0,124). Sự hiện diện đông đảo của các giống kích thước nhỏ dẫn đến đường cong ABC chỉ thị cho môi trường các cảng này bị xáo trộn [5].

Mùa mưa năm 2015:

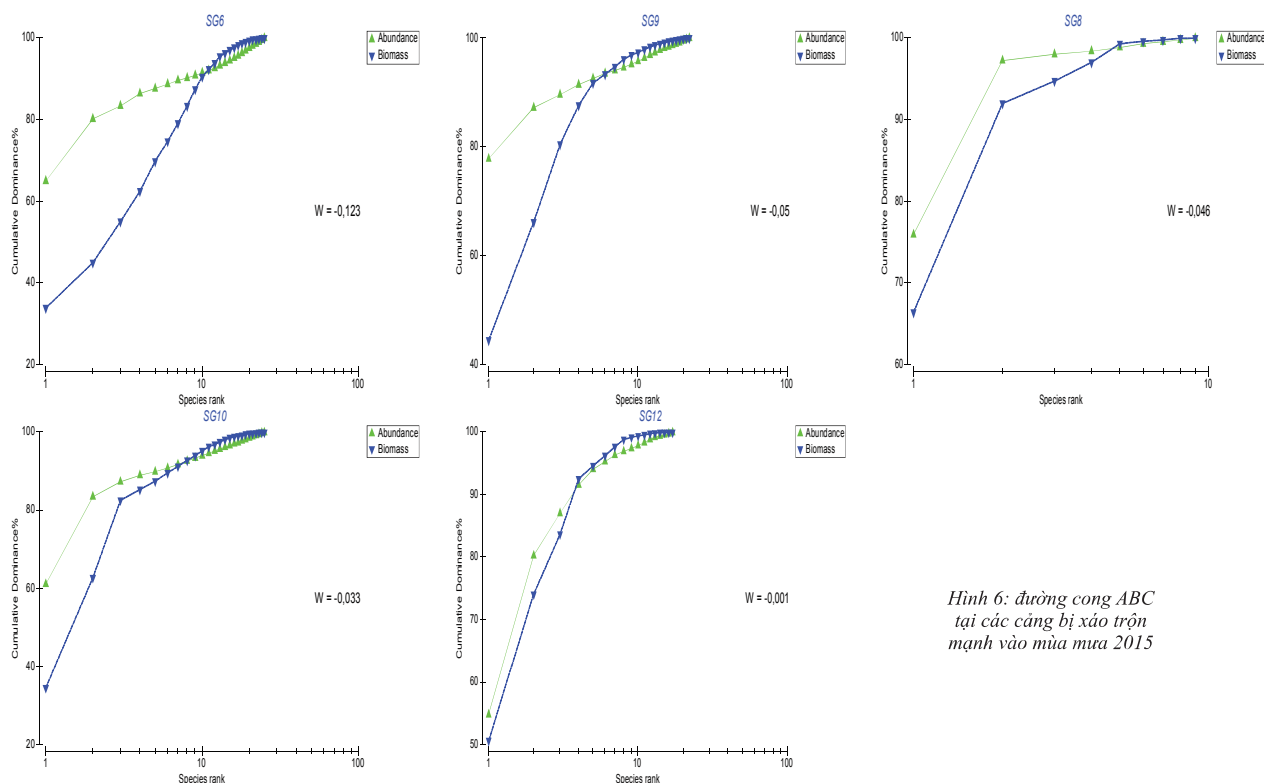
Ở đợt khảo sát cuối - mùa mưa 2015, môi trường nền đáy các khu vực SG6, SG9, SG8, SG10, SG12 bị tác động lớn, với chỉ số W từ -0,123 đến -0,001, dạng

đường cong ABC biểu hiện đường sinh khối thấp hơn nhiều so với đường số lượng. SG1, SG11, SG2, SG7 là những điểm bị tác động nhẹ với W= 0,013-0,091, hai đường cong giao nhau tại một vài vị trí. Các điểm còn lại SG3, SG4, SG5 không bị tác động (W= 0,145-0,256) (hình 6).

Các điểm bị ô nhiễm nặng (SG6, SG9, SG8, SG10, SG12) có tỷ lệ B/A thấp, từ 0,052 đến 0,136. Một số giống mật độ cao ở các cảng này như *Parodontophora*, *Terschellingia* và *Theristus* (21,35-77,78% tổng số cá thể ở mỗi điểm) nhưng lại thấp về tỷ lệ B/A (0,03-0,097). Trong khi đó có sự xuất hiện một vài cá thể của *Dorylaimus* và *Sabatieria* (0,76 và 6,80% tổng số cá thể của điểm) với tỷ lệ B/A khá cao (4,306 và 0,3). Việc ghi nhận một vài cá thể của các nhóm có kích thước lớn bên cạnh mật độ ưu thế của các giống kích thước nhỏ, cũng như chỉ số W có giá trị thấp dẫn đến đường cong ABC các khu vực này có dạng đường số lượng nằm trên đường sinh khối, chỉ thị cho môi trường các cảng này bị xáo trộn [5].

Bàn luận

Trên cơ sở phân tích đường cong ABC và chỉ số W trên quần xã tuyến trùng sống tự do để đánh giá chất lượng môi trường sông Sài Gòn, kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp áp dụng đã cho kết quả nhanh và chính xác về chất lượng môi trường nước và trầm tích của các thủy vực. So sánh với các nghiên cứu trên thế giới về sử dụng đường cong ABC cho thấy, phương pháp này hoàn toàn có thể vận dụng rộng rãi trong đánh giá chất lượng môi trường. Kết quả nghiên cứu của Warwick (1988) khi xem xét sử dụng quần xã động vật đáy cỡ lớn (macrofauna) ở Frierfjord Langesundfjord để đánh giá tác động môi trường ở 6 trạm A, B, C, D,



Hình 6: đường cong ABC tại các cảng bị xáo trộn mạnh vào mùa mưa 2015

E và G đã phát hiện bằng phân tích đơn biến thấy các trạm B, C và D bị tác động, A và G không bị xáo trộn, còn E không cho kết quả rõ ràng; hay kết hợp so sánh một loạt phân tích đơn biến giữa các trạm chỉ ra trạm B và C bị tác động mạnh nhất, giảm dần ở các trạm D, E, G, A; thì phân tích đường cong ABC cho kết quả rõ ràng hơn các phân tích so sánh đơn biến trên, về cấp độ tác động như sau: trạm A và G không bị tác động, trong khi B và E ô nhiễm vừa, còn C và D trung gian giữa ô nhiễm nặng và ô nhiễm vừa [7]. Tương tự, Patrick & Jacky (1990) nhận định phương pháp ABC là một chỉ số nhạy cảm với những xáo trộn vật lý và sinh học cũng như sự ô nhiễm theo không gian và thời gian. Nghiên cứu đường cong ABC trên động vật đáy không xương sống cỡ lớn ở một số vùng ở Oosterschelde cho thấy môi trường bị tác động xấu, liên quan đến thời gian triều thấp kéo dài hoặc tác động của con người. Phương pháp này cũng chỉ ra sự xáo trộn liên quan đến chế độ dòng triều thấp ngắn và sinh khối của nhóm động vật không xương sống ở mức thấp nhất [8].

Phương pháp này cũng được nghiên cứu và mô tả rõ hơn theo đường cong của số cá thể và sinh khối trong nghiên cứu của Vidakovic & Bogut (2004). Công bố này cho thấy phương pháp ABC trên quần xã tuyến

trùng sống tự do đã chỉ ra sự xáo trộn nhẹ vùng trầm tích nền cát của phần biển sâu nhất [15]. Hơn nữa, Sabeel & Vanreusel (2015) chứng minh rằng sử dụng đồ thị ABC trên quần xã tuyến trùng có thể dò tìm ảnh hưởng của việc phá rừng ngập mặn gây xáo trộn vừa đến xáo trộn mạnh. Kết quả cũng đề xuất sự biến đổi các hạt trầm tích và chất lượng thức ăn ảnh hưởng mạnh mẽ đến tổng sinh khối. Việc phá hoại rừng ngập mặn là nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi kích thước sinh khối của sinh vật ở tất cả mực nước, dẫn đến tăng nhóm tuyến trùng ăn không chọn lọc, kích thước cơ thể nhỏ và dễ thay đổi [14].

Như vậy, phương pháp ABC trên quần xã tuyến trùng đã hoàn toàn đủ cơ sở và khẳng định hoạt động cảng gây xáo trộn môi trường trầm tích trên sông Sài Gòn [23].

Kết luận

Kết quả nghiên cứu áp dụng phương pháp đường cong ABC trên quần xã tuyến trùng sống tự do để đánh giá chất lượng môi trường sông Sài Gòn làm chỉ thị đã cho kết quả nhanh và chính xác. Thông qua sinh khối và mật độ phân bố của quần xã tuyến trùng vùng dưới triều đã chứng minh chất lượng môi trường nền đáy

sông Sài Gòn không đồng nhất theo thời gian tại tất cả các vị trí khảo sát. Một số khu vực bị ô nhiễm nặng hầu như trong cả 4 đợt là Cảng Biển Đông, Cảng Bông Sen và Cảng Dầu thực vật. Các điểm Tân Thuận Đông, Cảng Bến Nghé, Cảng Sài Gòn mới, Cảng Nhà máy đóng tàu biển Sài Gòn ô nhiễm nặng trong mùa mưa. Một số cảng khác có dấu hiệu ô nhiễm nhẹ như Bến Nghé, Cảng Công ty liên doanh phát triển tiếp vận số 1 - VICT, Cảng Sài Gòn mới, Cảng Nhà máy đóng tàu biển Sài Gòn trong mùa khô và khu vực Bến Dược của huyện Củ Chi, Tân Cảng, Nhà máy đóng tàu Ba Son, Cảng Công ty liên doanh phát triển tiếp vận số 1 - VICT trong mùa mưa.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) trong khuôn khổ đề tài mã số 106-NN.06-2013.66. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

- [1] V.T.N. Lam & N. Vilas (2015), "Assessment of vulnerabilities to climate change for urban water and wastewater infrastructure management: Case study in Dong Nai river basin, Vietnam", *Environmental Development*, **16**, pp.119-137.
- [2] D.M. Deeley, E.I. Paling (1999), "Assessing the ecological health of estuaries in Australia", *National River Health Program, Urban Sub Program, Report No.10, LWRDC Occasional Paper*, pp.17-99.
- [3] C. Heip, M. Vincx, G. Vranken (1985), "The ecology of marine nematodes". *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, **23**, pp.399-489.
- [4] K. Ritz, H.I.J. Black, C.D. Campbell, J.A. Harris, C. Wood (2009), "Selecting biological indicators for monitoring soils: A framework for balancing scientific and technical opinion to assist policy development", *Ecological Indicators*, **9**, pp.1212-1221.
- [5] X.Q. Ngo, N.C. Nguyen, N. Smol, L. Prozorova and A. Vanreusel (2016), "The strong link of intertidal nematode communities with sediment features in the Mekong estuaries provides a useful tool for biomonitoring", *Environmental Monitoring and Assessment*, **188**(2), pp.1-16.
- [6] R.M. Warwick (1986), "A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities", *Mar. Biol.*, **92**, pp.557-562.
- [7] J.J. Beukema (1988), "An evaluation of the ABC-method (abundance/biomass comparison) as applied to macrozoobenthic communities living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea", *Mar. Biol.*, **99**, pp.425-433.
- [8] R.M. Warwick (1988), "Effects on community structure of a pollutant gradient - summary", *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **46**, pp.207-211.
- [9] M.M. Patrick & D. Jacky (1990), "Use of the abundance/biomass comparison method for detecting environmental stress: some considerations based on intertidal macrozoobenthos and bird communities", *Journal of Applied Ecology*, **27**, pp.210-223.
- [10] J.B.R. Agard, J. Gobin & R.M. Warwick (1993), "Analysis of marine macrobenthic community structure in relation to pollution, natural oil seepage and seasonal disturbance in a tropical environment (Trinidad, West Indies)", *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **92**, pp.233-243.
- [11] D.M. Simin, S.M.B. Nabavi, G.M. Jasem, J. Najmeh & K. Emad (2012), *Application of abundance biomass curve in ecological health assessment of Khure-Mussa (Northwest of the Persian Gulf)*.
- [12] K.R. Clarke, (1990), "Comparisons of dominance curves", *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **138**, pp.143-157.
- [13] R.M. Warwick & K.R. Clarke (1994), "Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities", *Mar. Biol.*, **118**, pp.739-744.
- [14] K.R. Clarke & R.M. Warwick (2001), "Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation", *PRIMER-E Ltd, 2nd edition. Plymouth. Marine Laboratory, UK.*, 175pp.
- [15] J. Vidakovic' & I. Bogut (2004), "Aquatic nematodes of Sakadaš lake (Kopački rit Nature Park, Croatia)", *Biologia, Bratislava*, **59**(5), pp.567-575.
- [16] R.A.O. Sabeel & A. Vanreusel (2015), "Potential impact of mangrove clearance on biomass and biomass size spectra of nematode along the Sudanese Red Sea coast", *Marine Environmental Research*, **103**, pp.46-55.
- [17] Nguyễn Vũ Thanh (2005), "Sử dụng phương pháp ABC và hệ điểm BMWP^{VIETNAM} đánh giá nhanh chất lượng nước sông Cầu", *Tạp chí Khoa học công nghệ*, **43**(1), tr.58-68.
- [18] M. Vincx (1996), "Meiofauna in marine and freshwater sediments. In G.S. Hall (Ed.), *Methods for the examination of organismal diversity in soils and sediments*", Wallingford, UK: CAB International, pp.187-195.
- [19] R.M. Warwick, H.M. Platt & P.J. Somerfield (1998), "Free living marine nematodes. Part III. Monhysterids", *The Linnean Society of London and the Estuarine and Coastal Sciences Association, London*, 296p.
- [20] A. Zullini (2005), "Identification manual for freshwater nematode genera", *Ghent University*, 210p.
- [21] Nguyễn Vũ Thanh (2007), *Động vật chỉ Việt Nam - Giun tròn sống tự do (các bộ: Monhysterida, Araeolaimida, Chromadorida, Rhabditida, Enoplida, Mononchida, Dorylaimida)*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 458 tr.
- [22] W. Wieser (1953), "Die Beziehung zwischen Mundhöhlengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden". *Ark. Zool.*, **2**, pp.439-484.
- [23] T.M.Y. Nguyen & X.Q. Ngo (2015), "Rapid assessment of sediment environmental quality in the SaiGon River harbors by applying MI index and cp triangle of free living nematodes", *The proceeding of International workshop on environment and climate change - challenge, response and*