

Diversity of phytoplankton in lower Thu Bon river and Cu Lao Cham

Huynh Thi Ngoc Duyen*, Phan Tan Luom, Tran Thi Le Van, Tran Thi Minh Hue,
Nguyen Ngoc Lam, Doan Nhu Hai

Institute of Oceanography, VAST, Vietnam

*E-mail: ngocduyen07mt@gmail.com

Received: 30 July 2019; Accepted: 6 October 2019

©2019 Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

Abstract

Data on characteristics of phytoplankton communities is important scientific information in marine ecosystem, especially in assessment of environmental impacts on biodiversity in a specific waters. In the present study, two-year phytoplankton data was analyzed for species diversity, community structure changes and variation in 4 adjacent waters: Lower Thu Bon river (TB), transition waters (CT), Cu Lao Cham island (CLC) and offshore site (BM) to provide basic scientific data of phytoplankton communities, compare and assess seasonal changes and possible linkage of these adjacent waters. A total of 364 phytoplankton taxa of 12 classes were identified, showing high diversity and with seasonal variation of the investigated waters. There was strong difference of phytoplankton communities among the adjacent waters with low similarity index and the change of dominant species seasonally in each area. The species richness and diversity in the lower Thu Bon river were lower than in other areas. Variation of phytoplankton abundance and diversity along the river transect showed changes in species composition between the dry and rainy seasons but with similar trend in abundance. The low community similarity between the adjacent waters and the transition waters may indicate low impacts of river flow on phytoplankton communities in the coastal waters.

Keywords: Diversity index, phytoplankton, lower Thu Bon river, Cu Lao Cham.

Đa dạng thực vật phù du khu vực hạ lưu sông Thu Bồn và Cù Lao Chàm

Huỳnh Thị Ngọc Duyên*, Phan Tấn Lượm, Trần Thị Lê Vân, Trần Thị Minh Huệ,
Nguyễn Ngọc Lâm, Đoàn Như Hải

Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam

*E-mail: ngocduyen07mt@gmail.com

Nhận bài: 30-7-2019; Chấp nhận đăng: 6-10-2019

Tóm tắt

Dữ liệu đặc trưng quần xã thực vật phù du là thông tin khoa học quan trọng trong hệ sinh thái biển, đặc biệt là trong đánh giá các tác động môi trường đến đa dạng loài ở một thủy vực. Trong bài báo này, số liệu 2 năm về đa dạng loài và biến động quần xã thực vật phù du của 4 khu vực khảo sát liên kề: Hạ lưu sông Thu Bồn, vùng chuyển tiếp, ven Cù Lao Chàm và vùng biển mở được phân tích nhằm cung cấp thông tin cơ bản, so sánh và đánh giá tác động mùa và tính liên kết của các thủy vực liên kề hạ lưu sông Thu Bồn. Kết quả ghi nhận 364 loài và dưới loài (taxa) thuộc 12 lớp thực vật phù du cho thấy thủy vực ven bờ có tính đa dạng cao và thay đổi theo mùa. Phân tích cũng chỉ ra sự khác biệt lớn giữa các vùng khảo sát với chỉ số giống nhau thấp giữa các vùng và có sự thay đổi của thành phần loài ưu thế ở mỗi khu vực và mùa. Vùng hạ lưu sông Thu Bồn có độ giàu có loài và đa dạng loài thấp hơn các vùng chuyển tiếp, ven Cù Lao Chàm và biển mở. Diễn biến mật độ và đa dạng loài trong mặt cắt cửa sông - biển mở cho thấy có sự thay đổi thành phần loài giữa mùa mưa và mùa khô trong vùng cửa sông nhưng xu thế biến động mật độ là khá tương tự nhau. Cùng với mức độ giống nhau thấp giữa quần xã thực vật phù du hạ lưu sông Thu Bồn và vùng chuyển tiếp cho thấy có thể dòng vật chất từ sông tác động đến quần xã thực vật phù du là không lớn ở khu vực ngoài cửa sông.

Từ khóa: Chỉ số đa dạng, thực vật phù du, hạ lưu sông Thu Bồn, Cù Lao Chàm.

MỞ ĐẦU

Quần xã thực vật phù du (TVPD) đóng vai trò quan trọng trong các chu trình sinh địa hóa, là mắt xích cơ sở của các lưới thức ăn thủy vực, và đóng góp hơn một nửa năng suất toàn cầu [1, 2]. Trong quá trình sinh trưởng và phát triển, TVPD chịu tác động bởi nhiều yếu tố môi trường, động lực, thủy văn cũng như các tương tác giữa các sinh vật. Ngoài những tác động của yếu tố tự nhiên, những tương tác của hoạt động dân sinh hay cộng hưởng các tác động của con người và tự nhiên lên hệ sinh thái thủy vực vẫn chưa được nghiên cứu nhiều. Vì vậy, hiểu biết về quần xã TVPD trong một vùng địa lý cụ thể sẽ là cơ sở khoa học trong việc đánh giá các đặc trưng sinh thái khu vực.

Quảng Nam là tỉnh thuộc vùng đồng bằng duyên hải miền Trung, có bờ biển chạy dài trên 125 km, có 15 hòn đảo lớn nhỏ ngoài khơi. Vùng biển ven bờ chịu ảnh hưởng bởi hai hệ thống sông Vu Gia-Thu Bồn và sông Trường Giang. Những đánh giá gần đây về ảnh hưởng của các công trình xây dựng trong lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn cho thấy các tác động tiêu cực đến vùng hạ lưu bao gồm xả thải ô nhiễm và tác động đến dòng chảy và xâm nhập mặn [3]. Đến nay, các nghiên cứu về TVPD vùng biển Quảng Nam, đặc biệt là đánh giá những tác động của môi trường, vẫn còn rất hạn chế. Chỉ có một số khảo sát được thực hiện trong chương trình hợp tác nghiên cứu khoa học Việt Nam - Thụy Điển (tháng 7/2006–3/2007) về đa

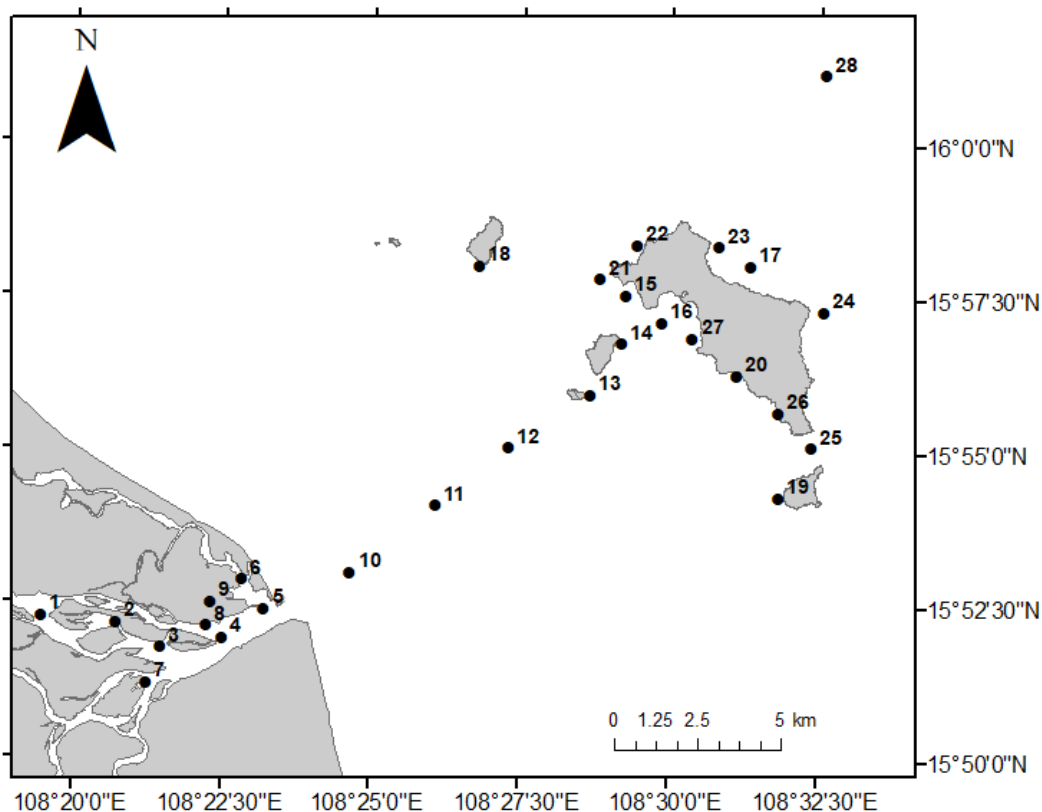
dạng TVPD liên quan đến tình trạng san hô; đề tài “Điều tra và đề xuất giải pháp quản lý, sử dụng bền vững đối với tài nguyên đa dạng sinh học ở Khu Dự trữ sinh quyển thế giới Cù Lao Chàm - Hội An” (11/2015–6/2016); và đề tài nghiên cứu cơ bản (NAFOSTED, 5/2017) “Nghiên cứu cơ bản đa dạng sinh học Sinh vật phù du biển Việt Nam: Sinh học, sinh thái các loài vi tảo roi và ứng dụng kỹ thuật phân tử để hỗ trợ việc xác định loài”. Tuy nhiên, một số dữ liệu từ các đề tài trên vẫn chưa được công bố, vì vậy nghiên cứu này đã tổng hợp và phân tích số liệu nhằm cung cấp những thông tin về đa dạng loài, cấu trúc, biên động của quần xã TVPD trong khu vực hạ lưu sông Thu Bồn và Cù Lao Chàm do phòng Sinh vật phù du biển thực hiện từ năm 2015 đến 2016.

TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Khu vực nghiên cứu và địa điểm thu mẫu

Nghiên cứu sử dụng 105 mẫu định tính và định lượng TVPD được thu tại 28 trạm từ 4 khu

vực khảo sát thuộc thủy vực Hội An - Quảng Nam trong các thời điểm: Tháng 11/2015, tháng 5/2016 và tháng 6/2016 (hình 1). Bốn khu vực khảo sát bao gồm: Khu vực hạ lưu sông Thu Bồn (36 mẫu, từ trạm 1 đến trạm 9); Vùng chuyên tiếp (12 mẫu, trạm 10, 11, 12); Khu vực ven Cù Lao Chàm (45 mẫu, từ trạm 13 đến trạm 27); và Vùng biển mở (12 mẫu, trạm 28). Trong đó, hầu hết các mẫu định lượng chỉ được thu tại tầng mặt (độ sâu 0,5 m), ngoại trừ các mẫu trạm biển mở bao gồm cả tầng mặt và đáy (50 m). Việc phân chia các khu vực khảo sát dựa trên vị trí địa lý nhằm đánh giá các ảnh hưởng khác nhau lên sự biến đổi quần xã TVPD, cụ thể: Khu vực hạ lưu sông Thu Bồn chịu ảnh hưởng từ nguồn nước sông và hoạt động dân sinh; Vùng chuyên tiếp chịu ảnh hưởng từ sông và các yếu tố khác của khu vực biển gần bờ; Khu vực ven Cù Lao Chàm ảnh hưởng bởi hoạt động dân sinh khu vực quanh đảo; Vùng biển mở ít chịu ảnh hưởng của hoạt động dân sinh cũng như các yếu tố gần bờ.



Hình 1. Sơ đồ vị trí các trạm khảo sát (●) trong thủy vực hạ lưu sông Thu Bồn và vùng biển Cù Lao Chàm, Quảng Nam

Phương pháp thu và phân tích mẫu

Mẫu định tính

Mẫu định tính dùng trong phân tích thành phần loài TVPD được thu bằng lưới chóp có đường kính miệng lưới 30 cm và kích thước mắt lưới 25 μm , kéo nhiều lần theo hướng từ gần đáy lên mặt. Các mẫu thu được cho vào lọ nhựa màu tối và cố định ngay bằng dung dịch formalin (nồng độ cuối là 5%), bảo quản mẫu ở điều kiện tối/mát cho đến khi được phân tích trong phòng thí nghiệm.

Các mẫu định tính TVPD được phân tích bằng phương pháp so sánh hình thái. Quan sát và ghi nhận thành phần loài trong khoảng từ 3–5 lam kính cho mỗi vật mẫu dưới kính hiển vi quang học LEICA-DMLB (Đức) ở các độ phóng đại khác nhau. Riêng đối với nhóm tảo hai roi có vỏ giáp, các vật mẫu được nhuộm bằng dung dịch Calcofluor-white và quan sát dưới kính hiển vi quang học LEICA-DMLB (Đức) kết hợp với thiết bị huỳnh quang, cùng với máy chụp ảnh kỹ thuật số Olympus-DP71 để ghi lại hình ảnh của loài.

Các loài TVPD được định danh theo các tài liệu của Graham & Bronikovsky (1944) [4], Hoàng Quốc Trương (1962 & 1963) [5, 6], Shiota (1966) [7], Abé (1981) [8], Balech (1988) [9], Trương Ngọc An (1993) [10], Licea et al., (1995) [11], Moreno et al., (1996) [12], Tomas (1996) [13], Larsen & Nguyen-NGOC (2004) [14], Nguyen-NGOC & Larsen (2008) [15], Nguyen-NGOC et al., (2012) [16], Doan-Nhu et al., (2014) [17], Phan Tấn Lượm và nnk., (2016) [18], Phan-Tan et al., (2017) [19]. Danh pháp và các bậc phân loại được cập nhật theo Guiry & Guiry (2019) [20].

Mẫu định lượng

Các mẫu định lượng được thu bằng chai Niskin có thể tích 5 l tại các độ sâu khác nhau (tùy theo trạm). Mẫu nước sau khi thu được cho vào chai nhựa PET và cố định ngay bằng dung dịch lugol trung tính, bảo quản mẫu trong tối/mát cho tới khi phân tích ở trong phòng thí nghiệm.

Mật độ tế bào TVPD được xác định bằng phương pháp lắng và đếm bằng buồng đếm Sedgewick-Rafter có thể tích 1.000 μl [21].

Để đếm số lượng tảo hai roi có vỏ giáp, nhuộm mẫu bằng thuốc nhuộm Calco-fluor

white theo Andersen và Kristensen (1995) [22], Fritz và Triemer (1985) [23] trước khi quan sát dưới kính hiển vi huỳnh quang.

Đối với vi khuẩn lam *Microcystis*, số lượng tế bào được đếm trên một tập đoàn chuẩn với kích thước xác định, sau đó xác định kích thước của các tập đoàn có trong mẫu đếm. Số lượng tế bào được tính dựa trên tỉ lệ giữa tập đoàn chuẩn và tập đoàn đếm.

Đánh giá tính đa dạng của quần xã thực vật phù du

Các chỉ số sinh thái được tính bằng phần mềm Primer 6.0 (Primer-E Ltd, Plymouth UK) với các công thức như sau:

Độ giàu có loài (Margalef):

$$d = (S - 1) / \log(N) \quad [24]$$

Chỉ số cân bằng Pielou:

$$J' = H' / \log(S) \quad [25]$$

Chỉ số đa dạng Shannon:

$$H' = -\sum(P_i * \log_2(P_i)) \quad [26]$$

So sánh sự giống nhau về thành phần loài giữa các mùa và khu vực bằng chỉ số giống nhau (similarity index) của Bray và Curtis (1957):

$$BC_{ij} = 1 - \frac{2C_{ij}}{S_i + S_j} \quad [27]$$

Chỉ số đa dạng Simpson:

$$(D) = \frac{1}{\sum_{i=1}^s P_i^2} \quad [28]$$

Trong đó: N : Tổng số cá thể của trạm/mẫu; S : tổng số loài trong 1 mẫu; P_i : Tần suất của loài i trong 1 mẫu = xác suất bắt gặp loài i trong 1 mẫu; C_{ij} : Tổng các loài giống nhau giữa 2 mẫu i và j ; S_i và S_j là số lượng loài của mỗi mẫu.

Xử lý số liệu

Số liệu được trích xuất từ cơ sở dữ liệu PlanktonSys (Bioconsult, Đan Mạch), chuyển dạng thành file bảng tính, so sánh, cập nhật, đồng hóa dữ liệu loài và các bậc phân loại cao hơn loài theo Guiry & Guiry (2019) [20].

Số liệu định tính và định lượng mật độ tế bào TVPD được xử lý bằng phần mềm Excel

Microsoft Office 2016. Sử dụng phần mềm R v3.6.0/RStudio trong các phân tích thống kê với các gói phân tích “coin”, “ggplot2”, “plyrd”, “pgirmess” và “vegan” [29–32].

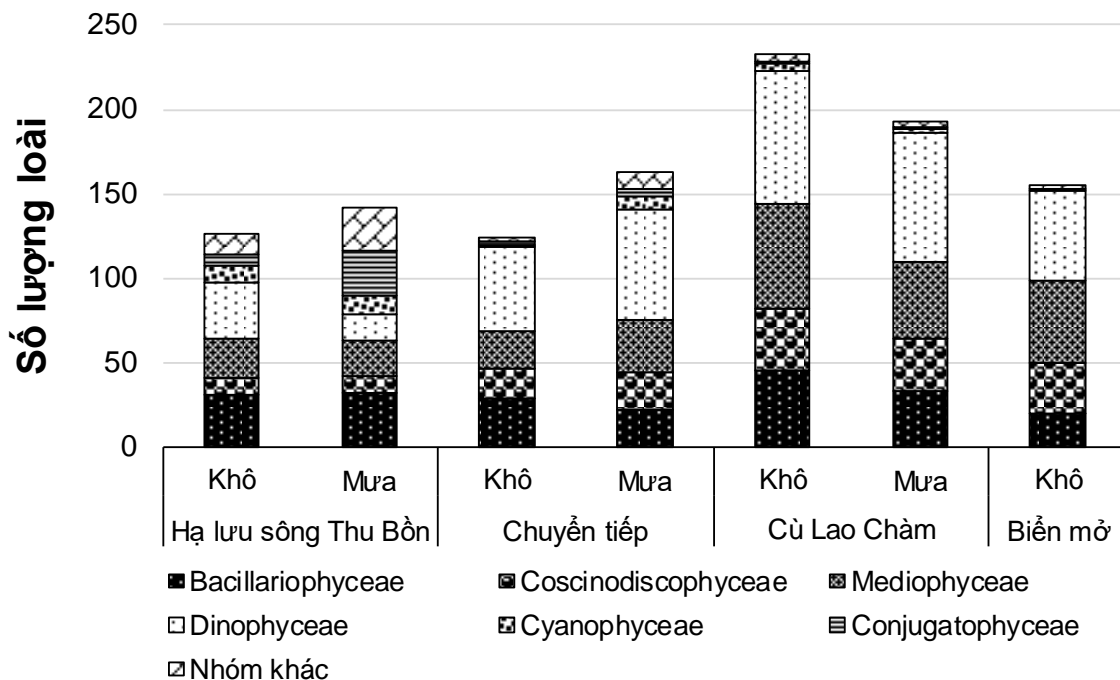
KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Thành phần loài thực vật phù du thủy vực hạ lưu sông Thu Bồn, vùng chuyển tiếp, khu vực ven Cù Lao Chàm và vùng biển mở

Kết quả phân tích 51 mẫu định tính TVPD được thu vào mùa mưa (tháng 11/2015) và mùa khô (tháng 5 và 6/2016) từ 4 khu vực khảo sát đã ghi nhận được 364 taxa thuộc 12 lớp tảo: Dinophyceae (103 taxa), Mediophyceae (78 taxa), Bacillariophyceae (59 taxa), Coscinodiscophyceae (46 taxa), Conjugatophyceae (30 taxa), Chlorophyceae (17 taxa), Cyanophyceae (16 taxa) và 5 lớp khác gồm 14 taxa (trong đó: Trebouxiophyceae (8 taxa), Euglenophyceae (3 taxa), Dictyochophyceae (2 taxa), lớp tảo silic chưa

xác định (1 taxon) và Chrysophyceae (1 taxon). Như vậy, số lượng loài và dưới loài nhiều nhất là tảo silic (184), kế tiếp là tảo hai roi (103), còn lại là các nhóm tảo lục, vi khuẩn lam, tảo mắt, tảo xương cát, tảo tiếp hợp (Conjugatophyceae), Trebouxiophyceae và tảo vàng ánh (Chrysophyceae).

Trong 4 khu vực khảo sát, số lượng loài TVPD được ghi nhận cao nhất ở Cù Lao Chàm vào mùa khô (233 taxa) và thấp nhất là vùng chuyển tiếp trong mùa khô (124 taxa). Nhìn chung, số loài xuất hiện vào mùa mưa ở 2 vùng hạ lưu sông Thu Bồn và vùng chuyển tiếp (142 và 163 taxa) cao hơn mùa khô (126 và 124 taxa), tuy nhiên sự chênh lệch số lượng loài giữa hai mùa không đáng kể. Ngược lại, khu vực ven Cù Lao Chàm, số lượng loài vào mùa khô (233 taxa) cao hơn hẳn so với mùa mưa (193 taxa) và đều cao hơn số lượng loài ở vùng biển mở vào mùa khô (chỉ với 155 taxa) (hình 2).



Hình 2. Số lượng loài TVPD theo các lớp trong từng khu vực, ở mùa khô và mùa mưa

Nhìn chung, thành phần loài ở hầu hết các khu vực chủ yếu là tảo silic (44–64%) và tảo hai roi (26–40%), trừ khu vực hạ lưu sông Thu Bồn vào thời điểm mùa mưa, nhóm tảo silic vẫn chiếm ưu thế (> 40%) nhưng các loài tảo

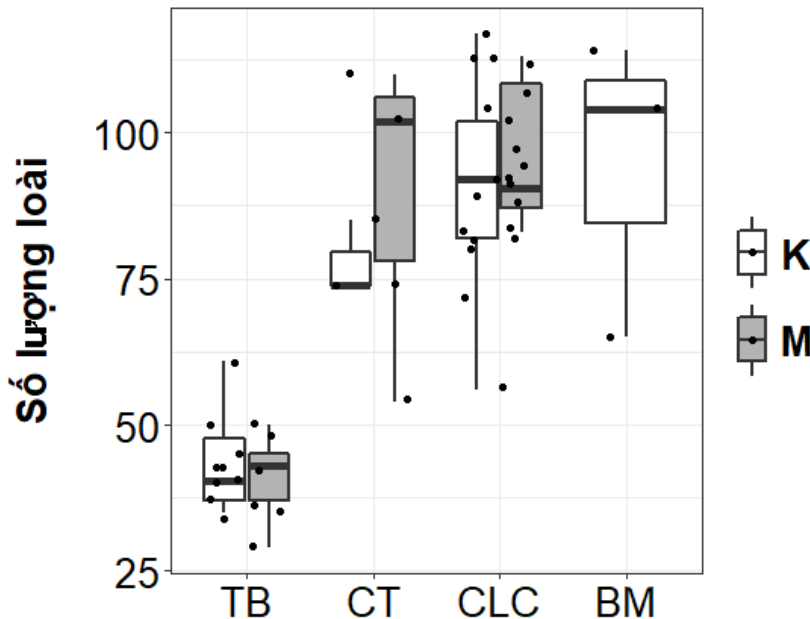
nước ngọt tăng lên khoảng 40%, nhiều hơn thời điểm mùa khô trong khi tảo hai roi giảm xuống chỉ còn 11% (hình 2).

So sánh số lượng loài theo từng mùa không thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê

(kiểm định hoán vị, $p > 0,05$). So sánh giữa các vùng, số lượng loài có sự khác biệt giữa khu vực hạ lưu sông Thu Bồn với tất cả các khu vực còn lại (hậu kiểm định phi tham số Kruskal-Wallis, $\alpha < 0,05$).

Phân tích đồng thời hai yếu tố mùa và khu vực khảo sát, số lượng loài thuộc khu

vực hạ lưu sông Thu Bồn khác biệt rõ rệt so với khu vực Cù Lao Chàm ở cả mùa mưa và mùa khô. Sự khác biệt về thành phần loài còn thể hiện rõ giữa khu vực hạ lưu sông Thu Bồn vào mùa mưa và khu vực biển mở vào mùa khô (hậu kiểm định phi tham số Kruskal-Wallis, $\alpha < 0,05$).



Hình 3. Biểu đồ hộp về số lượng loài TVPD ở 4 khu vực: Hạ lưu sông Thu Bồn (TB), vùng chuyển tiếp (CT), Cù Lao Chàm (CLC), biển mở (BM) vào mùa khô (K) và mùa mưa (M)

So sánh thành phần loài TVPD ở khu vực hạ lưu sông Thu Bồn và Cù Lao Chàm với một số thủy vực ven bờ khác thuộc vùng biển miền trung Việt Nam thấy rằng, khu vực nghiên cứu có số lượng loài cao hơn, như vịnh Đà Nẵng với 316 taxa được ghi nhận từ năm 2002–2016 [33], vịnh Nha Trang với 336 taxa với số liệu từ năm 2015–2018 (số liệu chưa công bố). Đáng chú ý là nghiên cứu này bao gồm các trạm trong vùng hạ lưu sông Thu Bồn, nên bao gồm cả 70 loài tảo nước ngọt.

Biến động đa dạng TVPD theo từng khu vực

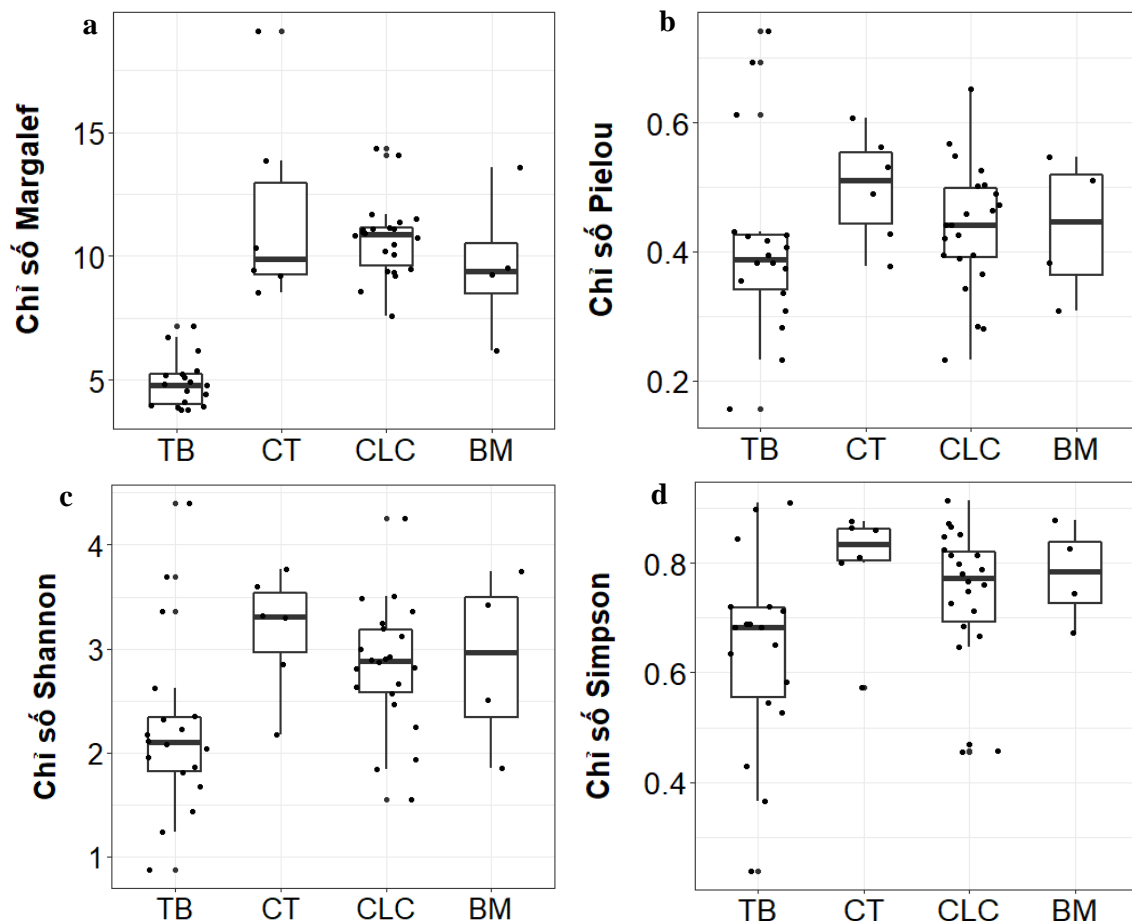
Phân tích và so sánh các chỉ số giàu có loài Margalef, chỉ số cân bằng Pielou, các chỉ số đa dạng Shannon và Simpson cho thấy, giữa các khu vực không có sự khác biệt của 2 chỉ số là Pielou và Simpson (kiểm định phi tham số Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) (hình 4b, 4d). Tuy nhiên, các chỉ số Margalef và chỉ số Shannon

lại có sự khác biệt giữa các khu vực (kiểm định phi tham số Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Với chỉ số Margalef, có sự khác biệt rõ giữa khu vực hạ lưu sông Thu Bồn so với khu vực chuyển tiếp và Cù Lao Chàm (hậu kiểm định phi tham số Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$) (hình 4a). Còn đối với chỉ số Shannon, thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa khu vực hạ lưu sông Thu Bồn và vùng chuyển tiếp (hậu kiểm định phi tham số Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$) (hình 4c). Như vậy, có sự khác biệt giữa 3 khu vực hạ lưu sông Thu Bồn, vùng chuyển tiếp và Cù Lao Chàm về độ giàu có loài trong khi đa dạng loài chỉ khác biệt ở vùng hạ lưu sông với vùng chuyển tiếp.

Biểu đồ hộp (hình 4a) cho thấy độ giàu có loài (Margalef) của khu vực hạ lưu sông Thu Bồn thấp nhất so với các khu vực còn lại. Quần xã TVPD ở vùng chuyển tiếp có sự cân bằng và độ đa dạng cao hơn các khu vực khác qua giá

trị trung vị của các chỉ số Pielou, Shannon và Simpson (hình 4). Các chỉ số đa dạng có độ phân tán rộng ở tất cả bốn khu vực, đặc biệt là chỉ số cân bằng Pielou ở khu vực Cù Lao Chàm và chỉ số đa dạng Simpson ở khu vực hạ lưu

sông Thu Bồn. Điều này có thể phản ánh được sự thay đổi cấu trúc quần xã TVPD giữa mùa khô và mùa mưa và thậm chí cả giữa các vị trí thu mẫu của từng khu vực.



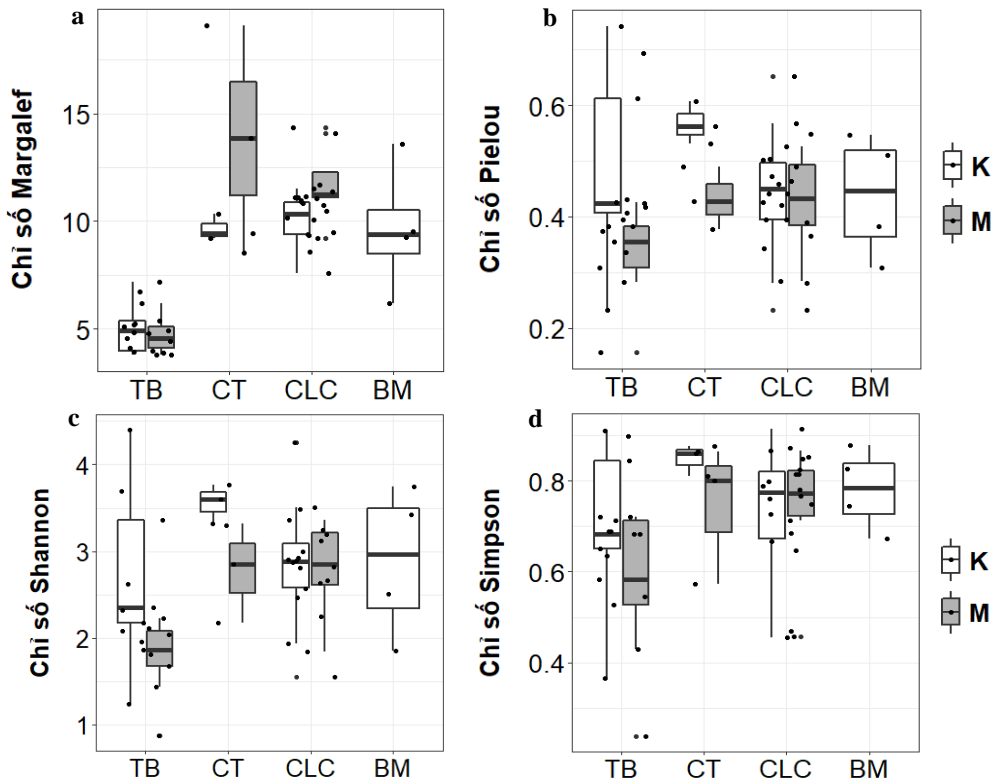
Hình 4. a–d. Biểu đồ hộp thể hiện chỉ số đa dạng sinh học của 4 khu vực khảo sát: Hạ lưu sông Thu Bồn (TB), vùng chuyên tiếp (CT), Cù Lao Chàm (CLC) và vùng biển mở (BM)

Biến động đa dạng TVPD theo mùa và khu vực khảo sát

Phân tích đồng thời các chỉ số đa dạng giữa bốn khu vực vào mùa khô và mùa mưa có thể thấy sự khác biệt của các chỉ số Margalef, Pielou, và Shannon (kiểm định phi tham số Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), nhưng không thấy sự khác biệt của chỉ số đa dạng Simpson (kiểm định Kruskal-Wallis, $p > 0,05$).

Quần xã TVPD khu vực hạ lưu sông Thu Bồn có độ giàu có loài thấp hơn nhiều so với các khu vực khác trong cả mùa khô và mùa

mưa (hình 5a). Tuy vậy, sự khác biệt này chỉ có ý nghĩa thống kê với khu vực Cù Lao Chàm và vùng chuyên tiếp (hậu kiểm định Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$). Đa dạng loài (chỉ số Shannon) của quần xã TVPD thuộc vùng chuyên tiếp và Cù Lao Chàm vào mùa khô cao hơn và cân bằng hơn so với khu vực hạ lưu sông Thu Bồn vào mùa mưa (hậu kiểm định Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$). Ở từng khu vực, các chỉ số Pielou, Shannon và Simpson đều không có sự khác biệt theo mùa.



Hình 5. a–d. Biểu đồ hộp thể hiện các chỉ số đa dạng sinh học giữa mùa khô và mùa mưa ở bốn khu vực khảo sát

Kết quả phân tích Simper (Similarity Percentage) dựa trên số liệu mật độ loài theo yếu tố khu vực và mùa cho thấy có sự khác nhau rõ rệt về các loài ưu thế giữa các khu vực cũng như giữa mùa khô và mùa mưa (bảng 1). Hầu hết các loài ưu thế được phân biệt khá rõ ở từng khu vực khảo sát. Quần xã TVPD ở khu vực hạ lưu sông Thu Bồn và chuyển tiếp ưu thế bởi các loài tảo nước ngọt như *Microcystis* sp., *Staurastrum* sp., *Anabaenopsis* sp., vi khuẩn lam *Phormidium* sp. và tảo silic trung tâm rộng nhiệt, thích ứng với độ muối thấp vùng ven bờ như *Chaetoceros subtilis*, *Aulacoseira granulate*. Trong khi đó, khu vực quanh đảo Cù Lao Chàm và ngoài khơi ưu thế bởi silic trung tâm *Chaetoceros lorenzianus*, các loài silic lông chim *Pseudo-nitzschia* spp., *Thalassionema frauenfeldii*. Nhóm tảo hai roi KXĐ (không xác định) có kích thước nhỏ (< 20 μm) là nhóm ưu thế trong 3 khu vực từ hạ lưu sông Thu Bồn vùng chuyển tiếp (mùa khô) và khu vực quanh Cù Lao Chàm (cả hai mùa). Ngoài ra, thành phần các loài chiếm ưu thế còn

cho thấy được sự biến đổi rõ ràng giữa mùa mưa và mùa khô ở các vùng khảo sát (bảng 1). Tảo silic, đặc biệt là chi tảo silic trung tâm dạng chuỗi *Chaetoceros*, chiếm ưu thế ở tất cả các khu vực khảo sát, điều này phù hợp với hầu hết các thủy vực khác trên thế giới. Tảo silic có những đặc điểm để thích nghi tốt với nhiều môi trường khác nhau, như chúng có thể phát triển ở vùng nước có độ xáo trộn lớn, từ những tế bào được nối dạng chuỗi dài thì chúng có thể phân tách thành những chuỗi ngắn hơn nhằm đảm bảo sự tồn tại dưới điều kiện môi trường xáo trộn mạnh [34].

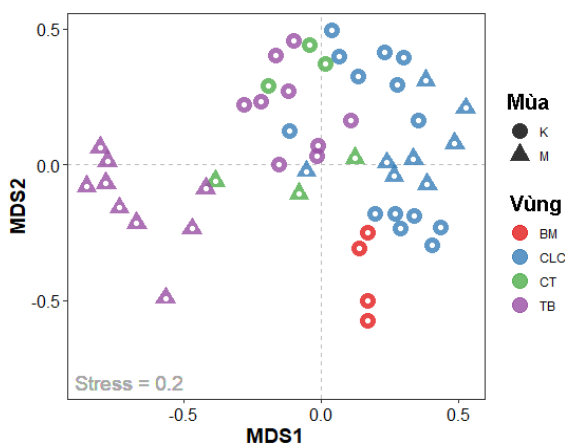
Nhìn chung, chỉ số giống nhau trung bình giữa các mẫu trong các khu vực và các mùa có sự biến động lớn, từ 19–56%. Quần xã TVPD từ khu vực hạ lưu sông Thu Bồn và vùng chuyển tiếp có chỉ số này cao hơn ở mùa khô so với mùa mưa. Tuy nhiên chỉ số này cao nhất ở vùng chuyển tiếp vào mùa khô (55,81%) và thấp nhất (18,65%) vào mùa mưa nhưng lại không khác nhiều ở vùng hạ lưu sông Thu Bồn. Điều này cho thấy ở vùng chuyển tiếp, thành

phần loài TVPD trong mùa khô của toàn khu vực thu mẫu là khá giống nhau nhưng lại rất khác biệt trong mùa mưa. Ngược lại, sự khác biệt giữa các trạm trong vùng hạ lưu sông Thu Bồn là rất lớn trong cả hai mùa mưa và khô. Ở vùng chuyển tiếp, có thể dinh dưỡng từ đất liền trong mùa mưa đã có ảnh hưởng khác nhau đến quần xã TVPD dựa trên vị trí địa lý của các trạm từ bờ ra khơi trong khu vực này. Ở hạ lưu sông Thu Bồn, biến động độ muối của các trạm

đọc sông có thể là yếu tố tác động đến quần xã TVPD. Ngược lại, các mẫu TVPD quanh Cù Lao Chàm có chỉ số giống nhau trung bình vào mùa mưa cao (30,09%) cao hơn mùa khô (19,21%). Ở vùng biển mở, mặc dù các mẫu được thu cùng một trạm vào mùa khô, chỉ khác nhau tại các thời điểm thu nhưng chỉ số giống nhau trung bình giữa các mẫu rất thấp (chỉ 19,18%), do sự khác biệt tầng thu mẫu mặt và đáy (bảng 1).

Bảng 1. Tỷ lệ (%) về mật độ tế bào trung bình của các loài ưu thế theo khu vực và mùa

Loài ưu thế	Thu Bồn- mùa khô	Thu Bồn- mùa mưa	Chuyên tiếp-mùa khô	Chuyên tiếp-mùa mưa	Cù Lao Chàm-mùa khô	Cù Lao Chàm-mùa mưa	Biển mở-mùa khô
<i>Chaetoceros subtilis</i>	39,72						
<i>Chaetoceros</i> spp.	16,61			35,99		7,38	2,57
<i>Skeletonema</i> sp.	8,16						
Tảo hai roi KXĐ (< 20 µm)	6,47		11,94		22,02	7,48	
<i>Anabaenopsis</i> sp.	4,26	5,79					
<i>Phormidium</i> sp.	3,71		48,88				
<i>Microcystis</i> sp.		31,29					
<i>Aulacoseira granulata</i>		27,63					
<i>Staurastrum</i> sp.		22,31					
Tảo silic lông chim KXĐ (10–20 µm)			8,00				
<i>Aulacoseira granulata</i>				27,29			
<i>Tripos furca</i>				15,82	3,68		
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.					26,78	15,97	25,36
<i>Trichodesmium thiebautii</i>					3,97	30,58	
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>						15,19	
<i>Proboscia alata</i>							24,83
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>							22,51
Chỉ số giống nhau giữa các mẫu (%)	24,03	20,11	55,81	18,65	19,21	30,09	19,18



Hình 6. Đồ thị đa chiều phi tham số NMDS chỉ số giống nhau về thành phần loài TVPD

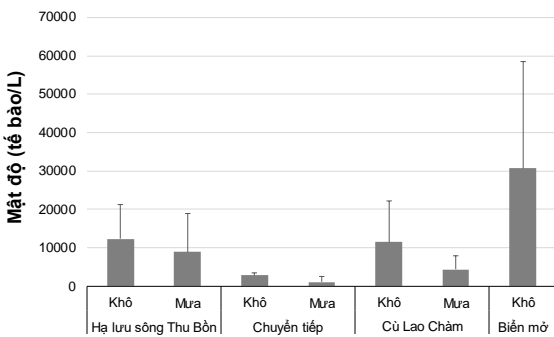
Phân tích đa chiều phi tham số NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling) dựa

trên mật độ tế bào cho thấy có sự khác biệt rõ rệt giữa thành phần TVPD hạ lưu sông Thu Bồn ở mùa mưa và mùa khô cũng như so với các khu vực còn lại ở cả hai mùa. Bên cạnh đó, vào mùa khô, thành phần loài được thu ở vùng biển mở cũng khác nhiều so với các khu vực còn lại, trừ một số mẫu từ Cù Lao Chàm. Nhìn chung, đồ thị đa chiều cho thấy các mẫu có độ phân tán rộng, ít phân bố thành từng cụm cũng đã thể hiện sự khác biệt khá lớn về thành phần TVPD theo từng vị trí khác nhau vào các thời điểm khác nhau, đặc biệt là khu vực quanh Cù Lao Chàm (hình 6).

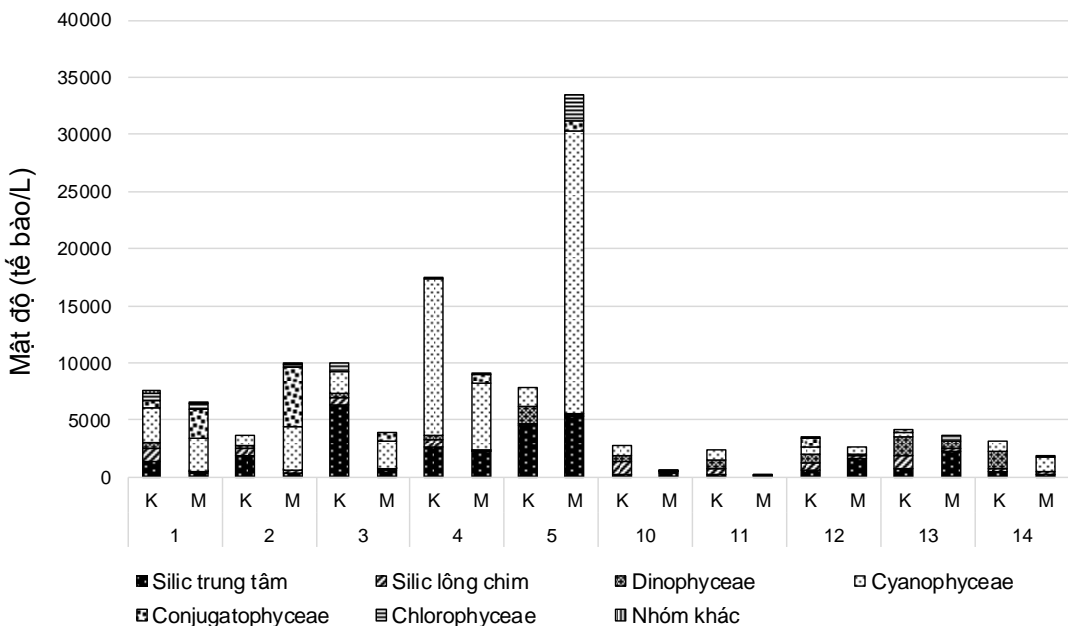
Biến động mật độ TVPD khu vực hạ lưu sông Thu Bồn và Cù Lao Chàm

Mật độ tế bào TVPD tăng mật của các khu vực hạ lưu sông Thu Bồn, chuyên tiếp và Cù Lao Chàm ở mùa khô cao hơn mùa mưa (kiểm

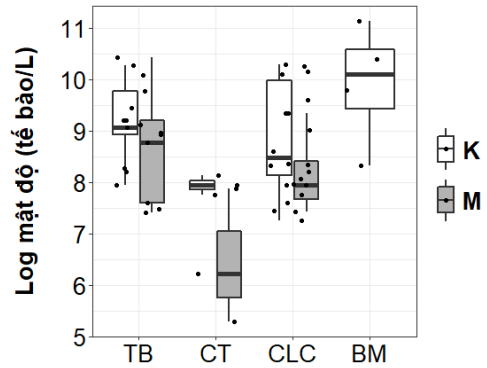
định hoán vị, $p < 0,05$) (hình 7–8). Mật độ tế bào TVPD ở khu vực biển mở (30.718 ± 27.674 tế bào/l) cao hơn các khu vực còn lại, với giá trị cực đại là 68.453 tế bào/l. Mật độ tế bào trung bình ở khu vực chuyên tiếp vào mùa mưa thấp nhất (1.115 ± 1.331 tế bào/l), với giá trị cực tiểu chỉ 198 tế bào/l. Nhìn chung mật độ tảo trung bình tại tầng mặt của các khu vực gần bờ thấp (< 20.000 tế bào/l), thấp hơn so với các khu vực khác như bán đảo Sơn Trà [33] và một số khu vực của vịnh Nha Trang hay vịnh Vân Phong (số liệu chưa công bố).



Hình 7. Biến động mật độ trung bình của TVPD thủy vực Hội An - Quảng Nam giữa mùa khô và mùa mưa



Hình 9. Biến động mật độ TVPD mùa khô (K) và mùa mưa (M) mặt cắt từ hạ lưu sông Thu Bồn đến Cù Lao Chàm (với các trạm phía trong cửa sông: 1, 2, 3; cửa sông: 4, 5; vùng chuyên tiếp: 10, 11, 12 và Cù Lao Chàm: 13, 14)



Hình 8. Biểu đồ hộp so sánh mật độ tế bào TVPD giữa mùa khô và mùa mưa trong các khu vực khảo sát

Phân tích sự biến động mật độ TVPD giữa 4 khu vực thấy được sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về mật độ loài giữa vùng chuyên tiếp với khu vực hạ lưu sông Thu Bồn và vùng biển mở (hệ kiểm định phi tham số Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$).

Tuy nhiên, kết quả phân tích mật độ TVPD theo hai yếu tố vùng và mùa chỉ thấy được sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa vùng biển mở (mùa khô) với vùng chuyên tiếp (mùa mưa) (hệ kiểm định Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$).

Xét diễn biến mật độ TVPD đối với mặt cắt từ khu vực hạ lưu sông Thu Bồn đến Cù Lao Chàm giữa mùa mưa và mùa khô (hình 9) có thể thấy khu vực cửa sông có mật độ cao hơn nhiều so với vùng chuyên tiếp và Cù Lao Chàm. Nhìn chung, mật độ tảo mùa khô cao hơn mùa mưa ở hầu hết các trạm (trừ trạm 2 và trạm 5), sự chênh lệch về mật độ giữa các trạm trong mùa khô cũng thấp hơn trong mùa mưa. Biến động mật độ theo mùa thể hiện rõ hơn đối với các trạm vùng hạ lưu sông và vùng chuyên tiếp - khu vực chịu tác động lớn bởi sự trao đổi nước giữa sông Thu Bồn và biển. Đặc biệt là các trạm cửa sông (trạm 4 và 5), mật độ chủ yếu là vi khuẩn lam và tảo silic trung tâm trong đó mật độ vi khuẩn lam biến động rõ rệt, như ở trạm 5 vi khuẩn lam *Microcystis* sp. vào mùa khô chỉ đạt 4.204 tế bào/l trong khi mùa mưa đạt đến 22.522 tế bào/l. Mặt khác, cấu trúc quần xã TVPD ở khu vực hạ lưu sông Thu Bồn có sự thay đổi rõ ràng giữa mùa mưa và mùa khô. Đáng chú ý ở các trạm phía trong cửa sông (trạm 1, 2, 3), ngoại trừ vi khuẩn lam nhóm tảo nước ngọt Conjugatophyceae chiếm ưu thế vào mùa mưa, trong khi đó các loài tảo có nguồn gốc từ biển là silic trung tâm lại đạt mật độ cao hơn vào mùa khô với phần trăm trên tổng mật độ tế bào lần lượt là 18, 50 và 64%. Ở vùng này, mật độ TVPD cao dần từ phía trong sông ra cửa sông, tuy vậy sự khác biệt giữa trạm có mật độ cao nhất của khu vực này chỉ giao động giữa 2 trạm, trạm 4 trong mùa khô và trạm 5 trong mùa mưa, khoảng cách giữa hai trạm này là chỉ vào khoảng 1,5 km (hình 1). Các trạm ngay ngoài cửa sông (trạm 10 và 11) lại có mật độ TVPD thấp với mùa khô lại cao hơn mùa mưa. Cả hai điều trên cho thấy có thể tác động của dòng vật chất từ sông là không lớn đến quần xã TVPD ở khu vực hạ lưu sông Thu Bồn và vùng chuyên tiếp. Chỉ số tảo silic trung tâm/lông chim trong mặt cắt này nằm trong khoảng từ 0,4 đến 39,1 trong đó cao nhất là trạm 5 (39,1) và 4 (29,8), mùa mưa cao hơn mùa khô. Chỉ số này thể hiện vùng cửa sông Thu Bồn rất ưu dưỡng và có liên quan đến ô nhiễm dinh dưỡng [35].

KẾT LUẬN

Số lượng loài TVPD khu vực hạ lưu sông Thu Bồn và Cù Lao Chàm qua các chuyến khảo

sát vào mùa mưa và mùa khô được ghi nhận cao với 364 taxa, cho thấy đây là khu vực có độ giàu có loài cao.

Khu vực hạ lưu sông Thu Bồn có độ giàu có loài thấp nhất, trong khi đó khu vực chuyên tiếp có chỉ số đa dạng Shannon cao nhất. Tuy nhiên không thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về chỉ số cân bằng Pielou và chỉ số đa dạng Simpson giữa bốn khu vực nghiên cứu. Về biến động các chỉ số đa dạng theo hai yếu tố khu vực và mùa, thấy được có sự khác biệt rõ rệt giữa một số khu vực theo mùa đối với các chỉ số Margalef, Pielou và Shannon, nhưng vẫn không thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê đối với chỉ số Simpson. Bên cạnh đó, phân tích đa chiều phi tham số NMDS còn cho thấy có sự khác biệt khá lớn về thành phần TVPD giữa các vị trí và thời điểm khác nhau, đặc biệt là khu vực quanh Cù Lao Chàm.

Mật độ trung bình TVPD ở mùa khô cao hơn mùa mưa, ngoại trừ trạm ngoài khơi (chưa thể đưa ra nhận định vì chưa có số liệu mùa mưa). Ngoài ra, mật độ loài trung bình tại các khu vực ven bờ khá thấp (< 20.000 tế bào/l) và tất cả các khu vực đều thấp hơn vùng biển mở.

Lời cảm ơn: Bài báo sử dụng nguồn số liệu từ những đề tài mà phòng Sinh vật Phù du biển, Viện Hải Dương học thực hiện trong năm 2015 và 2016: Điều tra và đề xuất giải pháp quản lý, sử dụng bền vững đối với tài nguyên đa dạng sinh học ở Khu Dự trữ sinh quyển thế giới Cù Lao Chàm - Hội An; đề tài Nghiên cứu cơ bản mã số 106-NN.06-2014.08. Bài báo là một phần kết quả của đề tài cơ sở của phòng Sinh vật Phù du biển năm 2019.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Field, C. B., Behrenfeld, M. J., Randerson, J. T., and Falkowski, P., 1998. Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science*, 281(5374), 237–240.
- [2] Falkowski, P. G., Fenchel, T., and Delong, E. F., 2008. The microbial engines that drive Earth's biogeochemical cycles. *Science*, 320(5879), 1034–1039.
- [3] Lê Xuân Quang và Nguyễn Văn Tinh, 2015. Kết quả nghiên cứu khả năng tiếp

- nhận nước thải của sông Vu Gia - Thu Bồn. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, 29, 45–56.
- [4] Graham, H. W., and Bronikovsky, N., 1944. *The Genus Ceratium in the Pacific and North Atlantic Oceans. (Scientific Results of Cruise VII of the Carnegie, During 1928–1929 Under Command of Captain JP Ault. Biology-v.)*.
- [5] Hoàng Quốc Trương, 1962. Phiêu sinh vật vịnh Nha Trang. 1. Khuê tảo: Bacillariales. *Universite de Sai Gon. Ann. de la Faculté des Saigon*. Contribution No. 59, 121–214.
- [6] Hoàng Quốc Trương, 1963. Phiêu sinh vật vịnh Nha Trang. 2. Tảo giáp. *Institut Océanographique de Nha Trang. Ann. de la Faculté des Saigon* 2, 129–176.
- [7] Shirota, A., 1966. The plankton of South Viet-Nam: fresh water and marine plankton. *Overseas Technical Cooperation Agency*.
- [8] Abé, T. H., 1981. Studies on the family Peridinea. An unfinished monograph of the armoured Dinoflagellata. *Kyoto univ. Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*. Special publication series V. 6: 409 pp.
- [9] Balech, E., 1988. Una especie nueva del género *Fragilidium* (Dinoflagellata) de la bahía de Chamela, Jalisco, México. *Anales del Instituto Biologica UNAM, Series Zoologica*, 58, 479–486.
- [10] Trương Ngọc An, 1993. Tảo silic phù du biển Việt Nam. *Nxb. Khoa học và Kỹ thuật*, 315 tr.
- [11] Licea, S. E. R. G. I. O., Moreno, J. L., Santoyo, H., & Figueroa, G., 1995. Dinoflageladas del Golfo de California (No. 574.921 D5).
- [12] Moreno, J. L., Licea-Durán, S., and Santoyo, H., 1996. Diatomeas del Golfo de California. *Universidad Autónoma de Baja California Sur-SEPFOMES-PROMARCO, México*. 273 p.
- [13] Tomas, C. R. (Ed.), 1997. Identifying marine phytoplankton. *Elsevier*.
- [14] Larsen, J., & Lam, N. N., 2004. Potentially toxic microalgae of Vietnamese waters. *Opera Botanica*, (140), 5–216.
- [15] Nguyen-Ngoc, L., and Larsen, J., 2008. On the genus *Alexandrium* (Dinoflagellata) in Vietnamese waters: - two new records of *A. satoanum* and *A. tamutum*. In: *Proceedings, International Conference on Harmful Algae. International Society for the Study of Harmful Algae and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Copenhagen. Moestrup Ø. Et al.*, 216–218.
- [16] Nguyen-Ngoc, L., Ho-Van, T., and Larsen, J., 2012. A taxonomic Account of *Ceratium* (Dinoflagellates) in Vietnamese Waters. *The Thailand Natural History Museum Journal*, 6(1), 25–59.
- [17] Doan-Nhu, H., Nguyen-Ngoc, L., Anh, N. T. M., Larsen, J., and Thoi, N. C., 2014. Diatom genus *Chaetoceros* Ehrenberg 1844 in Vietnamese waters. *Nova Hedwigia*, 143, 159–222. <http://dx.doi.org/10.1127/1438-9134/2014/009>.
- [18] Phan-Tan, L., Nguyen-Ngoc, L., and Doan-Nhu, H., 2016. Species diversity of sections conica and tabulata in the genus *Protoperidinium* (Dinophyceae) from tropical waters of the South China Sea. *Nova Hedwigia*, 103(3–4), 515–545. DOI: http://dx.doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2016/0369.
- [19] Phan-Tan, L., Nguyen-Ngoc, L., Doan-Nhu, H., Raine, R., & Larsen, J., 2017. Species diversity of *Protoperidinium* sect. *Oceanica* (Dinophyceae, Peridinales) in Vietnamese waters, with description of the new species *P. larsenii* sp. nov. *Nordic Journal of Botany*, 35(2), 129-146. <https://doi.org/10.1111/njb.01230>.
- [20] Guiry, M. D. and Guiry, G. M., 2019. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 06 June 2019.
- [21] Sournia, A., 1978. Phytoplankton manual. UNESCO, Printed in France.
- [22] Andersen, P., and Kristensen, H. S., 1995. Rapid and precise identification and

- counting of thecate dinoflagellates using epifluorescence microscopy. *Harmful Marine Algal Blooms*. Lavoisier Publishing, Paris, 713–718.
- [23] Fritz, L., and Triemer, R. E., 1985. A rapid simple technique utilizing calcofluor white M2R for the visualization of dinoflagellate thecal plates 1. *Journal of phycology*, 21(4), 662–664.
- [24] Margalef, D. R., 1958. Information theory in ecology: General Systematics, 3, 36–71.
- [25] Pielou, E. C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical biology*, 13, 131–144.
- [26] Bray, J. R., and Curtis, J. T., 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological monographs*, 27(4), 325–349.
- [27] Shannon, C. E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell system technical journal*, 27(3), 379–423.
- [28] Simpson, E. H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163(4148), 688.
- [29] Wickham, H., and Chang, W. 2009. Ggplot2: An implementation of the Grammar of Graphics. R package version 0.8.3.
- [30] Giraudoux, P., 2017. Data Analysis in Ecology, Package ‘pgirmess’. Version 1.6.7.
- [31] Wickham, H., Francois, R., & Henry, L. 2018. Müller, K. dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 0.7.6.
- [32] Oksanen Jari, 2019. Vegan: ecological diversity. Version 2.5-5.
- [33] Trần Thị Lê Vân, Đoàn Như Hải, Phan Tấn Lượm, Nguyễn Thị Mai Anh, Trần Thị Minh Huệ, Huỳnh Thị Ngọc Duyên, 2018. Thực vật phù du vùng biển ven bờ Đà Nẵng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 18(4A), 43–58.
- [34] Falkowski, P. G., and Raven, J. A., 1997. Aquatic photosynthesis. *Malden: Blackwell Scientific*.
- [35] Huỳnh Thị Ngọc Duyên, Nguyễn Thị Mai Anh, Nguyễn Chí Thời, Trần Thị Lê Vân, Phan Tấn Lượm, Nguyễn Ngọc Lâm, Đoàn Như Hải, 2015. Đánh giá trạng thái dinh dưỡng của vịnh Nha Trang qua các chỉ số môi trường nước và thực vật phù du. *Tạp chí Sinh học*, 37(4), 446–457.