

BIỂN ĐỘNG QUẦN XÃ THỰC VẬT PHÙ DU VỊNH VŨNG RÔ TRONG GIAI ĐOẠN 2002-2021

Trần Thị Lê Vân*, Trần Thị Minh Huệ, Huỳnh Thị Ngọc Duyên,
Phan Tấn Lượm, Nguyễn Ngọc Lâm, Đoàn Như Hải
Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm KHCNVN
*levan@planktonviet.com

Tóm tắt. Dữ liệu quần xã thực vật phù du vịnh Vũng Rô trong các năm 2002, 2003, 2015, 2016 và 2021 được sử dụng cho phân tích thành phần loài, mật độ, chỉ số đa dạng và tỉ lệ giữa các nhóm tảo. Kết quả ghi nhận được 370 loài/dưới loài thực vật phù du ở khu vực khảo sát, trong đó tảo silic chiếm ưu thế với hơn 50 % tổng số loài. Ngoài ra, các chỉ số đa dạng, mật độ, tỉ lệ các nhóm tảo và thành phần loài chiếm ưu thế cũng biến đổi nhiều theo thời gian. Trong các đợt khảo sát, đã ghi nhận được hai trường hợp nở hoa của tảo silic trung tâm *Leptocylindrus danicus* và *Dactyliosolen phuketensis* vào tháng 6/2016 và tháng 3/2021. Cùng với xu hướng ngày càng tăng của chỉ số tỉ lệ giữa các nhóm tảo - silic trung tâm/silic lông chim và tảo silic/tảo hai roi - trong thời gian gần đây đã phản ánh môi trường trong vịnh có sự biến đổi, phần lớn do hoạt động của con người gây ra (nuôi trồng thủy sản). Nghiên cứu còn chỉ ra có nhiều khác biệt về thành phần loài chiếm ưu thế theo thời gian. Có sự thay đổi đáng kể về thành phần ưu thế của quần xã với ưu thế về mật độ tảo hai roi vào những năm 2002-2003 được thay thế bởi nhóm tảo silic trung tâm trong những năm gần đây.

Từ khóa: thực vật phù du, chỉ số đa dạng, vịnh Vũng Rô, nuôi trồng thủy sản.

1. Giới thiệu

Thực vật phù du (TVPD) là nhóm sinh vật có kích thước hiển vi, sống trôi nổi, sống bám hoặc sống đáy, có khả năng tự dưỡng tạo ra nguồn vật chất hữu cơ và là một mắt xích rất quan trọng trong mạng lưới thức ăn ở môi trường nước (Hensen, 1887; Reynolds, 2006). Thành phần và mật độ của quần xã TVPD dễ dàng biến đổi theo mùa và theo các hệ sinh thái khác nhau, vì chúng bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố trong môi trường như nhiệt muối, dinh dưỡng, ánh sáng, điều kiện thủy văn (Trigueros & Orive, 2000; Granéli & Turner, 2006; D'Costa & Anil, 2010; He và cs., 2022). Vài thập kỷ trở lại đây, môi trường biển ven bờ chịu nhiều tác động của con người như hoạt động du lịch, nuôi trồng thủy sản, xả thải từ nông nghiệp, công nghiệp. Với đặc tính rất nhạy với những biến đổi trong môi trường, việc ứng dụng quần xã TVPD làm chỉ thị sinh học trong môi trường nước càng trở nên phổ biến (Gin và cs., 2000; Coutinho và cs., 2012; Lugoli và cs., 2012; Xiao và cs., 2018; Valenzuela-Sanchez và cs., 2021).

Vịnh Vũng Rô thuộc huyện Đông Hòa, tỉnh Phú Yên, có diện tích mặt nước biển tương đối nhỏ, khoảng 16 km². Vũng Rô còn là vịnh mở, trao đổi nước tốt với vùng nước bên ngoài, có nhiều điều kiện thuận lợi cho hoạt động nuôi trồng thủy sản. Từ năm 2005, hoạt động nuôi trồng thủy sản được bắt đầu với hơn 860 lồng nuôi và đến năm 2014, lượng lồng bè trong vịnh lên đến gần 6.500 lồng (Hoàng Trung Du và cs., 2015); quan sát các hình ảnh từ Google Earth theo thời gian cho thấy số lượng lồng bè ngày càng xuất hiện với mật độ dày hơn.

Cho đến nay, các nghiên cứu về quần xã TVPD ở khu vực vịnh Vũng Rô khá ít, một số chuyến khảo sát đã được thực hiện từ năm 2002-2003, 2015-2016 và 2021 nhưng vẫn chưa được công bố. Vì vậy, nghiên cứu này đã sử dụng toàn bộ số liệu có được từ các chuyến khảo sát trên nhằm đánh giá mức độ đa dạng và cấu trúc quần xã TVPD vịnh Vũng Rô theo thời gian, đặc biệt chú trọng đến sự biến đổi cấu trúc quần xã TVPD ở hai giai đoạn trước khi có hoạt động nuôi trồng và giai đoạn đang diễn ra hoạt động nuôi trồng. Kết quả nghiên cứu sẽ góp phần cung cấp dữ liệu nền trong việc đánh giá tác động môi trường của khu vực.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Thu mẫu

Các mẫu TVPD trong nghiên cứu này được thu tại 18 trạm ở vịnh Vũng Rô trong các năm thời gian từ 2002 đến 2021 (Hình 1). Nghiên cứu sử dụng 197 mẫu TVPD, trong đó có 78 mẫu định tính và 119 mẫu định lượng (Bảng 1).

Bảng 1. Số lượng mẫu TVPD trong các năm từ 2002 đến 2021

Thời gian	Mẫu định tính	Mẫu định lượng
9/2002	19	38
4/2003	16	31
5/2015	6	6
8/2015	6	6
11/2015	6	6
6/2016	6	6
8/2016	6	6
10/2016	6	6
3/2021	7	14
Tổng	78	119

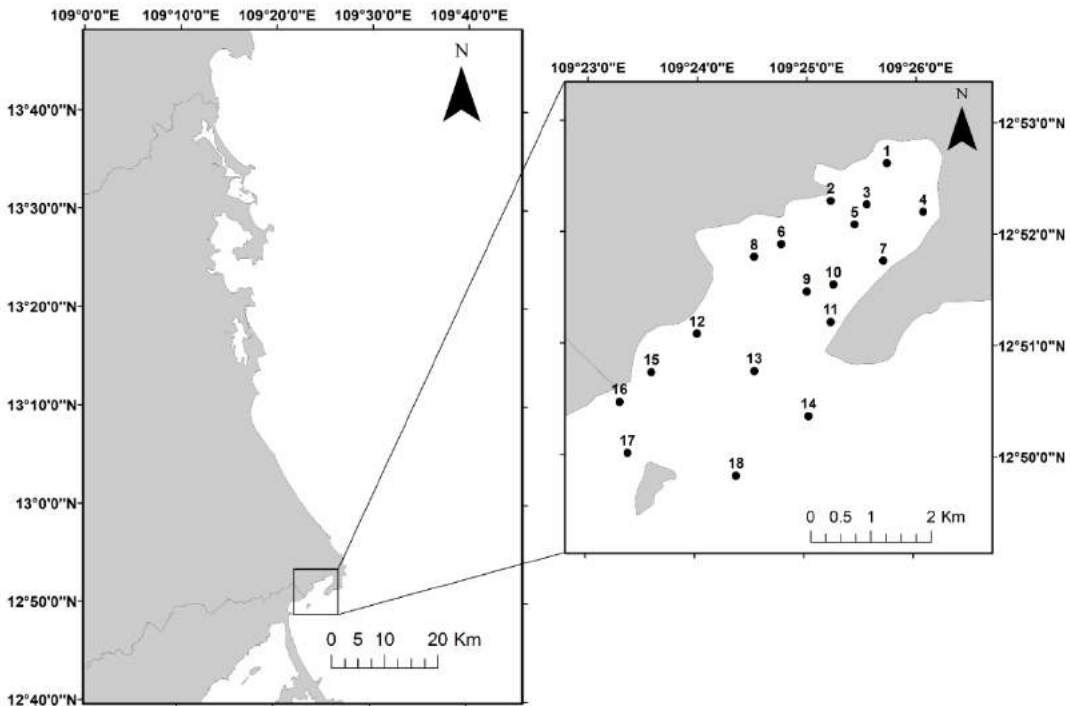
2.2. Phương pháp thu mẫu

2.2.1. Mẫu định tính

Sử dụng lưới thu TVPD (Plankton net) có đường kính miệng lưới 30 cm và kích thước mắt lưới 25 μ m hoặc lưới Juday (vợt trạm có độ sâu trên 10 m), kéo nhiều lần theo hướng từ gần đáy lên mặt. Các mẫu thu được cho vào lọ nhựa đen và cố định ngay bằng dung dịch formaldehyde (sao cho nồng độ trong mẫu khoảng 5 %), giữ trong điều kiện tối/mát cho đến khi được phân tích trong phòng thí nghiệm.

2.2.2. Mẫu định lượng

Chai Niskin có thể tích 5 L được dùng để thu mẫu nước ở các độ sâu khác nhau (tùy theo trạm). Khoảng hơn 1 L/mẫu nước sau khi thu được cho vào chai nhựa PET (1,5 L) và cố định ngay bằng dung dịch lugol trung tính, giữ mẫu trong tối/mát cho tới khi phân tích trong phòng thí nghiệm.



Hình 1. Sơ đồ vị trí các trạm khảo sát (●) TVPD tại vịnh Vũng Rô, Phú Yên

2.3. Phương pháp phân tích mẫu

2.3.1. Mẫu định tính

Trong phòng thí nghiệm, các mẫu định tính được phân tích bằng phương pháp so sánh hình thái. Quan sát và ghi nhận thành phần loài trong khoảng từ 3-5 lame kính cho mỗi vật mẫu dưới kính hiển vi quang học LEICA-DMIL (Đức) ở các độ phóng đại khác nhau. Riêng đối với nhóm tảo hai roi có vỏ giáp, các vật mẫu sẽ được nhuộm 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 AmScope MF2003C-BI-CK để ghi lại hình ảnh của loài.

Các loài TVPD được định loại chủ yếu theo các tài liệu của Graham & Bronikovsky (1944); Abé (1981); Balech (1988); Trương Ngọc An (1993); Shiota (1966); Licea và cs. (1995); Moreno và cs. (1996); Tomas (1996); Larsen & Nguyen-Ngoc (2004); Nguyen-Ngoc và cs. (2012); Doan-Nhu và cs. (2014); Phan và cs. (2016; 2017); Phan Tấn Lượm (2017). Danh pháp và các bậc phân loại được cập nhật theo Guiry & Guiry (2021).

2.3.2. Mẫu định lượng

Trong phòng thí nghiệm, 1.000 mL mẫu nước ban đầu được lắng và loại dần nước qua nhiều giai đoạn, mỗi giai đoạn lắng kéo dài từ 24-48 giờ tương ứng các ống lắng hình trụ có thể tích lần lượt là 1.000 mL → 500 mL → 250 mL → 100 mL. Sau cùng loại bỏ phần

nước phía trên ở ống 100 mL và giữ lại phần nước chứa mẫu bên dưới với thể tích khoảng 10 mL và được lưu trữ trong ống nhựa ly tâm 15 mL có nắp đậy cho đến khi phân tích.

Số lượng tế bào TVPD được phân tích theo phương pháp của UNESCO (Sournia, 1978). Cho mẫu vào buồng đếm Sedgewick-Rafter có thể tích 1.000 μL , để lắng (2-3 phút) và sau đó đếm tế bào có trong từ 300-1.000 ô đếm (tương đương 300-1.000 μL). Công thức tính mật độ tế bào TVPD như sau:

$$N = n \times (1.000/A) \times B$$

trong đó: N: mật độ tế bào (tb/L);

n: Số tế bào đếm được trong A ô (tb);

A: số ô được đếm (ô);

B: thể tích mẫu cuối cùng trước khi đếm (mL).

Để đếm số lượng các tảo Hai roi có vỏ giáp, mẫu cần được nhuộm với thuốc nhuộm Calco-fluor White theo Larsen và Nguyen-Ngoc (2004) trước khi quan sát dưới kính hiển vi quang học có thiết bị huỳnh quang.

2.4. Phương pháp tính độ đa dạng

Các chỉ số đa dạng sinh học được tính bằng phần mềm Primer 6.0 (Primer - E Ltd, Plymouth UK) như sau:

- Độ giàu có loài (Margalef): $d = (S - 1)/\text{Log}(N)$ (Margalef, 1958)

- Chỉ số đa dạng Shannon: $H' = -\sum(P_i \times \text{Log}_2(P_i))$ (Shannon, 1948)

- So sánh sự giống nhau về thành phần loài giữa các năm bằng chỉ số giống nhau

(similarity index) của Bray và Curtis (1957): $BC_{ij} = 1 - \frac{2C_{ij}}{S_i + S_j}$

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.

- Tỷ lệ giữa nhóm tảo silic trung tâm và silic lông chim (Cen/Pen), tảo silic và tảo hai roi (Dia/Dino) được tính toán dựa vào mật độ tế bào.

2.5. Phương pháp phân tích số liệu

Số liệu định tính và định lượng tế bào TVPD được tổng hợp bằng phần mềm Excel Microsoft Office 365, sử dụng R v3.4.2 với các package “pgirmess” (Giraudoux, 2018), “ggplot2” (Wickham, 2009), “cowplot” (Wilke và cs., 2019) trong các phân tích thống kê và vẽ đồ thị.

GraphPad Prism 8.4.3 (GraphPad Software, LLC.) được sử dụng để tính toán các chỉ số đa dạng, phân tích mức độ giống nhau và thành phần loài ưu thế của quần xã TVPD.

Phân tích phần trăm giống nhau (Similarity percentage analysis - SIMPER) được sử dụng nhằm xác định loài ưu thế trong quần xã TVPD dựa trên chỉ số giống nhau Bray-Curtis. Phân tích đa chiều (multidimensional scaling) được sử dụng để tính toán mức độ giống nhau giữa các quần xã TVPD. Cả hai phân tích này đều dựa trên số liệu mật độ tế bào.

3. Kết quả

3.1. Thành phần loài TVPD

Thành phần loài TVPD ở Vũng Rô qua các năm khảo sát từ 2002 đến 2021 ghi nhận được 370 loài thuộc 7 ngành. Trong đó, ngành tảo silic chiếm số lượng loài cao nhất với 210 loài; tiếp theo là tảo hai roi (142 loài); nhóm còn lại chiếm số lượng nhỏ bao gồm vi khuẩn lam (12), Chlorophyta (02), tảo Charophyta (01), tảo Ochrophyta (02), tảo mắt (01) (Bảng 2).

Bảng 2. Số lượng loài/dưới loài TVPD ở Vũng Rô trong các năm từ 2002-2021

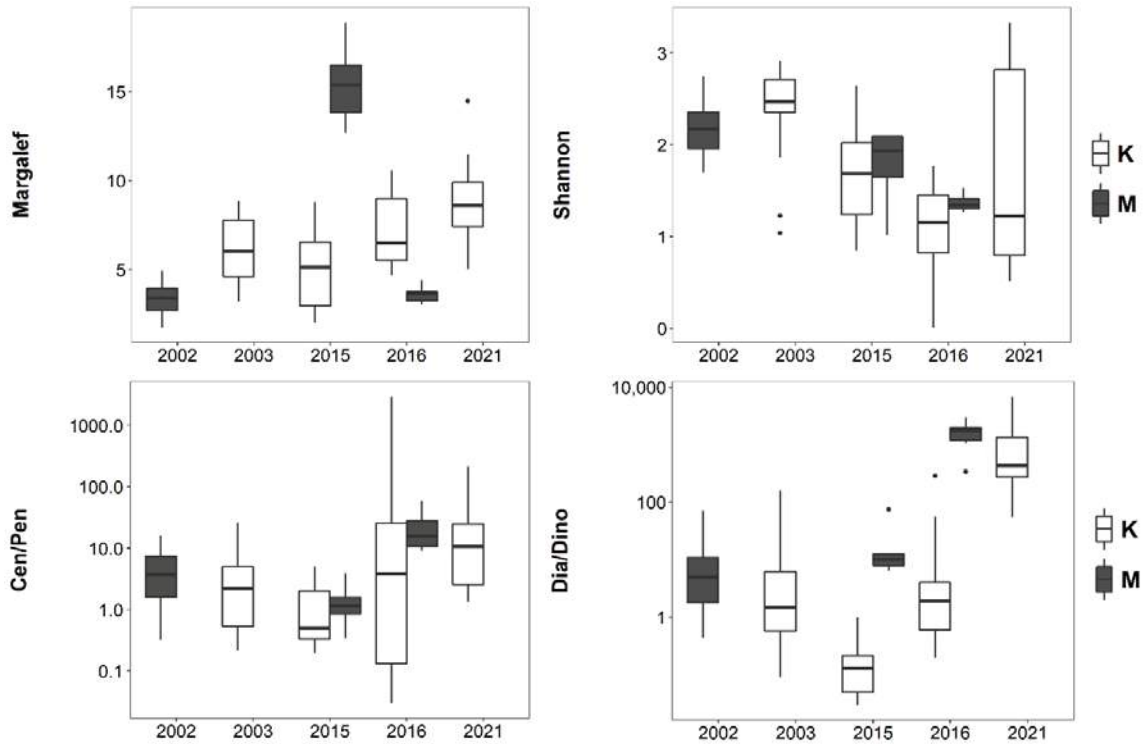
Nhóm tảo	Năm/Tháng		2002			2003			2015			2016			2021			Tổng		
	9	4	5	8	11	6	8	10	3	9	4	5	8	11	6	8	10		3	
Tảo silic	64	97	36	29	110	103	53	72	135	210										
<i>Tảo silic trung tâm</i>	47	72	18	21	78	69	26	58	97	141										
<i>Tảo silic lông chim</i>	17	24	18	8	32	34	27	14	38	68										
<i>Tảo silic không xác định</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1										
Tảo hai roi	28	52	51	18	67	58	34	16	67	142										
Vi khuẩn lam	1	3	3	3	3	4	6	1	4	12										
Tảo Chlorophyta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2										
Tảo Charophyta	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1										
Tảo Ochrophyta	1	1	0	0	2	1	0	1	2	2										
Tảo mắt	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1										
Tổng	94	153	90	50	182	166	93	91	209	370										

Số lượng loài TVPD thể hiện sự biến động rõ rệt theo mùa, số loài xuất hiện nhiều hơn vào mùa khô. Ngoại trừ năm 2015, số loài ở thời điểm mùa mưa cao hơn nhiều so với mùa khô (tháng 5, 8) (Bảng 2).

3.2. Các chỉ số đa dạng sinh học và tỉ lệ giữa các nhóm tảo

Về chỉ số giàu có loài Margalef, mùa khô có xu hướng cao hơn mùa mưa, ngoại trừ năm 2015, mùa mưa cao hơn mùa khô và cao nhất trong các đợt khảo sát (kiểm định và hậu kiểm định Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$) (Hình 2).

Chỉ số Shannon biến động rõ giữa các thời kì, quần xã TVPD năm 2002, 2003 có độ đa dạng cao hơn so với các năm gần đây (Hình 2). Sự khác biệt được thể hiện rõ hơn trong mùa khô, trong đó năm 2003 cao hơn hẳn so với các năm 2015, 2016 và 2021 (kiểm định và hậu kiểm định Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$).



Hình 2. Biến động các chỉ số đa dạng Margalef, Shannon của quần xã TVPD và chỉ số tỉ lệ giữa nhóm tảo silic trung tâm:silic lông chim (Cen/Pen) và tảo silic:tảo hai roi (Dia/Dino) trong các năm từ 2002 đến 2021, với K: mùa khô, M: mùa mưa.

Xét tỉ lệ giữa nhóm tảo silic trung tâm và silic lông chim, chỉ số này có xu hướng tăng cao hơn trong những năm gần đây, có sự khác biệt đáng kể giữa năm 2015 và 2021 (mùa khô) và giữa năm 2015 và 2016 (mùa mưa) (kiểm định và hậu kiểm định Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$). Ngoài ra, vào mùa khô năm 2016, chỉ số này dao động rất lớn giữa các vị trí khảo sát.

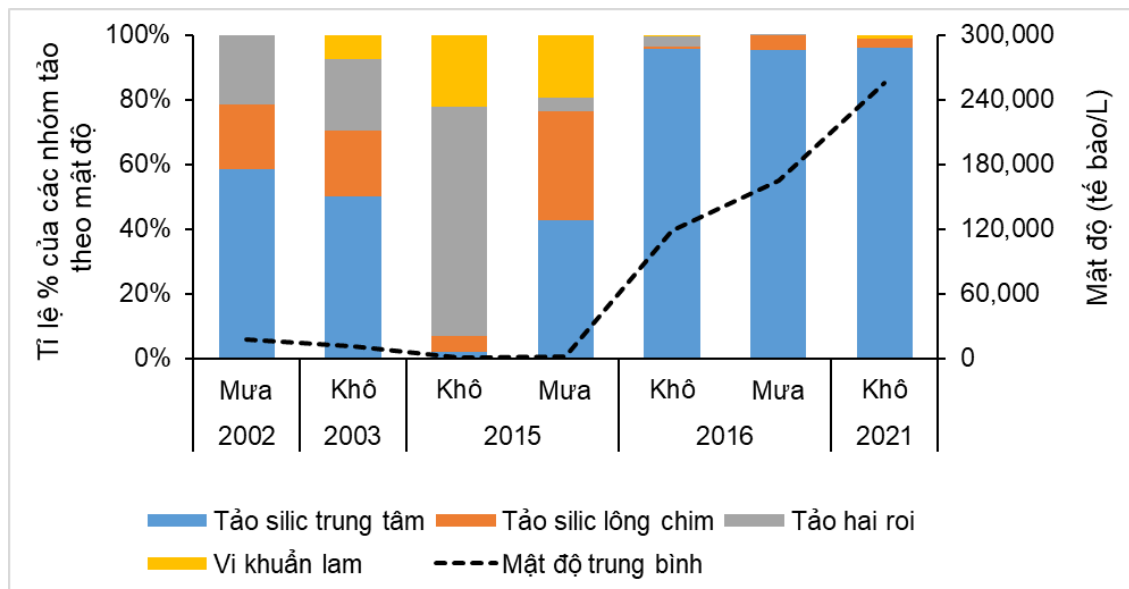
Tỉ lệ giữa nhóm tảo silic và tảo hai roi, vào các năm 2002-2003 ít thể hiện sự khác biệt theo mùa, trong khi các năm 2015-2016 chỉ số này cao hơn hẳn vào thời điểm mùa mưa. Ngoài ra, vào năm 2021 chỉ số này cao hơn nhiều so với các năm trước đó (kiểm định và hậu kiểm định Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$).

3.3. Biến động mật độ tế bào quần xã TVPD

Qua các đợt khảo sát, mật độ trung bình TVPD thể hiện sự biến động rõ rệt giữa các thời kỳ. Từ 2002 đến 2003, mật độ tế bào trung bình rất thấp (< 17.000 tế bào/L); năm 2015, mật độ tế bào giảm mạnh cả mùa khô và mùa mưa (< 1.500 tế bào/L); đến những năm gần đây, 2016-2021, mật độ tăng cao (> 100.000 tế bào/L) (Hình 3). Ngoài ra, kết quả còn ghi nhận 2 trường hợp tảo nở hoa của tảo silic trung tâm (*Leptocylindrus danicus*) vào tháng

6/2016 (với 1,3 triệu tế bào/L) và *Dactyliosolen phuketensis* vào tháng 3/2021 (với 1,2 triệu tế bào/L).

Xét biến động của tỉ lệ % giữa các nhóm tảo theo mật độ, kết quả thể hiện sự thay đổi rõ rệt về thành phần các nhóm tảo qua các đợt khảo sát. Vào các năm 2002-2003, tảo silic trung tâm chiếm ưu thế nhất (> 50 % tổng mật độ), tỉ lệ tảo silic trung tâm và tảo hai roi tương đương nhau (khoảng 20 %). Ngoài ra, năm 2003 (mùa khô) xuất hiện thêm nhóm vi khuẩn lam (khoảng 8 %). Năm 2015, có sự bất thường về tỉ lệ giữa các nhóm tảo trong đợt khảo sát mùa khô, nhóm tảo silic giảm mạnh, chỉ chiếm khoảng 7 % tổng mật độ tế bào, trong khi tỉ lệ tảo hai roi và vi khuẩn lam tăng cao, lần lượt là 77 % và 24 % tổng mật độ. Năm 2016-2021, tỉ lệ giữa các nhóm tảo giữa các đợt khảo sát gần giống nhau với sự ưu thế nhóm tảo silic trung tâm (hơn 95 % tổng mật độ), trong khi các nhóm tảo silic lông chim, tảo hai roi và vi khuẩn lam chiếm tỉ lệ rất thấp.



Hình 3. Biến động mật độ TVPD và tỉ lệ % của các nhóm tảo chính tại Vũng Rô giữa các năm từ 2002-2021

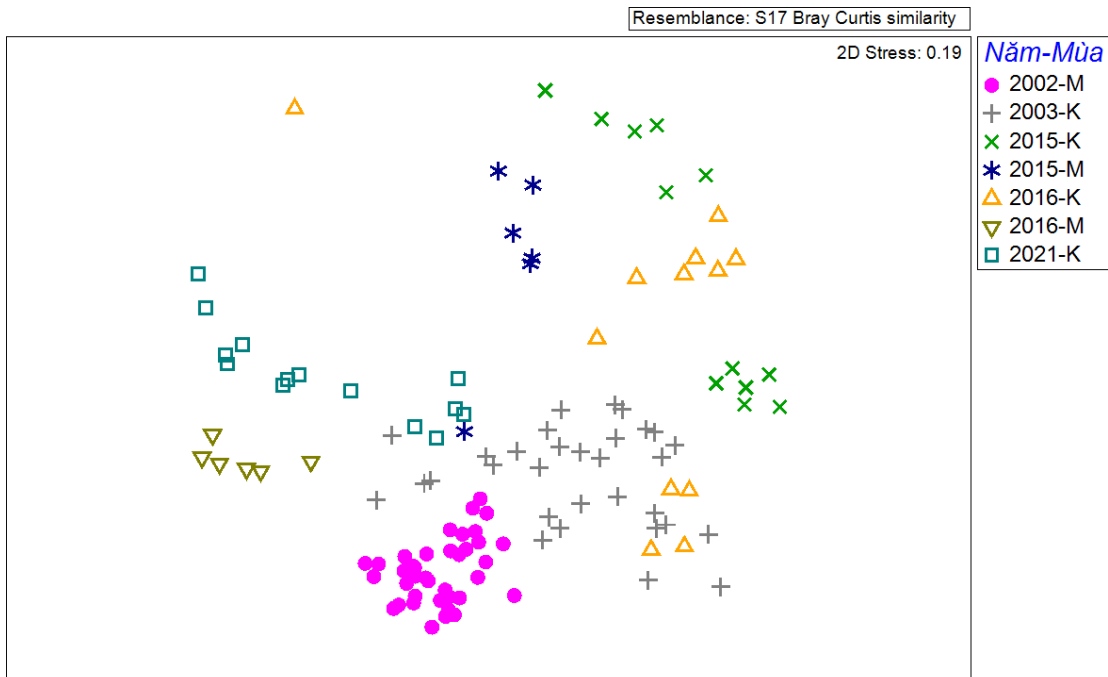
Thành phần loài ưu thế của quần xã TVPD được xác định bằng phân tích Simper (Similarity percentage) dựa trên mật độ loài. Kết quả cho thấy các loài/nhóm ưu thế biến đổi rõ rệt theo thời gian (Bảng 3). Năm 2002 (mùa mưa), sự chênh lệch về tỉ lệ giữa các loài/nhóm tảo ưu thế không rõ, trong đó ưu thế nhất bởi nhóm tảo hai roi KXD và *Chaetoceros* spp. (lần lượt là 21,96 % và 21,42 %). Năm 2003 và 2015 (mùa khô), thủy vực ưu thế bởi nhóm tảo hai roi kích thước nhỏ (< 20 μ m) với tỉ lệ cao (> 40 %). Trong khi đó, mùa mưa năm 2015 ưu thế bởi loài tảo silic lông chim (*Thalassionema frauenfeldii*) (54,19 %). Các đợt khảo sát năm 2016 và 2021 ghi nhận sự ưu thế bởi các loài thuộc nhóm tảo silic trung tâm, lần lượt với *Leptocylindrus danicus* (26,79 %), *Dactyliosolen fragilissimus* (66,62 %) và *Dactyliosolen phuketensis* (55,50 %) (Bảng 3).

Ngoài ra, kết quả còn thể hiện quần xã TVPD giữa các đợt khảo sát có độ khác nhau trung bình (average dissimilarity) rất cao (> 90 %).

Bảng 3. Tỷ lệ (%) về mật độ tế bào trung bình của các loài ưu thế tại vịnh Vũng Rô giữa các năm từ 2002-2021

Tên loài	2002	2003	2015		2016		2021
	M	K	K	M	K	M	K
<i>Chaetoceros</i> spp.	21,42	8,53					
<i>Chaetoceros diversus</i>	13,32						
Tảo silic lông chim KXĐ	11,35						
<i>Bacteriastrum varians</i>	10,11						
Tảo hai roi KXĐ	21,96						
Tảo hai roi KXĐ (< 20 µm)		40,70	46,38				
Tảo hai roi KXĐ (> 20 µm)					10,97		
<i>Tripos furca</i>			17,21				
<i>Protoperdinium</i> sp.		8,01	12,64				
<i>Guinardia striata</i>		4,44		6,77			
<i>Prorocentrum micans</i>		4,40					
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>				54,19			
<i>Coscinodiscus</i> sp.				18,07			
<i>Leptocylindrus danicus</i>					26,79		6,18
<i>Amphora</i> sp.					17,25		
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>						66,62	
<i>Skeletonema</i> sp.						13,04	
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>							55,50
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>							8,37
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.							7,22

Mức độ giống nhau về thành phần loài của quần xã TVPD giữa các năm khảo sát được đánh giá qua phân tích đa chiều (Multidimensional Scaling - MDS) dựa trên số liệu mật độ tế bào (Hình 4). Các mẫu TVPD tương ứng với các điểm trong đồ thị và khoảng cách giữa các điểm thể hiện mức độ giống nhau giữa các mẫu, các điểm có khoảng cách càng gần sẽ có độ giống nhau càng lớn. Nhìn chung, kết quả thể hiện các mẫu trong các đợt khảo sát mùa mưa (2002, 2015, 2016) thường được phân bố thành từng cụm rõ ràng hơn mùa khô, qua đó thấy rằng thành phần loài TVPD có độ giống nhau cao hơn vào thời điểm mùa mưa. So sánh thành phần loài giữa các năm, các mẫu của năm 2002, 2003 được phân bố gần nhau hơn, trong khi các mẫu của các năm gần đây (2015, 2016, 2021) phân tán rộng hơn và cách xa nhau (Hình 4). Vì vậy, có thể thấy được thành phần/cấu trúc quần xã TVPD trong khu vực có những xu thế biến đổi khác nhau trong những năm gần đây.



Hình 4. Đồ thị đa chiều MDS chỉ số giống nhau về thành phần loài của quần xã TVPD tại Vũng Rô giữa các năm từ 2002-2021

4. Thảo luận

Các chuyến khảo sát TVPD khu vực vịnh Vũng Rô trong các năm từ 2002 đến 2021 ghi nhận được 370 loài TVPD. So sánh các khu vực lân cận, vịnh Vũng Rô có thành phần loài giàu có hơn, đầm Thị Nại (367) (Huynh và cs., 2021), Cù Mông (364), đầm Đê Gi (294), Xuân Đài (361), Ô Loan (300) (số liệu chưa công bố). Ngoài ra, số lượng loài và chỉ số giàu có loài Margalef biến động rõ giữa hai mùa (khô và mưa), chúng cao hơn vào thời điểm mùa khô. Xu thế biến động này cũng được thể hiện rõ ở các thủy vực khác như Cù Lao Chàm (Huỳnh Thị Ngọc Duyên và cs., 2019) và đầm Thị Nại (Huynh và cs., 2021). Tuy nhiên, năm 2015 số loài thể hiện xu hướng ngược lại, mùa mưa cao hơn nhiều so với mùa khô. Giả thuyết đưa ra có thể đây là năm chịu tác động của hiện tượng El Niño, trong đó vào các tháng mùa mưa (tháng 9-12), El Niño hoạt động mạnh hơn với chỉ số (Oceanic Niño Index - ONI) tăng cao lên đến 2,2-2,6 (https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php). Tuy nhiên, cần có nhiều cơ sở hơn để khẳng định dự đoán này.

Vũng Rô bắt đầu diễn ra hoạt động nuôi trồng từ năm 2005 (Hoàng Trung Du và cs., 2015) và cho đến nay mật độ lồng nuôi trên khu vực càng dày đặc hơn. Nghiên cứu này đã sử dụng số liệu TVPD trong giai đoạn trước khi (năm 2002, 2003) và đang diễn ra hoạt động nuôi trồng thủy sản (2015, 2016 và 2021). Kết quả phân tích chỉ số đa dạng Shannon chỉ ra rằng quần xã TVPD ở các năm chưa có hoạt động nuôi trồng đa dạng hơn so với các

năm diễn ra hoạt động nuôi trồng, kết quả này thể hiện rõ hơn trong các chuyến khảo sát mùa khô.

Tỉ lệ các nhóm tảo silic trung tâm/silic lông chim (Cen/Pen) và tảo silic/tảo hai roi (Dia/Dino) được tính toán nhằm đánh giá sự ưu dưỡng tại khu vực nghiên cứu. Đây được coi là các chỉ thị sinh học khá tin cậy trong việc đánh giá trạng thái dinh dưỡng trong thủy vực (Smith 2003; Kemp và cs., 2005; Hällfors và cs., 2013; Nodine và cs., 2014; Huỳnh Thị Ngọc Duyên và cs., 2015). Cả hai tỉ lệ giữa các nhóm tảo trên đều tăng cao hơn trong những năm gần đây (2016 và 2021). Qua đó có thể thấy được mật độ tảo silic nói chung và silic trung tâm nói riêng có xu hướng sinh trưởng mạnh hơn trong giai đoạn diễn ra hoạt động nuôi trồng. Hiện tượng này thường được tìm thấy ở khu vực nuôi, liên quan đến sự gia tăng hàm lượng dinh dưỡng từ hoạt động nuôi tôm lồng (Kiefer, 1981; Hsiao, 1992). Kết quả từ tỉ lệ Dia/Dino còn thể hiện xu thế biến động theo mùa khác nhau ở các giai đoạn khác nhau. Cụ thể, năm 2002-2003 (chưa nuôi trồng), tỉ lệ này ít thể hiện sự khác biệt theo mùa, trong khi năm 2015-2016 (đang nuôi trồng), chỉ số này tăng cao hơn vào mùa mưa do sự tăng cao của mật độ tảo silic. Điều này phù hợp với nghiên cứu của Xiao và cs. (2018), cho rằng nhiệt độ giảm và hàm lượng dinh dưỡng tăng là điều kiện phù hợp cho sự phát triển của tảo silic. Tuy nhiên, sự biến đổi của quần xã TVPD theo thời gian là một quá trình phức tạp (Kim và cs., 2020) và đây chỉ là những ghi nhận từ dữ liệu có được trong nghiên cứu này, cần có thêm chuỗi dữ liệu thường niên để đưa ra nhận định. Ngoài ra, năm 2021, tỉ lệ này đạt cao nhất trong các đợt khảo sát, do sự nở hoa của loài tảo silic trung tâm *Dactyliosolen phuketensis* (~1,2 triệu tế bào/L).

Mật độ TVPD có xu hướng tăng dần trong những năm gần đây, thể hiện sự khác biệt rõ rệt giữa các thời kỳ trước và sau khi nuôi trồng. Hai trường hợp nở hoa của tảo silic trung tâm *Leptocylindrus danicus* (tháng 6/2016) và *Dactyliosolen phuketensis* (tháng 3/2021) phản ánh rõ ảnh hưởng của hoạt động nuôi trồng lên môi trường thủy vực. Rõ ràng, quá trình ưu dưỡng hóa diễn ra nhanh hơn ở khu vực nuôi trồng do lượng thức ăn dư thừa và sự bài tiết của vật nuôi thải ra (Sowles và cs., 1994; Leung và cs., 1999). Vì vậy, mật độ TVPD cũng tăng cao hơn ở những khu vực chịu ảnh hưởng của hoạt động nuôi trồng thủy sản (Costanzo và cs., 2004; Valenzuela-Sanchez và cs., 2021). Ngoại trừ năm 2015, mật độ TVPD giảm đáng kể, đặc biệt là sự suy giảm tảo silic ở cả ba đợt khảo sát (tháng 5, 8, 11). Để lý giải cho hiện tượng này, chúng tôi đặt ra giả thuyết do El Niño hoạt động mạnh. Hiện tượng bất thường này cũng được tìm thấy ở một số nghiên cứu trước đây (Zhao và Tang, 2007; Rousseaux và cs., 2012; Sathicq và cs., 2015). Tuy nhiên, với khu vực ven biển chịu nhiều tác động của hoạt động con người cần kết hợp nhiều yếu tố để lý giải hiện tượng trên.

Phân tích thành phần loài ưu thế (Simper) cho thấy nhóm tảo hai roi dần được thay thế bằng nhóm tảo silic trong những năm gần đây. Điều này càng cho thấy hoạt động nuôi trồng thủy sản đã ảnh hưởng đáng kể lên cấu trúc quần xã TVPD theo thời gian. Phân tích mức độ giống nhau của quần xã TVPD theo thời gian (NMDS) cũng cho thấy quần xã TVPD trong thời kì chưa nuôi trồng (2002-2003) có độ giống nhau cao hơn mặc dù ở hai mùa khác nhau, trong khi thời kì diễn ra nuôi trồng quần xã TVPD khác nhau nhiều hơn

giữa các trạm khảo sát. Qua đó có thể thấy được mặc dù Vũng Rô là vịnh mở, trao đổi nước tốt với vùng biển bên ngoài nhưng quần xã TVPD thể hiện sự biến đổi rõ về thành phần loài (theo mật độ) ở các vị trí khác nhau trong thời kỳ diễn ra hoạt động nuôi trồng thủy sản.

Kết luận

Kết quả nghiên cứu thể hiện rõ ảnh hưởng của hoạt động nuôi trồng thủy sản lên cấu trúc quần xã TVPD, bao gồm cả thành phần loài, mật độ, các chỉ số đa dạng, tỉ lệ giữa các nhóm tảo. Trong đó, chỉ số đa dạng Shannon giảm, mật độ tảo tăng cao, các trường hợp tảo nở hoa, tỉ lệ tảo silic/tảo hai roi tăng cao hay sự ưu thế của nhóm tảo silic trung tâm được biểu hiện rõ trong thời gian diễn ra hoạt động nuôi trồng.

Lời cảm ơn. Nghiên cứu sử dụng nguồn số liệu từ các đề tài TTKHTN&CNQG “Xây dựng cơ sở khoa học cho việc khai thác sử dụng hợp lý các vùng vịnh ven biển Việt Nam”, các đợt khảo sát của Trung tâm Quan trắc môi trường tỉnh Phú Yên và đề tài Nghiên cứu khoa học - công nghệ cấp cơ sở năm 2021.

Tài liệu tham khảo

- 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.
- Balech E., 1988. Los dinoflagelados del Atlantico Sudoccidental. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentacion. Instituto Espanol de Oceanografia. Special Publications No 1. Madrid. 310 pp.
- Bray J.R., Curtis J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. Ecol. Mono 27: 325-349.
- Costanzo S.D., Donohue M., Dennison W., 2004. Assessing the influence and distribution of shrimp pond effluent in a tidal mangrove creek in north-east Australia. Mar. Pollut. Bull. 48, 514-525.
- Coutinho M.T.P., Brito A.C., Pereira P., Gonçalves A.S., Moita M.T., 2012. A phytoplankton tool for water quality assessment in semi-enclosed coastal lagoons: Open vs closed regimes. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 110: 134-146.
- D'Costa P.M., A.C. Anil., 2010. Diatom community dynamics in a tropical monsoon influenced environment: West coast of India. Continental Shelf Research. 30: 1324-1337.
- Doan-Nhu H., Nguyen-Ngoc L., Anh N.T.M., Larsen J., Thoi N.C., 2014. Diatom genus *Chaetoceros* Ehrenberg 1844 in Vietnamese waters. Nova Hedwigia. (143). 159-222.
- Gin Yew-Hoong K., Lin X., Zhang S., 2000. Dynamics and size structure of phytoplankton in the coastal waters of Singapore. Journal of Plankton Research, 22 (8): 1465-1484.

- Giraudoux P., Giraudoux M.P., Mass S., 2018. Package “pgirmess”. Spatial Analysis and Data Mining for Field Ecologists.
- Graham H.W., 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 J.P. Ault. Biology-V. Carnegie Institution of Washington Publication 565. Washington D.C., 209p.
- Granéli E., Turner J.T., 2006. Ecology of harmful algae. Ecological study, 189: 415 pp.
- Guiry M.D., Guiry G.M., 2021. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 19 October 2021.
- Hällfors H., Backer H., Leppänen J.M., Hällfors S., Hällfors G., Kuosa H., 2013. The northern Baltic Sea phytoplankton communities on 1903-1911 and 1993-2005: a comparison of historical and modern species data. *Hydrobiologia*, 707: 109-133.
- He Y., Chen Z., Feng X., Wang G., Wan, G., Zhang J., 2022. Daily Samples Revealing Shift in Phytoplankton Community and Its Environmental Drivers during Summer in Qinhuangdao Coastal Area, China. *Water*, 14(10), p.1625.
- Hensen V., 1887. Über die bestimmung des planktons. Ber. Kommis. Wiss. Untersuch. deutschen meere in Kiel. Jahre 1882-6. 12-16:1-108.
- Hoàng Trung Du, Nguyễn Hữu Huân, Võ Hải Thi, Lê Trọng Dũng, Lê Trần Dũng, Nguyễn Hữu Hải, 2021. Đánh giá hiện trạng và xem xét khả năng ảnh hưởng của hoạt động nuôi lồng bè đối với chất lượng môi trường trầm tích vịnh Vũng Rô, tỉnh Phú Yên. *Tuyển tập Nghiên cứu Biển*, tập 21, số 1: 84-93.
- Hsiao S.I.C., 1992. Diel, Tidal and Vertical Variations of Phytoplankton and Its Environment in Frobisher Bay. *Arctic* 45(4): 327-337.
- 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.
- Huỳnh Thị Ngọc Duyên, Phan Tấn Lượm, Trần Thị Lê Vân, Trần Thị Minh Huệ, Nguyễn Ngọc Lâm, Đoàn Như Hải, 2019. Đa dạng thực vật phù du khu vực hạ lưu sông Thu Bồn và Cù Lao Chàm. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, tập 19, số 4A, 215-227.
- Huynh T.N.D, Tran T.M.H., Tran T.L.V., Phan L.T., Nguyen L.N., Doan N.H., 2021. Phytoplankton community structure changes in Thi Nai lagoon (South-Central Vietnam) from 2004 to 2020. *Academia Journal of Biology*, 43(4), 75-94.
- Kemp W.M., Boynton W.R., Adolf J.E., Boesch D.F., Boicourt W.C., Brush G., Cornwell J.C., Fisher T.R., Glibert P.M., Hagy J.D., Harding L.W., Houde E.D., Kimmel D.G., Miller W.D., Newell R.I.E., Roman M.R., Smith E.M., Stevenson J.C., 2005. Eutrophication of Chesapeake Bay: historical trends and ecological interactions. *Marine Ecology Progress Series*, 303(21): 1-29.

- Kiefer D.A., Kremer J.N., 1981. Origins of vertical patterns of phytoplankton and nutrients in the temperate, open ocean: A stratigraphic hypothesis. *Deep-sea Res.*, 28A: 1087-1105.
- Kim H.G., Hong S., Kim D.K., Joo G.J., 2020. Drivers shaping episodic and gradual changes in phytoplankton community succession: taxonomic versus functional groups. *Science of the Total Environment*, 734, p.138940.
- Larsen J., Nguyen-Ngoc Lam L., 2004. Potentially toxic microalgae of Vietnamese waters. *Opera Botanica*. Copenhagen. 140: 216 pp.
- Leung K.M.Y., Chu J.C.W., Wu R.S.S., 1999. Nitrogen budgets for the areolated grouper *Epinephelus areolatus* cultured under laboratory conditions and in open-sea cages. *Marine Ecology Progress Series*, 186, 271-281.
- Licea S., Monero J.L., Santoyo H., Figuera G., 1995. Dinoflageladas del Golfo de California. UABCS-SEP-FORMES-PROMARCO, Mexico.
- Lugoli F., Garmendia M., Lehtinen S., Kauppila P., Moncheva S., Revilla M., Roselli L., Slabakova N., Valencia V., Dromph K.M., Basset A., 2012. Application of a new multi - metric phytoplankton index to the assessment of ecological status in marine and transitional waters. *Ecological Indicators*, 23: 338-355.
- Margalef D.R., 1958. Information theory in ecology. *General System* 3: 36-71.
- Monero J.L., Licea S., Santoyo H., 1996. Diatomeas del Golfo de California. Universidad Autonoma de Baja California Sur, La Paz, Mexico, 272 pp.
- Nguyen-Ngoc L., Ho-Van. T., Larsen J., 2012. A taxonomic Account of *Ceratium* (Dinoflagellates) in Vietnamese Waters. *The Thailand Natural History Museum Journal*. 6(1). 25-59.
- Nodine E.R., Gaiser E.E., 2014. Distribution of Diatoms Along Environmental Gradients in the Charlotte Harbor, Florida (USA), Estuary and Its Watershed: Implications for Bioassessment of Salinity and Nutrient Concentrations. *Estuaries and coasts*, 37(4): 864-879.
- Phan Tấn Lượm, 2017. Chi tảo hai roi *Protoperidinium* Bergh 1881 trong vùng biển Việt Nam. Luận án Tiến sĩ Sinh học. Học viện Khoa học và Công nghệ. Viện Hàn lâm KHCN Việt Nam, 190 trang.
- Phan-Tan L., L. Nguyen-Ngoc, H. Doan-Nhu, 2016. Species diversity of sections conica and tabulata in the genus *Protoperidinium* (Dinophyceae) from tropical waters of the East Sea. *Nova Hedwigia*, 103(3-4):515-545
- Phan-Tan L., L. Nguyen-Ngoc, H. Doan-Nhu, J. Larsen, R. Raine, 2017. Species diversity of the dinoflagellate genus *Protoperidinium* section *Oceanica* (Dinophyceae, Peridinales) in Vietnamese waters. with description of a new species - *P. larsenii* sp. nov.. *Nordic Journal of Botany* 35:129-146
- Reynolds C.S., 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press.

- Rousseaux C.S., Gregg W.W., 2012. Climate variability and phytoplankton composition in the Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 117(C10).
- Sathicq M.B., Bauer D.E., Gómez N., 2015. Influence of El Niño Southern Oscillation phenomenon on coastal phytoplankton in a mixohaline ecosystem on the southeastern of South America: Río de la Plata estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 98(1-2), pp.26-33.
- Shannon C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Tech.* 27: 379-423.
- Shirota A., 1966. The Plankton of South Vietnam: Fresh water and marine plankton. Overseas Technical Cooperation Agency Japan, 149: 323-324.
- Smith V.H., 2003. Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems: A global problem, *Environ. Sci. Pollut. R.*, 10: 126-139.
- Sournia A., 1978. *Phytoplankton manual*. UNESCO. Printed in France.
- Sowles J.W., Churchill L., Silvert W., 1994. The effect of benthic carbon loading on the degradation of bottom conditions under farm sites. Chapter 3. Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences/Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques. Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences.
- Tomas C.R., 1996. *Identifying Marine Phytoplankton*. New York: Academic Press. Harcourt Brace & Company, 584 pp.
- Trigueros J.M., Orive E., 2000. Tidally driven distribution of phytoplankton bloom in a shallow macrotidal estuary. *Journal of Plankton Research*, 22(5): 969-986.
- Trương Ngọc An., 1993. *Tảo silic phù du biển Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 315 trang.
- Valenzuela-Sanchez C.G., Pasten-Miranda N.M., Enriquez-Ocaña L.F., Barraza-Guardado R.H., Holguin J.V., Martinez-Cordova L.R., 2021. Phytoplankton composition and abundance as indicators of aquaculture effluents impact in coastal environments of mid Gulf of California. *Heliyon*, 7(2), p.e06203.
- Wickham H., 2009. *GGplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. SpringerVerlag New York.
- Wilke C.O., Wickham H., Wilke M.C.O., 2019. Package “cowplot”. Streamlined Plot Theme and Plot Annotations for “ggplot2”.
- Xiao W., Liu X., Irwin A.J., Laws E.A., Wang L., Chen B., Zeng Y., Huang B., 2018. Warming and eutrophication combine to restructure diatoms and dinoflagellates. *Water research*, 128, 206-216.
- Zhao H., Tang D.L., 2007. Effect of 1998 El Niño on the distribution of phytoplankton in the East Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 112(C2).

CHANGE OF PHYTOPLANKTON COMMUNITY IN VUNG RO BAY
DURING 2002-2021

Tran Thi Le Van^{*}, Tran Thi Minh Hue, Huynh Thi Ngoc Duyen,
Phan Tan Luom, Nguyen Ngoc Lam, Doan Nhu Hai
Institute of Oceanography, VAST
^{*}levan@planktonviet.com

Abstract. Phytoplankton composition, abundance, biodiversity indices, and ratios between algal groups were evaluated in Vung Ro Bay using data in 2002, 2003, 2015, 2016, and 2021. A total of 370 species of phytoplankton were recorded, in which diatoms were dominant with over 50 % of the total species. The changes in indices, abundance, ratios and dominant species over the years were remarkable. Two bloom events of centric diatoms *Leptocylindrus danicus* and *Dactyliosolen phuketensis* appeared in June 2016 and March 2021, respectively. Besides, in recent years, the increasing ratios in the density of centric-pennate diatoms and of diatoms-dinoflagellates reflected the changing environmental conditions mainly due to human activities (aquaculture). The changes of dominant species over the years were significant differences. There was an obvious shift from dinoflagellate dominance in 2002-2003 to centric diatoms dominance in the recent years.

Keywords: phytoplankton, diversity index, Vung Ro Bay, aquaculture.