ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG VÙNG NUÔI THỦY SẢN LỒNG BÈ VEN BIỂN BẰNG BỘ CHỈ THỊ SINH HỌC THEO NHÓM SINH THÁI

ASSESSEMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY IN COASTAL CAGE AQUACULTURE AREAS USING ECOLOGICAL GROUP-BASED BIOLOGICAL INDICATORS

Nguyễn Lâm Anh[1], Phan Thị Kim Hồng[2]

1. Trường Thủy sản và Khoa học sự sống, Trường Đại học Nha Trang

2. Viện Hải Dương học

Tác giả liên hệ: Nguyễn Lâm Anh, Email: anhnl@ntu.edu.vn

Ngày nhận bài: 09/10/2025; Ngày phản biện thông qua: 29/12/2025 ; Ngày duyệt đăng: 25/03/2026

TÓM TẮT

Nghề nuôi trồng thủy sản đặc biệt là nuôi lồng bè ven biển Việt Nam đang phát triển mạnh nhưng chịu áp lực lớn từ ô nhiễm do công nghiệp, du lịch, sinh hoạt và chính hoạt động nuôi. Động vật đáy là nhóm sinh vật thích hợp chỉ thị chất lượng môi trường. Trên thế giới, nhiều bộ chỉ số sinh học dựa trên nhóm loài động vật đáy đã được phát triển và áp dụng hiệu quả như BOPA, BENTIX và AMBI khi phân chia 5 nhóm loài động vật đáy theo mức độ chịu đựng ô nhiễm, phản ánh trạng thái môi trường từ "rất tốt" đến "vô cùng ô nhiễm". Các nghiên cứu tại châu Âu, Địa Trung Hải và Biển Đen cho thấy chỉ số AMBI rất hiệu quả trong đánh giá mức độ ảnh hưởng của nuôi thủy sản lồng bè đến môi trường đáy.

Ở Việt Nam các chương trình giám sát vẫn chủ yếu dựa trên yếu tố hóa lý, trong khi chỉ số sinh học chỉ mới được áp dụng hạn chế. Chỉ số sinh học (đặc biệt AMBI) là công cụ tiềm năng, phản ánh toàn diện và nhạy hơn các phương pháp hóa lý truyền thống. Do đó, cần áp dụng rộng rãi bộ chỉ số sinh học như AMBI trong chương trình giám sát định kỳ và xây dựng mạng lưới quan trắc sinh học cho các vùng nuôi trọng điểm nhằm giúp cảnh báo sớm ô nhiễm, quản lý nuôi trồng thủy sản bền vững và bảo vệ hệ sinh thái biển ven bờ Việt Nam.

Từ khóa: *bộ chỉ thị sinh học, nhóm sinh thái, vùng nuôi lồng bè*

Abstract

Marine aquaculture, particularly cage culture, along Vietnam's coastal areas, has been rapidly developing but is facing significant pressure from pollution originating from industry, tourism, domestic waste, and the farming activities themselves. Benthic fauna are recognized as suitable bioindicators of environmental quality. Globally, numerous biotic indices based on benthic community composition have been developed and successfully applied, such as the BOPA, BENTIX and AMBI, which classifies benthic species into five ecological groups according to their tolerance to organic enrichment and pollution, reflecting environmental conditions ranging from "very good" to "extremely polluted". Studies conducted in Europe, the Mediterranean, and the Black Sea have demonstrated that the AMBI index is highly effective in assessing the degree of impact from cage culture activities on benthic environments.

In Vietnam, however, environmental monitoring programs still rely mainly on physicochemical parameters, while biological indices have been applied only to a limited extent. Biological indicators, particularly AMBI, are promising tools that provide more comprehensive and sensitive assessments of environmental conditions than traditional chemical and physical methods. Therefore, it is essential to integrate biotic indices such as AMBI into regular monitoring programs and to establish a biological observation network for key aquaculture areas. This will enable early detection of pollution, promote sustainable aquaculture management, and protect Vietnam's coastal marine ecosystems.

Keywords: *Biological indicators, ecological species groups, cage culture areas*

I. MỞ ĐẦU

Nghề nuôi trồng thủy sản ở vùng biển ven bờ Việt Nam đã và đang phát triển với nhiều đối tượng và hình thức khác nhau, đặc biệt hình thức nuôi lồng bè ven biển Nam Trung Bộ. Tuy nhiên, vùng biển này ngày càng chịu tác động của hoạt động nuôi cùng với các hoạt động kinh tế khác như công nghiệp, nông nghiệp, du lịch, rác thải sinh hoạt, tràn dầu... Nhiều điểm nóng ô nhiễm môi trường xảy ra những năm gần đây làm hải sản, sinh vật biển chết hàng loạt cho thấy sự phát triển kinh tế thiếu bền vững, công tác bảo vệ đánh giá, giám sát môi trường chưa được quan tâm đúng mức [1, 5]. Chính vì vậy rất cần thiết tăng cường năng lực quan trắc, đánh giá chất lượng môi trường ở các khu vực tập trung nhiều nguồn thải lớn, khu vực môi trường nhạy cảm.

Quần xã động vật đáy với các đặc tính như ít di chuyển nên không thể tránh được các tác động xấu của môi trường nước và trầm tích. Chúng có vòng đời tương đối dài do đó có thể chỉ thị hay tổng hợp các xáo trộn của môi trường nước và trầm tích theo thời gian. Chúng gồm nhiều loài không chỉ có khả năng chịu đựng tốt với sự thay đổi lớn của môi trường mà còn có thể phát triển rất nhanh tạo thành những quần thể chiếm ưu thế hoặc loài chỉ thị. Vì thế quần xã động vật đáy có thể được sử dụng để giám sát chất lượng môi trường hiệu quả.

Các bộ chỉ số sinh học dựa trên quần xã động vật đáy đã được nhiều nhà khoa học trên thế giới sử dụng và bước đầu áp dụng thành công ở Việt Nam. Nguyên tắc là phân chia thành phần loài tại mỗi điểm giám sát thành các nhóm sinh thái với các hệ số khác nhau dựa theo mức độ chịu dựng, nhạy cảm của từng loài đối với sự gia tăng ô nhiễm của môi trường. Trên cơ sở đó, việc nghiên cứu xây dựng bộ chỉ số sinh học phù hợp phục vụ cho công tác đánh giá và cảnh báo các rủi ro môi trường đối với nghề nuôi lồng bè hải sản cần được ưu tiên thực hiện.

Tuy nhiên, cho đến nay ở Việt Nam vẫn chưa có bài viết nào tổng quan các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đến việc sử dụng bộ chỉ thị sinh học theo nhóm sinh thái nhằm đánh giá chất lượng môi trường thủy vực, nhất là vùng nuôi thủy sản tập trung. Bài trao đổi này nhằm điểm qua tình hình nghiên cứu đánh giá chất lượng môi trường sinh thái biển, đặc biệt vùng nuôi trồng thủy sản lồng bè và khả năng áp dụng bộ chỉ thị sinh học ở vùng ven biển Việt Nam.

II. NỘI DUNG

1. Tình hình nghiên cứu đánh giá chất lượng môi trường sinh thái biển bằng chỉ số sinh học

Đánh giá chất lượng môi trường bằng phương pháp sinh học là việc dùng các các phản ứng của sinh vật để đánh giá các thay đổi trong môi trường, thường là các thay đổi do các hoạt động của con người gây ra. Những phản ứng này bao gồm sự ức chế sinh trưởng, tỷ lệ tử vong, nguy cơ mất khả năng sinh sản, mức độ tích lũy của các độc tố, các kim loại nặng. Sự phản ứng của sinh vật cũng có thể đo lường qua mức độ đa dạng loài hay sự thay đổi cấu trúc quần xã, cân bằng quần xã sinh vật. Sử dụng các chỉ số sinh học để đánh giá, cảnh báo chất lượng môi trường đã được sử dụng rộng rãi ở nhiều nước trên thế giới. Kết quả nghiên cứu nhiều năm cho thấy rằng các tiêu chí sinh học được xem là yếu tố quan trọng để đánh giá chất lương môi trường nước bởi vì chúng chỉ ra các vấn đề thường không phát hiện được hoặc bị bỏ qua trong các phương pháp khác, cũng như đánh giá được sự phục hồi của môi trường [18].

Việc xây dựng các chỉ số sinh học thường dựa trên quần xã động vật đáy vì nhóm loài này có các ưu điểm như tương đối ít di chuyển nên không thể tránh được các tác động xấu của môi trường nước và trầm tích; có vòng đời tương đối dài nên có thể chỉ thị hay tổng hợp các xáo trộn của môi trường nước và trầm tích theo thời gian; gồm nhiều loài không chỉ có khả

năng chịu đựng tốt với sự thay đổi lớn của môi trường mà còn có thể phát triển rất nhanh tạo thành những quần thể chiếm ưu thế [22]. Hơn nữa, động vật đáy có vai trò quan trọng trong chu trình dinh dưỡng, vật chất trong trầm tích và cột nước [18, 26].

Trong đó, bộ chỉ số sinh học AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) được phát triển từ năm 2000 [12] được xây dựng với mục đích đánh giá hiện trạng sinh thái vùng cửa sông và ven bờ. Chỉ số AMBI được xác định theo phương trình sau với các giá trị từ 0 (điều kiện môi trường rất tốt) đến 7 (ô nhiễm rất nặng, Azoic) [14]:

$$\text{AMBI} = \frac{((0 \times \%GI) + (1.5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4.5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV))}{100}$$

Trong đó: %GI, %GII, %GIII, %GIV, và %GV là phần trăm độ phong phú giữa các nhóm loài sinh thái:

- Nhóm 1 (GI): các loài rất nhạy cảm với môi trường giàu chất hữu cơ và chỉ xuất hiện trong điều kiện không có ô nhiễm
- Nhóm 2 (GII): các loài sống được trong môi trường giàu chất hữu cơ, luôn có mặt với mật độ thấp và không có biến động lớn (không có ý nghĩa thống kê) theo thời gian
- Nhóm 3 (GIII): các loài có khả năng chịu đựng môi trường rất giàu chất hữu cơ. Những loài này có thể tồn tại trong điều kiện bình thường nhưng các quần thể của chúng được kích thích bởi quá trình làm giàu chất hữu cơ trong môi trường
- Nhóm 4 (GIV) các loài cơ hội bậc 2 (second-order opportunistic species) thích nghi ở mức độ thấp với điều kiện môi trường không cân bằng
- Nhóm 5 (GV) các loài cơ hội bậc 1 (first-order opportunistic species) thích nghi với điều kiện môi trường không cân bằng

Từ kết quả tính toán chỉ số AMBI, ngưỡng trạng thái môi trường được xác định theo các mức sau [14]:

Bảng 1: chỉ số AMBI theo trạng thái môi trường

Trạng thái môi trường	Chỉ số AMBI
Không xáo trộn	< 1,2
Xáo trộn ít	1,2 - 3,3
Xáo trộn vừa	3,3 - 4,3
Ô nhiễm	4,3 - 5,5
Vô cùng ô nhiễm (Azoic)	>5,5

Borja *et al.* (2004) [13] và Muxika *et al.* (2005) [33] đã kiểm chứng AMBI có thể được sử dụng ở khu vực chịu tác động của nhiều nguồn ô nhiễm như rác thải sinh hoạt, kim loại nặng, cống ngầm, khoan bùn, rác thải công nghiệp và khai khoáng. Muniz *et al.* (2005, 2011) [31, 32]; Prato *et al.* (2009) [36] đã sử dụng AMBI kết hợp với nghiên cứu cấu trúc quần xã và phương pháp đa biến để đánh giá các tác động của con người đến môi trường sinh thái biển. Cụ thể, Muniz *et al.* (2011) [32] khi nghiên cứu chất lượng môi trường và sức khỏe hệ sinh thái nền đáy vùng cửa sông ven biển Montevideo (Uruguay) bằng các chỉ số sinh vật đáy, sinh hóa và thủy hóa, đã chỉ ra các khu vực ô nhiễm nghiêm trọng trong vịnh

do kim loại nặng, hydrocarbon và chất hữu cơ làm cơ sở cho quy hoạch hệ thống thoát nước và biện pháp quản lý môi trường. Prato *et al.* (2009) [36] khi đánh giá chất lượng sinh thái hai hồ ven biển ở Miền Trung nước Ý dựa trên các chỉ số quần xã sinh vật không xương sống đáy lớn, đã kết luận trạng thái sức khỏe sinh thái suy giảm do tác động của các hoạt động kinh tế xã hội của con người và khuyến nghị nên sử dụng đồng thời chỉ số phân biệt chức năng sinh thái và chỉ số phân biệt loài để tăng hiệu quả giám sát. Muxika *et al.* (2007) [34] đề xuất bộ chỉ số đa biến bao gồm AMBI kết hợp với chỉ số phong phú loài (S) và chỉ số đa dạng quần xã (H') với tên gọi M-AMBI. Bộ chỉ số này dựa trên việc quan sát quần xã sinh vật đáy phản ứng với sự cải thiện môi trường theo 3 giai đoạn: đầu tiên là sự tăng lên về độ phong phú loài, tiếp theo dẫn đến tăng đa dạng loài và cuối cùng là sự thay đổi loài ưu thế.

Không chỉ sử dụng bộ chỉ số sinh học AMBI, nhiều nhà nghiên cứu đã đề xuất các bộ chí số sinh học khác nhằm đánh giá chất lượng môi trường sinh thái. Bộ chỉ số sinh học BENTIX được xây dựng dựa trên khái niệm về loài chỉ thị và sử dụng các loài động vật đáy không xương sống kích thước lớn để giám sát hiện trạng sinh thái môi trường biển. Trong khi đó, bộ chỉ số BOPA lại chỉ dựa trên tỷ số giữa các loài cơ hội thuộc nhóm giun nhiều tơ và giáp xác (ngoại trừ giống Jassa) [39]. Theo Simboura *et al.* (2007) [39], bộ chỉ số BENTIX đánh giá được mức độ ảnh hưởng bởi các tác nhân chung chung nhưng không phân biệt nguồn ô nhiễm có nguyên nhân tự nhiên hay do hoạt động của con người. Nhằm đánh giá mức độ phù hợp của ba bộ chỉ số sinh học AMBI, BENTIX và BOPA trong việc giám sát chất lượng môi trường, Basatnia *et al.* (2015) [9] đã tiến hành đánh giá chất lượng sinh thái đầm phá Gomishan ở Đông Nam biển Caspien bằng cả 3 bộ chỉ số trên vào mùa hè và thu năm 2010. Kết quả nghiên cứu không làm nổi bật được sự khác biệt giữa các trạm khảo sát một cách rõ ràng. Tuy nhiên, các chỉ số sinh học AMBI và BENTIX nhìn chung cho kết quả phản ánh chất lượng môi trường tốt hơn BOPA. Hơn nữa, áp dụng phân tích thành phần chính (PCA) dựa trên các tham số vô cơ như nhiệt độ, độ mặn, oxy hòa tan, nitrat, phốt pho, nhu cầu oxy sinh học (BOD), độ sâu và carbon hữu cơ tổng số (TOC) cho thấy sự khác biệt rõ rệt về không gian và thời gian trong các biến môi trường. Tuy nhiên, có thể do đây là vùng nước nông, tác động của con người còn hạn chế và thời gian nước tù đọng lâu nên thành phần quần xã sinh vật đáy có thể chỉ chịu tác động các yếu tố lý học do độ mặn tăng và sự thay đổi đặc điểm môi trường do tác động của yếu tố mùa của khí hậu. Sự biến động tự nhiên trong quá trình trao đổi nước là yếu tố chủ yếu để đánh giá chính xác các điều kiện sinh thái của quần xã động vật không xương sống kích thước lớn xuyên suốt hệ thống đầm phá này [9].

2. Sử dụng chỉ số sinh học để đánh giá môi trường tại vùng nuôi trồng thủy sản

Trước tình hình sản lượng khai thác thủy sản tự nhiên đang ngày càng suy giảm do nguồn lợi bị khai thác quá mức, nuôi trồng thủy sản ngày càng phát triển trên phạm vi toàn cầu nhằm đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của con người. Theo báo cáo của FAO (2016) [20], tổng sản lượng nuôi trồng thủy sản trên thế giới đạt 73,8 triệu tấn, tăng gấp 3 lần so với năm 1995 và chiếm 44,1% tổng sản lượng thủy sản thế giới, trong đó sản lượng nuôi trồng hải sản đạt 26,7 triệu tấn. Đến năm 2022, báo cáo của FAO cho thấy tổng sản lượng nuôi trồng thủy sản thế giới đã đạt đến con số 130,9 triệu tấn, trong đó sản lượng cá và các động vật nuôi dưới nước khác đạt 94,4 triệu tấn chiếm 50,9% tổng sản lượng khai thác và nuôi trồng thủy sản [21]. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng chính hoạt động nuôi trồng hải sản ven biển đã gây ra tác hại đối với môi trường sinh thái. Các tác hại này chủ yếu gây ra bởi chất

thải trong nuôi trồng hải sản như thức ăn dư thừa, phân động vật nuôi, hóa chất và thuốc trị bệnh, việc lai tạp, truyền ký sinh trùng và dịch bệnh giữa các loài nuôi và trong tự nhiên [7, 11, 17, 23, 28].

Trầm tích bên dưới các lồng nuôi hải sản thường tích tụ hàm lượng hữu cơ cao từ thức ăn và phân (sinh học) của cá và các sinh vật nuôi khác, nhưng tỷ lệ bồi lắng phụ thuộc nhiều vào địa điểm nuôi, các loài được nuôi, loại thức ăn, cách quản lý, dòng chảy và độ sâu. Các nghiên cứu từ nhiều nơi khác nhau trên thế giới cho thấy sự khác biệt lớn về tốc độ bồi lắng trầm tích, nhưng hầu hết khu vực dưới đáy lồng đều có tốc độ gia tăng trầm tích từ 2-20 lần lớn hơn so với các khu vực khác không có hoạt động nuôi [24, 27, 29, 43]. Trong công nghiệp nuôi cá hồi, Hargrave (1994) [25] xác định hàm lượng carbon hữu cơ bên dưới lồng cá hồi cao hơn 500 lần, và nghiên cứu khác chẳng hạn như Brown *et al.* (1987) [16] tìm thấy hàm lượng chất hữu cơ rất cao, oxy hòa tan rất ít và giàu lưu huỳnh. Hàm lượng hữu cơ cao là kết quả của sự dư thừa thức ăn và chất thải phân trong hoạt động nuôi lồng thâm canh.

Giles (2008) [23] đưa ra kết quả nghiên cứu định kỳ về tác hại của việc tích tụ trầm tích do các viên thức ăn công nghiệp và phân cá thải ra trong quá trình nuôi đối với quần xã động vật đáy kích thước lớn. Tùy thuộc vào loại chất nền và vận tốc dòng chảy mà quá trình lắng đọng của các chất thải trong vùng lân cận lồng nuôi có thể làm tăng chất hữu cơ trầm tích (OM), carbon hữu cơ (OC), ni tơ (N), sun phua hòa tan trong nước (tổng S_2-), HS- và H_2S) (S), hạt sun phua gốc a xít dễ bay hơi (AVS), thảm vi khuẩn lưu huỳnh trắng bao phủ nền đáy (*Beggiatoa* spp.), trao đổi oxy hòa tan và amoni giữa nước và trầm tích trong độ sâu mà ở đó chỉ số tiềm năng oxi hóa khử biểu kiến (EhNHE) bị gián đoạn và đa dạng sinh học quần xã động vật đáy cỡ lớn (Macrofauna) suy giảm. Quá trình làm giàu hữu cơ nền đáy sẽ dẫn đến những thay đổi về thành phần hóa học trầm tích cũng như số lượng, sinh khối và đơn vị phân loại động vật đáy kích thước lớn ưu thế. Quá trình này đã được Pearson and Rosenberg (1978) [35] mô tả dựa trên mô hình khái niệm ô nhiễm – phục hồi (P-R). Việc lắng đọng trầm tích hữu cơ sẽ dẫn đến điều kiện thiếu khí trên lớp trầm tích bề mặt đáy và như vậy động vật đáy kích thước lớn cần oxy để hô hấp sẽ không thể sống sót [37]. Điều này sẽ dẫn đến việc thay đổi có ý nghĩa thành phần loài và cấu trúc quần xã vì chỉ có sinh vật có ngưỡng oxy thấp mới có thể tồn tại [8, 42].

Để đánh giá ảnh hưởng của nuôi trồng thủy sản lên môi trường thông qua các chỉ số định lượng của sinh vật đáy chỉ thị, Borja *et al.* (2009) [15] đã tiến hành nghiên cứu tại các khu vực nuôi ở Châu Âu từ phía Bắc Nauy xuống đến Hy Lạp bao gồm 6 khu vực ở Địa Trung Hải và 4 khu vực ở Đại Tây Dương. Trong đó có 7 khu vực nuôi cá (cá vược, cá ngừ, cá hồi và cá tuyết), 2 khu vực nuôi nhuyễn thể hai mảnh vỏ (sò, điệp và hàu), và 1 khu vực nuôi cả cá và hai mảnh vỏ với hình thức nuôi lồng đối với cá, dây thừng và giá thể cho nhuyễn thể bám vào. Phương pháp thu mẫu được áp dụng tương tự ở cả 10 khu vực nghiên cứu bao gồm các số liệu về trầm tích, thủy động lực học và động vật đáy và được thực hiện tại các điểm nuôi và mở rộng bán kính ra 50 m ngang. Số liệu được xử lý bằng các phép phân tích thống kế bao gồm phép phân tích từng phần dư (Partial ReDundancy Analysis (pRDA). Biến động của các đơn biến động vật đáy kích thước lớn (chỉ số phong phú cá thể, chỉ số giàu có loài, chỉ số đa dạng Shannon - Wiener, chỉ số sinh học (Marine Biotic Index (AMBI), và chỉ số bậc dinh dưỡng động vật tầng đáy (Infaunal Trophic Index (ITI)) được phân tích theo các yếu tố môi trường như độ sâu, khoảng cách đến điểm nuôi, vận tốc dòng chảy, Eh và tỷ lệ phần trăm bùn và hữu cơ tổng số TOM. Kết quả nghiên cứu cho thấy các biến môi trường liên

quan đến 53,2% sự biến động của các biến số động vật kích thước lớn (chỉ số phong phú cá thể, chỉ số giàu có loài, chỉ số đa dạng, AMBI và ITI). Những kết quả này cùng với kết quả phân tích hồi quy đa biến cho kết quả đánh giá chính xác mức độ ảnh hưởng của hoạt động nuôi thủy sản đến môi trường.

Bascinar *et al.* (2014) [10] đã nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của hoạt động nuôi lồng đến quần xã động vật đáy ở vùng ven bờ (độ sâu 25-50m) đông nam Biển Đen (Ordu-Perşembe, Trabzon-Yomra và trung tâm Rize). Mẫu được thu theo mùa từ tháng 4-2007 đến 2009 và mẫu trầm tích được thu bằng gầu Ekman (0,04 m^2). Nhiệt độ, độ mặn và vận tốc dòng chảy được đo định kỳ để xác định ảnh hưởng quá trình chất hữu cơ bồi lắng lên trầm tích, quá trình oxy hóa và điều kiện thiếu oxy. Ngoài ra, kích thước hạt của trầm tích, hàm lượng cacbon hữu cơ và sự phân bố của quần xã sinh vật đáy cũng được nghiên cứu. Các chỉ số đa dạng Shannon - Wiener (H'), chỉ số AMBI và chỉ số M-AMBI đã được sử dụng để xác định tác động của các trang trại nuôi cá trong khu vực đến môi trường đáy. Các tác giả công bố chất lượng sinh thái vùng đáy tại các khu vực nuôi là thấp và cải thiện dần khi cách xa khu vực nuôi, và cũng đã xuất hiện một số loài cơ hội thuộc nhóm giun nhiều tơ. Giá trị chỉ số AMBI nhìn chung cao hơn ở dưới đáy lồng và giảm đi khi cách xa khu vực nuôi [15].

3. Giám sát môi trường thủy vực và môi trường nuôi trồng thủy sản bằng chỉ thị sinh học ở Việt Nam

Trong chương trình quan trắc môi trường biển miền nam Việt Nam do Viện Hải dương học thực hiện từ năm 1998 đến nay, có sử dụng các thông số về thành phần loài, mật độ, chỉ số đa dạng, cân bằng của các quần xã động vật đáy và phù du trong bộ chỉ tiêu quan trắc định kỳ hàng năm. Tuy nhiên chỉ số đa dạng thường ít được sử dụng độc lập, mà phải kết hợp với một số chỉ số sinh học khác và các yếu tố lý hóa mới cho kết quả đánh giá chất lượng môi trường chính xác [5].

Tỉnh Khánh Hòa đã xây dựng chương trình giám sát sinh học tại khu vực Tây Nam vịnh Vân Phong trong thời gian 10 năm. Phương pháp quan trắc là thông qua các chỉ tiêu như sự tích lũy kim loại nặng trong cơ thể động vật hai mảnh vỏ là Hàu *Ostrea* sp. sống tại môi trường tự nhiên để đánh giá, giám sát mức độ ô nhiễm kim loại nặng trong môi trường nước. Ngoài ra, chất lượng môi trường nước còn được đánh giá nhanh qua chỉ tiêu độ bền vững của màng lysosome trong tế bào máu của Hàu *Ostrea* sp [4].

Trong khuôn khổ luận án tiến sĩ, Phạm Anh Đức (2014) [3] đã "*Xây dựng phương pháp đánh giá chất lượng nước dựa vào động vật đáy không xương sống cỡ lớn (ĐVKXSCL) ở đáy cho hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai*". Theo đó, tác giả đã đã xây dựng hệ thống điểm số ô nhiễm cho từng loài, từ đó xây dựng bộ chỉ báo động vật không xương sống có kích thước lớn cho mục tiêu đánh giá nhanh chất lượng nước hạ lưu sông Đồng Nai. Trong 10 thông số môi trường (nhiệt độ, pH, độ mặn, TSS, DO, BOD5, Ni tơ tổng số, Phốt pho tổng số, Coliform và E. coli), kết quả phân tích cho thấy nhóm thông số có tương quan chặt chẽ nhất với ĐVKXCL tại 36 vị trí thu mẫu từ năm 2010 là DO, BOD_5, Ni tơ tổng số, Phốt pho tổng số, E. coli và độ mặn. Trong khi đó các yếu tố môi trường như nhiệt độ và TSS chưa cho thấy sự ảnh hưởng rõ đến ĐVKXCL

Le and Huong (2008) [30] đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình nuôi tôm hùm lồng đến chất lượng môi trường sinh thái ở vịnh Vân Phong, Khánh Hòa. Mẫu nước được thu và phân tích các chỉ số oxy hòa tan (DO), tổng chất rắn lơ lửng (TSS), nhu cầu oxy sinh học (BOD), chất dinh dưỡng và vi khuẩn, trong khi mẫu trầm tích được phân tích các chỉ số chất hữu cơ (Ni tơ, Phốt pho) và vi khuẩn. Kết quả nghiên cứu cho thấy chất thải từ hoạt

động nuôi như thức ăn dư thừa, bài tiết và hóa chất là nguyên nhân chính dẫn đến suy thoái chất lượng nước vùng ven bờ vịnh Vân Phong.

Hoàng Trung Du *và cs.* (2015) [1] đã thực hiện nghiên cứu 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 tại Vũng Rô, Phú Yên. Các mẫu trầm tích được thu tại khu vực nuôi và bên ngoài làm đối chứng. Các chỉ tiêu phân tích gồm thành phần cơ học trầm tích, hữu cơ tổng số (TOM), cacbon tổng số (TOC), tổng Ni tơ, Phốt pho, hydrocacbon dầu mỏ, kim loại nặng, Coliform và *Vibrio* spp. Kết quả nghiên cứu cho thấy tuy không có sự biến động nhiều giữa hai điểm thu mẫu và các chỉ tiêu môi trường chưa vượt giới hạn an toàn nhưng mật độ vi khuẩn Vibrio khá cao và hàm lượng Ni tơ gia tăng nhanh từ dưới lên bề mặt lớp trầm tích tại khu vực nuôi.

Một số nghiên cứu ở Việt Nam đã sử dụng động vật không xương sống kích thước lớn làm chỉ thị sinh học để đánh giá chất lượng môi trường [2, 6] nhưng việc áp dụng chỉ số AMBI là rất hiếm [40]. Tran and Quang (2018) [40] bước đầu áp dụng chỉ số AMBI để đánh giá chất lượng môi trường vùng nuôi tôm hữu cơ ở Năm Căn, Cà Mau. Kết quả cho thấy quần xã động vật đáy kích thước lớn có thành phần loài đa dạng và phân bố mật độ cao. Các chỉ số AMBI tại các trạm thu mẫu biến động nhưng xác định ngưỡng chất lượng sinh thái chỉ ở mức không xáo trộn và ít xáo trộn. Nghiên cứu cũng đề xuất bổ sung các loài động vật đáy kích thước lớn xác định ở Việt Nam vào danh mục các nhóm loài sinh thái [40].

Công trình của Tran *et al.* (2018) [41] đã sử dụng các chỉ số sinh học (Shannon-wiener H', AMBI và M-AMBI) để đánh giá chất lượng môi trường trầm tích ở các trại nuôi tôm theo hướng hữu cơ ở Năm Căn, Cà Mau. Các kết quả về chỉ số đa dạng, AMBI và M-AMBI đều cho thấy sự tương đồng trong đánh giá chất lượng môi trường và chưa cho thấy mức độ ô nhiễm cần phải cảnh báo. Kết quả nghiên cứu [41] cũng khẳng định sử dụng bộ chỉ số AMBI và M-AMBI phù hợp để đánh giá chất lượng môi trường ở Việt Nam. Phan Thị Kim Hồng *và cs.* (2023) [5] trong khuôn khổ đề tài của Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã xây dựng bộ chỉ tiêu sinh học để đánh giá và cảnh báo môi trường tại 3 khu vực nuôi thủy sản lồng bè tập trung trong vùng ven bờ Nam Trung Bộ. Các chỉ số AMBI sai khác có ý nghĩa thống kê giữa các trạm khảo sát ở cả 3 vùng nuôi (vịnh Xuân Đài, vịnh Vân Phong và vịnh Cam Ranh) và riêng ở Cam Ranh còn có sự sai khác giữa mùa khô và mùa mưa. Đánh giá chất lượng môi trường vùng nuôi thông qua chỉ số AMBI cho thấy môi trường ở mức độ xáo trộn ít và vừa, và như vậy ở thời điểm nghiên cứu mức ô nhiễm môi trường chưa đáng báo động. Kết quả đề tài đã khẳng định việc sử dụng bộ chỉ số AMBI là phù hợp ở cả 3 vùng nuôi khi so sánh với kết quả phân tích các yếu tố môi trường và do đó nếu bổ sung các nhóm loài đặc trưng ở vùng nghiên cứu có thể nhân rộng việc áp dụng bộ chỉ số sinh học AMBI cho các vùng nuôi trồng thủy sản ở Việt Nam [5].

Tóm lại, có thể nói phương pháp sử dụng các chỉ số sinh học dựa vào quần xã động vật đáy kích thước lớn để đánh giá ảnh hưởng của các hoạt động con người đến môi trường sinh thái thủy vực đã có những thành công nhất định. Việc áp dụng các chỉ số này, nhất là bộ chỉ số AMBI, vào đánh giá và cảnh báo tác động môi trường của các hoạt động nuôi trồng thủy sản, đặc biệt là nuôi lồng bè ven biển, đã được nhiều tác giả nghiên cứu và khẳng định sự hiệu quả của nó [5, 40, 41].

4. Kết luận

Nghề nuôi trồng thủy sản ở vùng biển ven bờ đã và đang phát triển với nhiều đối tượng và hình thức khác nhau. Tuy nhiên, hoạt động nuôi này phải đối mặt nhiều thách thức do vấn đề ô nhiễm môi trường. Việc áp dụng các bộ chỉ số sinh học dựa trên trọng số các nhóm sinh

thái được phân tích từ quần xã sinh vật đáy đã được áp dụng nhiều nơi trên thế giới và mang lại kết quả tích cực cho công tác giám sát và cảnh báo môi trường.

Ở Việt Nam hiện nay, việc đánh giá, giám sát chất lượng môi trường biển và cụ thể cho vùng nuôi thủy sản lồng bè tập trung vào các yếu tố hóa lý, độc tố trong môi trường nhiều hơn so với các chỉ số sinh học. Với ưu điểm phản ánh chính xác xu thế biến động chất lượng môi trường sinh thái, việc nghiên cứu, áp dụng các chỉ số sinh học trong khảo sát, đánh giá chất lượng môi trường vùng nuôi trồng thủy sản ven biển bước đầu đã có kết quả khả quan và là động lực thúc đẩy việc mở rộng áp dụng phương pháp này. Trên cơ sở đó, các nhà khoa học cần bổ sung và chuẩn hóa danh mục các nhóm loài sinh thái và cơ quan quản lý ngành xây dựng chương trình đánh giá, giám sát bằng mạng lưới quan trắc sinh học hoặc nếu có sẵn thì bổ sung thu mẫu các nhóm loài sinh vật đáy cho các vùng nuôi trọng điểm ven biển nhằm cảnh báo sớm ô nhiễm, quản lý nuôi trồng thỷ sản bền vững và bảo vệ hệ sinh thái biển ven bờ Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Trung Du, Nguyễn Hữu Huân, Võ Hải Thi, Lê Trọng Dũng, Lê Trần Dũng và Nguyễn Hữu Hải (2015), "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*, 2015, tập 21, số 1: 84-93
2. Nguyễn Văn Khánh, Phạm Thị Hồng Hà và Lê Trọng Sơn (2010), "Sử dụng chỉ thị sinh học động vật không xương sống cỡ lớn để đánh giá chất lượng nước ở các hồ của thành phố Đà Nẵng", *Tạp chí khoa học, Đại học Huế*, số 63, 2010.
3. Phạm Anh Đức (2014), *Xây dựng phương pháp đánh giá chất lượng nước dựa vào động vật đáy không xương sống cỡ lớn (ĐVKXSCL) ở đáy cho hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai,* Tóm tắt luận án tiến sĩ.
4. Phan Thị Kim Hồng (2013), *Hoạt động quan trắc môi trường năm 2013 – Đánh giá môi trường thông qua phương pháp quan trắc sinh học,* Báo cáo kết quả thực hiện nhiệm vụ: 10 trang. Lưu Viện Hải dương học.
5. Phan Thị Kim Hồng (2023), *Xây dựng bộ chỉ tiêu sinh học để đánh giá và cảnh báo môi trường tại các khu vực nuôi thủy sản tập trung trong vùng ven bờ Nam Trung Bộ*, Báo cáo tổng kết đề tài VAST06.03/19-20, Viện Hải dương học.
6. Trương Thanh Cảnh và Ngô Thị Trâm Anh (2007), "Nghiên cứu sử dụng động vật không xương sống cỡ lớn để đánh giá chất lượng nước trên 4 hệ thống kênh chính tại thành phố Hồ Chí Minh", *Tạp chí Phát triển KH&CN*, tập 10, số 01-2007.
7. Apostolaki, E.T., Tsagaraki, T., Tsapakis, M. and Karakassis, I. (2007), "Fish farming impact on sediments and macrofauna associated with seagrass meadows in the Mediterranean", *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 75, 408–416.
8. Bagarino T (1992), "Sulfide as an environmental factor and toxicant: tolerance and adaptations in aquatic organisms", *Aquat Toxicol* 24:21–62
9. Basatnia, N., S. A. Hosseini, R. Ghorbani and P. Muniz (2015), "Performance comparison of biotic indices measuring the ecological status base on soft-bottom macroinvertebrates: a study along the shallow Gomishan lagoon (Southeast Caspian Sea)", *Brazilian Journal Of Oceanography*, 63(4):363-378; 2015.
10. Bascinar N.S. Gozler A. M.; Şahin C.; Eruz Ç.; Tolun L.Agirbas E.; Mantikci M.; Serdar S. and Verep B. (2014), "The impact assessment of cage aquaculture on benthic communities along the south eastern Black Sea", *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 13 (3) 719- 738
11. Black, K.D. (Ed.) (2001), "Environmental Impacts of Aquaculture", *Sheffield Academic Press*. 214 pp.

12. Borja, Á., J. Franco and V. Pérez (2000), "A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos within European Estuarine and Coastal Environments", *Marine Pollution Bulletin*, 40: 1100-1114.
13. Borja, A.; Franco, J. and Muxika, I. (2004), "The biotic indices and the Water Framework Directive: the required consensus in the new benthic monitoring tools", *Mar. Pollut. Bull.,* v. 48, n. 3/4, p. 405-408, 2004.
14. Borja A., and Muxika I. (2005), "Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality", *Marine Pollution Bulletin* 50 (2005) 787-789.
15. Borja , A., J. Germán Rodríguez , Kenny Black, Alain Bodoy, Chris Emblow, Teresa F. Fernandes, Janez Forte, Ioannis Karakassis, Iñigo Muxika, Thom D. Nickell, Nafsika Papageorgiou , Fabio Pranovi , Katerina Sevastou , Paolo Tomassetti and Dror Angel (2009), "Assessing the suitability of a range of benthic indices in the evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located in sites across Europe", *Aquaculture* 293 (2009) 231–240)
16. Brown, J.R., Gowen, R.J. and McLusky, D.S. (1987), "The effect of salmon farming on the benthos of a Scottish sea loch", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 109, 39-51.
17. Buschmann, A.H., Riquelme, V.A., Hernández-González, M.C., Varela, D., Jiménez, J.E., Henríquez, L.A., Vergara, P.A., Guinez, R. and Filun, L. (2006), "A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific", *ICES Journal of Marine Science* 63, 1338–1345.
18. Dauer, D. M. (1993), "Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure", *Marine Pollution Bulletin* 26 (5), 249±257
19. Dauvin, J. C. and Ruellet, T. (2007), "Polychaete/amphipod ratio revisited", *Mar. Pollut. Bull*., v. 55, n. 1/6, p. 215-224, 2007.
20. FAO (2016), *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all,* Rome, 2016, 200 pp.
21. FAO (2024), *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024*, Blue transformation in action. Rome, 2024, 232 pp.
22. Gray, J.S. and Pearson, T.H. (1982), "Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 1. Comparative methodology". *Marine Ecological Progress*, Series 9, 111–119.
23. Giles, H. (2008), "Using Bayesian networks to examine consistent trends in fish farm benthic impact studies", *Aquaculture* 274, 181–195.
24. Hall, P. and Holby, O. (1986), "Environmental impact of a marine fish cage culture", *Int. Counc. Explor. Sea C.M*. 1986/F:46, 12 p.
25. Hargrave, B. T. (1994), A benthic enrichment index. In: Modelling Benthic Impacts of Organic Enrichment from Marine Aquaculture. In: (Ed.: B.T. Hargrave), *Canadian Technical Report on Fisheries and Aquatic Sciences, 1949*. Dep. Of Fisheries and Oceans, Ottawa. pp. 31-46.
26. Hily, C. (1984), *Variabilite de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la Rade de Brest,* These de Doctorat dÕEtat, Univ. Bretagne Occidentale. Vol. 1, 359 pp; Vol. 2, 337 pp.
27. Holmer, M,. Perez, M. and Duarte, C.M. (2003), "Benthic primary producers – a neglected environmental problem in Mediterranean maricultures", *Marine Pollution Bulletin*, 46, 1372-1376.
28. Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K.N. and Plaiti,W. (2000), *Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas,* ICES
29. Kupka-Hansen, P., Pittman, K. and Ervik, A. (1991), "Organic waste from marine fish farms-effects on the seabed. In: Marine Aquaculture and Environment", *Journal of Marine Science* 57, 1462–1471.

30. Le Thi Vinh & Huong L. L. (2008), Improving environmental quality for Panulirus ornatus lobster aquaculture in Van Phong Bay, Vietnam, by combined culture with Perna viridis mussels. In: (Ed. Kevin C. Williams), *Spiny lobster aquaculture in the Asia–Pacific region*, Proceedings of an international symposium held at Nha Trang, Vietnam, 9–10 December 2008.
31. Muniz, P.; Venturini, N.; Pires-Vanin, A. M. S.; Tommasi, L. R. and Borja, A. (2005), "Testing the applicability of a Marine Biotic Index (AMBI) to assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities, in the South America Atlantic region", *Mar. Pollut. Bull*., v. 50, n. 6, p. 624-637, 2005.
32. Muniz, P.; Venturini, N.; Hutton, M.; Kandratavicius, N.; Pita, A.; Brugnoli, E.; Burone, L. and García-Rodríguez, F. (2011), "Ecosystem health of Montevideo coastal zone: A multi approach using some different benthic indicators to improve a ten-year-ago assessment", *J. Sea. Res.,* v. 65, p. 38-50, 2011.
33. Muxika, I., Borja, A. and Bonne, W. (2005), "The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts", *Ecological Indicators* 5, 19–31.
34. Muxika, I.; Borja, A. and Bald, J. (2007), "Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive"*, Mar. Pollut. Bull*., v. 55, n. 1/6, p. 16-29, 2007.
35. Pearson, T. and Rosenberg, R. (1978), "Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment", *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 16, 229–311.
36. Prato, S.; Morgana, J. G.; La Valle, P.; Finoia, M. G.; Lattanzi, L.; Nicoletti, L.; Ardizzone, G. D. and Lazzo, G. (2009), "Application of biotic and taxonomic distinctness indices in assessing the ecological quality status of two coastal lakes: Gaprolace and Foglino Lakes (Central Italy)"*, Ecol. Indic*., v. 9, p. 568-583, 2009.
37. Rosenberg, R. (2001), "Marine benthic faunal successional stages and related sedimentary activity", *Sci Mar* 65:107–119
38. Simboura N. and Zenetos (2002), "A. Benthic indicators to use in Ecological Quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic Index", *Mediterranean Marine Science*. Vol. 3/2, 2002, 77-111.
39. Simboura, N.; Papathanassiou, E. and Sakellariou, D. (2007), "The use of a biotic index (Bentix) in assessing long-term effects of dumping coarse metalliferous waste on soft bottom benthic communities", *Ecol. Indic*., v. 7, n. 1, p. 164-180, 2007.
40. Tran Thanh Thai and Ngo Xuan Quang (2018), "Assessment of the ecological quality status of sediment in the organic shrimp farming ponds using Azti"s marine biotic index based on marobenthic communities"*, VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology* Vol.34, No. 2 (2018) 29-40.
41. Tran Thanh Thai, Le Hai Dang and Ngo Xuan Quang (2018), "Comparison of the Shannon-wiener, Ambi, and M-AMBI index for Assessing Sediment Ecological Quality in Organic Shrimp Farming Ponds, Nam Can District, Ca Mau Province"*, VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology*, Vol. 34, No. 3 (2018) 16-20
42. Vaquer-Sunyer, R. and Duarte, C.M. (2010), "Sulfide exposure accelerates hypopxia-driven mortality"*, Limnol Oceanogr* 55:1075–1082
43. Weston, D.P. and Gowen, R.J. (1988), "Assessment and prediction of the effect of salmon net-pen culture on the benthic environment", *Tech. Rep*. 414, Sc. Oceanogr:Univ. Washington ; Seattle, Washington.