

Đặc điểm nền đáy và tính đa dạng loài san hô cứng tạo rạn ở khu vực Hòn Chông - Đặng Tất, Vịnh Nha Trang

Đặng Đỗ Hùng Việt^{(1)*}, Hoàng Ngọc Lâm⁽¹⁾, Trần Đức Diễm⁽¹⁾, Yoko Nozawa⁽²⁾, Fukami Hironobu⁽³⁾, Nguyễn Phương Liên⁽¹⁾, Võ Thị Hà⁽¹⁾, Nguyễn Đức Minh Tân⁽⁴⁾, Phạm Ngọc Thương⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Chi nhánh Ven biển, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga, 30 Nguyễn Thiện Thuật, Tân Lập, Nha Trang, Khánh Hoà, Việt Nam

⁽²⁾ Sesoko Station, Tropical Biosphere Research Center, Ryukyus University, Okinawa, Nhật Bản

⁽³⁾ Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Miyazaki, Nhật Bản

⁽⁴⁾ Ban Quản lý Vịnh Nha Trang, 220 Ngô Gia Tự, Nha Trang, Khánh Hòa, Việt Nam

* Tác giả liên hệ: - Đặng Đỗ Hùng Việt

- Địa chỉ: Chi nhánh Ven Biển, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga, 30 Nguyễn Thiện Thuật, Tân Lập, Nha Trang, Khánh Hoà, Việt Nam

- Điện thoại: 0936 909911; Email: vietbio310@gmail.com

- Điểm nổi bật:

- ✓ Rạn san hô Hòn Chông - Đặng Tất (HC-DT) là hệ sinh thái gần bờ cuối cùng còn sót lại ở Vịnh Nha Trang. Tình trạng tổng thể rạn được xếp hạng Trung bình (độ phủ san hô cứng trung bình 32,4%) vượt trội so với các khu vực khác trong Vịnh Nha Trang, với một số điểm có khả năng phục hồi tốt (độ phủ > 50%).
- ✓ Ghi nhận thành phần loài: Xác định tổng cộng 73 taxa san hô cứng thuộc 12 họ tại rạn san hô gần bờ Hòn Chông - Đặng Tất.
- ✓ Cấu trúc quần xã ưu thế: Sự chiếm ưu thế của nhóm san hô *Acroporidae* (chiếm $\approx 35,1\%$ số taxa), là bằng chứng về khả năng sinh trưởng mạnh mẽ của các loài san hô tạo khung phức tạp tại khu vực này.
- ✓ Đề xuất khu vực bảo vệ cấp thiết: Đã xác định và khoanh vùng hai khu vực ưu tiên bảo vệ (HC2 và DT3) dựa trên dữ liệu độ phủ cao.

- **Tóm tắt:** Rạn san hô Hòn Chông - Đặng Tất là một hệ sinh thái biển ven bờ quý giá và là khu vực rạn san hô gần bờ cuối cùng còn sót lại ở Vịnh Nha Trang. Hệ sinh thái này bao gồm nhiều hợp phần sinh học và phi sinh học, trong đó, san hô cứng tạo rạn (*Scleractinia*) đóng vai trò then chốt là tác nhân kiến tạo và cung cấp khung sườn cấu trúc phức tạp. Kết quả khảo sát năm 2024 cho thấy tình trạng tổng thể của rạn ở mức Trung bình với độ phủ san hô cứng trung bình đạt $32,4 \pm 3,17\%$. Về độ phủ các hợp phần đáy, khu vực Hòn Chông cho thấy sức khỏe tốt hơn với nền đáy chủ yếu san hô cứng ($35,97 \pm 5\%$), cát ($23,94 \pm 4,67\%$) và san hô chết ($16,57 \pm 2,33\%$). Điểm HC2 đạt độ phủ vượt trội ($65,7 \pm 7\%$), chiếm ưu thế bởi san hô cành và bàn tăng trưởng nhanh (*Acropora*, *Montipora*). Ngược lại, khu vực Đặng Tất có tỷ lệ san hô chết ($17,02 \pm 3,67\%$) và vụn san hô ($12,93 \pm 2,67\%$) cao hơn dù điểm DT3 vẫn đạt độ phủ cao ($50,3 \pm 2\%$), phản ánh mức độ biến động môi trường lớn hơn trong quá khứ. Nghiên cứu đã xác định được 73 taxa san hô cứng thuộc 12 họ.

Cấu trúc rạn cho thấy sự chiếm ưu thế của họ Acroporidae (chiếm $\approx 35,1\%$ taxa), nhóm san hô nhạy cảm nhưng tăng trưởng nhanh, cùng với sự hiện diện ổn định của các nhóm tạo khung sườn bền vững (như Faviidae và Poritidae). Sự cân bằng này tạo nên một hệ sinh thái có cấu trúc phức tạp và khả năng phục hồi cao. Dựa trên dữ liệu độ phủ cao và sự hiện diện của san hô con non, các khu vực HC2 và DT3 được đề xuất là khu vực ưu tiên bảo vệ cấp thiết nhằm duy trì "ngân hàng gen" san hô và thúc đẩy quá trình phục hồi sinh học cho toàn Vịnh Nha Trang.

- **Từ khóa:** Hòn Chông; Đặng Tất; Thành phần san hô cứng; Độ phủ nền đáy; Phục hồi.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rạn san hô là một trong những hệ sinh thái biển giàu đa dạng sinh học nhất trên thế giới, được ví như "rừng nhiệt đới dưới biển". Chúng chiếm chưa đầy 1% diện tích đại dương nhưng là nơi sinh sống của hơn 25% các loài sinh vật biển. Theo báo cáo của Liên minh Quốc tế Bảo tồn Thiên nhiên (IUCN), rạn san hô cung cấp giá trị kinh tế lên đến 375 tỷ USD mỗi năm, bao gồm bảo vệ bờ biển, nguồn lợi thủy sản, và phát triển du lịch. Chúng cũng đóng vai trò quan trọng trong việc hấp thụ CO₂ và cung cấp oxy cho môi trường [1].

Tại Nha Trang, rạn san hô là một tài sản thiên nhiên vô giá. Vịnh Nha Trang, được công nhận là một trong những vịnh đẹp nhất thế giới, có hệ sinh thái biển đa dạng với hơn 350 loài san hô thuộc 89 giống và 15 họ, cùng hàng trăm loài sinh vật biển khác [2]. Tuy nhiên, rạn san hô tại đây đang chịu áp lực nghiêm trọng từ biến đổi khí hậu và các hoạt động của con người. Theo nghiên cứu của Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga, diện tích rạn san hô khỏe mạnh ở khu vực đã biến mất gần 90% trong vòng hai thập kỷ qua [3,4]. Hiện tượng tẩy trắng san hô xảy ra ngày càng thường xuyên khi nhiệt độ nước biển vượt ngưỡng 30°C, làm giảm khả năng phục hồi và sinh trưởng của san hô [3].

Khu biển Hòn Chông - Đặng Tất nằm ở phía bắc thành phố Nha Trang, thuộc tỉnh Khánh Hòa, Việt Nam. Đây là một khu vực ven biển đặc biệt, nổi tiếng với cảnh quan thiên nhiên độc đáo và giá trị sinh thái biển cao. Bãi biển này nằm dọc theo tuyến đường biển Phạm Văn Đồng, cách trung tâm thành phố khoảng 3 km về phía bắc. Hòn Chông được biết đến với các khối đá tự nhiên lớn, xếp chồng lên nhau một cách kỳ lạ và gắn liền với nhiều truyền thuyết dân gian. Khu vực này không chỉ thu hút du khách bởi vẻ đẹp tự nhiên mà còn là nơi lý tưởng để nghiên cứu về hệ sinh thái rạn san hô, khi các rạn san hô ven bờ phát triển mạnh mẽ ở độ sâu từ 2 đến 5 m. Về phía Đặng Tất, đây là một khu vực ven biển tiếp giáp với Hòn Chông, bao gồm cả bãi cát và vùng nước nông. Với đặc điểm đa dạng về sinh cảnh, khu vực này là nơi cư trú của nhiều loài sinh vật biển, tạo nên một môi trường sinh thái phong phú và đóng vai trò quan trọng trong bảo tồn và phát triển bền vững biển đảo Nha Trang. Một số nghiên cứu bước đầu tại đây cho thấy Hòn Chông không chỉ chịu ảnh hưởng từ biến đổi khí hậu mà còn từ các hoạt động con người như khai thác thủy sản không bền vững, ô nhiễm từ nước thải sinh hoạt và du lịch [5].

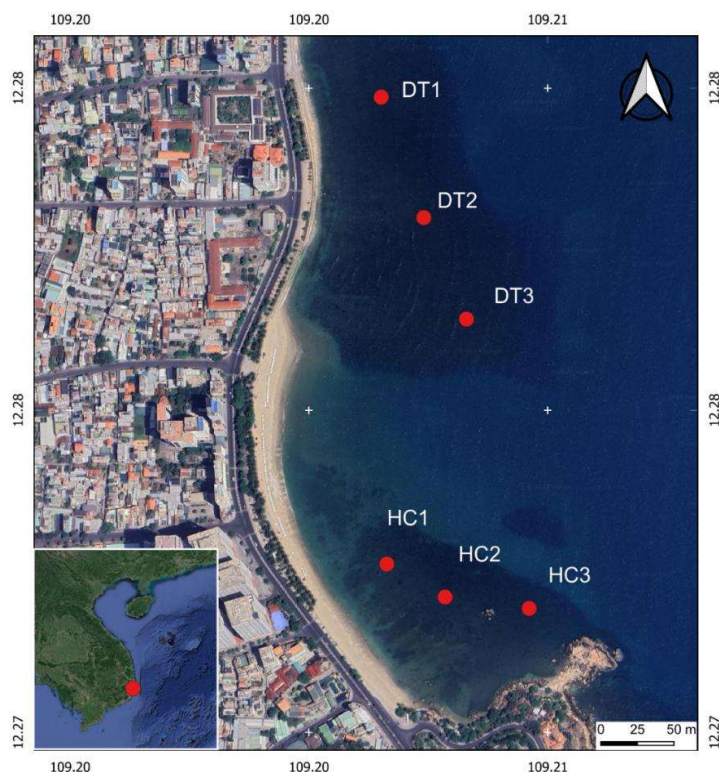
Việc nghiên cứu tại Hòn Chồng mang ý nghĩa đặc biệt trong bối cảnh này. Không chỉ cung cấp dữ liệu khoa học để hiểu rõ khả năng thích nghi và phục hồi của san hô, nghiên cứu còn giúp đưa ra các giải pháp bảo tồn hiệu quả. Những mô hình thí nghiệm tại đây có thể làm cơ sở cho việc nhân rộng các biện pháp phục hồi san hô ở các khu vực khác của Nha Trang và Việt Nam. Hơn nữa, việc bảo tồn rạn san hô ở Hòn Chồng có tác động trực tiếp đến sinh kế của cộng đồng địa phương, bởi ngành du lịch sinh thái biển tại Nha Trang, với rạn san hô đóng vai trò trung tâm, từ lâu đã được biết đến là một nguồn thu nhập quan trọng và tạo ra nhiều cơ hội việc làm cho người dân. Để có đủ cơ sở khoa học đề xuất các giải pháp quản lý, bảo vệ các hệ sinh thái tại một số khu vực trong vịnh Nha Trang đang có dấu hiệu phục hồi, đặc biệt là khu vực Hòn Chồng - Đặng Tất, việc tiến hành các khảo sát đa dạng sinh học ven biển Hòn Chồng - Đặng Tất là rất cần thiết. Mục đích của nghiên cứu này nhằm: (1) Xác định độ phủ các hợp phần đáy khu vực Hòn Chồng - Đặng Tất; (2) Xác định đa dạng thành phần loài san hô cứng tạo rạn khu vực này.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Địa điểm, thời gian nghiên cứu

- Địa điểm: 06 mặt cắt khảo sát san hô được lựa chọn đại diện cho khu vực nghiên cứu bao gồm Hòn Chồng (HC1-3) và Đặng Tất (DT1-3) (Hình 1).

- Thời gian thực hiện: tháng 03 năm 2024.



Hình 1. Sơ đồ các điểm khảo sát rạn san hô tại Hòn Chồng - Đặng Tất, Nha Trang

2.2. Phương pháp khảo sát ngoài thực địa

2.2.1. Xác định độ phủ san hô và các hợp phần đáy khác

Độ phủ của san hô sống và các hợp phần nền đáy khác được xác định bằng phương pháp Mặt cắt điểm chạm (Point Intercept Transect - PIT), được hiệu chỉnh dựa trên tiêu chuẩn của Reef Check [6] và các hướng dẫn điều tra sinh thái biển nhiệt đới [7].

Thiết lập mặt cắt: Tại mỗi điểm khảo sát, thiết lập hai (02) mặt cắt tuyến tính dài 100 m bằng thước dây chống nước. Các mặt cắt được thả song song với bờ biển (hoặc đường đẳng sâu) tại độ sâu mục tiêu, trong khoảng 2 m đến 5 m. Khoảng độ sâu từ 2 m đến 5 m được lựa chọn vì đây là đới sườn rạn (reef slope) chính, nơi tập trung đa dạng sinh học và độ phủ san hô cứng cao nhất tại khu vực rạn ven bờ này. Đây cũng là độ sâu tối ưu cho sự phát triển quang hợp của san hô nhưng đồng thời chịu ảnh hưởng rõ rệt nhất từ các tác động ven bờ (như trầm tích, ô nhiễm) và biến động nhiệt độ bề mặt. Hai mặt cắt 100 m tại mỗi điểm được thiết lập cách nhau khoảng 10-15 m để đảm bảo tính độc lập tương đối của dữ liệu và bao quát được sự biến thiên không gian trong phạm vi điểm khảo sát. Mỗi mặt cắt 100 m được chia thành bốn (04) đoạn quan trắc chính: 0-20 m, 25-45 m, 50-70 m, và 75-95 m.

Quy trình ghi nhận dữ liệu (điểm chạm): Thợ lặn sử dụng thiết bị lặn SCUBA di chuyển dọc theo mặt cắt. Tại mỗi đoạn quan trắc 20 m, tiến hành ghi nhận hợp phần nền đáy tại các điểm chạm được đánh dấu. Tổng số điểm ghi nhận trên mỗi mặt cắt là 160 điểm (tức là 40 điểm trên mỗi đoạn 20 m). Tại mỗi điểm chạm, hợp phần nền đáy nằm trực tiếp dưới điểm đó được định danh và ghi lại, bao gồm: San hô cứng (Hard Coral - HC), San hô mềm (Soft Coral - SC), San hô chết có tảo (Dead Coral with Algae - DCA), Rong (Algae - AL), Cỏ biển (Seagrass - SG), Hải miên (Sponge - SP), Đá (Rock - R), Cát (Sand - S), Vụn san hô/Sỏi (Rubble - RB), và Sinh vật khác (Other - OT).

2.2.2. Điều tra sự đa dạng thành phần loài của san hô

Nghiên cứu được thực hiện nhằm xác định toàn bộ thành phần loài san hô cứng tạo rạn (Scleractinia) trong khu vực nghiên cứu. Quá trình này bao gồm thu thập mẫu vật và chụp ảnh phân loại tại hiện trường.

Phương pháp thu thập và xử lý mẫu vật:

Sử dụng thiết bị lặn có khí tài (SCUBA) để khảo sát và thu thập mẫu đại diện trên toàn bộ rạn, từ đới san hô nông nhất cho đến chân rạn.

Thu mẫu tại hiện trường: Đối với các loài san hô dạng phân nhánh (branching) hoặc dạng bàn (tabular), tiến hành thu mẫu bằng kim chuyên dụng, cắt lấy một phân nhánh hoặc mảnh có kích thước nhỏ (khoảng 3-5 cm). Đối với các loài san hô dạng khối (massive) hoặc dạng mảng (encrusting), sử dụng búa và đục để lấy các khối mẫu vật đại diện.

Xử lý và bảo quản mẫu: Mẫu vật được dán nhãn ngay lập tức với đầy đủ thông tin về mã số, vị trí (tọa độ GPS), độ sâu, và hình thái sống. Mẫu được ngâm trong dung dịch Sodium Hypochlorite 5-10% (nước Javen) trong vài giờ để loại bỏ mô mềm và các chất hữu cơ bám dính, sau đó rửa sạch bằng nước ngọt. Đối với

trường hợp không thể sử dụng hóa chất, mẫu được ngâm trong nước ngọt ngay để mô mềm phân hủy tự nhiên. Sau khi làm sạch, mẫu được phơi nắng đến khô hoàn toàn (dry skeleton) và sẵn sàng cho việc phân loại và lưu trữ tại phòng thí nghiệm.

Kỹ thuật ghi hình phân loại

Sử dụng máy ảnh chuyên dụng dưới nước (Olympus TG6 có đèn hỗ trợ) để ghi lại hình ảnh của tất cả các loài san hô bắt gặp tại hiện trường, bao gồm cả những loài không thu mẫu vật. Tiến hành chụp cận cảnh (macro-photography) và chụp toàn cảnh kèm thước đo để ghi lại rõ ràng các đặc điểm phân loại quan trọng như hình thái tập đoàn (colony shape), cấu trúc thành vách san hô (corallite structure), và kích thước polyp, nhằm hỗ trợ việc định danh chính xác đến cấp độ loài. Mẫu vật được lưu giữ tại Phòng Sinh thái Nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga.

Phương pháp phân loại san hô tạo rạn được xác định qua hình thái ngoài, màu sắc sống và cấu trúc bộ xương đặc trưng để nhận biết dựa trên các tài liệu phân loại. Đối với những loài không thể tiến hành phân loại tại thực địa sẽ được thu mẫu, chụp ảnh và phân tích tại phòng thí nghiệm dựa trên hình thái và cấu trúc bộ xương. Việc định loại được thực hiện bởi TS. Đặng Đỗ Hùng Việt, GS. Yoko Nozawa và GS. Fukami Hironobu dựa theo tài liệu của Veron (2000), Latypov (2006), Dautova (2007) [8-10].

2.2.3. Ghi nhận san hô non (*Juvenile coral observation*)

Do hạn chế về thời gian và nguồn lực, nghiên cứu này không thực hiện các mặt cắt định lượng (quantitative quadrats) chuyên biệt cho san hô non. Thay vào đó, việc ghi nhận san hô non được thực hiện bằng phương pháp quan sát định tính (qualitative observation). Trong quá trình thực hiện khảo sát đa dạng loài (Mục 2.2.2) và di chuyển dọc theo các mặt cắt PIT (Mục 2.2.1), chúng tôi đồng thời ghi nhận sự hiện diện/vắng mặt (presence/absence) của các tập đoàn san hô non. San hô non trong nghiên cứu này được định nghĩa là các tập đoàn san hô mới bám trụ, có đường kính tối đa < 5 cm. Các quan sát này, đặc biệt là tại các khu vực HC2 và DT3 (Hình 1), được sử dụng làm chỉ dấu định tính cho thấy dấu hiệu tái sinh (signs of regeneration) của rạn, chứ không nhằm mục đích tính toán mật độ hay tỷ lệ sống.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Phương pháp xác định độ phủ các hợp phần đáy: Độ phủ (%) = (Số điểm chạm trên mặt cắt/160) x 100.

Phương pháp đánh giá chỉ số sức khỏe rạn san hô căn cứ vào độ phủ san hô sống trung bình (%) (Bảng 1) [8].

Bảng 1. Chỉ số sức khỏe rạn san hô

Độ phủ san hô sống trung bình (%)	Xếp hạng
0-25	Nghèo
26-50	Trung bình
51-75	Tốt
76-100	Rất tốt

Các số liệu về độ phủ và thành phần loài san hô cứng được xử lý và phân tích bằng phần mềm Python (phiên bản 3.10) với các thư viện Pandas, Matplotlib, Seaborn, SciPy và Statsmodels. Dữ liệu được tổng hợp, tính toán trung bình, độ lệch chuẩn (SD) và sai số chuẩn (SE) để mô tả đặc điểm phân bố và biến động giữa các điểm khảo sát.

Phân tích phương sai một yếu tố (One-way ANOVA) được sử dụng nhằm kiểm định sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về độ phủ san hô cứng (%) giữa các điểm khảo sát. Trước khi thực hiện ANOVA, dữ liệu được kiểm tra phân phối chuẩn bằng kiểm định Shapiro–Wilk và đồng nhất phương sai bằng kiểm định Levene. Khi phát hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$), tiến hành kiểm định hậu nghiệm Tukey HSD để xác định các cặp điểm khác biệt cụ thể. Kết quả được trình bày dưới dạng giá trị trung bình \pm SD trong bảng và trung bình \pm SE trong biểu đồ. Các biểu đồ cột và stacked bar được sử dụng để mô tả số loài, cơ cấu thành phần họ và tỷ lệ độ phủ san hô cứng giữa các khu vực khảo sát.

Chỉ số tương đồng Jaccard (J) được sử dụng để đánh giá mức độ giống nhau về thành phần loài giữa các điểm khảo sát, tính theo công thức:

$$J = \frac{a}{a+b+c} \quad (1)$$

Trong đó a là số loài xuất hiện ở cả hai điểm, b và c là số loài chỉ xuất hiện riêng tại từng điểm. Giá trị J dao động từ 0 đến 1, càng lớn thể hiện mức tương đồng về thành phần loài càng cao. Ma trận tương đồng được thể hiện bằng biểu đồ heatmap màu để trực quan hóa mức độ tương đồng khác biệt giữa các điểm khảo sát.

3. KẾT QUẢ

3.1. Độ phủ các hợp phần đáy khu vực Hòn Chông - Đặng Tất

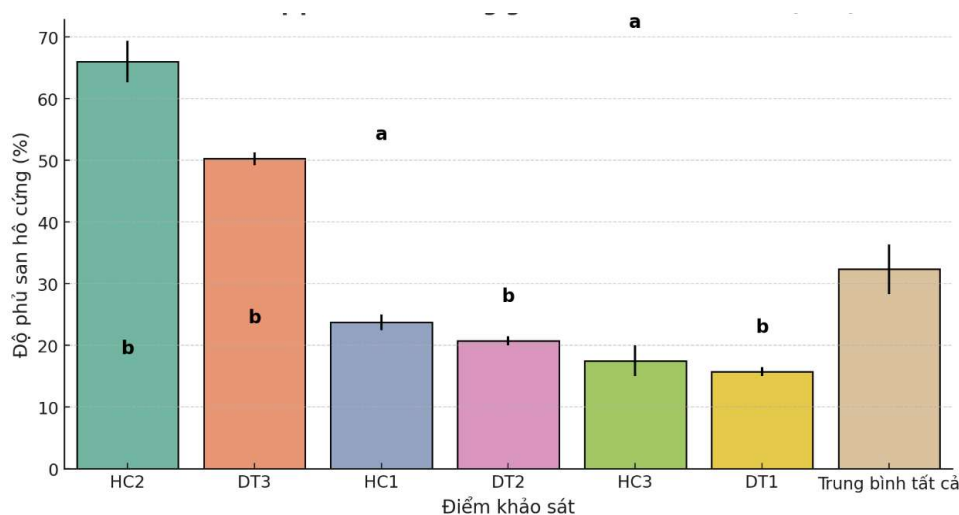
Độ phủ san hô cứng và phân hạng sức khỏe rạn

Qua các đợt khảo sát hiện trạng rạn san hô, kết quả cho thấy độ phủ san hô tạo rạn trung bình tại sáu (06) điểm nghiên cứu (Hòn Chông - Đặng Tất) đạt $32,4 \pm 3,17\%$ (SD). Đối chiếu với thang phân hạng sức khỏe rạn (Bảng 1), tình trạng tổng thể của rạn san hô khu vực này được xếp ở hạng Trung bình.

Phân tích theo từng điểm khảo sát cho thấy sự dao động lớn về độ phủ, từ mức thấp nhất là (điểm DT1 - Bắc Đặng Tất) đến mức cao nhất là (điểm HC2 - Tây Bắc Hòn Chông) và (điểm DT3 - Nam Đặng Tất) (Hình 2). Kết quả ANOVA một yếu tố cho thấy độ phủ san hô cứng khác biệt có ý nghĩa giữa các điểm khảo sát ($F_{5,18} = 120,41$, $p < 0,001$) (Bảng 2). Kiểm định hậu nghiệm Tukey HSD xác định rằng độ phủ tại các điểm HC2 ($65,7 \pm 7,0\%$) và DT3 ($50,3 \pm 2,0\%$) cao hơn có ý nghĩa so với các điểm còn lại ($p < 0,05$). Các điểm HC1, HC3, DT1 và DT2 không có khác biệt đáng kể ($p > 0,05$). Việc độ phủ san hô cứng tại một số điểm khảo sát (HC2 và DT3) vượt ngưỡng cho thấy sức khỏe rạn đạt mức tốt tại các khu vực này.

Bảng 2. Phân tích ANOVA một chiều (One-Way ANOVA) so sánh độ phủ san hô cứng trung bình giữa các điểm khảo sát tại khu vực Hòn Chông - Đặng Tất, Nha Trang.

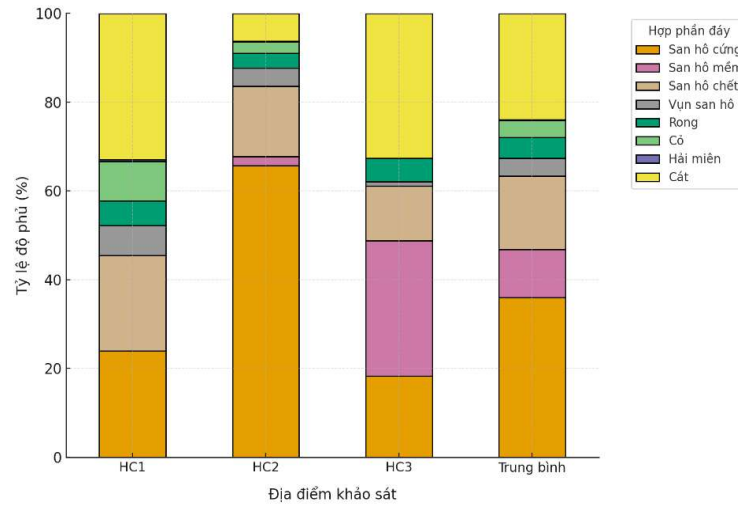
Yếu tố	Bậc tự do (df)	Tổng bình phương (Sum Sq)	Trung bình bình phương (Mean Sq)	Giá trị F (F value)	Giá trị p (p value)
Điểm khảo sát	5,0	8629,33	1725,87	120,41	$3,47 \times 10^{-13}$
Phần dư (Residual)	18,0	258,00	14,33		



Hình 2. Độ phủ san hô cứng trung bình (%) tại các điểm khảo sát (\pm SE). Các chữ cái khác nhau (a, b) thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các điểm khảo sát theo kiểm định Tukey HSD ($p < 0,05$).

Độ phủ các hợp phần đáy tại từng khu vực nghiên cứu

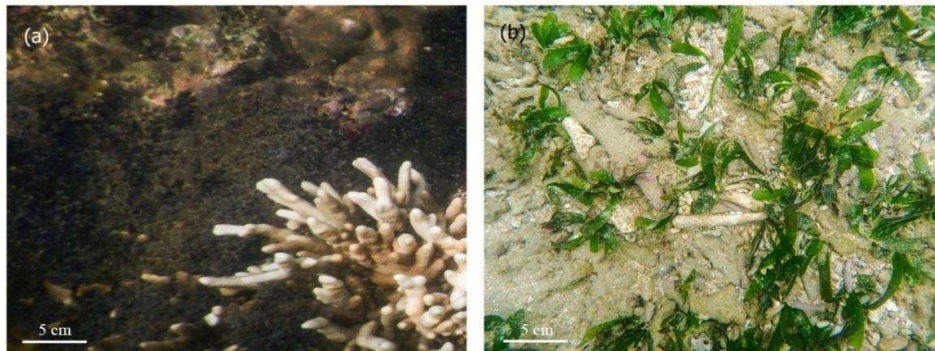
Khu vực Hòn Chông: Tại khu vực Hòn Chông (tính trung bình 3 mặt cắt), thành phần nền đáy được đặc trưng bởi sự chiếm ưu thế của san hô cứng ($35,97 \pm 5\%$), tiếp theo là cát ($23,94 \pm 4,47\%$), và san hô chết ($16,57 \pm 2,33\%$). Sự hiện diện của san hô mềm ($10,83 \pm 1\%$) và các hợp phần đáy khác như rong, cỏ, hải miên chiếm số lượng thấp ($0,2 - 4,73 \pm 1\%$) cho thấy một cấu trúc rạn có tính đa dạng sinh học và cảnh quan sinh thái cao (Hình 3).



Hình 3. Độ phủ của các hợp phần đáy khu vực Hòn Chông

Phân tích theo gradient vị trí cho thấy sự khác biệt về quần xã:

Vùng ven bờ (HC1): Đây là khu vực chịu ảnh hưởng bởi trầm tích và dòng chảy mạnh hơn, San hô cứng phân bố rải rác, chủ yếu là các loài san hô khối thuộc các giống chịu đựng tốt như *Dipsastraea*, *Porites*, và *Favites*. Sự xen kẽ với thảm cỏ biển (*Thalassia hemprichii*) và các loài rong (*Galaxaura*, *Gracilaria*) cho thấy đây là một đới chuyển tiếp quan trọng, nơi các hệ sinh thái đáy mềm và rạn san hô cùng tồn tại (Hình 4).



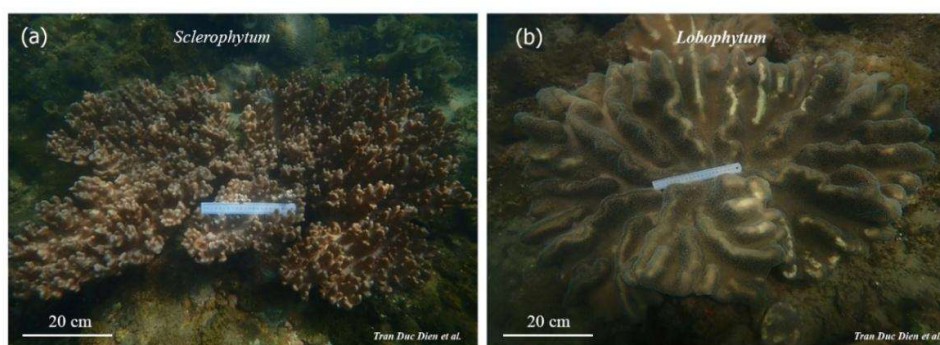
Hình 4. Các loài rong (a) và cỏ biển (b) chiếm ưu thế tại mặt cắt HC1 Hòn Chông

Vùng giữa rạn (HC2): Khu vực này thể hiện sức khỏe rạn vượt trội với mật độ san hô cứng tập trung dày đặc (độ phủ cao nhất). Các loài san hô cành và san hô bàn phát triển nhanh thuộc giống *Acropora* (*A. hyacinthus*, *A. muricata*) và *Montipora* (*M. hispida*, *M. aequituberculata*) chiếm ưu thế, tạo nên cấu trúc rạn phức tạp, đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp nơi trú ẩn cho sinh vật biển (Hình 5).



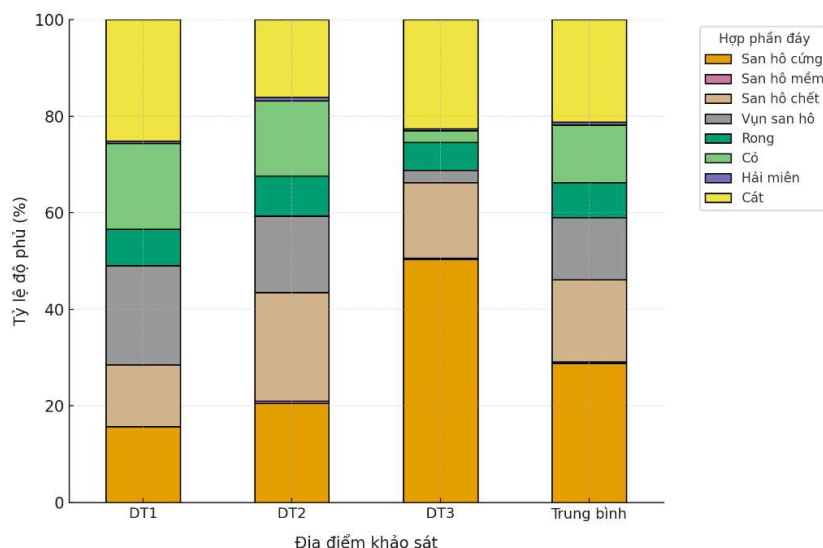
Hình 5. Các loài san hô cứng chiếm ưu thế tại mặt cắt HC2 Hòn Chồng

Vùng sâu hơn (HC3): Tại độ sâu lớn hơn, sự chiếm ưu thế chuyển sang San hô mềm thuộc các giống *Sclerophytum* và *Lobophytum*. Sự phát triển của các tập đoàn san hô mềm kích thước lớn (đường kính >1 m) cho thấy sự ổn định môi trường ở tầng nước này, nơi ít chịu tác động của sóng và có thể là tín hiệu của quá trình cạnh tranh sinh thái giữa san hô cứng và san hô mềm (Hình 6).



Hình 6. Các loài san hô mềm chiếm ưu thế tại mặt cắt HC3 Hòn Chồng

Khu vực Đặng Tắt: Có địa hình bằng phẳng hơn và cấu trúc nền đáy cũng bị chi phối bởi San hô cứng ($28,83 \pm 1,3\%$), nhưng tỷ lệ Vụn san hô ($12,93 \pm 2,67\%$) và San hô chết ($17,02 \pm 3,67\%$) cao hơn đáng kể so với Hòn Chồng. Điều này có thể phản ánh mức độ tác động cơ học hoặc biến động môi trường lớn hơn trong quá khứ. Các hợp phần khác như cỏ biển ($11,94 \pm 4,67\%$) và rong ($7,2 \pm 3,33\%$) cũng chiếm tỷ lệ đáng kể, cho thấy sự phân tán và mức độ tái tạo rạn thấp hơn so với HC (Hình 7).



Hình 7. Độ phủ trung bình các hợp phần đáy khu vực Đặng Tất

3.2. Thành phần loài san hô cứng khu vực Hòn Chông - Đặng Tất

Tổng cộng 73 taxon san hô cứng (Scleractinia) thuộc 12 họ được ghi nhận tại sáu điểm khảo sát thuộc hai khu vực Hòn Chông (HC1–HC3) và Đặng Tất (DT1–DT3). Trong đó, Hòn Chông có đa dạng loài cao hơn rõ rệt, với số loài dao động từ 34–67 loài, đặc biệt HC2 ghi nhận 67 loài - là điểm có số loài cao nhất toàn vùng. Khu vực Đặng Tất có số loài thấp hơn (19–48 loài), trong đó DT3 thể hiện đa dạng tương đối cao (48 loài) (Bảng 3). Các họ chiếm ưu thế gồm Acroporidae, Faviidae và Poritidae, phân bố phổ biến ở hầu hết các điểm khảo sát. Cấu trúc thành phần loài cho thấy HC2 và DT3 có đa dạng cao và thành phần loài tương đồng nhất, trong khi DT1 có ít loài nhất và khác biệt rõ về cấu trúc quần xã.

Bảng 3. Danh mục san hô cứng tạo rạn khu vực Hòn Chông và Đặng Tất

TT	Họ	Taxa	HC 1	HC 2	HC 3	DT 1	DT 2	DT 3
1	Acroporidae	<i>Acropora abrotanoides</i> (Lamarck, 1816)		+				
2		<i>Acropora anthocercis</i> (Brook, 1893)	+	+				
3		<i>Acropora cytherea</i> (Dana, 1846)	+	+	+	+	+	+
4		<i>Acropora digitifera</i> (Dana, 1846)		+				+

5	<i>Acropora florida</i> (Dana, 1846)		+				
6	<i>Acropora gemmifera</i> (Brook, 1892)		+			+	
7	<i>Acropora humilis</i> (Dana, 1846)		+				
8	<i>Acropora hyacinthus</i> (Dana, 1846)	+	+	+	+	+	+
9	<i>Acropora nasuta</i> (Dana, 1846)		+				
10	<i>Acropora nana</i> (Studer, 1879)		+				
11	<i>Acropora millepora</i> (Ehrenberg, 1834)		+				+
12	<i>Acropora monticulosa</i> (Brüggemann, 1879)		+			+	
13	<i>Acropora muricata</i> (Linnaeus, 1758)	+	+		+	+	+
14	<i>Acropora robusta</i> (Dana, 1846)	+	+		+	+	
15	<i>Acropora tenuis</i> (Dana, 1846)		+				+
16	<i>Acropora samoensis</i> (Brook, 1891)		+			+	
17	<i>Acropora secale</i> (Studer, 1878)		+				+
18	<i>Acropora yongei</i> Veron & Wallace, 1984		+				+
19	<i>Acropora valida</i> (Dana, 1846)		+				
20	<i>Astreopora</i> <i>myriophthalma</i> (Lamarck, 1816)		+				
21	<i>Montipora</i> <i>aequituberculata</i> (Bernard, 1897)		+	+			+

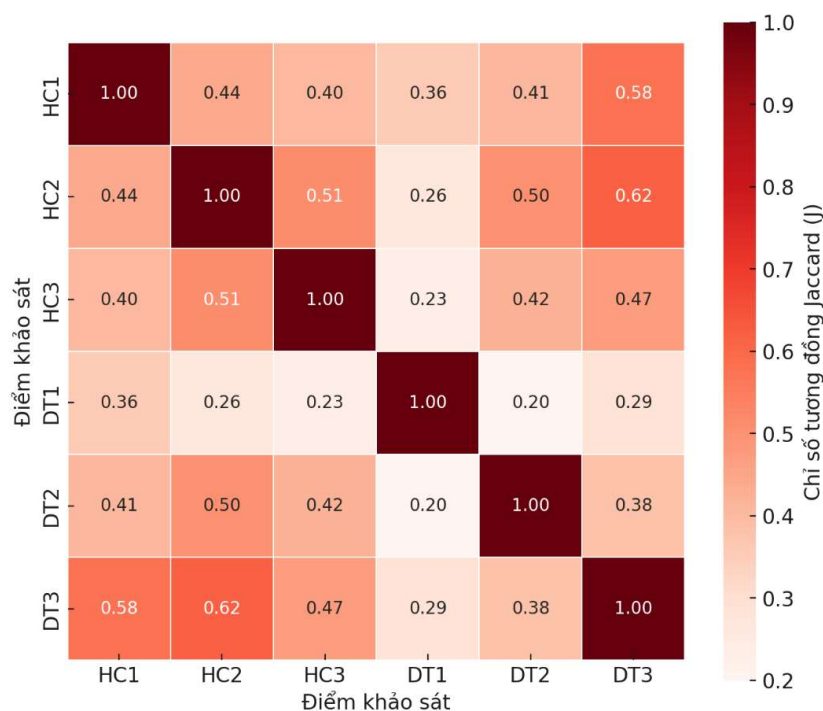
22		<i>Montipora foliosa</i> (Pallas, 1766)				+		
23		<i>Montipora hispida</i> (Dana, 1846)		+	+		+	+
24		<i>Montipora tuberculosa</i> (Lamarck, 1816)		+	+			
25		<i>Montipora sp.</i>						+
26	Agariciidae	<i>Coeloseris mayeri</i> (Vaughan, 1918)		+	+		+	
27		<i>Pachyseris speciosa</i> (Dana, 1846)	+	+	+			+
28		<i>Pavona clavus</i> (Dana, 1846)						
29		<i>Pavona sp.</i>	+		+			+
30	Diploastreidae	<i>Diploastrea heliopora</i> (Lamarck, 1816)	+	+		+	+	+
31		<i>Dipsastraea pallida</i> (Dana, 1846)	+	+			+	+
32	Euphyllidae	<i>Euphyllia ancora</i> (Veron & Pichon, 1980)			+	+		+
33	Faviidae	<i>Echinopora</i> <i>hirsutissima</i> (Milne Edwards & Haime, 1849)			+		+	+
34		<i>Echinopora lamellosa</i> (Esper, 1795)	+	+				+
35		<i>Echinopora pacificus</i> (Veron, 2000)	+	+				+
36		<i>Dipsastraea favus</i> (Forskål, 1775)	+	+		+	+	+
37		<i>Dipsastraea lizardensis</i> (Veron, Pichon & Wijsman-Best, 1977)	+	+	+			+
38		<i>Dipsastraea matthaii</i> (Vaughan, 1918)	+	+	+		+	+

39		<i>Favites rotundata</i> Veron, Pichon & Wijsman-Best, 1977	+	+	+	+		+
40		<i>Dipsastraea speciosa</i> (Dana, 1846)	+	+	+	+		+
41		<i>Favites adbita</i> (Ellis & Solander, 1786)	+	+			+	+
42		<i>Favites chinensis</i> (Verrill, 1866)	+	+	+	+		
43		<i>Favites pentagona</i> (Esper, 1790)	+	+			+	+
44		<i>Favites sp.</i>		+	+	+		
45		<i>Paragoniastrea russelli</i> (Wells, 1954)		+	+	+	+	+
46		<i>Merulina ampliata</i> (Ellis & Solander, 1786)	+	+	+		+	+
47		<i>Platygyra daedalea</i> (Ellis & Solander, 1786)	+	+	+		+	+
48		<i>Platygyra lamellina</i> (Hemprich & Ehrenberg, 1834)	+	+		+		+
49		<i>Platygyra sinensis</i> (Milne Edwards & Haime, 1849)	+	+	+		+	
50	Lobophylliidae	<i>Lobophyllia hemprichii</i> (Ehrenberg, 1834)		+	+		+	
51		<i>Lobophyllia radians</i> (Milne Edwards & Haime, 1849)		+	+		+	
52		<i>Lobophyllia recta</i> (Dana, 1846)		+	+			+
53		<i>Oxyphora lacera</i> (Verrill, 1864)		+	+		+	
54	Merulinidae	<i>Cyphastrea serailia</i> (Forskål, 1775)	+	+	+	+		+

55		<i>Hydnophora microconos</i> (Lamarck, 1816)			+	+		+	
56		<i>Leptoria phrygia</i> (Ellis & Solander, 1786)	+		+	+		+	+
57	Oculinidae	<i>Galaxea astreata</i> (Lamarck, 1816)			+	+		+	
58		<i>Galaxea fascicularis</i> (Linnaeus, 1767)			+	+			+
59		<i>Goniastrea aspera</i> (Verrill, 1866)			+	+		+	
60		<i>Goniastrea edwardsi</i> (Veron, Pichon & Wijsman-Best, 1977)			+	+	+		+
61	Plesiastreidae	<i>Plesiastrea versipora</i> (Lamarck, 1816)	+		+	+		+	+
62	Pocilloporidae	<i>Pocillopora damicornis</i> (Linnaeus, 1758)	+		+			+	+
63		<i>Pocillopora verrucosa</i> (Ellis & Solander, 1786)	+			+		+	+
64	Poritidae	<i>Goniopora fruticosa</i> Saville-Kent, 1891	+			+			+
65		<i>Goniopora lobata</i> Milne Edwards, 1860			+	+			+
66		<i>Porites attenuata</i> Nemenzo, 1955			+			+	+
67		<i>Porites australiensis</i> Vaughan, 1918	+		+	+			+
68		<i>Porites lichen</i> (Dana, 1846)	+		+	+	+	+	+
69		<i>Porites lobata</i> Dana, 1846	+		+	+		+	+
70		<i>Porites lutea</i> Milne Edwards & Haime, 1851	+		+		+		+

71		<i>Porites solida</i> (Forskål, 1775)	+	+	+	+	+	+
72		<i>Porites sp.</i>		+		+		+
73	Psammocoridae	<i>Psammocora sp.</i>		+	+		+	+
	Tổng số	73	34	67	39	19	35	48

Mức độ tương đồng thành phần loài giữa các điểm khảo sát: Phân tích chỉ số tương đồng Jaccard (J) cho thấy giá trị dao động từ 0,20 đến 0,62, phản ánh sự khác biệt nhất định về thành phần loài san hô cứng giữa các điểm khảo sát. Biểu đồ heatmap (Hình 8) thể hiện rõ các cặp điểm có mức tương đồng cao là HC2–DT3 (J = 0,62) và HC1–DT3 (J = 0,58), cho thấy hai khu vực này có cấu trúc quần xã gần tương tự nhau và có thể chịu ảnh hưởng bởi điều kiện môi trường tương đồng. Ngược lại, DT1 thể hiện tương đồng thấp nhất với các điểm còn lại (J < 0,3), phản ánh đặc trưng môi trường riêng biệt, chịu tác động mạnh của trầm tích và dòng chảy gần bờ. Nhìn chung, các điểm trong cùng khu vực Hòn Chông (HC1–HC3) có mức tương đồng nội vùng cao hơn so với các điểm thuộc Đặng Tất, cho thấy tính ổn định và đồng nhất của rạn Hòn Chông, trong khi khu vực Đặng Tất có sự phân hóa sinh cảnh lớn hơn.



Hình 8. Mức độ tương đồng thành phần loài san hô cứng giữa các điểm khảo sát dựa trên chỉ số Jaccard (J)

4. THẢO LUẬN

4.1. Sức khỏe rạn và vai trò là "ngân hàng Gen"

Kết quả nghiên cứu hiện trạng rạn san hô tại Hòn Chông - Đặng Tất năm 2024 cho thấy đây là khu vực có độ phủ san hô cứng trung bình 32,4%, được xếp vào mức “trung bình” theo thang đánh giá sức khỏe rạn. Tuy nhiên, sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về độ phủ giữa các điểm (ANOVA $p < 0.001$) đã làm nổi bật tiềm năng phục hồi tại các khu vực trọng yếu: điểm HC2 đạt độ phủ vượt trội 65,7% và DT3 đạt 50,3%, xếp loại Tốt. Khi so sánh với các khảo sát gần đây của nhóm tác giả theo cùng phương pháp PIT (Tháng 10/2023) [11], cho thấy tình trạng sức khỏe vượt trội so với các khu vực rạn khác trong Vịnh Nha Trang. Cụ thể, độ phủ san hô tại Hòn Chông - Đặng Tất cao hơn đáng kể so với Hòn Mun (16,4%) và Bích Đàm (5%), những nơi nền đáy chủ yếu bị chi phối bởi san hô chết, vụn san hô và rong. Dữ liệu này khẳng định rằng, mặc dù là hệ sinh thái gần bờ và chịu áp lực đô thị hóa, rạn Hòn Chông là khu vực duy nhất còn duy trì được diện tích sống đáng kể. Sự tồn tại của quần thể san hô khỏe mạnh này chứng minh vai trò cấp thiết của Hòn Chông như một "ngân hàng gen" quan trọng, cung cấp nguồn giống hỗ trợ quá trình phục hồi sinh học cho toàn Vịnh Nha Trang.

4.2. Tính đa dạng loài và cấu trúc quần xã

Kết quả định danh chi tiết ghi nhận tổng cộng 73 taxa san hô cứng thuộc 12 họ. Điều này thể hiện mức độ đa dạng loài rất cao đối với một rạn san hô ven bờ, chịu áp lực từ đô thị hóa và biến đổi khí hậu như Hòn Chông. Mức đa dạng này là minh chứng rõ ràng cho thấy hệ sinh thái rạn san hô Hòn Chông là một trong những khu vực giữ được khả năng phục hồi (resilience) tốt nhất trong toàn Vịnh Nha Trang. Đáng chú ý, khi so sánh với các khu vực quan trắc khác trong Vịnh, Hòn Chông cho thấy những điểm khác biệt tích cực: Tính đại diện cao: Dù số lượng loài (73 taxa) tương đương với khu vực Hòn Mun - Bích Đàm (74 taxa theo khảo sát năm 2023), nhưng rạn Hòn Chông lại duy trì được độ phủ san hô cao hơn và tính ổn định tương đối về mật độ loài so với xu hướng suy giảm tại các khu vực khác [3,4,11].

Cấu trúc phân loại rạn cho thấy sự chiếm ưu thế rõ rệt của họ Acroporidae (chiếm ~ 35,1% taxa), cùng sự hiện diện ổn định của các nhóm tạo khung sườn bền vững (Bảng 4).

Bảng 4: Phân tích cấu trúc phân loại và vai trò sinh thái của các họ san hô chiếm ưu thế tại Hòn Chông

Họ san hô	Số lượng Taxa	Tỷ lệ ước tính (%)	Đặc điểm Sinh thái
Acroporidae	25	~35.1%	Tăng trưởng nhanh, nhạy cảm cao, kiến tạo cấu trúc rạn phức tạp (cành, bàn) [12,13,14].
Faviidae	16	~21.6%	Tăng trưởng chậm, chịu đựng tốt hơn, tạo nền móng khối vững chắc [8,15].
Poritidae	9	~12.2%	Tạo khung sườn chắc chắn (khối, mảng), tuổi thọ cao [8,15].
Các họ khác (9 họ)	23	~31.1%	Đa dạng về hình thái và vai trò chuyên biệt.

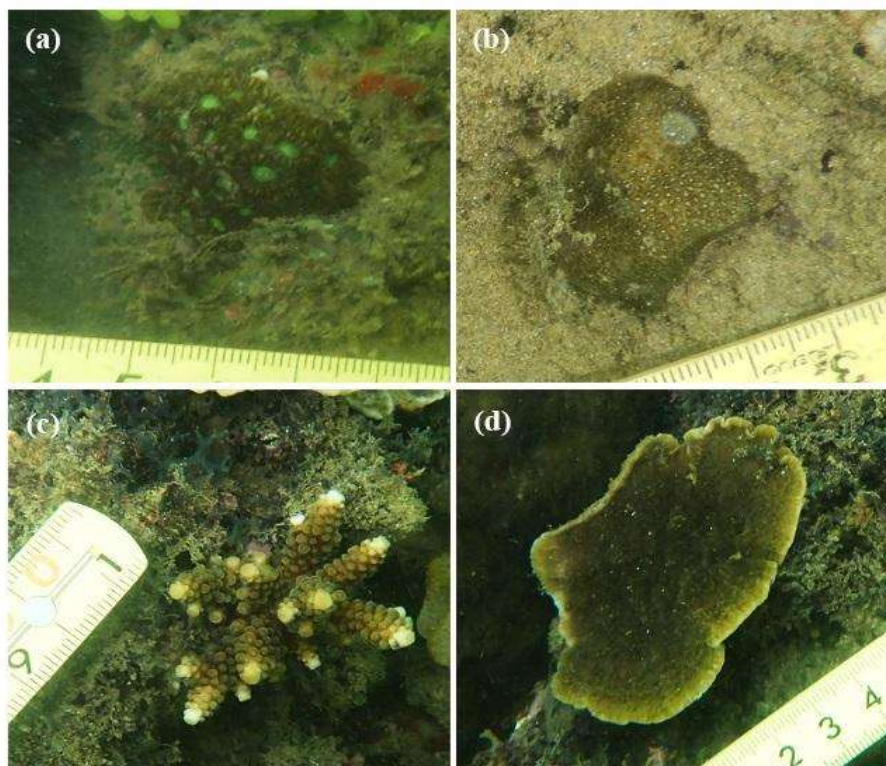
Các loài thuộc chi *Acropora* (20 taxa) và *Montipora* (6 taxa) là những loài san hô nhạy cảm nhất với biến động môi trường (nhiệt độ, độ đục, ô nhiễm). Sự phát triển và chiếm ưu thế của chúng là một tín hiệu mạnh mẽ cho thấy: Mặc dù rạn gần bờ, khu vực Hòn Chông vẫn duy trì được các điều kiện môi trường nước và dòng chảy tương đối phù hợp (hoặc đang trong giai đoạn phục hồi mạnh mẽ) cho phép nhóm san hô nhạy cảm này sinh trưởng mà không bị stress quá mức. Sự đa dạng của *Acropora* (như *A. hyacinthus*, *A. robusta*, *A. valida*) là bằng chứng rõ ràng về một môi trường có chất lượng nước đủ tốt tại thời điểm nghiên cứu, khác biệt so với nhiều khu vực khác trong vịnh.

4.3. Ý nghĩa cấu trúc rạn và bảo tồn cấp thiết

Cấu trúc quần xã với sự chiếm ưu thế của Acroporidae (dạng cành, bàn) tạo ra độ phức tạp cấu trúc (high structural complexity) cao, cung cấp nơi trú ẩn, kiếm ăn và sinh sản cho các loài sinh vật biển khác, góp phần tăng tính đa dạng sinh học tổng thể. Sự cân bằng giữa san hô tăng trưởng nhanh (Acroporidae) và san hô tạo khung vững chắc (Faviidae, Poritidae) cho thấy rạn Hòn Chông là một hệ sinh thái ổn định và có khả năng đàn hồi tốt. Tuy nhiên, rạn cũng đối mặt với các mối đe dọa nghiêm trọng như tẩy trắng, bệnh san hô, sinh vật địch hại (sao biển gai, ốc *Drupella cornus*) với mật độ cao, và tác động cơ học từ hoạt động của con người.

Do đó, dựa trên dữ liệu độ phủ cao và sự xuất hiện của san hô con non (Hình 9), việc khoanh vùng bảo vệ ưu tiên tại HC2 và DT3 là cấp thiết và có cơ sở khoa học vững chắc, nhằm bảo tồn nguồn gen quý hiếm và thúc đẩy phục hồi tự nhiên bền vững cho Vịnh Nha Trang.

Trong bối cảnh rạn Hòn Chông là vùng gần bờ cuối cùng còn giữ được diện tích sống đáng kể trong toàn vịnh Nha Trang vốn có hơn 90% diện tích rạn khỏe mạnh đã mất đi, việc bảo vệ và khoanh vùng là cấp thiết. Hai khu vực HC2 và DT3 được xác định là vùng ưu tiên bảo vệ vì có độ phủ cao, loài đa dạng, đồng thời ghi nhận sự xuất hiện của san hô con non, tín hiệu cho thấy có dấu hiệu tái sinh.



Hình 9. Một số loài san hô non ghi nhận tại các điểm khảo sát (a: *Dipsastraea* sp.; b: *Porites* sp.; c: *Acropora* sp.; d: *Montipora* sp.)

4.4. Hạn chế của nghiên cứu

Nghiên cứu này cung cấp một đánh giá quan trọng về hiện trạng (snapshot) độ phủ và đa dạng loài của rạn san hô Hòn Chông - Đặng Tất tại một thời điểm (tháng 03/2024). Tuy nhiên, cần phải thừa nhận một số hạn chế:

Thứ nhất, việc thiếu dữ liệu chuỗi thời gian (time-series data) khiến việc đánh giá tốc độ suy thoái hay tái sinh thực sự của rạn trở nên khó khăn.

Thứ hai, và quan trọng nhất, nghiên cứu này không thu thập đồng thời các dữ liệu về yếu tố môi trường (như chất lượng nước, nhiệt độ tức thời và dài hạn, độ đục, và tải lượng trầm tích). Do đó, mặc dù kết quả cho thấy sự chiếm ưu thế của họ *Acroporidae* (một nhóm nhạy cảm) tại HC2, việc quy kết sự ưu thế này là do 'chất lượng nước tốt' (như đã thảo luận ở Mục 4.2) chỉ là một suy luận gián tiếp. Không có dữ liệu môi trường, chúng tôi không thể loại trừ khả năng rằng quần xã này đang tồn tại ở ngưỡng chịu đựng tới hạn và có thể dễ bị tổn thương trước các đợt nắng nóng hoặc ô nhiễm trong tương lai.

Như đã nêu ở Mục 2.2.3, dữ liệu về san hô non chỉ mang tính định tính. Các nghiên cứu trong tương lai cần áp dụng các phương pháp định lượng (ví dụ: đếm

trong ô vuông 1 m²) để xác định mật độ bám trụ và tỷ lệ sống của san hô non, vốn là các chỉ số chính xác hơn của quá trình tái sinh.

4.5. Đề xuất khung giám sát sức khỏe rạn san hô

Từ các kết quả và hạn chế của nghiên cứu, chúng tôi đề xuất một chương trình giám sát sức khỏe rạn san hô dài hạn (long-term monitoring program) cho khu vực Hòn Chông - Đặng Tất, đặc biệt là tại các điểm nóng (hotspots) HC2 và DT3. Chương trình này cần được thực hiện định kỳ (ít nhất 2 lần/năm, bao gồm mùa mưa và mùa khô) và tập trung vào ba (03) nhóm chỉ tiêu cốt lõi:

- Chỉ tiêu cấu trúc (Structural indicator): *Độ phủ san hô cứng (Hard coral cover)*. Tiếp tục sử dụng phương pháp PIT (như Mục 2.2.1) để theo dõi sự thay đổi về độ phủ, đảm bảo tính nhất quán và khả năng so sánh dữ liệu theo thời gian.

- Chỉ tiêu tái sinh (Recruitment indicator): *Mật độ san hô non (Juvenile coral density)*. Thay vì chỉ quan sát định tính (Mục 2.2.3), cần tiến hành khảo sát định lượng bằng cách sử dụng các ô vuông (ví dụ: 1 m² hoặc 0.25 m²) tại các vị trí cố định để đếm số lượng và xác định tỷ lệ sống của các tập đoàn san hô non (<5 cm). Đây là chỉ số quan trọng nhất để đánh giá khả năng tự tái sinh của rạn.

- Chỉ tiêu Sức ép (Stressor indicators): *Tỷ lệ tẩy trắng và dịch hại*. Ghi nhận định lượng tỷ lệ phần trăm san hô bị tẩy trắng (bleaching) và mắc bệnh (disease) (như bệnh dải đen, đốm đỏ đã được quan sát). Đồng thời, theo dõi mật độ các sinh vật dịch hại chính như sao biển gai (*Acanthaster* spp.) và ốc ăn san hô *Drupella cornus* (vốn được ghi nhận có mật độ cao trong nghiên cứu này).

Việc giám sát đồng thời các chỉ tiêu này cùng với các yếu tố môi trường (như nhiệt độ, độ đục) sẽ cung cấp một bức tranh toàn diện về động lực của hệ sinh thái, làm cơ sở cho các can thiệp quản lý kịp thời.

5. KẾT LUẬN

Sức khỏe rạn và độ phủ: Tổng thể rạn san hô tại Hòn Chông – Đặng Tất được xếp hạng Trung bình, với độ phủ san hô cứng trung bình là 32,4 ± 3,17%. Tuy nhiên, mức độ phục hồi tự nhiên rất tốt được ghi nhận tại các điểm HC2 (65,7 ± 7%) và DT3 (50,3 ± 2%), cho thấy tiềm năng bảo tồn lớn.

Thành phần loài và cấu trúc quần xã: Đã xác định được tổng cộng 73 taxa san hô cứng tạo rạn thuộc 12 họ. Cấu trúc phân loại bị chi phối bởi họ Acroporidae (chiếm ≈35,1% taxa), cùng sự hiện diện ổn định của các nhóm tạo khung sườn (Faviidae, Poritidae), khẳng định tính đa dạng sinh học và khả năng phục hồi của rạn.

Đề xuất bảo vệ: Dựa trên các dữ liệu về độ phủ và sự xuất hiện của san hô con non, việc khoanh vùng bảo vệ ưu tiên tại các khu vực trọng yếu là HC2 và DT3 là cần thiết và có cơ sở khoa học vững chắc, nhằm duy trì ngân hàng gen san hô và thúc đẩy quá trình phục hồi sinh học cho toàn Vịnh Nha Trang.

Những kết quả này khẳng định giá trị sinh thái đặc biệt quan trọng của rạn san hô Hòn Chông - Đặng Tất, vốn là "ngân hàng gen" san hô ven bờ cuối cùng còn sót

lại của Vịnh Nha Trang. Do đó, nghiên cứu này cung cấp cơ sở khoa học cấp thiết và vững chắc cho các cơ quan quản lý (như Bộ Nông nghiệp và Môi trường) trong việc đẩy nhanh tiến trình thành lập Khu bảo tồn biển Vịnh Nha Trang, trong đó các khu vực HC2 và DT3 phải được xác định là vùng lõi cần bảo vệ nghiêm ngặt.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí từ đề tài VB.ĐI.07/23, VB.ĐI.08/23. Tác giả xin trân trọng cảm ơn Chi nhánh Ven biển – Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga đã tạo điều kiện thuận lợi về tài chính và tổ chức trong quá trình triển khai nghiên cứu. Đồng thời, xin gửi lời cảm ơn chân thành đến Ban Quản lý Vịnh Nha Trang đã hỗ trợ tích cực về mặt phối hợp hiện trường, tạo điều kiện tiếp cận khu vực nghiên cứu và cung cấp các thông tin chuyên môn có giá trị.

Tuyên bố về sử dụng Gen AI: Nhóm tác giả tuyên bố rằng các công cụ AI chỉ được sử dụng cho việc chỉnh sửa ngôn ngữ, diễn đạt/định dạng mà không được dùng để tạo nội dung khoa học. Toàn bộ dữ liệu, phân tích và diễn giải đều do các tác giả thực hiện và kiểm chứng, và các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm đối với bản thảo.

Tuyên bố về đóng góp của tác giả: Đ.Đ.H. Việt: Thiết kế khảo sát, khảo sát thực địa, phân tích mẫu, xử lý số liệu, viết bài; H.N. Lâm, N.P. Liên: Khảo sát thực địa, xử lý số liệu, viết bài; T.Đ. Diễm: Khảo sát thực địa, phân tích mẫu, xử lý số liệu, viết bài; Y. Nozawa, H. Fukami: Định loại san hô, sửa bài; V.T. Hà: Khảo sát thực địa; N.Đ.M. Tân: Sửa bài; P.N. Thuồng: Sửa bài.

Tuyên bố về xung đột lợi ích: Nhóm tác giả xin tuyên bố rằng không tồn tại bất kỳ xung đột lợi ích nào liên quan đến nghiên cứu này. Tất cả các kết quả, phân tích và kết luận trong bài báo đều được thực hiện độc lập, không chịu ảnh hưởng bởi bất kỳ tổ chức, cá nhân hay nguồn tài trợ nào có thể làm sai lệch quá trình nghiên cứu hoặc diễn giải dữ liệu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. H.S.J. Cesar, L.M. Burke and L. Pet-Soede, *The Economics of worldwide coral reef degradation*, The Netherlands, International Coral Reef Action Network, 2003, 24 p.
2. Y. Y. Latypov, *Scleractinian corals and reefs of Vietnam as a part of the Pacific reef ecosystem*, Open Journal of Marine Science, Vol. 1, pp. 50-68, 2011.
3. K. Tkachenko, *Degradation of coral reefs under complex impact of natural and anthropogenic factors with Nha Trang Bay (Vietnam) as an example*, Biology Bulletin Reviews, Vol 13, pp. 442-459, 2023.
4. N. T. D. Hieu et al., *Trends in coral reef habitats over two decades: Lessons learned from Nha Trang Bay marine protected area, Vietnam*, Water, Vol.17, p. 1224, 2025.
5. Trần Đức Diễm, *Báo cáo tổng kết hợp đồng “Xây dựng bản đồ phân bố san hô Hòn Chông - Đặng Tất”*. Chi nhánh Ven biển - Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga, 2022, 30 tr.
6. G.Hodgson, S. Waddell, *International reef check core method*, 1997, 76 p.
7. S. English, C. Wilkinson and V. Baker, *Survey manual for tropical marine resources*, 2nd ed. Australian Institute of Marine Science, 1997, 390 p.

8. J. E. N. Veron, *Corals of the world. Volumes 1-3*. Townsville, Australian Institute of Marine Science, 2000, 490 p.
9. Y. Y. Latypov, *The common corals of Vietnam*. Vladivostok: Far Eastern National University Press, 2006, 144 p.
10. T. Dautova, Y. Y. Latypov and O. Savinkin, *Annotated checklist of scleractinian corals, mille pores and heliopora of Nhatrang Bay*. Benthic Fauna of the Bay of Nhatrang, pp. 13-80, 2007
11. Đặng Đỗ Hùng Việt, *Báo cáo tổng kết hợp đồng “Thực hiện đánh giá nhanh hiện trạng san hô ở phân khu bảo vệ nghiêm ngặt Hòn Mun và một số điểm khác trong vịnh Nha Trang (Bích Đầm) và đề xuất giải pháp phục hồi san hô hướng tới phát triển du lịch sinh thái khu vực Bích Đầm”*. Chi nhánh Ven biển - Trung tâm Nhiệt đới Việt – Nga, 2023, 30 tr.
12. W.C. Dullo, *Coral growth and reef growth: a brief review*, Facies, Vol. 51, pp. 33-48, 2005.
13. T. P. Hughes et al., *Global warming transforms coral reef assemblages*, Nature, Vol. 556, pp. 492–496, 2018.
14. C.C. Wallace, *Staghorn corals of the world: a revision of the coral genus Acropora (Scleractinia; Astrocoeniina; Acroporidae) worldwide, with emphasis on morphology, phylogeny and biogeography*, CSIRO publishing, 1999, 444 p.
15. P. A. Marshall, A. H. Baird, *Bleaching of corals on the great barrier reef: differential susceptibilities among taxa*, Coral reefs, Vol. 19, No. 2, pp.155-163, 2000.

ABSTRACT

Benthic characteristics and scleractinian coral species diversity of the Hon Chong - Dang Tat area, Nha Trang Bay

The Hon Chong - Dang Tat coral reef is a valuable nearshore marine ecosystem and the last remaining nearshore coral reef area in Nha Trang Bay. This ecosystem comprises diverse biotic and abiotic components, in which the reef-building hard corals (*Scleractinia*) play a key role as the primary engineers, providing the complex structural framework. The 2024 survey results indicated the reef's overall condition as Moderate, with an average live hard coral cover of 32.4 ± 3.17 %. Regarding benthic component coverage, the Hon Chong area demonstrated better health, characterized by a substratum dominated by live hard coral ($35.97 \pm 5\%$), Sand ($23.94 \pm 4.67\%$), and Dead Coral ($16.57 \pm 2.33\%$). Site HC2 recorded an outstanding live hard coral of $65.7 \pm 7\%$, largely dominated by fast-growing branching and tabular corals (*Acropora*, *Montipora*). Conversely, the Dang Tat area showed significantly higher proportions of Dead Coral ($17.02 \pm 3.67\%$) and Rubble ($12.93 \pm 2.67\%$), reflecting greater past environmental variability. Nevertheless, site DT3 still maintained a high coverage of $50.3 \pm 2\%$. The study identified a total of 73 hard coral taxa belonging to 12 families across the surveyed area. The reef structure is characterized by the dominance of the *Acroporidae* family (constituting $\approx 35.1\%$

of the taxa) which are sensitive yet fast-growing group alongside the stable presence of robust framework-building groups (e.g., Faviidae and Poritidae). This equilibrium results in a complex ecosystem with high resilience. Based on the high coral cover data and the presence of juvenile corals, HC2 and DT3 are proposed as critical priority conservation zones to maintain the coral's 'gene bank' and promote biological recovery throughout Nha Trang Bay.

Keywords: *Hard coral species; Benthic Coverage; Recovery; Resilience*

Nhận bài ngày 30 tháng 9 năm 2025

Phản biện xong ngày 30 tháng 10 năm 2025

Hoàn thiện ngày 17 tháng 11 năm 2025