

BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



HỒ SƠN LÂM

**ĐẶC ĐIỂM SINH HỌC VÀ THỰC NGHIỆM
SINH SẢN VÔ TÍNH LOÀI SAN HÔ MÈM
Sarcophyton serenei TIXIER–DURIVAUT, 1958**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ SINH HỌC

Ngành: Thủy sinh vật học, Mã số: 9 42 01 08

Hà Nội, tháng 07/2026

Công trình được hoàn thành tại: Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện
Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Người hướng dẫn khoa học:

1. Người hướng dẫn: TS. Đỗ Hữu Hoàng
2. Người hướng dẫn: TS. Hoàng Xuân Bền

Phản biện 1: GS. TS. Lê Minh Hoàng

Phản biện 2: PGS. TS. Nguyễn Văn Quân

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện
hợp tại Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công
nghệ Việt Nam vào hồi giờ, ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại:

1. Thư viện Học viện Khoa học và Công nghệ
2. Thư viện Quốc gia Việt Nam

MỞ ĐẦU

San hô mềm là thành phần quan trọng trong quần xã rạn san hô nhiệt đới, góp phần duy trì đa dạng sinh học và tạo môi trường sống cho nhiều loài sinh vật khác. Với khả năng thích nghi cao, chúng thường đóng vai trò tiên phong trong việc hình thành rạn ở các khu vực nước đục. Giống *Sarcophyton* hiện được ghi nhận gồm khoảng 80 loài, trong đó *Sarcophyton serenei* được phát hiện tại vịnh Nha Trang và một số vùng biển khác. Ngoài vai trò sinh thái, san hô mềm còn là nguồn hợp chất sinh học có giá trị y-sinh và có tiềm năng ứng dụng cao. Tuy nhiên, việc khai thác quá mức để phục vụ nhu cầu sinh vật cảnh đã làm suy giảm quần thể tự nhiên, gây ảnh hưởng tiêu cực đến đa dạng sinh học và hệ sinh thái rạn san hô.

Vì thế, nuôi trồng san hô mềm ngày càng được chú trọng nhằm giảm áp lực khai thác tự nhiên và đáp ứng nhu cầu trong các lĩnh vực sinh vật cảnh, được phẩm và phục hồi rạn san hô. Các nghiên cứu về sinh sản san hô mềm hiện mới tập trung ở một số khu vực như Biển Đỏ và Rạn san hô Great Barrier, trong khi dữ liệu tại vùng Tây Thái Bình Dương còn hạn chế. Ở Việt Nam, nghiên cứu về sinh sản san hô còn ít, chủ yếu thực hiện trên san hô cứng. Việc phát triển các phương pháp nhân giống và nuôi trồng chi phí thấp được xem là hướng đi bền vững cho mục tiêu thương mại và bảo tồn. Các kỹ thuật nhân giống vô tính san hô mềm đã đạt hiệu quả trong việc tạo ra các tập đoàn khỏe mạnh thông qua điều chỉnh các yếu tố như giá thể, chế độ cho ăn, ánh sáng và hệ thống nuôi. Tuy nhiên, đến nay vẫn chưa có nghiên cứu nào về đặc điểm sinh học sinh sản và sinh sản vô tính của loài *S. serenei*.

Hiện nay, chi phí để tạo ra một tập đoàn san hô bằng phương pháp sinh sản vô tính chỉ bằng khoảng 20% so với phương pháp sinh sản hữu tính. Điều này cho thấy nghiên cứu về sinh sản nhân tạo theo hướng hữu tính đòi hỏi nguồn kinh phí đầu tư tương đối lớn. Do đó, luận án hiện tại tập trung làm rõ các cơ sở sinh học và hoàn thiện phương pháp sinh sản vô tính như một hướng đi khả thi và hiệu quả hơn trong giai đoạn hiện nay.

Mục tiêu nghiên cứu:

- Nắm được đặc điểm môi trường sống và sinh học sinh sản của *S. serenei* nhằm cung cấp cơ sở khoa học cho nghiên cứu sinh sản nhân tạo.
- Nhân giống thành công loài san hô mềm *S. serenei*.

Nội dung nghiên cứu:

Nội dung 1: Đặc điểm sinh học của loài san hô mềm *S. serenei*.

Nội dung 2.1. Đặc điểm hình thái và phân loại

Nội dung 2.2. Đặc điểm môi trường sống

Nội dung 2.3. Đặc điểm sinh học sinh sản

Nội dung 2: Nghiên cứu sinh sản vô tính loài san hô mềm *S. serenei* trong điều kiện nhân tạo:

Nội dung 2.1. Ảnh hưởng của lugol và thời gian xử lý mảnh tách

Nội dung 2.2. Ảnh hưởng của giá thể và kích thước tách mảnh

Nội dung 2.3. Ảnh hưởng của thức ăn và chế độ cho ăn

Nội dung 2.4. Ảnh hưởng của cường độ ánh sáng

Ý nghĩa khoa học và thực tiễn:

Nghiên cứu về sinh sản và sinh sản vô tính của san hô mềm *Sarcophyton serenei* là công trình đầu tiên tại Việt Nam, cung cấp cơ sở khoa học cho bảo tồn, phục hồi quần thể và khai thác hợp chất sinh học.

Những đóng góp mới của luận án

Luận án là công trình đầu tiên nghiên cứu về đặc điểm sinh học và sinh sản vô tính loài san hô mềm *S. Serenei*. Nghiên cứu cũng đã xác định các đặc điểm sinh học sinh sản của *S. serenei*, bao gồm tỷ lệ giới tính, các giai đoạn phát triển noãn bào và tinh sào, sức sinh sản và mùa vụ sinh sản. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng xác định được các thông số kỹ thuật tối ưu cho sinh sản vô tính của *S. serenei*, gồm: xử lý mảnh cắt bằng dung dịch lugol $0,5 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ trong 15 phút hoặc $1,0 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ trong 10 phút; kích thước mảnh tách $\geq 1,5 \text{ cm}$; sử dụng giá thể gạch men hoặc xi măng; chế độ cho ăn luân trùng 2 ngày/lần; và cường độ chiếu sáng $90\text{--}120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Chương 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

1.1. Đặc điểm phân loại giống *Sarcophyton* và loài *S. serenei*

1.1.1. Giống *Sarcophyton*

Sarcophyton là một giống san hô mềm thuộc ngành Anthozoa, lớp san hô tám ngăn, bộ Malacalcyonacea, họ Sarcophytidae. Hiện nay, giống *Sarcophyton* bao gồm 50 loài đã được phân loại rõ ràng, 3 loài không chắc chắn và 27 loài được điều chỉnh.

Đặc điểm phân loại của các loài thuộc giống Sarcophyton: Các loài thuộc giống *Sarcophyton* có hình thái đặc trưng dạng nấm, với phần đỉnh mang các polyp tạo thành mũ san hô có thể phẳng, có thùy hoặc dạng chén, phễu. Trâm xương trên bề mặt đĩa và thân thường có dạng hình chùy, đôi khi có mụn ở giữa; đặc điểm hình dạng và kích thước trâm xương thân có giá trị phân loại. San hô gồm hai dạng polyp: autozoooid (bắt mồi và sinh sản) có thể co rút, và siphonozoooid xen kẽ giữa các autozoooid; khoảng cách và mật độ giữa chúng là những đặc điểm quan trọng trong định danh loài.

1.1.2. Hệ thống phân loại san hô mềm *S. serenei*



Hình 1.1. San hô mềm *S. serenei* trong nghiên cứu

Hệ thống phân loại san hô mềm *S. serenei* như sau:

Giới: Animalia

Ngành: Cnidaria

Ngành phụ: Anthozoa

Lớp san hô tám ngăn: Octocorallia

Bộ san hô mềm: Malacalcyonacea

Họ: Sarcophytidae

Giống: *Sarcophyton*

Loài: *Sarcophyton serenei* Tixier–Durivault, 1958

1.2. Phân bố của giống san hô mềm *Sarcophyton* và loài *S. serenei*

Các loài thuộc giống *Sarcophyton* có phạm vi phân bố rộng, từ khu vực bãi triều đến độ sâu lên tới 6.400 m, trải dài từ vùng nhiệt đới đến vùng cực. Tuy nhiên, sự đa dạng cao nhất của chúng được ghi nhận tại khu vực Ấn Độ Dương–Thái Bình Dương, đặc biệt là trong Vùng Tam giác San hô bao gồm Indonesia, Malaysia, Philippines, Papua New Guinea, Timor Leste và quần đảo Solomon. Các loài này thường xuất hiện ở những khu vực có dòng chảy mạnh, nơi điều kiện thuận lợi cho việc thu nhận thức ăn.

S. serenei được ghi nhận phân bố tại vịnh Suez ở Ai Cập và một số vùng biển Việt Nam, bao gồm vịnh Nha Trang, vùng biển Lý Sơn, và khu bảo tồn biển Cù Lao Chàm.

1.3. Tổng quan tình hình nghiên cứu ngoài nước

1.3.1. Một số đặc điểm sinh thái của san hô mềm và giống *Sarcophyton*

Sự phân bố và phát triển của san hô mềm chịu ảnh hưởng mạnh bởi các yếu tố môi trường như ánh sáng, dòng chảy, trầm tích, độ sâu và khoảng cách từ bờ. Các loài khác nhau có ngưỡng thích nghi riêng, trong đó san hô có tảo cộng sinh thường xuất hiện ở vùng nước trong và nông, còn các loài không có tảo cộng sinh phổ biến ở vùng sâu và ít ánh sáng. Dòng chảy ổn định giúp cung cấp dinh dưỡng, loại bỏ chất thải và hỗ trợ quang hợp, trong khi sự lắng đọng trầm tích quá mức có thể gây tắc nghẽn, hoại tử mô và chết san hô. Ngoài ra, nhiệt độ, độ mặn, ánh sáng và chế độ dinh dưỡng đều ảnh hưởng đến tỷ lệ sống và cấu trúc quần xã. Giống *Sarcophyton* phân bố rộng ở các vùng biển nhiệt đới thuộc Thái Bình Dương, Ấn Độ Dương và Biển

Đỏ, chúng thường sinh sống ở khu vực gần bờ có độ đục trung bình, nền đáy mềm, và có khả năng thích nghi cao với biến động môi trường.

1.3.2. Một số đặc điểm sinh trưởng của san hô mềm

Các nghiên cứu về đặc điểm sinh trưởng của san hô, đặc biệt là san hô mềm thuộc giống *Sarcophyton*, vẫn còn hạn chế. Tốc độ tăng trưởng là chỉ số quan trọng phản ánh tác động môi trường và hỗ trợ dự báo biến động của rạn san hô, song việc nghiên cứu nhóm này gặp khó khăn do cấu trúc cơ thể mềm và hình dạng dễ biến đổi theo điều kiện thủy động lực học. Phần lớn các nghiên cứu hiện tập trung vào san hô cứng, trong khi dữ liệu về san hô mềm còn thiếu. Một số nghiên cứu cho thấy tốc độ tăng trưởng của *Sarcophyton* đạt khoảng 0,5 cm/năm hoặc 3,95 g/tháng vào mùa hè, chịu ảnh hưởng mạnh bởi nhiệt độ, độ đục, trầm tích và chuyển động nước. Các phương pháp xác định tốc độ sinh trưởng bao gồm đo trực tiếp, phân tích ảnh chụp, chụp X-quang, nhuộm Alizarin và tái tạo mô hình kỹ thuật số từ ảnh 2D, trong đó phương pháp chụp ảnh và xử lý bằng phần mềm như ImageJ được đánh giá hiệu quả, không gây tổn hại và có độ chính xác cao.

1.3.3. Một số đặc điểm sinh học sinh sản của san hô mềm

1.3.3.1. Phương thức sinh sản

Phương thức sinh sản đóng vai trò quan trọng trong việc quyết định số lượng và phân bố của san hô tám ngón (*Octocorallia*). Nhóm này có cả hai hình thức sinh sản: vô tính và hữu tính. Sinh sản vô tính phổ biến ở san hô mềm, diễn ra thông qua các cơ chế như phân mảnh, phân đôi hoặc nảy chồi. Trong khi đó, sinh sản hữu tính có ý nghĩa then chốt trong việc duy trì quần thể, với các loài có thể sinh sản theo dạng đơn tính hoặc lưỡng tính.

1.3.3.2. Kích thước sinh sản lần đầu và mùa vụ sinh sản

Các loài san hô tám ngón có sự khác biệt đáng kể về tuổi, kích thước và thời điểm thành thực sinh dục. Kích thước tập đoàn quyết định khả năng sinh sản, vì chỉ những cá thể đạt ngưỡng kích thước nhất định mới phát triển hoàn chỉnh tuyến sinh dục. Kích thước trứng, thời gian phát triển giao tử và

chu kỳ sinh sản khác nhau giữa các loài, phụ thuộc vào hình thức sinh sản, đặc điểm ấu trùng và điều kiện môi trường. Nhiều loài có chu kỳ phát triển giao tử kéo dài 9–20 tháng và sinh sản đồng bộ theo chu kỳ trăng, thể hiện sự thích nghi với biến động môi trường. Sự khác biệt về kích thước trứng, thời điểm thành thực và chu kỳ sinh sản giữa các loài, hoặc giữa các quần thể cùng loài, phản ánh ảnh hưởng của điều kiện địa lý và môi trường sống. Tuy nhiên, đặc điểm sinh học sinh sản của san hô mềm *S. serenei* hiện vẫn chưa được làm rõ.

1.3.4. Quan hệ giữa tảo cộng sinh, Chlorophyll-*a* và san hô mềm

Các loài san hô mềm thuộc các giống *Sarcophyton*, *Simularia*, *Xenia* và *Lobophytum* cộng sinh nội bào với tảo *Symbiodinium*, nhận phần lớn năng lượng qua quang hợp. Các sắc tố như chlorophyll-*a*, chlorophyll-*c*₂ và carotenoid vừa hấp thu ánh sáng vừa bảo vệ hệ cộng sinh khỏi bức xạ tử ngoại. Cường độ ánh sáng ảnh hưởng trực tiếp đến hàm lượng chlorophyll và mật độ tảo, gây biến đổi màu sắc hoặc tẩy trắng khi bị stress. Tảo *Symbiodinium* gồm bảy nhánh (A–G), trong đó nhánh C và D phổ biến ở san hô mềm, góp phần tăng khả năng thích nghi môi trường. Sự đa dạng tảo cộng sinh quyết định mức chịu đựng và phục hồi của san hô, song đặc điểm tảo cộng sinh và hàm lượng chlorophyll ở loài *S. serenei* vẫn chưa được xác định.

1.3.5. Một số kết quả nghiên cứu về sinh sản vô tính san hô mềm

Sinh sản vô tính là phương pháp phổ biến trong nhân giống san hô mềm, giúp duy trì tập đoàn với tỷ lệ sống cao mà không cần khai thác tự nhiên. Kỹ thuật này dựa trên việc tách mảnh từ tập đoàn bố mẹ và cố định vào giá thể để phát triển thành tập đoàn mới. Trong quá trình tách mảnh, san hô tiết ra chất nhầy dễ dẫn đến nhiễm khuẩn, do đó cần xử lý vết thương bằng dung dịch sát khuẩn như Lugol chứa iodine. Lugol có khả năng diệt khuẩn mạnh, thường được sử dụng trong nuôi cảnh biển để xử lý vết thương và phòng bệnh. Kích thước mảnh cắt là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến tỷ lệ sống của san hô. Các nghiên cứu trên san hô mềm như *Sarcophyton glaucum*

cho thấy mảnh nhỏ có nhiều polyp và lấy từ phần ngoại vi có khả năng sống cao hơn. Giá thể đóng vai trò quan trọng trong sự bám dính và phát triển của mảnh san hô. Các loại giá thể phổ biến gồm aragocrete, đá sống, gốm, nhựa, xi măng... Mặc dù nhiều vật liệu đã được thử nghiệm trên các loài *Sarcophyton* khác. Dinh dưỡng là yếu tố thiết yếu cho san hô mềm, đặc biệt đối với các loài cộng sinh với tảo *zooxanthellae*. Trong nuôi nhân tạo, san hô thường được cho ăn bằng sinh vật phù du hoặc nguồn thay thế như *Brachionus plicatilis* và *Artemia salina*. Một số nghiên cứu cho thấy bổ sung thức ăn giúp tăng tỷ lệ sống, cải thiện khả năng phục hồi và thích nghi, tuy nhiên một số nghiên cứu lại cho rằng không có sự sai khác giữa chế độ cho ăn và không cho ăn. Ánh sáng ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất quang hợp của *zooxanthellae* và sự sinh trưởng của san hô mềm. Các nghiên cứu cho thấy cường độ ánh sáng tối ưu cho các loài *Sarcophyton* dao động khoảng 80–120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Các nghiên cứu sinh sản vô tính ở san hô mềm hiện chủ yếu tập trung vào *S. glaucum* và *S. flexible*, trong khi các thông số kỹ thuật liên quan đến *S. serenei* vẫn chưa được xác định. Việc hoàn thiện các yếu tố như kích thước mảnh cắt, giá thể, ánh sáng, chế độ cho ăn và xử lý Lugol sẽ giúp nâng cao hiệu quả nhân giống loài này.

1.4. Tổng quan tình hình nghiên cứu trong nước

Các nghiên cứu về san hô tại Việt Nam trước đây chủ yếu tập trung vào đa dạng loài, một số đặc điểm sinh học trong tự nhiên và nuôi giữ, thành phần hóa học, hoạt tính sinh học của san hô mềm, cũng như các vi khuẩn liên quan đến bệnh san hô. Gần đây, các nghiên cứu về sinh học sinh sản đã được quan tâm nhằm làm cơ sở cho sinh sản nhân tạo. Kết quả cho thấy một số loài san hô cứng thuộc giống *Acropora* tại vịnh Nha Trang có mùa sinh sản kéo dài từ tháng 3 đến tháng 5, với thời điểm sinh sản khác nhau giữa các loài và có liên quan đến chu kỳ trăng.

Bên cạnh đó, các nghiên cứu về sinh sản vô tính san hô mềm trong điều kiện thực nghiệm đã được triển khai. Kết quả cho thấy loại giá thể ảnh

hưởng đến khả năng bám và tỷ lệ sống của tập đoàn, trong đó giá thể san hô chết cho hiệu quả cao nhất. Kích thước mảnh cắt không ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng nhưng có tác động đến tỷ lệ sống và một số chỉ tiêu hình thái, với kích thước khoảng 1,5 cm được xác định là phù hợp cho sinh sản vô tính bằng phương pháp phân mảnh. Tuy nhiên, đối với loài san hô mềm *Sarcophyton serenei*, các nghiên cứu tại Việt Nam hiện vẫn chủ yếu dừng lại ở ghi nhận phân bố và phân loại.

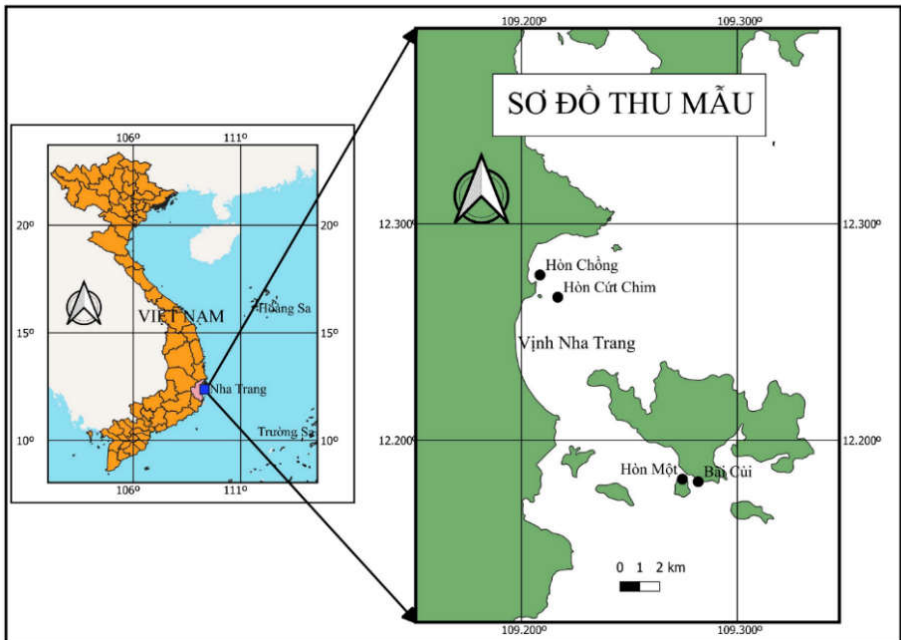
Chương 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng, thời gian và địa điểm nghiên cứu

2.1.1. Đối tượng nghiên cứu: Đối tượng nghiên cứu là loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* Tixier–Durivault, 1958.

2.1.2. Thời gian nghiên cứu: Từ tháng 11/2022 đến tháng 10/2025.

2.1.3. Địa điểm nghiên cứu



Hình 2.1: Địa điểm thu mẫu nghiên cứu

–Địa điểm thu mẫu: Độ sâu từ 6–8 m nước tại các điểm kéo dài từ Hòn Cút Chim ($12^{\circ}15'55.9''\text{N}$ $109^{\circ}13'29.3''\text{E}$) đến khu vực Hòn Chồng ($12^{\circ}17'11.0''\text{N}$ $109^{\circ}13'15.0''\text{E}$) thuộc vịnh Nha Trang.

–Địa điểm nghiên cứu: trại thực nghiệm và phòng thí nghiệm của Viện Hải dương học.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nội dung 1: Đặc điểm sinh học của loài san hô mềm *S. serenei*

Nội dung 1.1 Đặc điểm hình thái và phân loại hô mềm *S. serenei*

Các mô tả bên ngoài về màu sắc, hình dạng tập đoàn, polyp, thân, mũ và hình thái trầm xương được phân tích theo các từ khóa phân loại được mô tả bởi Tixier–Durivault (1958) [1], Verseveldt (1982) [2], Dautova và Savinkin (2013) [3].

Nội dung 1.2. Đặc điểm môi trường sống của *S. serenei*

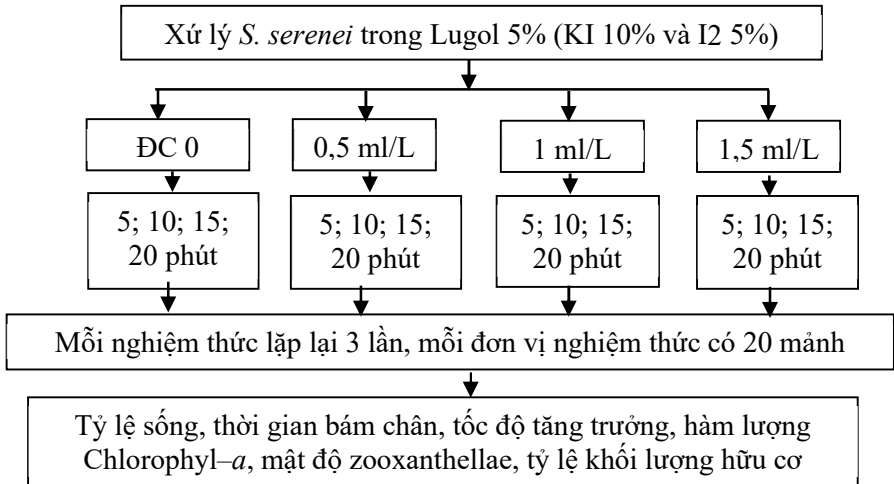
Các yếu tố môi trường như độ đục, nhiệt độ, độ mặn, ánh sáng, DO... được thu thập trong 12 tháng liên tiếp ở độ sâu từ 6 đến 8 m nước vào lúc 8 đến 9 giờ sáng.

Nội dung 1.3. Đặc điểm sinh học sinh sản

Quá trình thu mẫu san hô mềm *S. serenei* được tiến hành định kỳ vào ngày trăng tròn hàng tháng từ tháng 8/2023 đến tháng 7/2024. Các chỉ tiêu phân tích đặc điểm sinh học bao gồm: Tỷ lệ đẻ cái, kích thước trứng và túi tinh, các giai đoạn phát sinh trứng và tinh, sức sinh sản và mùa vụ sinh sản.

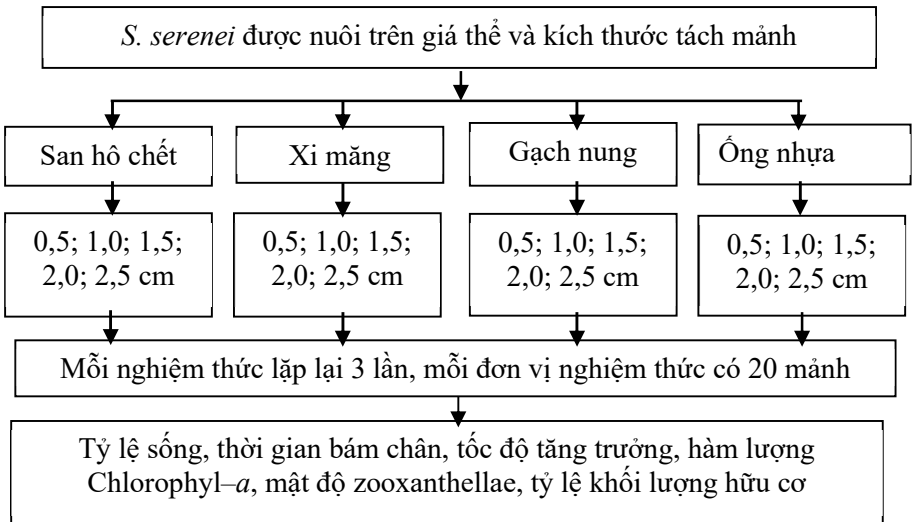
Nội dung 2: Nghiên cứu sinh sản vô tính loài san hô mềm *S. serenei* trong điều kiện nhân tạo. Chỉ tiêu đánh giá bao gồm: thời gian bám chân và tỷ lệ sống, mật độ của zooxanthellae và hàm lượng Chlorophyll-*a*.

Nội dung 2.1: Thí nghiệm ảnh hưởng nồng độ và thời gian xử lý được bố trí theo Hình 2.2.



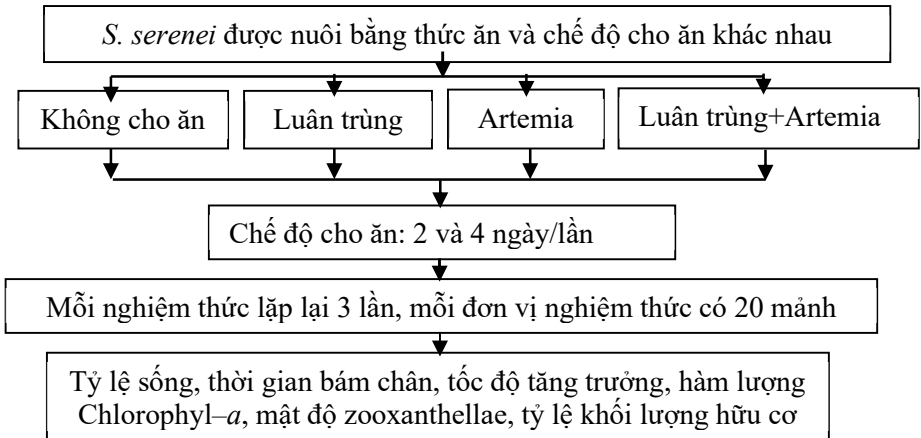
Hình 2.2. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu ảnh hưởng nồng độ và thời gian xử lý lugol lên sinh trưởng và sinh lý

Nội dung 2.2: Thí nghiệm ảnh hưởng của giá thể và kích thước tách mảnh được bố trí theo Hình 2.3



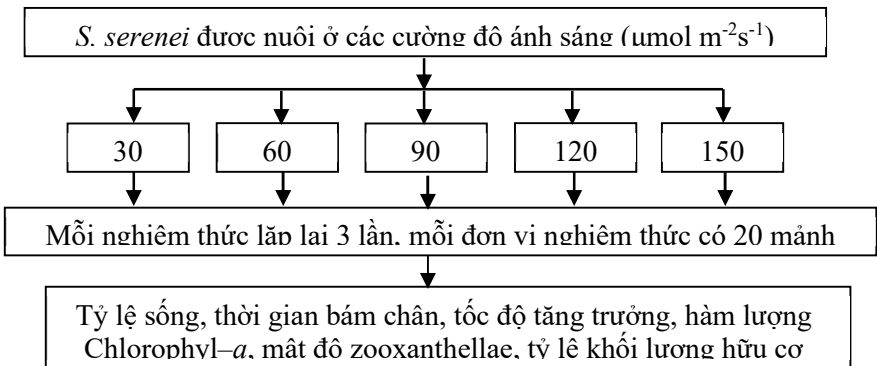
Hình 2.3. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu ảnh hưởng giá thể và kích thước tách mảnh lên sinh trưởng và sinh lý

Nội dung 2.3: Thí nghiệm ảnh hưởng của thức ăn và chế độ cho ăn được thể hiện ở Hình 2.4



Hình 2.4. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu ảnh hưởng thức ăn và chế độ cho ăn lên sinh trưởng và sinh lý

Nội dung 2.4: Nghiên cứu ảnh hưởng của cường độ ánh sáng lên sinh trưởng và sinh lý của loài san hô mềm *S. serenei* được thể hiện ở Hình 2.5



Hình 2.5. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu ảnh hưởng cường độ ánh sáng lên sinh trưởng và sinh lý

Kỹ thuật thu thập dữ liệu

Thời gian bám chân: Được xác định theo thang Bậc 3 của Cunha (2006) [4].

Tỷ lệ sống (%): Được ghi nhận tại các thời điểm 3, 6, 9 và 30 hoặc 60 ngày kể từ khi bắt đầu phân mảnh (tùy thí nghiệm).

Khối lượng san hô: Đo bằng phương pháp cân ướt, sử dụng cân điện tử (Satori) với độ chính xác 0,001 g.

Đường kính đĩa miệng: Đo bằng phần mềm Image J qua ảnh chụp trên mặt nước có thước đo hiệu chuẩn.

Xác định mật độ của zooxanthellae: Theo phương pháp của Pupier và cs. (2018) [5].

Xác định hàm lượng Chlorophyll-a: Theo phương pháp của Dong và cs. (2023) [6].

Hàm lượng hữu cơ của các mảnh san hô: Theo phương pháp của Costa và cs. (2016) [7].

Xử lý số liệu

Tỷ lệ đực cái được kiểm định tính độc lập bằng Chi-square.

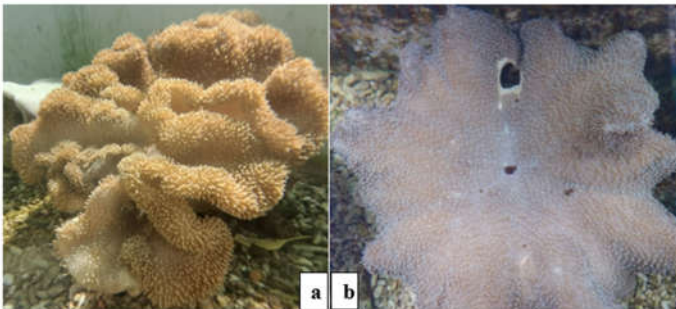
Phân tích phương sai một yếu tố đối với nội dung 2.4 và hai yếu tố đối với nội dung 2.1, 2.2 và 2.3 trên phần mềm SPSS 18.0 ($p=0,05$). Số liệu được trình bày dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ Độ lệch chuẩn (TB $\pm$ SD).

Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm sinh học của loài san hô mềm *S. serenei*

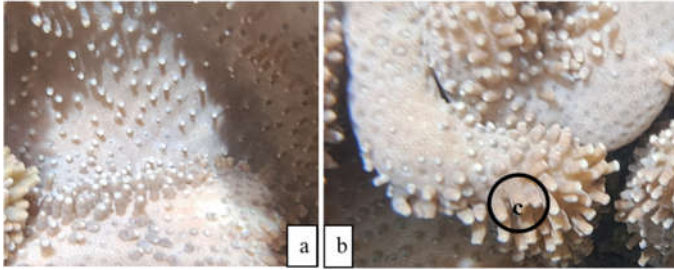
3.1.1. Đặc điểm hình thái và phân loại loài san hô mềm *S. Serenei*

3.1.1.1. Hình thái bên ngoài của loài san hô mềm *S. Serenei*



Hình 3.1: San hô mềm *S. serenei*

San hô mềm *S. serenei* có màu vàng nâu tươi hoặc màu nâu xám, mũ có nhiều nếp gấp ở ngoại biên và nhẵn ở giữa (Hình 3.1). Bề mặt phần mũ chạm vào có phần thô ráp, không tiết nhớt. Chiều cao tập đoàn khoảng 5cm, đường kính chân 10–12cm, không có hình dạng nhất định.

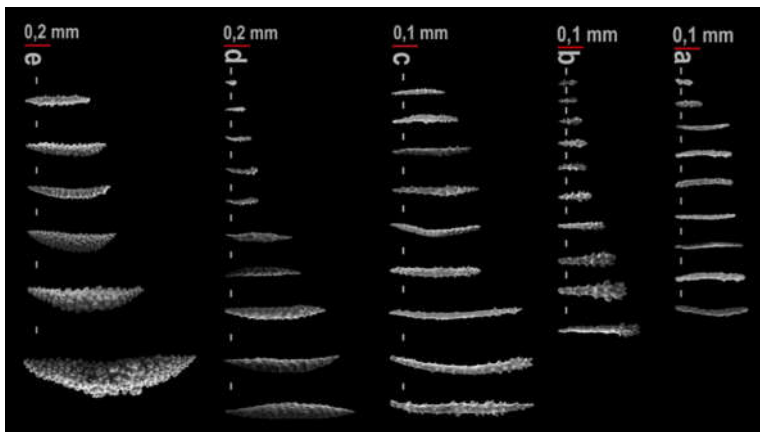


Hình 3.2: Các autozoid và các siphozoid ở mép và trung tâm mũ

(a) trung tâm mũ (b) ở mép mũ và (c) các anthocodia

Khi chạm vào các autozoid không rút lại hoàn toàn. Đầu các anthocodia có màu trắng nhạt, không bung xòe ra ngoài (Hình 3.2c).

3.1.1.2. Đặc điểm trầm xương của loài san hô mềm *S. serenei*



Hình 3.3: Các loại trầm xương của loài san hô mềm *S. serenei*.

(a) xúc tu, anthocodia (b) vỏ mũ; (c) trong mũ; (d) vỏ thân; (e) trong thân

Kết quả phân tích các dạng trầm xương của 35 mẫu san hô mềm *S. serenei* được trình bày ở Hình 3.3

3.1.2. Đặc điểm môi trường sống của loài san hô mềm *S. serenei* ở vịnh Nha Trang.

3.1.2.1. Các yếu tố sinh thái môi trường sống của loài san hô mềm *S. serenei*:

Thông số các yếu tố môi trường: ánh sáng, độ mặn, nhiệt độ, DO, COD, độ đục, NH_4^+ và NO_3^- của khu vực Hòn Chồng và Hòn Cút Chim được thể hiện ở Bảng 3.1. Các yếu tố môi trường tại khu vực nghiên cứu đều nằm trong khoảng thích hợp cho sự phát triển của san hô.

Bảng 3.1. Các thông số vật lý, sinh thái ở hai điểm khảo sát

Yếu tố	Hòn chồng	Hòn Cút Chim	Trung bình
Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)	28,38 $\pm$ 1,54	28,04 $\pm$ 1,53	28,05 $\pm$ 1,67
Độ mặn (‰)	32,35 $\pm$ 1,12	32,53 $\pm$ 0,94	32,47 $\pm$ 1,13
Ánh sáng ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	42,36 $\pm$ 23,15	51,40 $\pm$ 21,07	48,35 $\pm$ 22,29
pH	8,02–8,18	8,04–8,13	
DO (mg/L)	6,65 $\pm$ 0,34	6,68 $\pm$ 0,34	6,67 $\pm$ 0,37
COD (mg/L)	1,34 $\pm$ 0,42	1,32 $\pm$ 0,38	1,31 $\pm$ 0,33
Độ đục (NTU)	2,21 $\pm$ 0,86	1,76 $\pm$ 0,54	1,93 $\pm$ 0,69
NH_4^+ (mg/L)	0,017 $\pm$ 0,006	0,017 $\pm$ 0,006	0,01 $\pm$ 0,005
NO_3^- (mg/L)	0,039 $\pm$ 0,011	0,037 $\pm$ 0,008	0,03 $\pm$ 0,010

Trầm tích đáy nơi sinh sống của san hô:

Địa điểm nghiên cứu phân bố của san hô trong đề tài là khu vực đó là Hòn Cút Chim và xung quanh khu vực Hòn Cút Chim đến Hòn Chồng thuộc vịnh Nha Trang ở độ sâu từ 5–8 m. Đây là hai khu vực nằm phía Bắc vịnh Nha Trang, cách nhau khoảng 2,35 km do đó địa hình, địa mạo là giống nhau. Các chuyến khảo sát và thu mẫu đã cho thấy khu vực san hô phân bố có trầm tích là cát–đá san hô nhỏ–bùn trong đó cát và san hô vụn chiếm tỷ lệ lớn. San hô mềm *S. serenei* đã được tìm thấy phát triển trên nền là các tảng đá san hô chết.

3.1.3. Đặc điểm sinh học sinh sản của loài san hô mềm *S. serenei*

3.1.3.1. Tỷ lệ đực cái của loài san hô mềm *S. serenei*

Giới tính của *S. serenei*

Kết quả phân tích 380 mẫu san hô mềm *S. serenei*, chỉ ra rằng loài này là đơn tính, đã ghi nhận được 217 tập đoàn đực và 163 tập đoàn cái, không có tập đoàn nào lưỡng tính hoặc không xác định được giới tính. Tỷ lệ đực cái của loài san hô mềm *S. serenei* là 1,33:1.

3.1.3.2. Các giai đoạn phát triển của noãn bào và tinh sào của *S. serenei*

Quá trình phát triển noãn bào và tinh sào của *S. serenei* được chia thành bốn giai đoạn.

3.1.3.3. Sức sinh sản của *S. serenei*

Sức sinh sản dao động từ 14 đến 26 trứng mỗi polyp.

3.1.3.4. Tỷ lệ thành thực và mùa vụ sinh sản của *S. serenei*

Kích thước trứng tăng dần theo thời gian và đạt cực đại vào cuối tháng 3 (20/3), khi 100% trứng có đường kính lớn hơn 450 μm (thành thực) sau đó vào cuối tháng 3 (ngày 30) và tháng 4 kích thước trứng giảm hẳn. Sự biến đổi này phản ánh tính sinh sản đồng bộ của loài, với chu kỳ sinh sản chỉ diễn ra một lần trong năm, tập trung vào tháng 3.

3.2. Nghiên cứu sinh sản vô tính loài san hô mềm *S. serenei*

3.2.1. Ảnh hưởng của lugol và thời gian xử lý

3.2.1.2. Tỷ lệ sống

Kết quả nghiên cứu cho thấy tỷ lệ sống ở các nghiệm thức có 0,5 ml.L⁻¹ (T:0,5–15) và 1,0 ml.L⁻¹ (T:1,0–10) dung dịch lugol được cải thiện đáng kể so với nghiệm thức đối chứng không xử lý lugol sau 9 ngày thí nghiệm.

3.2.1.3. Thời gian bám chân

Thời gian bám chân nhanh nhất được quan sát thấy ở phương pháp xử lý T:0,5–15 (8,73 $\pm$ 0,43 ngày), trong khi thời gian bám chân dài nhất được quan sát thấy ở các phương pháp xử lý T:0–10 (14,47 $\pm$ 0,41 ngày) ($p \leq 0,001$).

Không có sự khác biệt đáng kể về thời gian bám giữa T:0,5–15 và T:1,0–10 ($p \geq 0,965$).

3.2.1.4. Tăng trưởng của mảnh san hô

Kết quả nghiên cứu về sinh trưởng cho thấy, nồng độ Lugol, thời gian ngâm và sự kết hợp của chúng không ảnh hưởng đáng kể đến tốc độ tăng trưởng đặc trưng về khối lượng (SGR_w) ($p \geq 0,348$) và chiều dài (SGR_L) ($p \geq 0,390$). Giá trị SGR_w cao nhất được quan sát thấy ở nghiệm thức T:1,5–5 ($0,45 \pm 0,06\%$ ngày⁻¹), thấp nhất ở nghiệm thức T:0–15 và T:0–15 ($0,35 \pm 0,04\%$ ngày⁻¹) ($p \geq 0,055$). SGR_L cao nhất được quan sát thấy ở phương pháp xử lý T:0,5–15 ($1,29 \pm 0,09\%$ ngày⁻¹) và thấp nhất ở phương pháp xử lý T:1,5–15 ($1,05 \pm 0,09\%$ ngày⁻¹), không có sự khác biệt có ý nghĩa giữa chúng ($p \geq 0,883$).

3.2.1.5. Mật độ tảo zooxanthellae

Kết quả cho thấy mật độ zooxanthellae giảm sau khi san hô bị phân mảnh (ngày 6), sau đó dần phục hồi (ngày 9) và tăng trở lại vào giai đoạn cuối thí nghiệm (ngày 30). Tuy nhiên, không ghi nhận ảnh hưởng đáng kể của lugol, thời gian ngâm hay sự tương tác giữa chúng đến mật độ tảo cộng sinh ở các thời điểm quan sát ($p \geq 0,215$).

3.2.1.6. Hàm lượng Chlorophyll-a

Kết quả cho thấy hàm lượng Chlorophyll-a giảm rõ rệt sau khi san hô bị phân mảnh (từ phân mảnh đến ngày 6) và dần phục hồi sau ngày 9. Tuy nhiên, nồng độ lugol, thời gian ngâm và sự tương tác giữa chúng không ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng Chlorophyll-a trong suốt quá trình thí nghiệm ($p \geq 0,153$).

3.2.1.7. Tỷ lệ khối lượng hữu cơ

Kết quả nghiên cứu cho thấy khối lượng hữu cơ bị ảnh hưởng đáng kể bởi cả nồng độ Lugol và thời gian ngâm ($p < 0,001$). Khối lượng hữu cơ cao nhất được ghi nhận ở các phương pháp xử lý T:1–10 ($42,96 \pm 1,04\%$ OW) và T:1–15 ($42,18 \pm 0,89\%$ OW). Ngược lại, khối lượng hữu cơ thấp nhất được

ghi nhận ở các phương pháp xử lý T:0–5, T:0–10, T:0–15, T:0–20 và T:1,5–20 (dao động từ 34% đến 35% OW) ($p \leq 0,001$).

3.2.2. Ảnh hưởng của giá thể và kích thước tách mảnh

3.2.2.1. Tỷ lệ sống

Tỷ lệ sống giữa các nghiệm thức có kích thước tách mảnh từ 1,5cm trở lên không có sự sai khác có ý nghĩa thống kê khi được gắn trên các loại giá thể khác nhau ($p > 0,550$), tuy nhiên, tỷ lệ sống ở các nghiệm thức có mảnh $> 1,5$ cm cao hơn đáng kể so với các nghiệm thức có mảnh nhỏ ($p < 0,05$). Không ghi nhận trường hợp chết sau ngày thứ 9 của thí nghiệm.

3.2.2.2. Thời gian bám chân

Thời gian bám chân nhanh được quan sát thấy ở các nghiệm thức có mảnh $> 1,5$ cm, so với các nghiệm thức có kích thước nhỏ hơn ($p < 0,05$). Tuy nhiên, không có sự khác biệt đáng kể nào được quan sát thấy giữa các nghiệm thức có mảnh cắt 1,5; 2 và 2,5 cm khi gắn trên các loại giá thể khác nhau ($p > 0,05$).

3.2.2.3. Tăng trưởng của mảnh san hô

Tốc độ tăng trưởng đặc trưng về khối lượng và chiều dài của san hô đạt giá trị thấp nhất ở các nghiệm thức có kích thước tách mảnh là 0,5cm tiếp đến là 1cm và đạt giá trị cao ở nhóm nghiệm thức có kích thước tách mảnh là 2 và 2,5cm ($p < 0,05$). Tuy nhiên, kết quả cũng cho thấy, không có sự sai khác có ý nghĩa thống kê giữa nhóm nghiệm thức có kích thước tách mảnh là 1,5; 2 và 2,5cm khi được gắn trên các loại giá thể khác nhau ($p > 0,05$).

3.2.2.4. Mật độ tảo zooxanthelae

Vào ngày 0 (bắt đầu thí nghiệm), mật độ tảo cộng sinh dao động từ 4,87 đến $5,09 \times 10^6$ tế bào/gam, mật độ này giảm mạnh vào ngày 3 và dần phục hồi sau ngày 6, đến ngày 9 mật độ đã phục hồi, tăng mạnh vào ngày 60 (kết thúc thí nghiệm) mật độ tảo cộng sinh dao động từ 4,81 đến $5,05 \times 10^6$ tế bào/gam. Không có sự sai khác nhau về mật độ tảo ở thời điểm bắt đầu và kết thúc thí nghiệm ($p > 0,05$).

3.2.2.5. Hàm lượng Chlorophyll-*a*

Vào ngày 0 (bắt đầu thí nghiệm), hàm lượng Chlorophyll-*a* dao động từ 4,61 đến $4,81 \times 10^2 (\mu\text{g/g})$, hàm lượng này giảm mạnh vào ngày 3 có dấu hiệu phục hồi vào ngày 6, đến ngày 9 hàm lượng bắt đầu tăng mạnh, đến ngày 60 (kết thúc thí nghiệm) hàm lượng Chlorophyll-*a* dao động từ 4,63 đến $4,81 \times 10^2 (\mu\text{g/g})$. Không có sự sai khác nhau về hàm lượng Chlorophyll-*a* ở thời điểm bắt đầu và kết thúc thí nghiệm ($p > 0,05$).

3.2.2.6. Tỷ lệ khối lượng hữu cơ (OW)

Kết quả cho thấy khối lượng hữu cơ của *S. serenei* bị ảnh hưởng đáng kể bởi cả kích thước tách mảnh, loại giá thể và sự tương tác giữa chúng ($p < 0,05$). Nghiệm thức có mảnh 2,5 cm gắn trên giá thể san hô (T:2,5-S) cho giá trị khối lượng hữu cơ cao nhất, trong khi các nghiệm thức có mảnh 0,5 cm có giá trị thấp nhất ($p < 0,05$). Tuy nhiên, không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức có kích thước mảnh $> 1,5\text{cm}$ khi gắn trên các loại giá thể khác nhau ($p > 0,05$).

3.2.3. Ảnh hưởng của thức ăn và chế độ cho ăn

3.2.3.1. Tỷ lệ sống

Kết quả thí nghiệm cho thấy thức ăn và tần suất cho ăn không ảnh hưởng đến tỷ lệ sống của các mảnh san hô mềm *S. serenei* ($p \geq 0,082$).

3.2.3.2. Tốc độ tăng trưởng đặc trưng về khối lượng

Kết quả nghiên cứu cho thấy, ở nghiệm thức LT-2, SGRw đạt giá trị cao nhất ($0,46 \pm 0,02\%.\text{ngày}^{-1}$) và có sai khác ý nghĩa thống kê với nghiệm thức đối chứng và các nghiệm thức cho ăn liên quan đến *Artemia* ($p \leq 0,035$) nhưng không sai khác với các nghiệm thức LT-4 ($p \geq 0,124$)

3.2.3.3. Mật độ zooxanthellae của san hô mềm

Kết quả phân tích cho thấy mật độ zooxanthellae ở các nghiệm thức không có sự sai khác có ý nghĩa thống kê trong suốt thời gian thí nghiệm ($p \geq 0,059$). Ở giai đoạn đầu, mật độ tảo giảm mạnh so với thời điểm ban đầu, phản ánh phản ứng tạm thời của san hô sau quá trình tách mảnh. Tuy nhiên,

từ sau ngày thứ 6, mật độ tảo có xu hướng tăng trở lại, thể hiện khả năng phục hồi của san hô. Đến cuối thí nghiệm, mật độ tảo ở tất cả các nghiệm thức đều đạt giá trị tương đương hoặc tiệm cận mức ban đầu ($p \geq 0,059$).

3.2.3.4. Hàm lượng Chlorophyll-*a*

Hàm lượng Chlorophyll-*a* giữa các nghiệm thức không có sai khác có ý nghĩa thống kê theo thời gian thí nghiệm được thể hiện ở Bảng 3.22 ($p \geq 0,111$). Điều này chỉ ra rằng loại thức ăn và tần suất cho ăn khác nhau không ảnh hưởng lên hàm lượng chlorophyll *a* của loài san hô mềm *S. serenei*. Sự thay đổi hàm lượng Chlorophyll-*a* ở tất cả các nghiệm thức đều giảm mạnh từ ngày thứ 0 đến ngày thứ 3 thí nghiệm, sau đó tăng lại dần từ ngày 6 đến ngày 60. Kết thúc thí nghiệm, hàm lượng Chlorophyll-*a* ở các nghiệm thức gần như hồi phục so với mức ban đầu.

3.2.3.5. Tỷ lệ khối lượng hữu cơ của san hô mềm

Tỷ lệ khối lượng hữu cơ của loài san hô mềm *S. serenei* bị ảnh hưởng đáng kể bởi thức ăn và tần suất cho ăn ($p \leq 0,031$). Trong đó, tỷ lệ khối lượng hữu cơ cao nhất được ghi nhận ở nghiệm thức LT-2 ($46,68 \pm 1,53\% \text{OW}$) và thấp nhất được ghi nhận ở nghiệm thức ĐC ($42,11 \pm 1,78\% \text{OW}$) ($p \leq 0,003$). Có sai khác có ý nghĩa thống kê giữa nghiệm thức LT-2 với nghiệm thức đối chứng và Ar-4 ($p \leq 0,003$), tuy nhiên không có sự sai khác có ý nghĩa giữa các nghiệm thức còn lại ($p \geq 0,057$).

3.2.4. Nghiên cứu ảnh hưởng của cường độ ánh sáng lên sinh trưởng và sinh lý của loài san hô mềm *S. serenei*.

3.2.4.1. Tỷ lệ sống

Sau 60 ngày thí nghiệm, tỷ lệ sống đạt giá trị lớn nhất ở nghiệm thức có cường độ chiếu sáng là $90 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($83 \pm 2\%$), thấp nhất ở nghiệm thức có cường độ chiếu sáng $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($73 \pm 2\%$) ($p \leq 0,007$). Không có sự sai khác có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức có cường độ ánh sáng 30; 60; $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ cũng như giữa các nghiệm thức 90; 120; $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($p \geq 0,124$). Điều này cho thấy, tỷ lệ sống của loài san hô mềm

S. serenei được cải thiện đáng kể khi sử dụng cường độ chiếu sáng từ 90 đến 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

3.2.4.2. Thời gian bám chân

Cường độ ánh sáng có tác động đáng kể đến thời gian bám chân của các mảnh san hô mềm *S. serenei* ($p < 0,05$). Nghiệm thức có cường độ ánh sáng 30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ có thời gian bám chân dài nhất, trong khi đó thời gian bám chân ngắn nhất ở nghiệm thức 90 và 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($p < 0,05$). Không có sự sai khác có ý nghĩa giữa nghiệm thức có cường độ chiếu sáng là 60 và 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($p > 0,05$), tuy nhiên 2 nghiệm thức này lại có sự sai khác có ý nghĩa so với các nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$).

3.2.4.3. Sinh trưởng

Tốc độ tăng trưởng đặc trưng (SGR) theo khối lượng và chiều dài của loài san hô mềm *S. serenei* có sự khác biệt giữa các mức cường độ ánh sáng ($p \leq 0,009$). SGR về khối lượng và chiều dài ở nghiệm thức 90 và 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ cao hơn có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại (nhóm 30, 60 và 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($p \leq 0,009$), đồng thời, không có sự sai khác về SGR về khối lượng giữa các nghiệm thức có cường độ ánh sáng là 30; 60 và 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($p \geq 0,302$). Tuy nhiên, SGR về chiều dài đạt giá trị cao nhất ở nghiệm thức 90 và 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, thấp nhất ở nghiệm thức 30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($p \leq 0,001$), không có sự sai khác về SGR giữa các nghiệm thức còn lại ($p \geq 0,055$). Qua đó cho thấy, cường độ ánh sáng ở mức 90 và 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ thích hợp cho sinh trưởng của loài san hô mềm *S. serenei*.

3.2.4.4. Mật độ zooxanthellae

Mật độ tảo cộng sinh ở nghiệm thức 90–120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ có thời gian phục hồi ngắn hơn so với các nghiệm thức còn lại, đến ngày 10 thì mật độ tảo đã đạt tương đương so với ban đầu. Sau 10 ngày thí nghiệm, mật độ tảo cộng sinh đạt giá trị cao ở nghiệm thức 90–120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ trong khi cường độ ánh sáng ở nghiệm thức 30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ cho giá trị thấp nhất ($p < 0,05$), tuy nhiên không có sự sai khác so với các nghiệm thức còn lại ($p > 0,05$).

Đến ngày thứ 12 thì mật độ tảo có cải thiện đáng kể giữa nghiệm thức 90–120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ so với nghiệm thức có cường độ ánh sáng thấp (30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) và cao (150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), đồng thời không có sự sai khác giữa các nghiệm thức còn lại ($p > 0,05$). Tuy nhiên, sau 60 ngày thí nghiệm thì mật độ tảo được phục hồi và phát triển tốt ở tất cả các nghiệm thức, không có sự sai khác có ý nghĩa nào giữa các nghiệm thức thí nghiệm ($p > 0,05$).

3.2.4.5. Hàm lượng Chlorophyll–a

Hàm lượng Chlorophyll–a bắt đầu có sự sai khác có ý nghĩa từ ngày thứ 6, kéo dài cho đến ngày thứ 12 ($p < 0,05$). Chỉ số Chlorophyll–a đạt giá trị cao nhất ở nghiệm thức có cường độ ánh sáng là 90 và 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, thấp nhất ở nghiệm thức có cường độ ánh sáng thấp (30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($p < 0,05$). Đến ngày 10 hàm lượng Chlorophyll–a đã bắt đầu phục hồi ở nghiệm thức có cường độ ánh sáng là 90–120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, sau 60 ngày thí nghiệm hàm lượng Chlorophyll–a đã hoàn toàn phục hồi so với ban đầu ở tất cả các nghiệm thức thí nghiệm, đồng thời, không có sự sai khác có ý nghĩa thống kê giữa chúng ($p > 0,05$).

3.2.4.6. Hàm lượng hữu cơ

Hàm lượng hữu cơ đạt giá trị cao ở nghiệm thức có cường độ ánh sáng 90–120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, thấp ở nghiệm thức có cường độ ánh sáng thấp 30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($p < 0,05$), đồng thời, không có sự sai khác có ý nghĩa giữa các nghiệm thức còn lại ($p > 0,05$).

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Đặc điểm sinh học của loài san hô mềm *S. serenei*.

Dựa trên đặc điểm hình thái và phân loại cho thấy, san hô mềm *S. serenei* có mũ dạng nấm với nếp gấp rõ ở ngoại biên, bề mặt thô ráp, không tiết nhớt và các xúc tu có khả năng co rút một phần. Trâm xương của loài đa dạng về hình dạng và kích thước, trong đó xúc tu và vỏ mũ chứa nhiều dạng trâm xương hình chùy khác nhau, còn trâm xương ở thân có nhiều mụn cóc

lớn. Những đặc điểm hình thái và cấu trúc trầm xương này là các chỉ tiêu quan trọng giúp nhận dạng và phân loại loài này.

Loài *S. serenei* phân bố chủ yếu trên nền đá san hô chết và trầm tích cát-sạn pha bùn giàu canxi tại vùng ven bờ vịnh Nha Trang. Tại các khu vực ghi nhận loài, các yếu tố môi trường dao động trong khoảng: nhiệt độ 25 – 30°C, độ mặn 30 – 34‰, cường độ ánh sáng 14,77 – 89,64 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, pH 8,02 – 8,10, DO 5,93 – 7,44 mg L^{-1} , COD 0,88 – 1,79 mg L^{-1} , độ đục 0,80 – 3,50 NTU, NH_4^+ 0,009 – 0,030 mg L^{-1} và NO_3^- 0,022 – 0,062 mg L^{-1} .

San hô mềm *S. serenei* là loài đơn tính, có tỷ lệ đực: cái là 1,3:1; sức sinh sản dao động từ 14 đến 26 trứng/polyp; noãn bào thành thực có đường kính trung bình 685 μm , túi tinh có kích thước trung bình 235,29 μm ; noãn bào và tinh sào trải qua 4 giai đoạn phát triển. Loài này thể hiện chu kỳ sinh sản đồng bộ, một lần mỗi năm. Trong giai đoạn nghiên cứu, mùa vụ sinh sản diễn ra vào tháng 3.

Nghiên cứu sinh sản vô tính loài san hô mềm *S. serenei*

Kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của nồng độ và thời gian xử lý mảnh tách bằng dung dịch Lugol cho thấy, nồng độ 0,5 mL L^{-1} trong 15 phút hoặc 1,0 mL L^{-1} trong 10 phút được xác định là thích hợp, giúp tăng tỷ lệ sống và rút ngắn thời gian bám chân, nhưng không làm thay đổi đáng kể tốc độ sinh trưởng và mật độ tạo cộng sinh.

Nghiên cứu về ảnh hưởng của kích thước mảnh tách và loại giá thể chỉ ra rằng, mảnh san hô có kích thước 1,5; 2,0 và 2,5 cm đạt tỷ lệ sống và tốc độ tăng trưởng cao nhất; gạch men và xi măng là hai loại giá thể phù hợp, có thể thay thế đá san hô chết hoặc nhựa PVC trong các mô hình nuôi phục hồi.

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cho ăn cho thấy, chế độ cho ăn luân trùng (*Brachionus plicatilis*) với tần suất 2 ngày/lần giúp cải thiện tốc độ sinh trưởng và hàm lượng vật chất hữu cơ so với chế độ cho ăn *Artemia* hoặc không cho ăn.

Nghiên cứu về ảnh hưởng của cường độ ánh sáng chỉ ra rằng, cường độ ánh sáng thích hợp nhất là $90 - 120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ giúp cải thiện tỷ lệ sống, sinh trưởng, thời gian bám chân, hàm lượng hữu cơ cũng như rút ngắn thời gian phục hồi hàm lượng Chlorophyll-*a* và mật độ tạo cộng sinh bị tổn thương do qua trình phân mảnh và xử lý mảnh cắt.

2. Kiến nghị

Trong giai đoạn nghiên cứu 2023–2024, cho thấy *S. serenei* có mùa sinh sản vào tháng 3. Tuy nhiên, do mùa vụ sinh sản của san hô có thể thay đổi dưới tác động của các yếu tố môi trường và biến đổi khí hậu, vì thế cần tiếp tục theo dõi dài hạn để xác định chính xác thời điểm sinh sản của loài, qua đó tối ưu hóa kế hoạch thu mẫu giao tử và bố trí thí nghiệm nghiên cứu sinh sản hữu tính.

Dựa trên các kết quả nghiên cứu cần tiếp tục nghiên cứu xây dựng nên quy trình sinh sản vô tính cho loài san hô mềm *S. serenei* và thử nghiệm ở quy mô lớn hơn nhằm đánh giá hiệu quả kinh tế, kỹ thuật.

Triển khai thử nghiệm trồng phục hồi những tập đoàn san hô mềm *S. serenei* được tạo ra từ kết quả sinh sản vô tính tại các khu vực rạn san hô ở vịnh Nha Trang và các vùng ven bờ có điều kiện tương đồng để đánh giá khả năng thích nghi, phục hồi ngoài tự nhiên và đánh giá rủi ro.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tixier-Durivault A., 1958, Révision de la famille des Alcyoniidae: les genres *Sarcophytum* et *Lobophytum*, *Zoologische Verhandelingen* 36(1), pp. 1-179.
- [2] Verseveldt J., 1982, A revision of the genus *Sarcophyton* Lesson (Octocorallia, Alcyonacea), *Zoologische Verhandelingen* 192(1), pp. 1-91.
- [3] Dautova T.N., Savinkin O.V., 2013, *Benthic fauna of the bay of Nha Trang: Southern Vietnam - Volume 3: Octocorallia: Alcyoniidae*. Moscow, KMK, 271 pp.
- [4] Cunha L., 2006, Propagation and nutrition of the soft coral *Sinularia* sp, *Science in Shellfish Biology, Fisheries and Culture University of Wales*, Wales 65.

- [5] Pupier C.A., Bednarz V.N., Ferrier-Pagès C., 2018, Studies with soft corals—recommendations on sample processing and normalization metrics, *Frontiers in Marine Science* 5, pp. 348.
- [6] Dong R., Li W., Wang P., Dong D., Song X., Li X., 2023, Effects of light intensity and photoperiod on the cultivation of the soft coral *Sarcophyton trocheliophorum*, *Marine Environmental Research* 184, pp. 105856.
- [7] Costa A.P.L., Calado R., Marques B., Lillebø A.I., Serôdio J., Soares A.M.V.M., Serrão E.A., Rocha R.J.M., 2016, The effect of mixotrophy in the ex situ culture of the soft coral *Sarcophyton cf. glaucum*, *Aquaculture* 452, pp. 151-159. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.10.032>.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ

Interactive effects of Lugol concentrations and soaking durations on physiology of fragment of soft coral, *Sarcophyton serenei* (Tixier-Durivault, 1958). Regional Studies in Marine Science. 2025 Apr 1;83:104078.

Morphological characteristics of soft coral *Sarcophyton serenei* (Tixier-Durivault, 1958) in Nha Trang Bay. Vietnam Journal of Marine Science and Technology. 2025 Sep 30; 25(3): 297-309.