

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 MỀM**
Sarcophyton serenei TIXIER–DURIVAUT, 1958

LUẬN ÁN TIẾN SĨ SINH HỌC

Hà Nội - 2026

HỒ SƠN LÂM

2026

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



HỒ SƠ NÂM

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

LUẬN ÁN TIẾN SĨ SINH HỌC

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

Xác nhận của Học viện
Khoa học và Công nghệ



Người hướng dẫn 1
(Ký, ghi rõ họ tên)

A blue ink signature of Đỗ Hữu Hoàng.

Đỗ Hữu Hoàng

Người hướng dẫn 2
(Ký, ghi rõ họ tên)

A blue ink signature of Hoàng Xuân Bền.

Hoàng Xuân Bền

Nguyễn Thị Trung

Hà Nội - 2026

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan rằng luận án với đề tài: “Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* Tixier–Durivault, 1958” là kết quả của quá trình nghiên cứu do chính tôi thực hiện, dưới sự hướng dẫn khoa học của các thầy hướng dẫn. Trong quá trình thực hiện, luận án có sử dụng các tài liệu và dữ liệu trích dẫn từ nhiều nguồn tham khảo khác nhau; tất cả các nguồn này đều được ghi rõ xuất xứ theo quy định. Các kết quả nghiên cứu được đồng công bố cùng các tác giả khác đều có sự đồng thuận của các đồng tác giả trước khi được sử dụng trong luận án. Toàn bộ số liệu và kết quả trình bày trong luận án là trung thực, chính xác và chưa từng được công bố trong bất kỳ công trình nào khác, ngoại trừ các công bố khoa học của chính tác giả. Luận án được hoàn thành trong thời gian tôi thực hiện chương trình nghiên cứu sinh tại Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Hà Nội, ngày 15 tháng 9 năm 2026

Tác giả luận án

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, cursive letters, likely representing the name 'Hồ Sơn Lâm'. The signature is written over a faint, circular official stamp.

Hồ Sơn Lâm

LỜI CẢM ƠN

Trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu và thực hiện luận án, tôi đã nhận được sự quan tâm, giúp đỡ và động viên quý báu từ các thầy cô, đồng nghiệp, bạn bè và gia đình. Tôi xin được bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc nhất tới tất cả những người đã đồng hành và hỗ trợ tôi trong suốt chặng đường nghiên cứu vừa qua.

Trước hết, tôi xin trân trọng gửi lời cảm ơn sâu sắc tới Tiến sĩ Đỗ Hữu Hoàng và Tiến sĩ Hoàng Xuân Bền (Khoa Sinh học, Học Viện Khoa học Công nghệ; Viện Hải dương học) – những người thầy đã tận tâm hướng dẫn, định hướng khoa học, truyền cảm hứng nghiên cứu và giúp tôi hình thành tư duy khoa học nghiêm túc, sáng tạo. Hai thầy đã dành nhiều thời gian quý báu để chỉ dẫn, góp ý, cung cấp tài liệu và chỉnh sửa nội dung các bài báo, chuyên đề cũng như bản thảo luận án. Tôi vô cùng trân trọng sự hỗ trợ tận tình và những kinh nghiệm quý giá mà hai thầy đã dành cho tôi trong suốt thời gian qua.

Tôi xin chân thành cảm ơn Phó giáo sư, Tiến sĩ Đào Việt Hà (Khoa Sinh học, Học Viện Khoa học Công nghệ; Viện Hải dương học) và Tiến sĩ Nguyễn Hữu Huân (Khoa Sinh học, Học Viện Khoa học Công nghệ; Viện Hải dương học) đã luôn nhiệt tình hỗ trợ và giúp đỡ tôi trong quá trình triển khai và hoàn thiện các nội dung nghiên cứu của luận án.

Xin trân trọng cảm ơn Ban Lãnh đạo Viện Hải dương học đã tạo điều kiện thuận lợi về cơ sở vật chất và môi trường nghiên cứu để tôi hoàn thành tốt các công việc học tập và nghiên cứu thực nghiệm. Tôi cũng xin gửi lời cảm ơn đến Ban lãnh đạo Học Viện, Phòng Ban Học Viện và giảng viên Khoa Sinh Học, Học Viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã tận tình giảng dạy, truyền đạt kiến thức nền tảng quý báu, giúp tôi có được cơ sở khoa học vững chắc trong lĩnh vực thủy sinh vật học.

Tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn sâu sắc đến các viên chức phòng Kỹ thuật nuôi sinh vật biển, Viện Hải dương học, đặc biệt là Thạc sĩ Đặng Trần Tú Trâm, Thạc sĩ Nguyễn Thị Nguyệt Huệ, Thạc sĩ Đào Thị Hồng Ngọc, Kỹ sư Nguyễn Trương Tấn Tài, Kỹ sư Nguyễn Công Nhật, cùng các cán bộ khác như Kỹ sư Nguyễn Minh Hiếu và các sinh viên Lê Quốc Tuấn (Nuôi trồng thủy sản), Đặng Thị Mỹ Dung (Nuôi trồng thủy sản), Nguyễn Tiến Mai Phương (Công nghệ sinh học), Nguyễn Văn Hiền (Công nghệ sinh học),... đã nhiệt tình hỗ trợ, chia sẻ kinh nghiệm và giúp đỡ tôi trong quá trình thực hiện các thí nghiệm và hoàn thiện luận án.

Xin trân trọng cảm ơn các đồng nghiệp tại Viện Hải dương học đã luôn hỗ trợ, động viên và chia sẻ cùng tôi trong suốt thời gian học tập và nghiên cứu.

Tôi cũng xin gửi lời tri ân đến quý thầy cô trong các Hội đồng chuyên đề, Hội

thảo, đánh giá luận án các cấp, những người đã dành thời gian đọc, phản biện và đưa ra những ý kiến đóng góp thiết thực, giúp tôi hoàn thiện và nâng cao chất lượng của luận án. Đồng thời tôi xin gửi lời cảm ơn đến đề tài: Nghiên cứu, đánh giá hiện trạng và đề xuất giải pháp bảo tồn, sử dụng bền vững tài nguyên rạn san hô vùng biển ven bờ tỉnh Khánh Hòa và Ninh Thuận. Mã số: KC.09.14/21-30 đã hỗ trợ một phần kinh phí để tôi thực hiện luận án này.

Cuối cùng, tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới gia đình, người thân và bạn bè—những người đã luôn ở bên cạnh, cảm thông, động viên và chia sẻ với tôi trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu. Sự yêu thương, ủng hộ và hy sinh của mọi người là nguồn động lực to lớn giúp tôi vượt qua khó khăn để hoàn thành công trình này.

Xin chân thành cảm ơn!

Khánh Hòa, ngày 15 tháng 9 năm 2026

Tác giả luận án



Hồ Sơn Lâm

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ THUẬT NGỮ CHUYÊN MÔN	vii
DANH MỤC BẢNG	xi
DANH MỤC HÌNH, ĐỒ THỊ	xii
MỞ ĐẦU	1
Chương 1. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU	4
1.1. Đặc điểm phân loại giống san hô mềm <i>Sarcophyton</i> và loài <i>S. serenei</i>	4
1.1.1. Giống <i>Sarcophyton</i>	4
1.1.2. Hệ thống phân loại san hô mềm <i>S. serenei</i>	5
1.2. Phân bố của giống san hô mềm <i>Sarcophyton</i> và loài <i>S. serenei</i>	7
1.3. Tổng quan tình hình nghiên cứu ngoài nước	7
1.3.1. Một số đặc điểm sinh thái của san hô mềm và giống <i>Sarcophyton</i>	7
1.3.2. Đặc điểm sinh trưởng của giống <i>Sarcophyton</i>	8
1.3.3. Một số đặc điểm sinh học sinh sản của san hô mềm	11
1.3.3.1. Phương thức sinh sản	11
1.3.3.2. Kích thước sinh sản lần đầu và mùa vụ sinh sản	14
1.3.4. Quan hệ giữa zooxanthellae, Chlorophyll-a và san hô mềm	16
1.3.5. Một số kết quả nghiên cứu về sinh sản vô tính san hô mềm	17
1.4. Tổng quan tình hình nghiên cứu trong nước	22
Chương 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	25
2.1. Đối tượng, thời gian và địa điểm nghiên cứu	25
2.1.1. Đối tượng nghiên cứu	25
2.1.2. Thời gian nghiên cứu	25
2.1.3. Địa điểm nghiên cứu	25
2.1.4. Thời điểm thu mẫu	26
2.2. Phương pháp nghiên cứu	28
2.2.1. Nội dung 1: Đặc điểm sinh học của loài san hô mềm <i>S. serenei</i>	28
2.2.2. Nội dung 2: Nghiên cứu sinh sản vô tính loài san hô mềm <i>S. serenei</i> trong điều kiện nhân tạo.	32
2.2.2.1. Nội dung 2.1: Ảnh hưởng nồng độ Lugol và thời gian xử lý mảnh tách	34
2.2.2.2. Nội dung 2.2: Ảnh hưởng của giá thể và kích thước mảnh tách.	35
2.2.2.3. Nội dung 2.3: Ảnh hưởng của thức ăn và chế độ cho ăn.	36
2.2.2.4. Nội dung 2.4: Ảnh hưởng của cường độ ánh sáng.	37
2.2.3. Kỹ thuật thu thập và xử lý dữ liệu	38

Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN	42
3.1. Đặc điểm sinh học của loài san hô mềm <i>S. serenei</i>	42
3.1.1. Đặc điểm hình thái và phân loại loài san hô mềm <i>S. serenei</i>	42
3.1.1.1. Hình thái bên ngoài của loài san hô mềm <i>S. serenei</i>	42
3.1.1.2. Đặc điểm trầm xương của loài san hô mềm <i>S. serenei</i>	43
3.1.2. Đặc điểm môi trường sống của loài san hô mềm <i>S. serenei</i> ở vịnh Nha Trang	52
3.1.2.1. Các yếu tố sinh thái môi trường sống của loài san hô mềm <i>S. serenei</i>	52
3.1.2.2. Trầm tích đáy nơi sinh sống của san hô	58
3.1.3. Đặc điểm sinh học sinh sản của loài san hô mềm <i>S. serenei</i>	60
3.1.3.1. Giới tính và tỷ lệ đực cái của loài san hô mềm <i>S. serenei</i>	60
3.1.3.2. Các giai đoạn phát triển của noãn bào và tinh sào của <i>S. serenei</i>	61
3.1.3.3. Sức sinh sản của <i>S. serenei</i>	65
3.1.3.4. Tỷ lệ thành thực và mùa vụ sinh sản của <i>S. serenei</i>	66
3.2. Nghiên cứu sinh sản vô tính loài san hô mềm <i>S. serenei</i> trong điều kiện nhân tạo ..	70
3.2.1. Ảnh hưởng của Lugol và thời gian xử lý mảnh tách	70
3.2.1.1. Tỷ lệ sống	70
3.2.1.2. Thời gian bám chân	72
3.2.1.3. Sinh trưởng.....	73
3.2.1.4. Mật độ tảo zooxanthellae.....	74
3.2.1.5. Hàm lượng Chlorophyll-a	75
3.2.1.6. Hàm lượng hữu cơ	76
3.2.2. Ảnh hưởng của giá thể và kích thước mảnh tách.....	82
3.2.2.1. Tỷ lệ sống	82
3.2.2.2. Thời gian bám chân	84
3.2.2.3. Sinh trưởng.....	85
3.2.2.4. Mật độ tảo zooxanthellae.....	86
3.2.2.5. Hàm lượng Chlorophyll-a	88
3.2.2.6. Hàm lượng khối lượng hữu cơ.....	89
3.2.3. Ảnh hưởng của thức ăn và chế độ cho ăn.....	94
3.2.3.1. Tỷ lệ sống	94
3.2.3.2. Sinh trưởng.....	95
3.2.3.3. Mật độ zooxanthellae	96
3.2.3.4. Hàm lượng Chlorophyll-a	97
3.2.3.5. Hàm lượng hữu cơ	97
3.2.4. Ảnh hưởng của cường độ ánh sáng.....	103
3.2.4.1. Tỷ lệ sống	103

3.2.4.2. Thời gian bám chân	104
3.2.4.3. Sinh trưởng.....	104
3.2.4.4. Mật độ zooxanthellae	105
3.2.4.5. Hàm lượng Chlorophyll-a	106
3.2.4.6. Hàm lượng hữu cơ	107
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	115
1. Kết luận	115
2. Kiến nghị	116
DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ.....	117
TÀI LIỆU THAM KHẢO	118
PHỤ LỤC	

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ THUẬT NGỮ CHUYÊN MÔN

1. Danh mục các chữ viết tắt (Abbreviations & Acronyms)

Ký hiệu viết tắt	Từ nguyên gốc tiếng Anh	Ý nghĩa tiếng Việt
ANOVA	Analysis of Variance	Phân tích phương sai
Ar	<i>Artemia</i>	Ấu trùng <i>Artemia</i> (dùng trong ký hiệu nghiệm thức thức ăn)
COD	Chemical Oxygen Demand	Nhu cầu oxy hóa học
CDCA	-	Chế độ cho ăn (trong phân tích ANOVA 2 yếu tố)
df	Degrees of freedom	Bậc tự do (trong kiểm định thống kê)[cite: 1, 3]
DI	Deionized water	Nước khử ion
DO	Dissolved Oxygen	Hàm lượng oxy hòa tan
DW	Dry Weight	Khối lượng khô
ĐC	-	Nghiem thức đối chứng
Fv/Fm	Maximum photochemical quantum yield	Hiệu suất lượng tử tối đa của quang hệ II (PSII)
G	-	Giá thể gạch men (trong ký hiệu nghiệm thức)
GPS	Global Positioning System	Hệ thống định vị toàn cầu
H&E	Hematoxylin and Eosin	Phương pháp nhuộm mô học Hematoxylin và Eosin
LT	Rotifer (<i>Brachionus plicatilis</i>)	Luân trùng (dùng trong ký hiệu nghiệm thức thức ăn)
LTA	-	Loại thức ăn (trong phân tích ANOVA 2 yếu tố)

Ký hiệu viết tắt	Từ nguyên gốc tiếng Anh	Ý nghĩa tiếng Việt
N	-	Giá thể ống nhựa PVC (trong ký hiệu nghiệm thức)
NS	Not Significant	Không có sai khác mang ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$)
NTU	Nephelometric Turbidity Units	Đơn vị đo độ đục quang học
ODD	Oral Disc Diameter	Đường kính đĩa miệng san hô
OW	Organic Weight	Khối lượng chất hữu cơ (hoặc tỷ lệ khối lượng hữu cơ)
ROS	Reactive Oxygen Species	Các gốc oxy hóa hoạt tính
S	-	Giá thể đá san hô chết (trong ký hiệu nghiệm thức)
SEM	Scanning Electron Microscopy	Kính hiển vi điện tử quét
SGR	Specific Growth Rate	Tốc độ tăng trưởng đặc trưng
SGR_L	Specific Growth Rate in length/diameter	Tốc độ tăng trưởng đặc trưng về chiều dài/đường kính
SGR_W	Specific Growth Rate in weight	Tốc độ tăng trưởng đặc trưng về khối lượng
T	Treatment	Nghiệm thức thí nghiệm
TB $\pm$ SD	Mean $\pm$ Standard Deviation	Giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn
TLS	Survival Rate	Tỷ lệ sống (%)
X	-	Giá thể xi măng (trong ký hiệu nghiệm thức)

2. Danh mục thuật ngữ chuyên môn giải phẫu và sinh học san hô (Anatomical & Biological Terms)

Thuật ngữ chuyên môn	Khái niệm giải phẫu và ý nghĩa sinh học trong Luận án
Anthocodia	Phần ngọn tự do có thể vươn dài hoặc co rút của polyp san hô, bao gồm đĩa miệng và các xúc tu bắt mồi vươn ra ngoài bề mặt tập đoàn.
Autozoid	Cá thể dinh dưỡng / polyp dinh dưỡng hoàn chỉnh mang 8 xúc tu có khía lông chim, đảm nhận chức năng bắt mồi, tiêu hóa và mang tuyến sinh dục (noãn bào hoặc túi tinh) trong các vách mạc treo.
Capitulum	Đĩa mũ / mũ nấm: Phần cấu trúc mở rộng dạng đĩa hoặc phễu ở phần trên của tập đoàn san hô mềm giống <i>Sarcophyton</i> , nơi tập trung các polyp dinh dưỡng và polyp hút nước.
Coenenchyme	Mô liên kết thịt (mô thịt chung) nằm xen kẽ giữa các polyp, bao bọc mạng lưới ống dẫn dinh dưỡng (solenia) và chứa hệ thống các tinh thể trâm xương nâng đỡ cơ thể.
Desmocyte	Tế bào biểu mô chuyên hóa (tế bào bám), có nguồn gốc ngoại bì ở vùng chân đế, tiết ra các phức hệ sợi keo hữu cơ kết nối màng tế bào san hô với chất nền giá thể.
Mixotrophy	Chế độ dinh dưỡng hỗn hợp: Phương thức dinh dưỡng kết hợp đồng thời giữa khả năng tự dưỡng (tiếp nhận sản phẩm quang hợp từ vi tảo cộng sinh) và dị dưỡng (bắt giữ vi sinh vật phù du qua hệ thống polyp).
Nematocyst	Nang trâm gai (tế bào gai độc): Bào quan chuyên hóa nằm chủ yếu trên các xúc tu của autozoid, có khả năng phóng gai độc làm tê liệt con mồi và thực hiện chức năng tự vệ.
Photoinhibition	Quang ức chế: Hiện tượng suy giảm hiệu suất quang hợp của vi tảo cộng sinh khi tiếp nhận cường độ ánh sáng vượt ngưỡng bão hòa, sinh ra các gốc oxy hóa hoạt tính (ROS) gây tổn thương mô.
Pseudoreplication	Giả lặp: Hiện tượng sai lệch trong thiết kế thực nghiệm khi các đơn vị đo lường phụ thuộc nhau (như lấy nhiều

Thuật ngữ chuyên môn	Khái niệm giải phẫu và ý nghĩa sinh học trong Luận án
	mảnh cắt từ cùng một tập đoàn mẹ hoặc đặt trong cùng một bể nuôi) nhưng bị quy gán sai là các lần lặp sinh học độc lập.
Sclerite	Trâm xương: Các cấu trúc vi tinh thể canxit CaCO_3 dạng chùy, kim, thoi hoặc que phân bố trong mô bề mặt và mô liên kết của san hô mềm, có hình thái đặc trưng dùng làm chỉ tiêu chẩn loại định danh loài.
Siphonozoid	Cá thể hút nước / polyp hô hấp: Dạng polyp biến đổi không có xúc tu, luôn ở trạng thái co rút, phân bố xen kẽ giữa các autozoid trên mặt mũ; đảm nhiệm chức năng luân chuyển nước để duy trì áp suất thủy tĩnh và độ căng của tập đoàn.
Symbiodiniaceae	Họ vi tảo đơn bào cộng sinh hai roi (thường gọi chung là zooxanthellae) sống nội bào trong lớp nội bì của san hô, chuyển giao đến 90–95% năng lượng cố định carbon hữu cơ cho san hô chủ.
Underfloor weighing	Kỹ thuật cân nổi dưới sàn: Phương pháp xác định khối lượng san hô mềm bằng cách treo lơ lửng mẫu ngập hoàn toàn trong nước biển kết nối với móc dưới của cân điện tử, giúp loại bỏ hoàn toàn sai số động nước và không làm tổn thương mô.
Zooxanthellae	Thuật ngữ sinh học truyền thống chỉ chung các tế bào vi tảo cộng sinh màu vàng nâu (chủ yếu thuộc họ Symbiodiniaceae) cư trú bên trong mô động vật không xương sống biển.

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. Một số kết quả nghiên cứu về kích thước trứng thành thực và phương thức sinh sản của một số loài san hô mềm	13
Bảng 2.1. Thông tin các mốc thời gian thực hiện chính của luận án	25
Bảng 2.2. Thông tin thu mẫu đặc điểm sinh học sinh sản và các yếu tố môi trường	27
Bảng 3.1. Đặc điểm hình thái ngoài của <i>S. serenei</i> trong các nghiên cứu khác nhau ...	47
Bảng 3.2. Hình dạng, kích thước trám xương của <i>S. serenei</i> qua các nghiên cứu khác nhau	48
Bảng 3.3. Các thông số vật lý, sinh thái ở hai điểm khảo sát	52
Bảng 3.4. Kích thước noãn bào (μm) qua các giai đoạn ($n = 30$)	63
Bảng 3.5. Kích thước túi tinh (μm) qua các giai đoạn ($n = 30$)	64
Bảng 3.6. Một số kết quả nghiên cứu sinh sản hữu tính của <i>Sarcophyton</i>	69
Bảng 3.7. Tỷ lệ sống ở các nghiệm thức ($n = 3$)	71
Bảng 3.8. Thời gian bám chân ở các nghiệm thức ($n = 3$)	72
Bảng 3.9. Tốc độ tăng trưởng về chiều dài ($\text{SGR}_L, \% \text{ ngày}^{-1}$) và khối lượng ($\text{SGR}_W, \% \text{ ngày}^{-1}$) ở các nghiệm thức ($n = 3$)	73
Bảng 3.10. Tỷ lệ khối lượng hữu ở các nghiệm thức ($n = 3$)	76
Bảng 3.11. Tỷ lệ sống ở các nghiệm thức ($n = 3$)	83
Bảng 3.12. Thời gian bám chân ở các nghiệm thức ($n = 3$)	84
Bảng 3.13. Tốc độ tăng trưởng đặc trưng về chiều dài (SGR_L)	86
và khối lượng (SGR_W) ở các nghiệm thức ($n = 3$)	86
Bảng 3.14. Mật độ zooxanthellae thay đổi theo thời gian thí nghiệm ($n = 3$).	87
Bảng 3.15. Hàm lượng Chlorophyll- <i>a</i> thay đổi theo thời gian thí nghiệm ($n = 3$) ..	88
Bảng 3.16. Tỷ lệ khối lượng hữu cơ ở các nghiệm thức ($n = 3$)	90
Bảng 3.17. Tỷ lệ sống ở các nghiệm thức ($n = 3$)	94
Bảng 3.18. Tốc độ tăng trưởng đặc trưng về khối lượng ($\% \text{ ngày}^{-1}$) ở các nghiệm thức ($n = 3$)	95
Bảng 3.19. Mật độ zooxanthellae ($\times 10^6$ tế bào g^{-1}) thay đổi theo thời gian ($n = 3$). ..	96
Bảng 3.20. Hàm lượng Chlorophyll- <i>a</i> ($\times 10^2 \mu\text{g g}^{-1}$) thay đổi theo thời gian ($n = 3$)	97
Bảng 3.21. Tỷ lệ khối lượng hữu cơ ở các nghiệm thức ($n = 3$)	98
Bảng 3.22. Tỷ lệ sống ở các nghiệm thức ($n = 3$)	103
Bảng 3.23. Thời gian bám chân ở các nghiệm thức ($n = 3$)	104
Bảng 3.24. Tốc độ tăng trưởng đặc trưng ở các nghiệm thức ($n = 3$)	105
Bảng 3.25. Mật độ zooxanthellae thay đổi theo thời gian thí nghiệm ($n = 3$)	105
Bảng 3.26. Hàm lượng Chlorophyll- <i>a</i> ở các nghiệm thức ($n = 3$)	106
Bảng 3.27. Hàm lượng hữu cơ ở các nghiệm thức ($n = 3$)	107

DANH MỤC HÌNH, ĐỒ THỊ

Hình 1.1. San hô mềm <i>S. serenei</i>	6
Hình 2.1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu.....	26
Hình 2.2. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu	28
Hình 2.3. Kích thước của trâm xương.....	29
Hình 2.4. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu ảnh hưởng nồng độ và thời gian xử lý mảnh tách bằng dung dịch Lugol.....	35
Hình 2.5. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu ảnh hưởng giá thể và kích thước mảnh tách đến loài san hô mềm <i>S. serenei</i>	35
Hình 2.6. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu ảnh hưởng thức ăn và chế độ cho ăn đến loài san hô mềm <i>S. serenei</i>	36
Hình 2.7. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu ảnh hưởng cường độ ánh sáng loài san hô mềm <i>S. serenei</i>	37
Hình 2.8. Hệ thống cân nổi sử dụng trong nghiên cứu.	39
Hình 3.1. Hình dạng san hô mềm <i>S. serenei</i>	42
Hình 3.2. Các autozoid, anthocodia và các siphonozoid	42
Hình 3.3. Các loại trâm xương của loài san hô mềm <i>S. serenei</i>	43
Hình 3.4. Trâm xương ở polyp.....	44
Hình 3.5. Các trâm xương dạng chùy trên vỏ mũ	44
Hình 3.6. Trâm xương dạng chùy ở vỏ mũ	45
Hình 3.7. Trâm xương dạng kim – needle ở trong mũ.....	45
Hình 3.8. Trâm xương ở vỏ thân.....	45
Hình 3.9. Các trâm xương ở coenenchymal trong thân	46
Hình 3.10. Các trâm xương nhọn có mụn cóc ít hơn trong phần thân.....	46
Hình 3.11. Biến động giá trị pH theo thời gian.....	52
Hình 3.12. Biến động nhiệt độ theo thời gian.....	53
Hình 3.13. Biến động độ mặn theo thời gian.....	54
Hình 3.14. Biến động độ đục theo thời gian	54
Hình 3.15. Biến động cường độ ánh sáng theo thời gian.....	55
Hình 3.16. Biến động nồng độ oxy hòa tan theo thời gian	55
Hình 3.17. Biến động chỉ số COD theo thời gian	56
Hình 3.18. Biến động hàm lượng NH_4^+ , theo thời gian	57
Hình 3.19. Biến động hàm lượng NO_3^- theo thời gian	57
Hình 3.20. Trâm tích và nền đáy nơi san hô mềm <i>S. serenei</i> phân bố.....	58
Hình 3.21. Trứng thành thực có màu hồng (mũi tên màu đen).....	60
Hình 3.22. Hình ảnh các giai đoạn trứng kính hiển vi soi nổi	61

(mũi tên màu đen)	61
Hình 3.23. Các giai đoạn phát triển noãn bào	62
Hình 3.24. Các giai đoạn phát triển tinh bào (20x)	65
Hình 3.25. Số lượng trứng trong polyp	66
Hình 3.26. Tỷ lệ nhóm kích thước trứng theo thời gian	66
Hình 3.27. Kích thước trứng thay đổi theo thời gian	67
Hình 3.28. Mật độ zooxanthellae thay đổi theo thời gian thí nghiệm.....	75
(Số liệu biểu thị giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn)	75
Hình 3.29. Hàm lượng Chlorophyll- <i>a</i> thay đổi theo thời gian thí nghiệm (Số liệu biểu thị giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn).....	76

MỞ ĐẦU

San hô mềm là một thành phần quan trọng trong quần xã sinh vật của hệ sinh thái rạn san hô nhiệt đới, góp phần đáng kể vào sự đa dạng sinh học của hệ sinh thái này. Với khả năng thích nghi cao, san hô mềm không chỉ cung cấp môi trường sống cho nhiều loài sinh vật như cá, ốc, và tảo, mà còn đóng vai trò như loài tiên phong xây dựng rạn tại các khu vực nước đục, nơi san hô cứng gặp khó khăn trong việc phát triển [1]. Ngoài vai trò sinh thái, san hô mềm còn là nguồn cung cấp các hợp chất sinh học có giá trị, đặc biệt trong lĩnh vực y-sinh. Bên cạnh các giá trị y-sinh, san hô mềm còn có giá trị kinh tế cao trên thị trường sinh vật cảnh biển do màu sắc thu hút và khả năng thích nghi tốt trong bể nuôi cảnh. Tuy nhiên, nhu cầu thương mại đã dẫn đến tình trạng khai thác quá mức san hô mềm từ tự nhiên. Điều này đã gây suy giảm quần thể san hô mềm, ảnh hưởng tiêu cực đến đa dạng sinh học và hệ sinh thái rạn san hô [2]. Trước tình hình trên, nuôi trồng san hô mềm đang trở thành một lĩnh vực quan trọng, không chỉ để giảm áp lực khai thác tự nhiên mà còn nhằm đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng trong các ngành thương mại sinh vật cảnh, chiết xuất các chất có hoạt tính sinh học và phục hồi rạn san hô [3]. Mặc dù đã có một số nghiên cứu về sinh sản của san hô mềm, tuy nhiên các nghiên cứu này chỉ tập trung chủ yếu các khu vực như Biển Đỏ và Rạn san hô Great Barrier [4, 5], các khu vực khác như đảo Tây Thái Bình Dương có rất ít nghiên cứu được công bố. Tại Việt Nam, nghiên cứu về đặc điểm sinh sản san hô mềm vẫn ít được quan tâm nghiên cứu, chỉ có một số nghiên cứu được thực hiện trên một số loài san hô cứng [6, 7]. Bên cạnh đó, vấn đề phát triển các phương pháp sinh sản và nuôi trồng chi phí thấp trong trại giống đã trở thành giải pháp bền vững cho cả mục đích thương mại và bảo tồn san hô [8]. Các phương pháp nhân giống vô tính của san hô mềm trong điều kiện nhân tạo đã được nghiên cứu thông qua việc đánh giá tác động của nhiều yếu tố khác nhau như phương pháp gắn giá thể [9], thức ăn [10, 11], ánh sáng [10, 12], hệ thống nuôi [11, 13]... Các nghiên cứu đã thành công trong việc phát triển các tập đoàn san hô mềm mới, khỏe mạnh. Điều này đã chứng minh rằng một số lượng lớn các tập đoàn san hô con có thể được tạo ra bằng cách sử dụng các kỹ thuật nhân giống đơn giản. Mặc dù đã có một số nghiên cứu về đa dạng, phân bố, sinh học sinh sản và sinh sản vô tính của một số loài thuộc giống *Sarcophyton*, tuy nhiên, đến nay vẫn chưa có công trình nào công bố về đặc điểm sinh học sinh sản cũng như khả năng sinh sản vô tính của loài san hô mềm *S. serenei*. Đây là loài mang các tính của giống *Sarcophyton*, có tiềm năng là nguồn nguyên liệu chiết xuất sinh học, sinh vật cảnh cũng như bảo tồn, đồng thời, loài này đã được ghi nhận phân bố tại vịnh Nha Trang [14-16], vùng biển Lý Sơn [17], và vịnh Suez, Ai Cập [18]. Bên cạnh đó, loài này còn có khả năng chiết ra hoạt chất chống lại

sinh vật ăn thịt, ức chế sự phát triển của các loài cạnh tranh môi trường sống, và ngăn chặn sinh vật sống bám, điều này cho thấy tiềm năng lớn của loài này đối với công tác bảo tồn, tái tạo nguồn lợi [19]. Tuy nhiên, sự thiếu hụt thông tin về sinh học sinh sản của loài đã hạn chế cơ sở khoa học cho công tác bảo tồn, lưu giữ, khai thác và phát triển nguồn gen. Do đó, việc thực hiện nghiên cứu **“Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* Tixier–Durivault, 1958”** là cần thiết, góp phần bổ sung dữ liệu khoa học về sinh học loài, đồng thời cung cấp cơ sở cho các hoạt động bảo tồn và phát triển bền vững nguồn tài nguyên sinh vật biển này.

Theo Guest và cs. (2014), 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 [20]. 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 một số đặc điểm môi trường sống và sinh học sinh sản của loài san hô mềm *S. serenei* nhằm cung cấp cơ sở khoa học trong quá trình nghiên cứu sinh sản nhân tạo.

- Nhân giống thành công loài san hô mềm *S. serenei* làm cơ sở cho việc lưu giữ, khai thác và phát triển nguồn gen đối tượng này.

Nội dung 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 của loài san hô mềm *S. serenei*.

Nội dung 1.2. Đặc điểm môi trường sống của loài san hô mềm *S. serenei*.

Nội dung 1.3. Đặc điểm sinh học sinh sản của loài san hô mềm *S. serenei*.

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 mảnh tách.

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:

Đối với lĩnh vực KH&CN: Nghiên cứu này cung cấp thông tin về một số đặc điểm sinh học sinh sản và sinh sản vô tính của loài san hô mềm *S. serenei* tại Việt Nam và trên thế giới. Các kết quả thu được tạo nền tảng khoa học cho công tác bảo tồn, phục hồi quần thể và khai thác nguồn nguyên liệu phục vụ nghiên cứu hợp chất có hoạt tính sinh học. Nghiên cứu cũng xác định được mùa vụ sinh sản của loài tại vùng biển Nha Trang, là cơ sở khoa học để tiến hành thu mẫu trứng và ấu trùng cho các thí nghiệm sinh sản hữu tính. Bên cạnh đó, việc triển khai thành công sinh sản vô tính góp phần duy trì và phát triển nguồn gen của loài.

Hiệu quả kinh tế: Thành công trong sinh sản vô tính san hô mềm tạo tiền đề phát triển đối tượng nuôi sinh vật cảnh biển mới, từ đó có mở ra triển vọng phát triển trang trại sản xuất san hô mềm và thúc đẩy các hoạt động thương mại liên quan.

Hiệu quả xã hội: Nghiên cứu sinh sản vô tính san hô mềm *S. serenei* bước đầu cung cấp cơ sở ban đầu cho nghiên cứu hoàn thiện quy trình sinh sản vô tính loài này, từ đó có thể góp phần giảm áp lực khai thác tự nhiên, tạo ra nguồn cung cho công tác phục hồi nguồn lợi san hô cũng như cung cấp nguồn nguyên liệu cho nghiên cứu chiết xuất các hợp chất sinh học. Đồng thời, việc phát triển nghề nuôi san hô mềm làm cảnh tạo cơ hội việc làm cho người lao động ven biển, cũng như phát triển các ngành nghề liên quan đến hoạt động này.

Những đóng góp mới của luận án

Luận án là công trình đầu tiên nghiên cứu ở Việt Nam về đặc điểm sinh học sinh sản và sinh sản vô tính của loài san hô mềm *S. serenei*.

- Nghiên cứu xác định các đặc điểm sinh học sinh sản của *S. serenei*, bao gồm tỷ lệ giới tính, kích thước trứng và túi tinh, sức sinh sản và mùa vụ sinh sản. Những kết quả này là cơ sở quan trọng cho việc thu giao tử trong sinh sản nhân tạo loài san hô này.
- Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng xác định được các thông số tối ưu cho quy trình sinh sản vô tính của *S. serenei*, gồm: xử lý mảnh cắt bằng dung dịch Lugol 0,5 mL L⁻¹ trong 15 phút hoặc 1,0 mL L⁻¹ trong 10 phút; kích thước mảnh tách $\geq 1,5$ 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 – 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Chương 1. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

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

1.1.1. Giống *Sarcophyton*

San hô mềm là thuật ngữ dùng để chỉ các loài san hô thuộc nhóm san hô tám ngăn (Octocorallia), ngoại trừ các loài san hô sừng. Trước đây, nhóm này được xếp trong bộ Malacalcyonacea (tên theo hệ thống phân loại trước kia là Alcyonacea) thuộc lớp phụ san hô tám ngăn. Tuy nhiên, theo các phân loại học hiện đại, cả san hô mềm và san hô sừng hiện đều được xếp chung trong lớp san hô tám ngăn [21]. Trong phạm vi của luận án này, thuật ngữ “san hô mềm” được dùng để chỉ các loài thuộc nhóm san hô tám ngăn, không bao gồm các loài san hô sừng.

Hệ thống phân loại được chấp nhận rộng rãi nhất, phản ánh trong phần lớn các nghiên cứu về sinh học động vật không xương sống từ giữa thế kỷ XX đến nay, là hệ thống phân loại đã được Bayer (1981) [22] hiệu chỉnh. Trong đó, phân lớp san hô tám ngăn thành ba bộ: bộ Pennatulacea (Bút biển; 15 họ khoảng 300 loài), bộ Helioporacea (san hô xanh; 2 họ, 5 loài còn tồn tại) và bộ Malacalcyonacea (06 bộ phụ và 41 họ). Bộ Malacalcyonacea là nhóm sinh vật sống ở đáy có sự đa dạng và phong phú thứ hai ở nhiều rạn san hô nhiệt đới và ôn đới [1]. *Sinularia* và *Sarcophyton* là hai giống san hô mềm chiếm ưu thế nhất trong họ Sarcophytidae (tên theo hệ thống phân loại trước kia là Alcyoniidae) [23]. Các loài thuộc giống này có khả năng chống lại sự săn mồi và sống trong thời gian dài [24]. San hô mềm đóng vai trò quan trọng trong hệ sinh thái rạn san hô, tạo nguồn vật chất hữu cơ, sinh cảnh, tham gia hình thành rạn, đặc biệt ở những vùng nước đục nơi san hô cứng khó phát triển [25]. Ngày nay, dựa trên phân tích sự khác biệt di truyền phân tử về quan hệ tiến hóa của sinh vật, McFadden và cs. (2022) [26] đã chia lớp san hô tám ngăn Octocorallia làm hai bộ Malacalcyonacea và Scleralcyonacea.

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

Đặc điểm phân loại của các loài thuộc giống Sarcophyton

(1) Hình thái bên ngoài: Các loài thuộc giống *Sarcophyton* thường có hình thái đặc trưng dạng nấm, với phần đỉnh mang các polyp gọi là đĩa hay mũ nấm (capitulum). Hình dạng của đĩa có thể phẳng, không thùy hoặc có các nếp gấp ở mép với mức độ phát triển khác nhau; trong một số trường hợp, mũ nấm có dạng chén

hoặc phần. Tùy theo trạng thái sinh lý, các loài thuộc giống *Sarcophyton* có thể biểu hiện ở ba dạng chính: (i) trạng thái mở rộng khi các polyp nở rộ; (ii) trạng thái bán co rút khi các polyp và xúc tu co lại một phần hoặc toàn bộ; và (iii) trạng thái co rút hoàn toàn, khi đĩa nấm trở nên nhỏ gọn, các polyp co lại hoàn toàn, phần trung tâm có thể căng phồng trong khi các nếp gấp rìa co lại hoặc cong về phía cuống.

(2) Hệ thống trâm xương (sclerites): Trâm xương trên bề mặt đĩa và thân của san hô giống *Sarcophyton* thường có dạng hình chùy, đôi khi xuất hiện các mụn cóc ở phần giữa. Trâm xương trong đĩa thường mang hình dạng thoi, que hoặc kim mảnh, có thể kèm theo một số đốt hình nón hoặc mụn cóc nhỏ, song các đặc điểm này thường ít có giá trị trong phân loại. Ngược lại, trâm xương trong lớp coenenchyme (mô liên kết giữa các polyp) của thân có ý nghĩa phân loại cao hơn, với hình dạng và kích thước đặc trưng cho từng loài.

(3) Cấu trúc polyp: Các loài thuộc giống *Sarcophyton* có hai dạng polyp với chức năng khác nhau: autozoid – cơ quan đảm nhiệm chức năng bắt mồi và sinh sản – có khả năng co rút hoàn toàn hoặc một phần, với mức độ co rút thay đổi giữa các loài; và siphonozoid – cơ quan duy trì hình dạng tập đoàn – luôn ở trạng thái co rút. Khoảng cách giữa các autozoid cùng số lượng siphonozoid xen kẽ ở vùng trung tâm và rìa của mũ san hô là những đặc điểm quan trọng trong định danh và phân loại. Các đặc điểm hình thái này đóng vai trò quan trọng trong việc nhận diện loài và góp phần làm sáng tỏ đặc điểm sinh học – sinh thái của các loài thuộc giống *Sarcophyton*.

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

Hệ thống phân loại của loài 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

Loài san hô mềm *S. serenei* rất khác biệt với các loài khác thuộc giống *Sarcophyton* bởi kích thước của chúng khá lớn và các trâm xương ở phần thân có đầu

nhọn (aiguilles basilaires) [16]. Các nghiên cứu trước đây về hình thái trầm xương của *S. serenei* chủ yếu dựa trên quan sát và minh họa dưới kính hiển vi quang học thông thường [16, 28]. Tuy nhiên, giữa các loài thuộc giống *Sarcophyton* có sự khác biệt về hình dạng, kích thước, đặc điểm bề mặt (như các rãnh, nốt sần, hoặc trơn nhẵn), cũng như cách sắp xếp và phân bố của trầm xương trong mô. Hiện nay, kính hiển vi điện tử quét (SEM) được sử dụng rộng rãi để phân tích chi tiết bề mặt và đặc điểm hình thái ở rõ nét hơn, mang lại thông tin chính xác hơn về các đặc điểm trầm xương của nhiều loài san hô. Kỹ thuật SEM, khi kết hợp với các phương pháp khác như phân tích di truyền, đã góp phần quan trọng trong việc cải tiến phân loại hệ thống của lớp san hô tám ngăn [29, 30]. Trong nghiên cứu của Aratake (2012) [23] đã sử dụng SEM để phân tích các đặc điểm chi tiết về kích thước và hình dạng trầm xương của loài san hô mềm *S. glaucum* cho thấy hình ảnh chi tiết, sắc nét hơn so với các phương pháp phân loại truyền thống. Tuy nhiên, đến nay, chưa có nghiên cứu nào áp dụng SEM để quan sát và mô tả hình thái của *S. serenei*. Vì vậy, việc ứng dụng SEM để phân tích chi tiết trầm xương của *S. serenei* là cần thiết, nhằm cung cấp dữ liệu chính xác hơn, hỗ trợ các nhà phân loại học trong việc so sánh và phân loại loài san hô này một cách hiệu quả hơn, đây cũng là cơ sở để xác định đúng loài cho các nội dung nghiên cứu tiếp theo của luận án.



Hình 1.1. San hô mềm *S. serenei*

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

San hô mềm có phân bố rộng trên đại dương, từ vùng nước nhiệt đới nông đến vùng nước lạnh sâu [31]. Khoảng 107 loài san hô mềm đã được báo cáo ở vùng biển Brazil [32], 80 loài ở vùng ven bờ Biển Đỏ [33] và 70 loài ở các rạn san hô Đài Loan [34]. Chúng cũng có thể được tìm thấy ở nhiều vùng lạnh hơn như Nam Cực, Nam Phi, bờ biển Tây Bắc Thái Bình Dương của Bắc Mỹ và Bắc Đại Tây Dương [35]. Đảo Sesoko, Nhật Bản, nổi tiếng nhất với độ che phủ san hô mềm lên đến 34,4% [36].

Các loài thuộc giống *Sarcophyton* có phạm vi phân bố rộng, từ vùng triều [37] đến độ sâu lên tới 25 m [38]. Tuy nhiên, sự đa dạng cao nhất của chúng được ghi nhận tại khu vực Ấn Độ Dương–Thái Bình Dương [39], đặc biệt là trong Vùng Tam giác San hô bao gồm Indonesia, Malaysia, Philippines, Papua New Guinea, Timor Leste và quần đảo Solomon [40]. 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.

Cho đến nay, san hô mềm *S. serenei* đã được ghi nhận phân bố tại vịnh Suez ở Ai Cập [18] và một số vùng biển Việt Nam, bao gồm vịnh Nha Trang [14-16], vùng biển Lý Sơn [17], và khu bảo tồn biển Cù Lao Chàm [41]. Những kết quả này cho thấy có thể thu thập được mẫu *S. serenei* tại vịnh Nha Trang để tiến hành các nghiên cứu cơ bản một số đặc điểm sinh học sinh sản cũng như thu mẫu tiến hành thử nghiệm sinh sản vô tính đối tượng này.

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*

San hô mềm tám ngón (octocorals) thường thích nghi ở nơi có dòng chảy liên tục, với cường độ vừa phải và ổn định, để tiếp cận nguồn thức ăn. Dòng chảy không chỉ vận chuyển thức ăn đến mà còn giúp loại bỏ chất thải khỏi quần thể san hô, đồng thời hỗ trợ kích thích quá trình quang hợp. Đối với các loài san hô có zooxanthellae, hình dạng tăng trưởng của chúng thường là kết quả của sự cân bằng giữa việc tối ưu hóa tiếp xúc ánh sáng (phát triển theo chiều ngang) và tương tác với dòng chảy (phát triển theo chiều dọc). Phạm vi phân bố của san hô mềm tám ngón chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố như độ sâu, độ trong của nước, độ dốc, và hướng của sườn rạn, vốn quyết định mức độ tiếp xúc với ánh sáng. Các hạt lơ lửng trong nước làm tăng độ đục, giảm khả năng hấp thụ ánh sáng, và phổ biến nhất ở các khu vực thềm lục địa nông gần bờ hoặc gần cửa sông, nơi sóng và dòng thủy triều khuấy động trầm tích từ đáy biển. San hô mềm ít thường nhạy cảm hơn với sự lắng đọng trầm tích so với san hô cứng [42].

Trầm tích lắng đọng có thể gây ra nhiều ảnh hưởng tiêu cực, bao gồm ngăn cản quá trình ăn và quang hợp, cũng như giảm chất lượng nền đáy phù hợp để san hô định cư [43]. Sự tích tụ trầm tích trên bề mặt san hô mềm có thể dẫn đến hoại tử mô sau vài ngày, gây tẩy trắng hoặc thậm chí làm chết quần thể sau vài tuần [42]. Ảnh hưởng này phụ thuộc vào lượng và loại trầm tích, cũng như sự khác biệt giữa các loài [44]. San hô mềm có khả năng sử dụng chất nhầy làm tấm chắn để tự bảo vệ khỏi trầm tích [42], hoặc loại bỏ trầm tích nhờ trọng lực và chuyển động của dòng nước [42]. Việc lựa chọn nền đáy để định cư đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển và tỷ lệ sống của quần thể san hô [45]. Ánh sáng có tác động mạnh mẽ đến các loài san hô có zooxanthellae, thúc đẩy quá trình quang hợp, trong khi lại ức chế các loài san hô không có zooxanthellae (azooxanthellate). Các loài san hô không có zooxanthellae thường chọn định cư ở các khu vực ít ánh sáng hơn. Độ sâu phân bố của san hô có zooxanthellae bị giới hạn trong khoảng 10 m ở vùng nước đục, nhưng các loài azooxanthellate, đặc biệt là thuộc các nhóm Ellisellid, Subergorgiid, và Dendronephthya, thường chiếm ưu thế ở độ sâu lớn hơn 10 m [1]. Bên cạnh đó, cường độ ánh sáng, độ mặn và chế độ dinh dưỡng cũng tác động đến tỷ lệ sống của san hô [11]. Chavanich và cs. (2009) [46] chỉ ra rằng nhiệt độ cao có ảnh hưởng lớn đến quá trình tẩy trắng của *Sarcophyton* spp. ở vịnh Thái Lan, tỉnh Chonburi, đặc biệt trong những tháng có thủy triều cực thấp (vào tháng 6).

Loài san hô mềm thuộc giống *Sarcophyton* thường tạo thành các quần thể đơn loài lớn, dễ nhận thấy ở các môi trường ven bờ, vùng triều và các rạn san hô gần bờ [47]. Các yếu tố phi sinh học như chuyển động của nước, độ sâu và độ dốc đóng vai trò quan trọng trong việc ảnh hưởng đến phân bố, diện tích che phủ và hình thái của chúng [48]. Một số nghiên cứu đã ghi nhận sự phát triển của *S. tumulosum* trên các nền đá ở vùng biển Hồng Kông, nơi có đặc trưng sóng mạnh và nước trong [49]. Loài *S. glaucum* lại thường xuất hiện ở các rạn san hô ngầm, trong đầm phá, và trên các sườn dốc hướng ra biển [50]. Tuy nhiên, thông tin về đặc điểm sinh thái của loài *S. serenei* vẫn chưa được công bố. Các báo cáo hiện chỉ đề cập đến vị trí thu mẫu ở vùng biển, mà không cung cấp dữ liệu về môi trường sống cụ thể của loài này. Vì thế, nghiên cứu một số đặc điểm sinh thái môi trường sống nhằm cung cấp dữ liệu thông số môi trường cho nuôi loài này trong điều kiện nhân tạo hay trong sinh sản vô tính đối tượng này là cần thiết.

1.3.2. Đặc điểm sinh trưởng của giống *Sarcophyton*

Tính đến nay, nghiên cứu về đặc điểm sinh trưởng của san hô, đặc biệt là san hô mềm, vẫn còn hạn chế. Tốc độ tăng trưởng của san hô là một chỉ số quan trọng để đánh giá tác động của các thay đổi môi trường đối với chức năng của rạn, đồng thời

cung cấp dữ liệu hỗ trợ việc dự đoán sự biến đổi địa lý của các rạn san hô khi đối mặt với các yếu tố tác động bất lợi ngày càng gia tăng. Mặc dù vậy, việc nghiên cứu sinh trưởng của san hô mềm thuộc họ Sarcophytidae vẫn chưa được chú trọng nhiều do khó khăn trong việc xác định và đặc tính mềm của cơ thể chúng. Sự thay đổi hình thái học của san hô, chẳng hạn như sự giãn nở do tác động của dòng nước, là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hình thái của chúng [51].

Phần lớn các nghiên cứu về tốc độ tăng trưởng san hô đều tập trung vào san hô cứng, mặc dù gần đây đã có một số nghiên cứu mở rộng sang san hô mềm. Tuy nhiên, vẫn còn rất ít nghiên cứu chuyên sâu về sinh trưởng của san hô mềm, dẫn đến thiếu hụt dữ liệu sinh học. Ví dụ, nghiên cứu trên hai giống *Sinularia* và *Sarcophyton* cho thấy tốc độ tăng trưởng của san hô mềm đạt khoảng 0,5 cm/năm [31]. Trong khi đó, tốc độ tăng trưởng của loài *S. glaucum* vào mùa hè đã được ghi nhận là 30,05 g trong 6 tháng, tương đương 3,95 g/tháng [52]. Các yếu tố môi trường như nhiệt độ, độ lắng, độ đục và chuyển động của nước đều có thể ảnh hưởng đến tốc độ sinh trưởng của san hô [53].

Để xác định tốc độ tăng trưởng của san hô, các phương pháp phổ biến nhất là đo sự phát triển theo chiều dọc và chiều ngang của san hô, thông qua sự thay đổi chiều dài nhánh hoặc bán kính của tập đoàn san hô [54]. Các phương pháp truyền thống để đo các tỷ lệ này bao gồm: (1) đo đạc trực tiếp và lặp lại các nhánh đã được gắn thẻ [55], mặc dù phương pháp này chỉ khả thi đối với các loài san hô phân nhánh và có thể gây ảnh hưởng đến sự phát triển do quá trình gắn thẻ [56]; (2) đo chiều cao hoặc đường kính của san hô tại chỗ hoặc từ ảnh chụp [55], còn gọi là phương pháp đo hình thái học, tuy nhiên phương pháp này không phản ánh được mô hình phát triển của các tập đoàn san hô, đặc biệt là các trục tăng trưởng khác nhau hoặc tác động cục bộ [54]; (3) lấy lõi san hô và chụp x-quang [57], phương pháp này chỉ phù hợp với khoảng 7% các loài san hô có kích thước lớn [54]; (4) phương pháp nhuộm Alizarin [58], thích hợp cho nhiều hình dạng tăng trưởng nhưng tốn nhiều thời gian và có thể không hiệu quả với một số loài san hô do khả năng hấp thụ thuốc nhuộm kém [59], đồng thời mẫu san hô sẽ bị chết để thực hiện đo lường.

Đối với các loài san hô mềm, bộ xương của chúng không chứa canxi cacbonat mà phụ thuộc vào áp suất thủy tĩnh để duy trì hình dạng cơ thể [1]. Hình dạng này có thể thay đổi theo thời gian do sự dao động của môi trường [31], tuy nhiên, một số nghiên cứu đã ước tính diện tích bề mặt của san hô mềm thông qua các phương pháp đo hình học cơ thể [60] hoặc đo sinh trưởng theo chiều dọc [61]. Hiện nay, để xác định tốc độ tăng trưởng của san hô mà không gây tổn hại, phương pháp chụp ảnh dưới nước để tái tạo các mô hình kỹ thuật số của tập đoàn san hô đã trở thành lựa

chọn phổ biến. Phương pháp này sử dụng các bức ảnh 2D, chụp bằng camera có vỏ bảo vệ và thước đo gần khu vực san hô [53]. Sau đó, các ảnh chụp được xử lý bằng các phần mềm khác nhau như Metashape–SfM [62] và ImageJ để định lượng sự mất mô của san hô [63] hoặc xác định diện tích bề mặt của san hô [64, 65]. ImageJ, phần mềm này ra đời từ năm 1987 và đã trải qua nhiều cải tiến, cung cấp một phương pháp xử lý đơn giản và dễ sử dụng, đồng thời là phần mềm mã nguồn mở [66]. Hiện nay, ImageJ được ứng dụng rộng rãi trong sinh học thực nghiệm dưới nước và biển. Phương pháp này đã chứng minh hiệu quả trong nghiên cứu rạn san hô, đặc biệt trong việc xác định diện tích bề mặt của san hô và các sinh vật khác tại chỗ mà không bị giới hạn bởi kích thước, đồng thời thay thế các phương pháp khác như bọc giấy bạc hay nhúng sáp [67].

Nghiên cứu của Bennecke và cs. (2016) [68] đã xác định tốc độ tăng trưởng của san hô tám ngón nước sâu bằng cách so sánh chiều dài tổng số của các trục chính theo thời gian và đo khoảng cách giữa các đường viền mặt cắt ngang. Một nghiên cứu khác về loài san hô mềm *Sclerophytum polydactylum* (tên gọi trước đây là *Sinularia polydactyla*) bằng phương pháp 2D cho thấy tốc độ tăng trưởng có sự khác biệt theo mùa và kích thước tập đoàn, với tốc độ tăng trưởng từ 6,67 – 12,68% đối với các tập đoàn nhỏ và 4,37 – 6,72% đối với các tập đoàn lớn [53]. Một nghiên cứu gần đây Dang Tran Tu Tram và cs. (2023) [69] đã ứng dụng phân tích hình ảnh bằng phần mềm ImageJ để xác định tốc độ tăng trưởng của *Sarcophyton* sp. sau 90 ngày nuôi trong hệ thống bể tuần hoàn đặt ngoài trời, và ghi nhận tốc độ tăng trưởng cao nhất là $0,397 \pm 0,003$ cm ngày⁻¹ đối với mảnh cắt 2,5 cm.

Tổng hợp các phương pháp đánh giá sinh trưởng san hô cho thấy một nghịch lý phương pháp luận: Trong khi các chỉ tiêu sinh trưởng ở san hô cứng có thể xác định chính xác nhờ khung xương vôi hóa ổn định (qua chụp X-quang hoặc nhuộm huỳnh quang), thì ở san hô mềm thuộc họ Sarcophytidae, thể tích và kích thước cơ thể liên tục biến động do áp suất thủy tĩnh và mức độ giãn nở của mô coenenchyme [1, 51]. Các phương pháp đo kích thước tuyến tính trực tiếp (thước kẹp) hay cân khối lượng ướm ngoài không khí đều bộc lộ hạn chế nghiêm trọng do gây tổn thương mô, kích thích tiết nhớt phòng vệ và tạo sai số lớn từ lượng nước lưu giữ trong khoang cơ thể [54, 56]. Dù một số nghiên cứu gần đây đã ứng dụng phân tích ảnh 2D qua ImageJ [53, 69], song phương pháp này mới chỉ phản ánh sự mở rộng diện tích bề mặt mà chưa phản ánh được sự tích lũy sinh khối thực chất. Khoảng trống khoa học đặt ra là: Cần một phương pháp tiếp cận kép, không xâm lấn, vừa đánh giá được kích thước hình học qua xử lý ảnh, vừa định lượng chính xác sinh khối thông qua kỹ thuật cân nổi trong nước (underfloor weighing technique) – điều chưa từng được thực hiện và

kiểm chứng trên đối tượng *S. serenei*. Đây chính là cơ sở phương pháp luận để luận án thiết lập hệ thống theo dõi sinh trưởng đa chỉ tiêu trong nghiên cứu này.

Đến nay, rất ít nghiên cứu về san hô mềm *S. serenei* đã được công bố. Mặc dù đã có một số nghiên cứu trước đây về hình thái học của loài san hô này, các nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào mô tả hình dạng bên ngoài và hình vẽ qua quan sát trầm xương dưới kính hiển vi quang học, nhưng vẫn còn hạn chế về độ chi tiết. Hơn nữa, chưa có nghiên cứu nào về sự sinh trưởng cũng như các yếu tố ảnh hưởng đến sinh trưởng và sức khỏe của loài san hô mềm *S. serenei*. Vì vậy, việc nghiên cứu đặc điểm sinh học của *S. serenei* tại vịnh Nha Trang là cần thiết, nhằm tạo cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo về loài này.

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

Đánh giá khả năng sinh sản của san hô có thể thông qua các chỉ tiêu như số lượng noãn bào hoặc planulae tạo ra trên mỗi polyp, hoặc mật độ noãn bào trên mỗi cm². Các loài san hô thụ tinh trên bề mặt thường sản xuất một số lượng nhỏ các planulae có kích thước lớn, trong khi các loài san hô đẻ trứng phát tán lại tạo ra số lượng lớn các giao tử có kích thước nhỏ [70]. Tuy nhiên, để đánh giá khả năng sinh sản hàng năm của san hô, cần thu thập nhiều thông tin khác nhau, bao gồm: (a) số lần sinh sản mỗi năm, (b) thời gian trong năm xảy ra quá trình sinh sản, (c) tỷ lệ quần thể tham gia sinh sản, (d) sự khác biệt trong khả năng sinh sản liên quan đến tuổi tác hoặc kích thước cơ thể, và (e) các yếu tố môi trường tác động đến quá trình sinh sản [70].

1.3.3.1. Phương thức sinh sản

Phương thức sinh sản là yếu tố quan trọng quyết định số lượng và sự phân bố của san hô, và ở phân lớp san hô tám ngăn (Octocorallia), cả sinh sản vô tính và hữu tính đều xuất hiện [71]. Sinh sản vô tính khá phổ biến ở san hô mềm và có nhiều cơ chế khác nhau, chẳng hạn như phân mảnh tập đoàn, phân đôi hoặc nảy chồi. Các cơ chế này giúp các loài san hô thuộc phân lớp Octocorallia duy trì và phát triển. Sự phân hạch đơn giản [72], sự phân chia thành các tập đoàn mới khi tách ra khỏi tập đoàn gốc, hoặc khả năng phục hồi và tự gắn lại vào giá thể là những ví dụ điển hình của quá trình sinh sản vô tính. Sinh sản vô tính bằng phương thức nảy chồi và phân nhánh đặc biệt quan trọng đối với các loài san hô thuộc phân lớp này, và đã được nghiên cứu ở một số loài như *Sclerophyllum flexibile* (tên gọi trước đây là *Sinularia flexibilis*), nơi tập đoàn con có thể hình thành từ các chồi nhỏ ở rìa hoặc gốc của các tập đoàn mẹ [1]. Nghiên cứu ở loài *Ovabunda macrospiculata* cho thấy các tập đoàn mới có thể nảy chồi sau 3 – 4 tháng định cư trên nền đáy [45].

Sinh sản hữu tính là yếu tố quan trọng để duy trì quần thể và ảnh hưởng trực tiếp đến các loài san hô trong nhóm này [4]. Quá trình sinh sản hữu tính có thể là đơn tính hoặc lưỡng tính. Các nghiên cứu cho thấy san hô tám ngăn chủ yếu là đơn tính, với cấu trúc sinh sản đực hoặc cái trong các tập đoàn riêng biệt, chiếm đến 89% loài san hô mềm [73]. Một số ít loài lại lưỡng tính, mang cả cấu trúc sinh dục đực và cái trong cùng một tập đoàn [4]. Đặc biệt, có sự thay đổi hình thức sinh sản theo vùng địa lý. Ví dụ, loài *Heteroxenia elizabethae* ở Biển Đỏ là lưỡng tính, nhưng tại rạn san hô Great Barrier lại được xác định là loài đơn tính [74]. Tương tự, *S. glaucum* là loài đơn tính ở Biển Đỏ và Great Barrier, nhưng lại được ghi nhận là lưỡng tính ở Nam Phi [50, 75].

Tuyến sinh dục của các loài san hô nhóm Octocoral chủ yếu nằm ở siphonozooids (loài *Bathyalcyon robustum*) hoặc cả siphonozooids và autozooids (loài *Minabea robusta*), nhưng cũng có loài chỉ gặp ở autozooids như *Lobophytum*, *Sarcophyton* và *Heteroxenia* [50, 76]. Tuyến sinh dục phát triển dọc theo mạc treo polyp, bắt nguồn từ dạ dày và kéo dài vào khoang polyp khi kích thước tuyến sinh dục tăng lên [73]. Quá trình sinh tinh thường diễn ra nhanh hơn quá trình tạo trứng Kahng và cs. (2011) [4]. Giao tử phóng thích vào nước thường đồng pha với chu kỳ trăng hoặc nhiệt độ nước [74, 77], với trứng được thụ tinh ngoài cơ thể và phát triển thành ấu trùng sống trôi nổi trong môi trường từ vài ngày đến vài tuần, trước khi bám vào đáy và hình thành polyp mới [1]. Ở vùng nhiệt đới, các loài san hô octocoral thường có sự trưởng thành và sinh sản đồng bộ giữa các tập đoàn, mặc dù một số nghiên cứu cho thấy khả năng thụ tinh trong ở một số loài san hô thuộc họ Sarcophytidae, và ấu trùng sẽ phát triển bên ngoài tập đoàn mẹ [5].

Các loài san hô tám ngăn được nghiên cứu đến nay đều có khả năng sinh sản hữu tính, với ba hình thức chính: (1) thụ tinh ngoài (phát tán tinh trùng và trứng vào môi trường nước nơi quá trình thụ tinh diễn ra) (2) thụ tinh bên trong (quá trình thụ tinh diễn ra bên trong của tập đoàn (trứng phát triển bên trong cơ thể cá thể cái), và (3) thụ tinh trên bề mặt của các tập đoàn mẹ [78]. Trong hình thức thụ tinh ngoài, các tập đoàn cùng loài thường giải phóng giao tử đồng loạt vào khoảng từ một đến vài đêm sau ngày trăng tròn, chủ yếu vào cuối mùa xuân [79].

Theo Kahng và cs. (2011), khoảng 49% loài san hô mềm có hình thức thụ tinh ngoài, 40% loài thụ tinh bên trong, và khoảng 11% loài thụ tinh bề mặt [4]. Nếu quá trình tạo phôi diễn ra bên trong, mỗi polyp chỉ sản sinh khoảng 18 – 24 trứng do kích thước nhỏ của polyp, trong khi ấp trứng trên bề mặt giúp tối đa hóa khả năng sinh sản nhờ bảo vệ hợp tử trong quá trình tạo phôi [80]. San hô mềm thường có các đợt sinh sản ngắn, theo mùa và đồng bộ, và sự khác biệt về kích thước, số lượng trứng cũng

như thời gian sinh sản giữa các tập đoàn có thể được quan sát ở các đợt sinh sản đầu tiên [45, 81].

Các nghiên cứu hiện tại chỉ ra rằng, ở các loài san hô thuộc nhóm các loài san hô tám ngăn vùng ôn đới, quá trình hình thành giao tử diễn ra liên tục và thụ tinh xảy ra bên trong [82]. Trong khi đó, ở các loài Octocoral vùng nhiệt đới, quá trình sinh sản đồng bộ thường xảy ra với chu kỳ sinh sản ngắn, và thụ tinh diễn ra bên ngoài [74]. Các loài san hô thuộc nhóm này có thể sinh sản theo hình thức đơn tính, lưỡng tính, hoặc trứng có thể được sản sinh bởi các tập đoàn cái và phát triển thành ấu trùng planula mà không cần thụ tinh [4].

Quá trình phát sinh giao tử ở san hô có thể diễn ra không đồng bộ giữa các tập đoàn đực và cái, ngay cả trong cùng một loài. Một nghiên cứu về loài *Sarchophyton glaucum* chỉ ra rằng các tập đoàn đực chỉ mất khoảng 9 đến 10 tháng để hình thành giao tử, trong khi các tập đoàn cái cần từ 16 đến 18 tháng [75]. Thậm chí trong cùng một tập đoàn, hoặc ngay cả trong cùng một polyp, có thể quan sát thấy các giai đoạn khác nhau của sự phát triển trứng, với sự khác biệt rõ rệt về đường kính giao tử [73].

Tuyến sinh dục ở cả tập đoàn đực và cái phát triển dọc theo mạch treo, thường ở vùng đáy và bám vào mạch treo qua một cuống ngắn [76]. Khi tuyến sinh dục tăng kích thước, chúng sẽ mở rộng vào khoang polyp. Các tế bào sinh giao tử có thể được giải phóng vào khoang ruột trước khi phân hóa hoàn toàn. Quá trình sinh giao tử chủ yếu diễn ra ở autozoid, nhưng ở một số loài, tuyến sinh dục cũng có thể xuất hiện ở siphonozoid, như ở các loài thuộc giống *Alcyonacean* và *Anthomastis* [83], hoặc *Bathyalcon robustum* [84]. Ở loài *Minabea robusta* và các Octocoral thuộc bộ Malacalcyonacea, tuyến sinh dục xuất hiện ở cả autozoid và siphonozoid [85].

Bảng 1.1. Một số kết quả nghiên cứu về kích thước trứng thành thực và phương thức sinh sản của một số loài san hô mềm

Loài	Kích thước trứng (μm)	Phương thức sinh sản	Tài liệu tham khảo
<i>Alcyonium digitatum</i>	600	Phát tán trứng và tinh trùng	[86]
<i>Lobophytum crassum</i>	600	Phát tán trứng và tinh trùng	[87]
<i>Parerythropodium fulvum fulvum</i>	600 – 700	Ấp trứng bề mặt	[80]

<i>Xenia macrospiculata</i>	500	Ấp trứng bên trong	[45]
<i>X. umbellata</i>	500 – 600	Ấp trứng bên trong	[88]
<i>S. glaucum</i>	400 – 450	Ấp trứng bên trong	[52]
<i>S. glaucum</i>	500 – 650	Phát tán trứng và tinh trùng	[50]

San hô thuộc nhóm *Sarcophyton* có khả năng sinh sản hữu tính thông qua các cơ chế khác nhau, bao gồm thụ tinh ngoài, thụ tinh trên bề mặt, hoặc thụ tinh bên trong [4]. Khi trứng và tinh trùng được phát tán vào môi trường nước, ấu trùng có thể trôi nổi trong thời gian dài trước khi lắng xuống và bám vào đáy, giúp chúng có khả năng phân tán xa hơn [89]. Ngược lại, ở các loài ấp trứng bên trong hoặc trên bề mặt tập đoàn mẹ, ấu trùng thường ổn định nhanh chóng sau khi rời khỏi cơ thể mẹ, dẫn đến phạm vi phân tán hạn chế [80]. Kích thước thành thực và phương thức sinh sản của một số loài san hô mềm được thể hiện ở Bảng 1.1.

Phương thức sinh sản và thời gian sinh sản của san hô *Sarcophyton* thay đổi tùy thuộc vào vị trí địa lý, ngay cả trong cùng một giống [73] hoặc cùng một loài [50, 75]. Trong quá trình sinh sản, san hô mẹ giải phóng số lượng lớn trứng và tinh trùng, được hình thành trong các mạc treo quanh polyp [73]. Sự thụ tinh xảy ra trong cột nước và thường tuân theo chu kỳ trăng [4, 77]. Sau khi thụ tinh, ấu trùng ăn sinh vật phù du trong vài ngày đến vài tuần, sau đó lắng xuống đáy và phát triển thành polyp [1].

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

Các loài san hô tám ngón khác nhau về độ tuổi và kích thước ở lần sinh sản đầu tiên. Một số nghiên cứu đã chỉ ra kích thước tập đoàn có ảnh hưởng đến sinh sản của các loài san hô mềm. Kết quả cho thấy với các tập đoàn *Lobophytum crassum* có đường kính nhỏ hơn 18 cm sẽ không thể sản xuất giao tử [87], ở san hô *Plexaura* sp. thì tập đoàn nhỏ nhất được phát hiện có khả năng tham gia sinh sản khi có chiều cao 10 cm, các tập đoàn có chiều cao từ 30 cm trở xuống thì tuyển sinh dục ít khi trưởng thành hơn (32%), trong khi các tập đoàn có chiều cao trên 30 cm thì có 80% đã có tuyển sinh dục trưởng thành [81], trong khi đó các tập đoàn *Heteroxenia fucenscens* được cho là không tham gia sinh sản khi thể tích tập đoàn chưa vượt quá 10 cm³ [76]. Ở san hô *Pseudoplexaura porosa*, các quần thể cao dưới 50 cm không chứa tuyển

sinh dục [90] trong khi *Pseudopterogorgia elisabethae*, sẽ trưởng thành về mặt sinh sản khi các quần thể đạt chiều cao 18 – 20 cm [91]. Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu trên 334 tập đoàn san hô *S. elegans* cho thấy san hô tham gia sinh sản lần đầu khi đường kính đạt 13 – 14 cm ở cá thể cái và ở cá thể đực là 12 cm. Tuy nhiên, hầu hết các cá thể 14 – 15 cm chưa thành thực, loài được xác định là thành thực sinh dục khi đường kính đạt trên 16 cm [77].

Kích thước trứng trưởng thành của các loài san hô tám ngón rất khác nhau, tùy thuộc vào kích thước polyp [81], sự phát triển của ấu trùng [92], hoặc đặc điểm sinh sản của chúng (phát tán giao tử, đẻ trứng, ấp trứng). Nghiên cứu của Levitan (2000) [93] chỉ ra rằng các loài san hô đẻ trứng theo đợt có kích thước trứng lớn hơn, nhằm tăng khả năng tiếp xúc với tinh trùng và cải thiện khả năng thụ tinh. Ngược lại, các loài ấp trứng trên bề mặt như *Pseudopterogorgia elisabethae* có kích thước trứng nhỏ hơn (300 – 580 μm), giúp tối đa hóa khả năng thụ tinh do tiếp xúc với lượng nước lớn chảy qua [91].

Theo nghiên cứu của Brazeau và Lasker (1989) [81], loài san hô *Plexuara homomalla* là có hình thức sinh sản đồng bộ, với quá trình sinh sản kéo dài từ 4 – 7 ngày và bắt đầu sau 1 – 2 ngày mỗi kỳ trăng tròn. Thời gian giải phóng trứng diễn ra gần như đồng thời giữa các tập đoàn, bắt đầu ngay sau khi mặt trời lặn (khoảng 18:30 – 18:50) và kéo dài khoảng 90 phút mỗi đêm. Các tế bào trứng được ghi nhận xuất hiện trong polyp suốt cả năm, với giai đoạn trứng đầu tiên hình thành tại gốc polyp vào tháng 11, sau đó tăng dần kích thước trong những tháng tiếp theo. Từ tháng 1, số lượng trứng trên mỗi polyp bắt đầu tăng và đạt đỉnh vào đầu tháng 5. Quá trình trưởng thành của trứng kéo dài khoảng 7 – 9 tháng, và giai đoạn sinh sản của loài này được xác định từ tháng 5 đến tháng 7.

Nghiên cứu về *S. glaucum* cho thấy trứng trưởng thành có đường kính 400 – 450 μm , với quá trình phát triển kéo dài 20 – 23 tháng. Loài này có kiểu sinh sản ấp trứng, trong đó tuyến sinh dục cái phát triển vào cuối tháng 10, sớm hơn tuyến sinh dục đực (cuối tháng 2 năm sau). Thụ tinh diễn ra từ tháng 1 đến tháng 2, và hợp tử phát triển bên trong cơ thể mẹ. Ấu trùng dạng tròn, có xúc tu nhỏ (tám xúc tu) bao quanh đĩa miệng, giúp chúng bơi bằng chuyển động xoay tròn và đạt kích thước khoảng 300 μm [52].

Tuy nhiên, Benayahu và Loya (1986) [50] ghi nhận trứng của *S. glaucum* có đường kính 500 – 650 μm vào tháng 7, với quá trình phát triển kéo dài 22 – 23 tháng. Schleyer (2004) [75] báo cáo rằng quá trình sinh giao tử ở con đực kéo dài 9 – 10 tháng, trong khi ở con cái là 16 – 18 tháng, và hoạt động sinh sản diễn ra hàng năm

vào tháng 3. Các nghiên cứu gần đây cũng ghi nhận tình trạng trưởng thành với kích thước 500 – 600 μm xuất hiện vào tháng 12, hoàn thành quá trình hình thành trong chưa đầy 12 tháng. Tuy nhiên, Benayahu và Loya (1986) [50] lại phát hiện tình trạng non từ tháng 8 – 9, mất 10 – 12 tháng để trưởng thành và đạt kích thước khoảng 400 μm trước khi sinh sản. Nghiên cứu trên *S. elegans* cho thấy quá trình sinh trứng kéo dài 20 – 22 tháng, với trứng trưởng thành có đường kính 450 – 620 μm . Tình trạng mất 10 – 12 tháng để phát triển, và các túi tinh trưởng thành đạt kích thước 300 – 450 μm trước khi tham gia vào quá trình sinh sản [77]. Đặc điểm sinh học sinh sản của các loài khác nhau như kích thước trứng, thời điểm thành thực, thậm chí trong cùng một loài cũng có thể có sự sai khác nhau, điều này có thể do đặc điểm điều kiện địa lý khác nhau, dẫn đến sự tích lũy chất cho quá trình sinh sản là khác nhau.

Phân tích tổng hợp các công bố quốc tế về sinh học sinh sản của giống *Sarcophyton* (Bảng 1.1 và Bảng 3.6) làm nổi bật hai quy luật và những mâu thuẫn sinh học đáng chú ý:

(1) **Tính biến thiên địa lý về phương thức sinh sản:** Mặc dù đa số các loài Octocorallia là đơn tính, tính linh hoạt sinh sản biểu hiện rất mạnh qua các vùng phân bố. Điển hình như *S. glaucum*, trong khi quần thể tại Biển Đỏ biểu hiện đơn tính và phát tán giao tử đồng loạt [50], thì tại vùng biển Nam Phi lại xuất hiện trạng thái lưỡng tính chức năng [76]. Điều này chứng minh áp lực môi trường và biên độ nhiệt độ khu vực chi phối sâu sắc đến tính biệt hóa giới tính.

(2) **Khoảng trống tri thức khu vực:** Hầu như toàn bộ các dữ liệu nền tảng hiện nay đều tập trung tại Biển Đỏ hoặc rạn Great Barrier (Úc) [4, 5, 50]. Tại vùng biển Tây Thái Bình Dương, đặc biệt là vịnh Nha Trang (Việt Nam) – nơi chịu ảnh hưởng trực tiếp của hệ thống gió mùa nhiệt đới và chế độ bán nhật triều – các đặc trưng sinh học sinh sản như tỷ lệ giới tính quần thể, chu kỳ phát triển noãn/tinh, đường kính giao tử cực đại và tính đồng bộ trong phóng noãn của loài *S. serenei* hoàn toàn là một “khoảng trống dữ liệu”. Sự thiếu hụt này tạo ra rào cản lớn trong việc xác định thời điểm thu giao tử và xây dựng công nghệ ấu trùng nhân tạo, khẳng định tính cấp thiết của việc nghiên cứu đặc điểm sinh học sinh sản của loài này.

1.3.4. Quan hệ giữa zooxanthellae, Chlorophyll-*a* và san hô mềm

Các loài san hô mềm thuộc các giống *Sarcophyton*, *Sinularia*, *Xenia* và *Lobophytum* được ghi nhận có mối quan hệ cộng sinh nội bào với zooxanthellae thuộc giống *Symbiodinium* [94]. Thông qua quá trình quang hợp của zooxanthellae, san hô có thể nhận được từ 65 – 100% nhu cầu năng lượng cần thiết cho các hoạt động trao đổi chất [95]. Ngoài việc cung cấp nguồn dinh dưỡng, các zooxanthellae này còn góp

phần tạo nên màu sắc đặc trưng của nhiều loài san hô mềm. Mỗi quan hệ cộng sinh này mang tính phụ thuộc cao, khi san hô chịu tác động của các yếu tố gây stress môi trường (như biến động nhiệt độ), các polyp có thể trục xuất zooxanthellae ra khỏi mô, dẫn đến hiện tượng “tẩy trắng san hô”. Lục lạp của tảo thuộc họ *Symbiodiniaceae* chứa các sắc tố quang hợp như Chlorophyll-*a*, Chlorophyll-*c*₂ và carotenoid, giúp hấp thu năng lượng ánh sáng, thực hiện quang hợp, đồng thời bảo vệ hệ cộng sinh khỏi tác động của bức xạ tử ngoại [96]. Cường độ ánh sáng là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hàm lượng Chlorophyll-*a* trong tế bào zooxanthellae. Ánh sáng quá mạnh có thể làm tăng sản sinh oxy, dẫn đến hiện tượng stress quá trình oxy hóa, khiến một phần tảo bị tách khỏi mô san hô hoặc mất sắc tố, thậm chí gây chết san hô. Ngược lại, trong điều kiện ánh sáng yếu, hàm lượng Chlorophyll-*a* trong zooxanthellae có xu hướng tăng, gây biến đổi màu sắc của san hô. Đến nay, các nghiên cứu về đặc điểm zooxanthellae cũng như hàm lượng Chlorophyll-*a* ở loài *S. serenei* vẫn chưa được công bố.

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 để nhân giống san hô, đặc biệt giúp duy trì tập đoàn san hô với tỷ lệ sống cao mà không cần khai thác tự nhiên [97]. Phương pháp này bao gồm việc tách các mảnh nhỏ từ tập đoàn gốc, sau đó cố định vào giá thể để phát triển thành tập đoàn mới [98]. Các phương pháp cố định mảnh san hô như dán keo epoxy, buộc bằng dây thun, hay treo dây cước đã được nghiên cứu trên các loài *Simularia* sp., *Cladiella* sp. và *Sarcophyton* sp. [9]. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu cụ thể nào về kỹ thuật và thông số tối ưu đối với loài san hô mềm *S. serenei*. Kích thước mảnh cắt, loại giá thể, chế độ cho ăn, ánh sáng và phương pháp xử lý mảnh phân tách như sử dụng dung dịch sát khuẩn (ví dụ Lugol) là các yếu tố cần được đánh giá thêm để cải thiện tỷ lệ sống và tăng trưởng của san hô mềm trong điều kiện nhân tạo.

1.3.5.1. Ứng dụng dung dịch Lugol trong khử trùng vết thương

Sinh sản vô tính bắt đầu bằng kỹ thuật tách mảnh, việc cắt các mảnh san hô sẽ giải phóng chất nhầy, thúc đẩy sự phát triển của vi khuẩn, nấm và các vi sinh vật khác, có khả năng gây hoại tử và chết san hô. Do đó, việc can thiệp xử lý vết thương do tách rời để ngăn ngừa nhiễm trùng ở cả san hô gốc và san hô được tách mảnh là cần thiết [99]. Lugol, một chất khử trùng thường được sử dụng cho con người và trong ngành công nghiệp nuôi cá cảnh, có chứa iodine, halogen có đặc tính diệt khuẩn được biết là có thể tiêu diệt vi sinh vật [99-101]. Dung dịch Lugol 5% (với thành phần 100 mg/mL KI và 50 mg mL⁻¹ I₂) là một chất có tính oxy hóa mạnh, phổ khử trùng

rộng và có khả năng làm lành các mô bị tổn thương. Hiện nay, sản phẩm Lugol trên thị trường cho san hô có nhiều chủng loại dưới các tên thương mại khác nhau và hàm lượng Iốt thường không xác định tuy nhiên sản phẩm Lugol của các công ty uy tín thì nồng độ Iốt là 5% (Lugol's solution, Tropic Marin® Pro–Coral Cure, Tropic Marin Coral clean, ...). Liều lượng sử dụng khuyến nghị khác nhau tùy theo nhà sản xuất và tùy thuộc vào mục đích sử dụng như bổ sung iodine định kỳ, điều trị vết thương hở hay các bệnh đốm trắng, hoại tử,... Trong đó, khuyến cáo cho xử lý vết thương hở trên san hô được các nhà sản xuất đề xuất là 30 – 40 giọt Lugol gallon⁻¹ nước biển với thời gian xử lý khoảng 10 – 15 phút. Một số nghiên cứu ứng dụng về Lugol trong nuôi cảnh biển chủ yếu tập trung vào việc điều trị các bệnh cho san hô [102, 103] tuy nhiên nghiên cứu sử dụng Lugol để khử trùng vết thương trong quá trình tách mảnh san hô vẫn còn nhiều hạn chế. Đã có một vài nghiên cứu sử dụng Lugol để sát trùng cho san hô như 1,32 mL L⁻¹ nước biển [100], hoặc 0,5 mL dung dịch Lugol 5% L⁻¹ nước biển trong 15 phút là một phần trong phác đồ điều trị và phòng bệnh mất mô trên các san hô cứng *Dendrogyra cylindrus* [104]. Klinges và cs. (2023) [105] đã sử dụng nồng độ 1 mL L⁻¹ Lugol để thử nghiệm như một chất khử trùng phòng ngừa bệnh trên hai loại san hô cứng: *Acropora palmate* và *Orricella faveolata*. Tuy nhiên, chưa có khuyến cáo về nồng độ và thời gian sử dụng của Lugol trên san hô mềm nói chung và trên sinh sản vô tính san hô mềm *S. serenei* nói riêng. Việc áp dụng chất khử trùng thường tuân theo hai hướng tiếp cận chính: sử dụng nồng độ cao trong thời gian ngắn hoặc sử dụng nồng độ thấp trong khoảng thời gian dài hơn. Tuy nhiên, đối với dung dịch Lugol, các thông số tối ưu về nồng độ và thời gian xử lý mảnh cắt hiện vẫn chưa được xác định rõ (thông tin sử dụng chỉ mới được ghi nhận ở nồng độ 0,5 và 1 mL L⁻¹, thời gian xử lý 10 – 15 phút). Những nghiên cứu đã công bố chủ yếu chỉ đề cập đến quy trình sử dụng mà chưa đánh giá cụ thể mối quan hệ giữa nồng độ và thời gian xử lý. Ngoài ra, mỗi loài sinh vật có những đặc điểm sinh học và khả năng chịu đựng khác nhau đối với tác nhân khử trùng. Do đó, việc xác định chế độ xử lý phù hợp cần dựa trên việc khảo sát cả giới hạn tối thiểu và tối đa của các mức nồng độ cũng như thời gian đã được áp dụng trước đây, từ đó lựa chọn ngưỡng tối ưu cho đối tượng nghiên cứu.

Tổng quan về việc sử dụng dung dịch Lugol hiện nay cho thấy, tồn tại một “khoảng trống thực nghiệm” rõ rệt giữa mục đích diệt khuẩn và sự an toàn sinh lý của mô san hô. Các liều lượng đang sử dụng trong giới sinh vật cảnh hoặc các phác đồ điều trị thực địa (như 0,5–1,0 mL L⁻¹ trong 10–15 phút [102, 104, 105]) hầu hết mang tính kinh nghiệm, được ngoại suy từ các nghiên cứu trên san hô cứng có vách canxi bảo vệ mô. Đối với san hô mềm nói chung và *S. serenei* nói riêng, bề mặt vết cắt

không có khung xương cứng mà là các sợi collagen và mô mềm coenenchyme lộ trực tiếp ra môi trường [1]. Do đó, Lugol tác động như một “con dao hai lưỡi”: một mặt ion iod tự do tiêu diệt vi khuẩn cơ hội xâm nhập vào chất nhầy vết thương [99, 101]; mặt khác, áp lực oxy hóa từ nồng độ iod dư thừa có thể ức chế sự hình thành tế bào liên kết desmocytes, gây độc tế bào và kích thích trực xuất zooxanthellae hàng loạt dẫn đến tẩy trắng [105]. Cho đến nay, chưa có bất kỳ nghiên cứu nào phân tích tương tác đa biến giữa nồng độ Lugol và thời gian xử lý để xác định ngưỡng phù hợp nhất. Đây chính là lý do khoa học trực tiếp dẫn đến thiết kế thí nghiệm 2 yếu tố nồng độ và thời gian xử lý mảnh tách bằng dung dịch Lugol.

1.3.5.2. Kích thước mảnh tách và loại giá thể

Kích thước mảnh tách có ảnh hưởng ý nghĩa đến tỷ lệ sống của các mảnh cắt san hô con đã được nghiên cứu trên nhiều loài san hô cứng [106-109]. Trên san hô mềm, nghiên cứu của Sella và Benayahu (2010) [11] đã chỉ ra rằng các mảnh cắt *S. glaucum* (6×6 mm) lấy từ phần ngoại vi của phần trên (mũ nấm) và mảnh cắt có số polyp lớn hơn 5 sẽ cho tỷ lệ sống tốt hơn. Chaitanawisuti và Kritsanapuntu (2019) [9] đã tiến hành thí nghiệm ảnh hưởng của các phương pháp gắn giá thể, các mảnh san hô mềm *Sarcophyton* sp. có kích thước 25 mm^2 (5×5 mm) được gắn vào giá thể theo phương pháp xuyên tằm tre cho tỷ lệ sống trung bình cao nhất có ý nghĩa ($93,3 \pm 5,7\%$) so với các phương pháp còn lại. Trong báo cáo của Chang (2020) [13] về ảnh hưởng hệ thống nuôi đến tốc độ tăng trưởng đặc trưng, khối lượng ướt, kích thước của các mảnh cắt san hô mềm *S. glaucum*, tác giả đã sử dụng các mảnh cắt có kích thước đường kính ban đầu khoảng 10 mm gắn trên giá thể là xi măng để tiến hành thí nghiệm.

Aragocrete là giá thể phổ biến được thực hiện bằng cách trộn các phần bằng nhau xi măng Portland và cát aragonit, sau đó đúc lại thành dạng đĩa tròn nhỏ nhám cho các mảnh san hô bám dính. Các đĩa bằng đá sống cũng cho thấy rất phù hợp với san hô thuộc các họ *Acropora*, *Euphyllia*, *Porites* và *Turbinaria* [98], nhưng việc sử dụng đá sống làm tăng nhu cầu khai thác san hô chết [110] nên cũng là vấn đề đang được xem xét, ngoài ra chốt nhựa, ống, neo, ... cũng được xem là phù hợp để làm chân bám cho nhiều loài san hô [111]. Trong các nghiên cứu sinh sản vô tính trên san hô mềm, chất liệu các giá đỡ chủ yếu bằng nhựa [10]; gốm [11, 13].

So sánh các kết quả nghiên cứu về vi nhân giống vô tính trên san hô mềm cho thấy sự tồn tại của một mối quan hệ đánh đổi chưa được giải quyết:

- **Về kích thước:** Xu hướng cắt mảnh siêu nhỏ 5 – 10 mm nhằm tối đa hóa số lượng tập đoàn con [9, 11, 13] thường đi kèm với tỷ lệ hao hụt cao trong giai đoạn

đầu do tỷ lệ diện tích tổn thương/thể tích mô sống quá lớn, làm cạn kiệt nguồn năng lượng dự trữ dành cho quá trình biểu mô hóa. Ngược lại, việc sử dụng mảnh cắt kích thước lớn ($> 5\text{ cm}$) tuy đảm bảo tỷ lệ sống nhưng lại hạn chế hệ số nhân giống và gây xâm lấn quá mức lên tập đoàn bố mẹ ngoài tự nhiên. Do đó, việc xác định “kích thước ngưỡng” để dung hòa giữa tỷ lệ sống, tốc độ bám chân và khả năng tiết kiệm nguồn gen mẹ trên *S. serenei* vẫn là một câu hỏi mở.

- **Về vật liệu giá thể:** Việc sử dụng nền đá san hô tự nhiên [101] đang bị nghiêm cấm do nguy cơ tiếp tay cho khai thác hủy diệt rạn, trong khi giá thể nhựa PVC [10] vừa khó kết dính sinh học vừa tiềm ẩn nguy cơ phát tán vi nhựa. Các vật liệu xây dựng biến tính như xi măng hay gạch men thô đã chứng minh hiệu quả trên san hô cứng, nhưng khả năng kích thích hình thành đĩa bám và tế bào desmocyte của san hô mềm trên các bề mặt này vẫn chưa được kiểm chứng hệ thống.

Do đó, việc nghiên cứu tương tác đồng thời giữa kích thước mảnh tách và loại giá thể nhân tạo là bước đi tất yếu nhằm chuẩn hóa kỹ thuật nhân giống vừa đạt hiệu quả sinh học, vừa mang tính bền vững sinh thái.

1.3.5.3. Ảnh hưởng của thức ăn

Dinh dưỡng là yếu tố quan trọng đối với sự phát triển của san hô mềm, đặc biệt với các loài cộng sinh với tảo zooxanthellae. Zooxanthellae cung cấp đến 95% hợp chất hữu cơ quang hợp cho san hô, đồng thời nhận lại carbon dioxide và các chất dinh dưỡng như amoniac và photphat [112]. Nhờ kết hợp dinh dưỡng quang hợp và dị dưỡng, san hô mềm như *Sarcophyton* phát triển tốt trong điều kiện nuôi cấy nhân tạo. Trong điều kiện nuôi nhân tạo, các nghiên cứu về chế độ dị dưỡng ở san hô chủ yếu dựa trên việc mô phỏng các đặc điểm của môi trường tự nhiên. Thông thường, san hô được cho ăn định kỳ bằng sinh vật phù du thu thập từ biển [113]. Mật độ sinh vật phù du sử dụng trong các thí nghiệm thường dựa trên số liệu ghi nhận tại rạn san hô tự nhiên, dao động từ 350 – 2.260 cá thể lít⁻¹, với giá trị trung bình khoảng 1.316 ± 586 cá thể lít⁻¹ [114, 115]. Dựa trên các giá trị này, mật độ cho ăn thức ăn sống đã thiết lập trong thí nghiệm trên san hô cứng *Acropora intermedia* [116], san hô mềm *S. glaucum* [10]. Tuy nhiên, việc thu thập sinh vật phù du từ môi trường tự nhiên để phục vụ nuôi san hô trong điều kiện nuôi nhốt là khó khả thi. Để khắc phục hạn chế này, luân trùng *Brachionus plicatilis* và ấu trùng *Artemia salina* thường được sử dụng làm nguồn thức ăn thay thế nhờ các ưu điểm như dễ nuôi, có thể làm giàu dinh dưỡng (đặc biệt là axit béo không no) và có kích thước phù hợp với đường kính miệng của các polyp san hô. Ấu trùng nauplii của *Artemia* có kích thước trung bình 400 – 500 μm [117], thích hợp cho các loài san hô có polyp lớn như *Galaxea fascicularis*,

Pocillopora acuta và *Acropora digitifera* [118, 119]. Ngược lại, luân trùng *B. plicatilis* với kích thước nhỏ hơn (120 – 280 μm), khả năng vận động yếu, dễ nuôi ở mật độ cao và có thể điều chỉnh hàm lượng dinh dưỡng thông qua thức ăn [120] là lựa chọn thích hợp cho các loài san hô có polyp nhỏ như *A. intermedia* [116]. Các nghiên cứu cũng cho thấy việc bổ sung thức ăn làm tăng tỷ lệ sống, giảm sự suy giảm hàm lượng Chlorophyll-*a* dưới tác động sốc nhiệt, đồng thời giúp san hô phục hồi nhanh hơn so với các mẫu không được cho ăn [116]. Tuy nhiên, việc bổ sung thức ăn không phải lúc nào cũng cần thiết và có thể gây gia tăng nitơ, photpho hòa tan trong môi trường nước [10].

Nhìn nhận một cách tổng thể dưới góc độ năng lượng sinh học (bioenergetics), sự sống và tăng trưởng của san hô mềm trong điều kiện nuôi nhân tạo chịu sự kiểm soát chặt chẽ bởi hai nguồn năng lượng tương hỗ: nguồn dinh dưỡng quang dưỡng (tự dưỡng qua zooxanthellae) và nguồn dinh dưỡng dị dưỡng (bắt mồi qua polyp) [10, 112].

Tuy nhiên, các công bố hiện tại bộc lộ sự mâu thuẫn lớn về hiệu quả bổ sung thức ăn dị dưỡng: một số nghiên cứu khẳng định cho ăn giúp thúc đẩy tăng trưởng và chống chịu tẩy trắng [116], trong khi nhiều nghiên cứu khác chứng minh việc cho ăn không tạo ra khác biệt, thậm chí gây suy giảm chất lượng nước và làm giảm tốc độ sinh trưởng [10, 11]. Bản chất của mâu thuẫn này nằm ở sự không tương thích giữa kích thước cơ thể con mồi với cấu trúc giải phẫu của polyp. Loài *S. serenei* có đặc thù polyp bán co rút với các xúc tu ngắn [16], do đó việc xác định liệu loài này có khả năng bắt giữ các loại thức ăn phổ biến (luân trùng cỡ nhỏ vs. *Artemia* cỡ lớn) hay hoàn toàn dựa vào tự dưỡng vẫn chưa có câu trả lời thực nghiệm.

1.3.5.4. Ảnh hưởng của ánh sáng

Ánh sáng là yếu tố quyết định hiệu suất quang hợp của zooxanthellae và ảnh hưởng trực tiếp đến sinh trưởng của san hô mềm. Cường độ ánh sáng không phù hợp có thể làm suy giảm mật độ zooxanthellae, ảnh hưởng tiêu cực đến sinh trưởng và tỷ lệ sống của san hô [12]. Kết quả nghiên cứu cho thấy *Sclerophyllum flexibile* (*Sinularia flexibilis*) đạt mật độ zooxanthellae cao nhất khi được chiếu sáng ở cường độ 80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ [121]. Kết quả của một nghiên cứu khác, cũng cho thấy kết quả tương tự trên *Sarcophyton cf. glaucum*, với mật độ zooxanthellae giảm khi cường độ ánh sáng tăng lên 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ so với các mẫu ở mức dưới 80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ [12]. Các nghiên cứu khác trên *S. glaucum* cũng xác định khoảng cường độ ánh sáng tối ưu dao động từ 35 – 130 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ [11] hoặc khoảng 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ [10]. Chang (2020) [13] khi nuôi thử nghiệm loài này ở hai mức 100 và 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ đã nhận

thấy san hô phát triển tốt hơn ở cường độ $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Ngoài ra, sự khác biệt về tỷ lệ khối lượng hữu cơ giữa các nghiệm thức khi kết hợp hai loại quang phổ (ánh sáng trắng và xanh) với các mức cường độ ánh sáng 50 và $120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ cũng đã được ghi nhận [10]. Gần đây, Dong và cs. (2023) [122] xác định mức cường độ ánh sáng tối ưu cho sự phát triển của *S. trocheliophorum* là $80 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ trong khoảng khảo sát $30 - 130 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Mặc dù nhiều nghiên cứu đã ghi nhận cường độ ánh sáng dưới 80; 100 hay $120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ là phù hợp cho một số loài san hô mềm, nhưng ảnh hưởng của yếu tố này đến khả năng tách mảnh và sinh trưởng của *S. serenei* vẫn chưa được xác định. Do mỗi loài có ngưỡng sinh thái riêng, việc đánh giá phản ứng của *S. serenei* dưới các mức ánh sáng thấp hơn 80 và cao hơn $120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ là cần thiết nhằm xác định điều kiện chiếu sáng tối ưu cho nuôi dưỡng và nhân giống loài này.

Các nghiên cứu hiện tại về sinh sản vô tính ở san hô mềm chủ yếu tập trung vào các loài như *S. glaucum* hay *Sclerophyllum flexibile* [9, 11, 12, 121]. Các nghiên cứu trên giống *Sarcophyton* ghi nhận ngưỡng sáng tối ưu rất rộng, dao động phân tán từ 35 đến $130 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ tùy loài [11, 13]. Ánh sáng dưới ngưỡng sẽ khiến san hô thiếu hụt năng lượng hữu cơ, nhưng ánh sáng vượt ngưỡng sẽ nhanh chóng gây stress quang hóa, phá hủy phức hệ diệp lục a và giải phóng các gốc oxy hóa tự do (ROS) làm thoái dưỡng mô [12]. Việc xác định một “điểm cân bằng quang sinh học” – nơi mật độ zooxanthellae và hàm lượng Chlorophyll-a phục hồi nhanh nhất sau tổn thương phân mảnh – chính là luận cứ khoa học để triển khai nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của cường độ ánh sáng đến quá trình sinh sản vô tính loài san hô mềm *S. serenei*.

1.4. Tổng quan tình hình nghiên cứu trong nước

Các nghiên cứu tại Việt Nam trước đây đang tập trung về số lượng và thành phần loài san hô [17, 123-125], một số đặc điểm sinh học của san hô trong điều kiện tự nhiên và nuôi giữ [126], thành phần hóa học và khảo sát hoạt tính sinh học san hô mềm *Sinularia dissecta* [127], thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của hai loài san hô mềm *S. pauciplicatum* và *Sinularia cruciata* [128], các thành phần hóa học từ san hô mềm [129] hoặc các nghiên cứu về các chủng vi khuẩn kháng vi khuẩn gây bệnh cho san hô [130].

Các nghiên cứu điều tra về thành phần loài và phân bố của phân lớp san hô tám ngón (Octocorallia), đặc biệt là nhóm san hô mềm (bộ Malacalcyonacea), đã ghi nhận tại Việt Nam mức độ đa dạng sinh học tương đối cao với khoảng hơn 100 loài san hô mềm thuộc các họ chính như Alcyoniidae (nay là Sarcophytidae),

Nephtheidae, Xeniidae... phân bố dọc từ vùng biển ven bờ miền Trung đến các đảo tiền tiêu phía Nam. Riêng tại khu vực biển Nam Trung Bộ và vịnh Nha Trang – nơi được đánh giá là một trong những trung tâm đa dạng loài sinh vật biển cao nhất cả nước – các công trình khảo sát chuyên sâu của Dautova & Savinkin (2013) [14] và Hoàng Xuân Bền (2025) [21] đã ghi nhận sự hiện diện của hơn 70 loài san hô mềm. Trong đó, chỉ riêng họ Alcyoniidae (Sarcophytidae) ở vịnh Nha Trang đã định danh được khoảng 50–52 loài thuộc các giống chiếm ưu thế như *Sinularia*, *Sarcophyton*, *Lobophytum* và *Cladiella*. Riêng giống *Sarcophyton* tại vịnh Nha Trang đã ghi nhận ít nhất 10–12 loài cùng tồn tại, bao gồm các loài phổ biến như *S. serenei*, *S. glaucum*, *S. trocheliophorum*, *S. crassocaule* và *S. elegans*.

Ngoài ra, nghiên cứu về đặc điểm sinh học của san hô bắt đầu được chú ý quan tâm, làm cơ sở bước đầu cho những nghiên cứu về sinh sản nhân tạo đối tượng này. Đặc điểm sinh học sinh sản của một số loài san hô cứng *Acropora florida*, *A. robusta*, và *A. hyacinthus* ở Vịnh Nha Trang đã được nghiên cứu bởi Vo Si Tuan và cs. (2022) [6]. Kết quả nghiên cứu đã xác định mùa sinh sản của các loài *Acropora florida*, *A. robusta* và *A. hyacinthus* dựa trên sự phát triển sinh dục và thay đổi kích thước trứng kết quả cho thấy, thời kỳ thành thực sinh dục và tham gia sinh sản không đồng đều ở các loài này. Cụ thể, *A. florida* và *A. robusta* bắt đầu sinh sản trước trăng tròn và kết thúc sau đó, trong khi *A. hyacinthus* bắt đầu sinh sản sau trăng tròn và kéo dài đến trăng khuyết. Một nghiên cứu khác của Vo Si Tuan và cs. (2022) [7] cũng ghi nhận trứng trưởng thành trong các nhánh polyp của *A. florida* và *A. robusta*, với các đợt sinh sản diễn ra từ 6 – 8 đêm sau trăng tròn vào đầu tháng 4 năm 2018 và từ 2 – 3 đêm sau trăng tròn đối với *A. robusta* vào tháng 3 năm 2019. Các tập đoàn san hô *A. hyacinthus* có thể đã sinh sản trong khoảng thời gian từ 6 – 11 đêm sau trăng tròn vào tháng 3 năm 2019. Ngược lại, loài *Dipsastraea pallida* có thời gian sinh sản muộn hơn, kéo dài từ cuối tháng 4 đến đầu tháng 5, với các đợt sinh sản diễn ra từ 4 – 5 đêm sau trăng tròn vào tháng 4 năm 2019. Các kết quả này cho thấy quá trình sinh sản của san hô ở vịnh Nha Trang không đồng nhất và kéo dài từ tháng 3 đến tháng 5.

Gần nay, Viện Hải dương học đã tiến hành một số nghiên cứu về sinh sản vô tính san hô mềm [69, 131]. Trong nghiên cứu của Đào Thị Ngọc Ngọc và cs. [131], nhóm tác giả đã khảo sát ảnh hưởng của ba loại giá thể (san hô chết, gạch nung, và gạch xi măng) lên san hô mềm *Sinularia* sp. và *Cladiella* sp. trong hệ thống bể tuần hoàn không bổ sung thức ăn suốt 90 ngày. Kết quả cho thấy giá thể san hô chết mang lại thời gian bám chân nhanh nhất, với *Sinularia* sp. đạt $13,5 \pm 2,19$ ngày và *Cladiella* sp. đạt $12,53 \pm 0,72$ ngày, sự khác biệt này có ý nghĩa so với các giá thể khác. Mặc dù không có sự khác biệt về tốc độ tăng trưởng giữa các giá thể, nhưng tỷ lệ sống của

Sinularia sp. lại có sự sai khác có ý nghĩa thống kê, đạt giá cao nhất trên giá thể san hô chết ($93,33 \pm 6,67 \%$) và thấp nhất trên gạch nung ($46,67 \pm 6,67 \%$). Trong khi đó, tỷ lệ sống của *Cladiella* sp. không khác biệt đáng kể giữa các nghiệm thức. Nghiên cứu khác của Dang Tran Tu Tram (2023) [69] đã tập trung đánh giá ảnh hưởng của kích thước mảnh cắt ($0,5 \times 0,5$ cm; $1,0 \times 1,0$ cm; $1,5 \times 1,5$ cm; $2,0 \times 2,0$ cm; $2,5 \times 2,5$ cm) đến tỷ lệ sống, tốc độ tăng trưởng và thời gian bám giá thể của san hô mềm *Sarcophyton* sp. trong hệ thống tuần hoàn. Kết quả cho thấy kích thước mảnh cắt chưa phát hiện khác biệt có ý nghĩa trong điều kiện thí nghiệm này đến tăng trưởng của đường kính đĩa miệng, đường kính chân đế và thời gian bám giá thể. Tuy nhiên, kích thước của mảnh ảnh hưởng đến tỷ lệ sống sót, tăng trưởng chiều cao và khối lượng của các đàn *Sarcophyton* sp. Nghiên cứu này chỉ ra kích thước mảnh là 1,5 cm phù hợp cho *Sarcophyton* sp. trong sinh sản vô tính bằng cách phân mảnh ở điều kiện thực nghiệm. Đến nay, những thông tin về loài san hô mềm *S. serenei* ở Việt Nam mới dừng lại ở vấn đề 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 năm 2022 đến tháng 10 năm 2025.

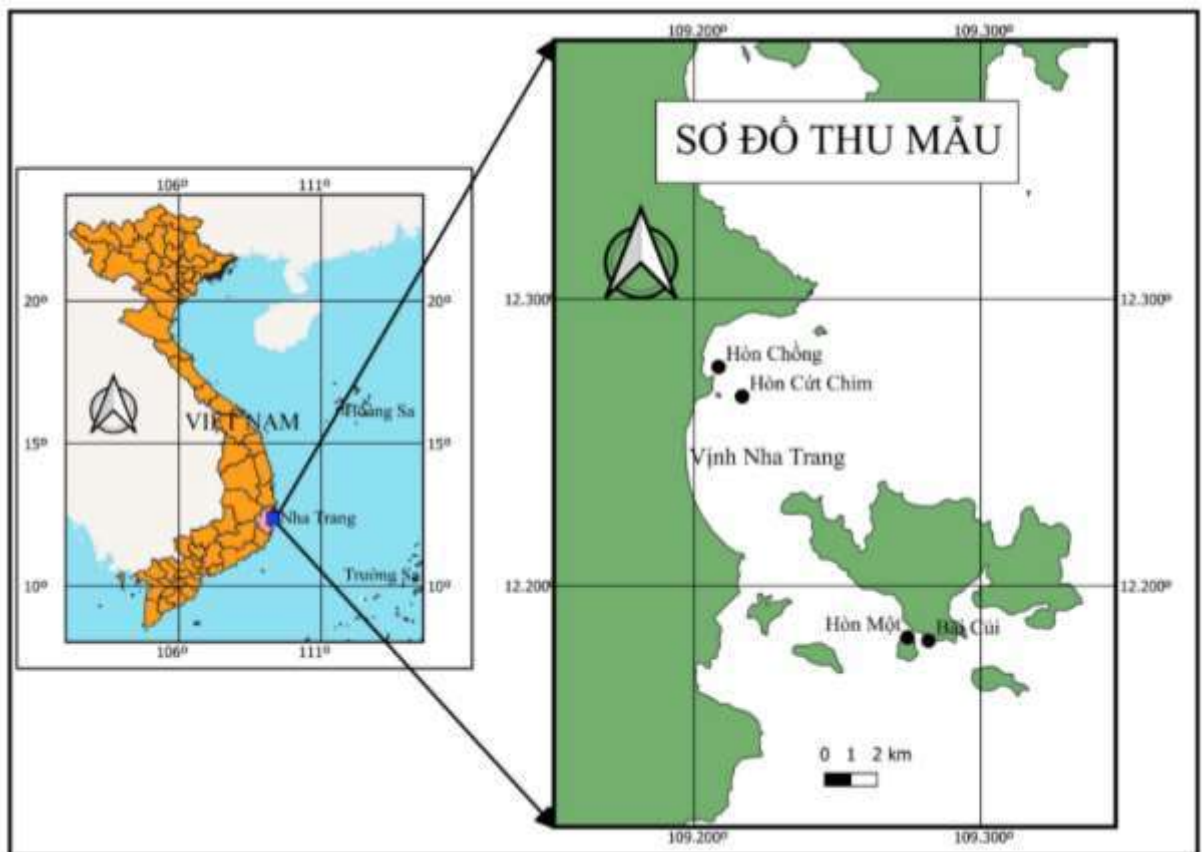
Bảng 2.1. Thông tin các mốc thời gian thực hiện chính của luận án

STT	Nội dung triển khai	Thời gian (tháng, năm)
1	Xây dựng kế hoạch, xin kinh phí nghiên cứu	11/2022 – 4/2023
2	Khảo sát sơ bộ xác định phân bố loài san hô mềm <i>S. serenei</i>	5 – 6/2023
3	Nghiên cứu một số đặc điểm sinh học của loài san hô mềm <i>S. serenei</i>	7/2023 – 8/2024
4	Nghiên cứu ảnh hưởng của Lugol và thời gian xử lý mảnh tách	7 – 10/2023
5	Nghiên cứu ảnh hưởng của giá thể và kích thước mảnh tách	1 – 5/2024
6	Nghiên cứu ảnh hưởng của thức ăn và chế độ cho ăn	7 – 12/2024
7	Nghiên cứu ảnh hưởng của cường độ ánh sáng	3 – 8/2025

2.1.3. Địa điểm nghiên cứu

– Địa điểm thu mẫu: Các địa điểm lấy mẫu được lựa chọn dựa trên các ghi nhận về phân bố loài này trước đây [14, 15] và dựa vào thực trạng phân bố hiện tại (dựa trên cuộc khảo sát sơ bộ từ tháng 5 – tháng 6 năm 2023 (tiền trạm) được tiến hành trên vịnh Nha Trang, trải dài từ phía bắc Hòn Chồng đến phía nam Hòn Tre, sử dụng phương pháp Manta Tow để xác định các khu vực có sự xuất hiện của các tập đoàn san hô mềm thuộc giống *Sarcophyton* có hình thái bên ngoài giống với loài san hô mềm *S. serenei*). Khảo sát được tiến hành bởi hai chuyên gia với sự hỗ trợ của các thiết bị chuyên dụng. Các chuyên gia được thuyền kéo dọc theo khu vực rạn khảo sát

ở tốc độ 3–5 km giờ⁻¹. Mỗi lượt kéo kéo dài 2 phút, sau đó thuyền dừng lại để ghi nhận số liệu quan sát trên phiếu chống thấm nước, tổng có 32 tuyến được kéo. Tọa độ các điểm dừng được xác định bằng máy định vị cầm tay (GPS) và lưu trữ phục vụ công tác phân tích [132]. Dựa trên cơ sở này, các khảo sát tiếp theo được tiến hành nhằm thu mẫu và phân tích các tập đoàn thuộc loài san hô mềm *S. serenei*. Đối với mỗi tập đoàn nghi ngờ thuộc loài *S. serenei*, tối thiểu hai mẫu lặt được thu thập để phục vụ phân tích hình thái phân loại và đặc điểm sinh học sinh sản. Kết quả khảo sát sơ bộ bằng phương pháp Manta Tow cho thấy mật độ phân bố của *S. serenei* tại khu vực Hòn Một và Bãi Củi rất thấp. Do đó, vùng rạn từ Hòn Cút Chim (12°15'55.9"N - 109°13'29.3"E) đến Hòn Chồng (12°17'11.0"N - 109°13'15.0"E) được lựa chọn làm khu vực thu mẫu chính nhờ sự hiện diện ưu thế và tập trung của các tập đoàn nghiên cứu.



Hình 2.1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu

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

2.1.4. Thời điểm thu mẫu

Định kỳ vào ngày trăng tròn hàng tháng từ tháng 8 năm 2023 đến tháng 7 năm 2024, tiến hành thu mẫu môi trường kết hợp với thu mẫu sinh học sinh sản của san

hồ thí nghiệm tại các điểm kéo dài từ Hòn Cút Chim đến khu vực Hòn Chồng thuộc vịnh Nha Trang. Các đợt thu mẫu thực địa trong mùa mưa năm 2023 được tiến hành trong điều kiện thủy văn và thời tiết biển ổn định, đảm bảo tính liên tục của chuỗi số liệu quan trắc.

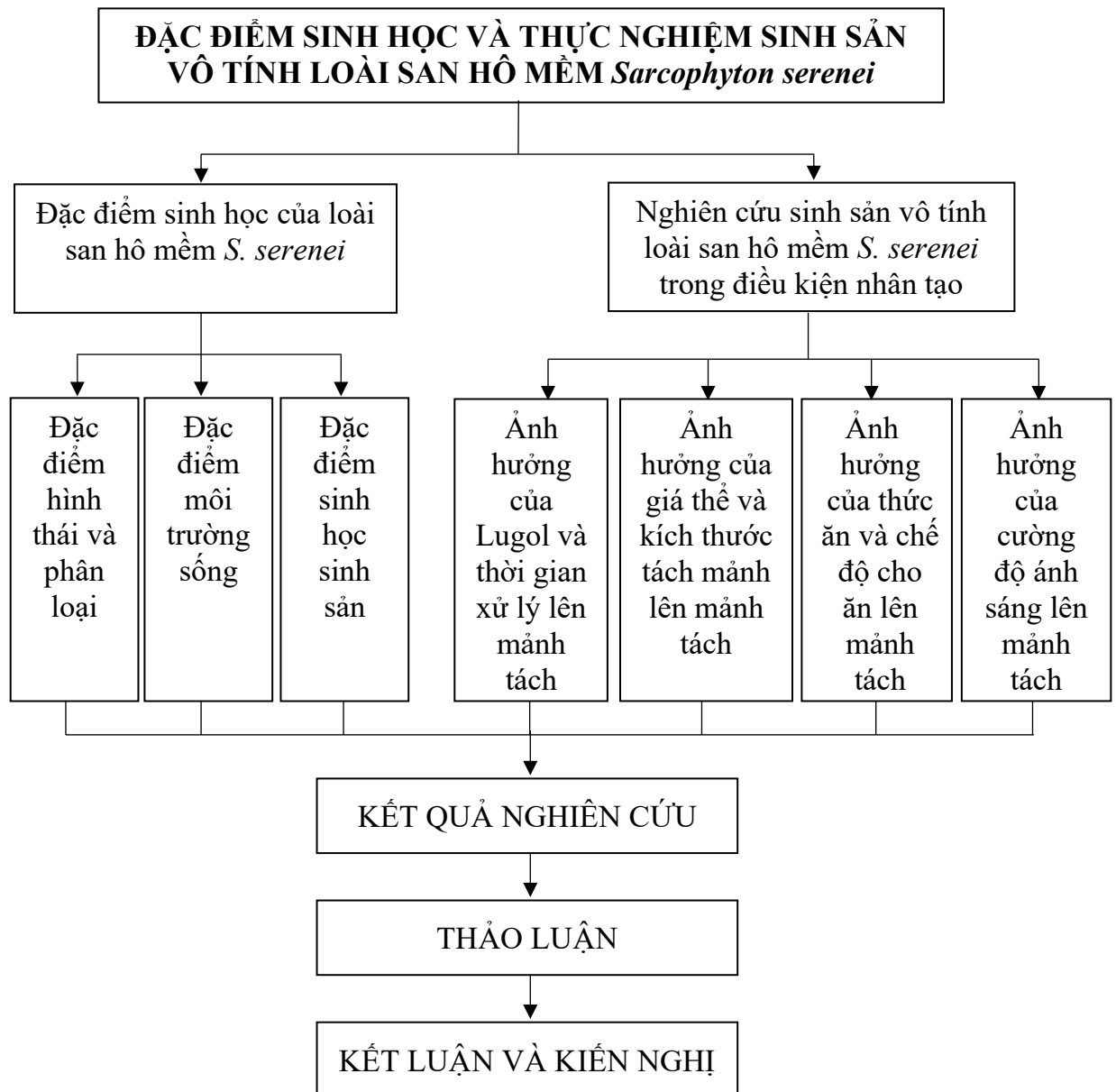
- Các tập đoàn san hô mềm *S. serenei* được thu thập ngẫu nhiên tại các rạn san hô thuộc khu vực từ Hòn Cút Chim đến Hòn Chồng, ở độ sâu khoảng 5 – 8 m. Để giảm thiểu nguy cơ lấy mẫu từ các cá thể có quan hệ dòng vô tính hoặc cùng kiểu gen, các tập đoàn được lựa chọn cách nhau tối thiểu 10 m. Khoảng cách này thường được áp dụng trong các nghiên cứu sinh thái và di truyền quần thể san hô nhằm hạn chế hiện tượng giả lặp sinh học (pseudoreplication), từ đó nâng cao tính độc lập của mẫu và độ tin cậy của các phân tích tiếp theo.

- Các yếu tố môi trường: độ đục, nhiệt độ, độ mặn, ánh sáng, DO... được thu thập ở độ sâu từ 6 đến 7 m nước vào lúc 9 đến 10 giờ sáng (2 điểm thu mẫu).

Bảng 2.2. Thông tin thu mẫu đặc điểm sinh học sinh sản và các yếu tố môi trường

TT	Ngày tháng thu mẫu	Σ mẫu san hô thu	Σ mẫu môi trường	Thủy triều lên (+)/xuống (-)	Thời gian (h)	Độ sâu (m)
1	16/8/2023	20	2	—	09	5 – 7
2	20/9/2023	20	2	+	09	6 – 8
3	26/10/2023	20	2	—	09	5 – 7
4	29/11/2023	20	2	+	10	6 – 8
5	27/12/2023	20	2	+	09	6 – 8
6	24/1/2024	20	2	+	10	6 – 8
7	22/2/2024	20	2	+	9	6 – 8
8	17/3/2024	20	2	+	9	6 – 8
9	20/3/2024	20	2	+	9	6 – 8
10	23/3/2024	20	2	+	9	6 – 8
11	27/3/2024	20	2	+	9	6 – 8
12	30/3/2024	20	2	+	9	6 – 8
13	22/4/2024	20	2	+	10	6 – 8
14	22/5/2024	40	2	—	09	5 – 7
15	17/6/2024	40	2	—	09	5 – 7
16	19/7/2024	40	2	—	09	5 – 7

2.2. Phương pháp nghiên cứu



Hình 2.2. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu

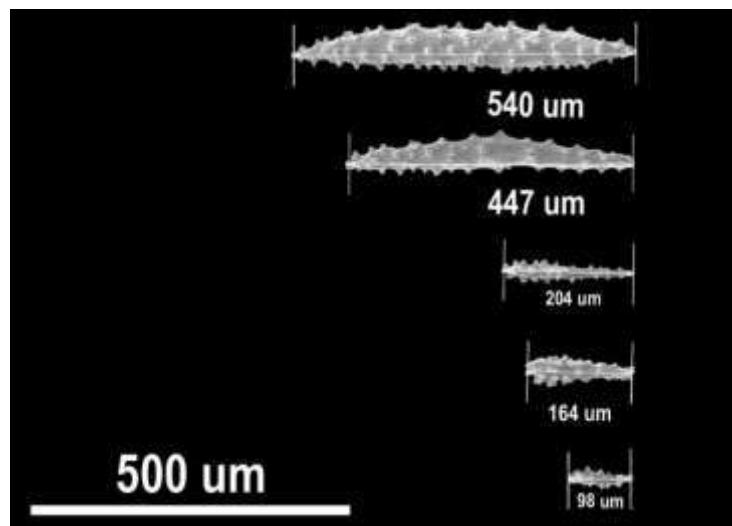
2.2.1. Nội dung 1: Đặc điểm sinh học của loài san hô mềm *S. serenei*.

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

Đặc điểm hình thái

Hình thái bên ngoài của các mẫu san hô mềm *S. serenei* được ghi nhận tại hiện trường bằng máy ảnh dưới nước Ricoh WG-6. Các mô tả bên ngoài về màu sắc, hình dạng tập đoàn, polyp, thân, mũ phân tích theo các từ khóa phân loại được mô tả bởi Tixier–Durivault (1958) [16], Verseveldt (1982) [28], Dautova và Savinkin (2013) [14].

Tổng 35 mẫu của tập đoàn san hô mềm *S. serenei* được thu thập và được bảo quản trong dung dịch ethanol 70%. Để mô tả hình thái trầm xương, các trầm xương này được thu bằng cách hòa tan các mô trong 10% natri hypochlorite, sau đó rửa sạch trong nước ngọt theo Bayer và cs. (1983) [133]. Các trầm xương được rửa bằng nước cất hai lần và kiểm tra bằng kính hiển vi quang học Olympus CX31. Khoảng 30 trầm xương của mỗi loại của các phần trên tập đoàn san hô (vỏ mũ, polyp, vỏ thân, mô thân, v.v.), được chụp và đo trực tiếp dưới kính hiển vi quang học bằng phần mềm của camera gắn trên kính hiển vi Olympus BX51 nối với máy vi tính. Sau khi kiểm tra trên kính hiển vi quang học, các mẫu trầm xương của san hô có hình dạng, kích thước tương tự san hô mềm *S. serenei* được gửi mẫu đến Viện Vệ sinh Dịch tễ Trung ương và Trung tâm Công nghệ Sinh học Tp. Hồ Chí Minh để kiểm tra phân tích kính hiển vi điện tử quét SEM.



Hình 2.3. Kích thước của trầm xương

Nội dung 1.2. Đặc điểm môi trường sống của loài san hô mềm *S. serenei*.

Các thông số pH, nhiệt độ, độ mặn, độ đục được xác định ngay tại hiện trường bằng thiết bị đo chất lượng nước đa thông số (YSI ProDSS–Digital Sampling System, code: 626911–20) (với sai số lần lượt là 0,2; 0,2 °C; 1 ‰; 2 ‰; 0,3); ánh sáng được đo ngay trên bề mặt rạn san hô bằng thiết bị HOBO Data Logger (Onset US–002–64) (đo 1 lần tại 1 địa điểm).

Hàm lượng amoni (NH_4^+) được xác định bằng phương pháp so màu Indophenol Blue (Indophenol Blue Spectrophotometric Method) [134], dựa trên phản ứng của ion amoni với natri hypoclorit và phenol dưới sự xúc tác của natri nitroprussit để tạo thành phức chất indophenol có màu xanh đặc trưng đo quang ở bước sóng 640 nm.

Hàm lượng nitrat (NO_3^-) được xác định bằng phương pháp khử trên cột Cadimi–Đồng (Cadmium-Copper Reduction Method) theo [134], trong đó nitrat được khử định lượng thành nitrit (NO_2^-) khi đi qua cột chứa hợp kim cadimi tráng đồng, sau đó tạo màu với sulfanilamide và N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride (NED) để tạo phức chất azo đo quang ở bước sóng 543 nm.

Chỉ số oxy hóa học theo pemanganat (COD/ Chỉ số Pemanganat): Mẫu nước được cố định tại hiện trường bằng dung dịch H_2SO_4 (1:1 $\approx$ 49 %) đưa pH về 1–2. Nhu cầu oxy hóa học được xác định bằng **phương pháp chuẩn độ Pemanganat trong môi trường axit đun sôi** theo tiêu chuẩn **TCVN 6186:1996 (tương đương ISO 8467:1993)**. Hàm lượng chất hữu cơ dễ bị oxy hóa trong mẫu phản ứng với một lượng dư chính xác kali pemanganat (KMnO_4) trong điều kiện đun sôi với axit sunfuric; lượng pemanganat dư sau phản ứng được hoàn nguyên bằng lượng dư dung dịch chuẩn natri oxalate ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) và chuẩn độ ngược bằng KMnO_4 . Lượng chất hữu cơ được tính toán quy đổi tương đương theo lượng oxy tiêu tốn ($\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$).

DO được cố định bằng hoá chất MnCl_2 (3M) và KI (3M) /NaOH (8N) và được phân tích theo phương pháp Winkler [134] (phân tích 1 mẫu tại 1 địa điểm).

Nội dung 1.3. Đặc điểm sinh học sinh sản của loài san hô mềm *S. serenei*.

Phương pháp thu mẫu:

Mẫu san hô mềm *S. serenei* được thu thập với sự hỗ trợ của thợ lặn sử dụng khí tài SCUBA, bằng cách cắt các mảnh san hô từ các tập đoàn và mang về phòng thí nghiệm. Trong đợt thu mẫu đầu tiên (tiền trạm), tổng cộng 20 tập đoàn được thu ngẫu nhiên từ Hòn Cút Chim đến khu vực Hòn Chông. Tại phòng thí nghiệm, mẫu được lấy từ các vị trí khác nhau trên mỗi tập đoàn, bao gồm tâm đĩa miệng, các điểm cách 1/3 và 2/3 chiều dài từ tâm đến rìa ngoài của tập đoàn. Mục tiêu là đánh giá sự hiện diện và tần suất bắt gặp của tuyến sinh dục, từ đó xác định vị trí thu mẫu trên tập đoàn cho các đợt thu mẫu sau. Để giảm thiểu tổn thương cho tập đoàn san hô, trong các đợt thu mẫu tiếp theo, chúng tôi chỉ cắt các mảnh có kích thước 4 cm, làm cơ sở để xác định các thông số cơ bản về sinh học sinh sản của *S. serenei* trong suốt thí nghiệm.

Các mẫu thu thập được được đánh giá trực quan tại hiện trường mỗi tháng 1 lần (ghi lại màu sắc, đặc điểm có thể nhận thấy của trứng). Khi hơn 50% số trứng trong một polyp có dấu hiệu trưởng thành về mặt sinh dục (màu chuyển từ trắng sang các sắc thái khác như hồng, cam hoặc đỏ), tần suất lấy mẫu được tăng lên ba ngày/lần. Quá trình này tiếp tục cho đến khi không còn trứng trưởng thành (không còn bắt gặp trứng có màu) nào được quan sát thấy trong các polyp.

Cố định và bảo quản: Các mảnh san hô được cắt ra từ các tập đoàn mẹ, sau đó được rửa bằng nước biển để loại bỏ chất bám trên bề mặt. Mẫu san hô sau khi rửa được bảo quản trong dung dịch formalin 10% pha loãng với nước biển ít nhất trong 24 giờ, sau đó chuyển sang ethanol 70% để bảo quản cho đến khi phân tích [135] .

Xác định giới tính và tỷ lệ đực cái: Các tập đoàn san hô mềm *S. serenei* trong khu vực nghiên cứu được thu ngẫu nhiên. Giới tính được xác định dựa trên sự hiện diện của trứng hoặc túi tinh. Tỷ lệ đực cái được tính toán theo phương pháp của Fowler và cs. (2013) [136] như sau:

$$\text{Tỷ lệ cá thể đực} = (a/c) \times 100(\%)$$

$$\text{Tỷ lệ cá thể cái} = (b/c) \times 100(\%)$$

$$\text{Tỷ lệ đực cái} = 1:(b/a)$$

Trong đó: a: số cá thể đực,
 b: số cá thể cái,
 c: tổng số mẫu.

Sự phân bố giới tính được kiểm định tính độc lập với phân bố lý thuyết (1:1) bằng phương pháp Chi-square.

Xác định kích thước, các giai đoạn phát triển của noãn bào và tinh sào:

- Các mẫu san hô mềm *S. serenei* bảo quản trong ethanol 70% được làm sạch bằng nước cất và xử lý để khử canxi.

- Mẫu nghiên cứu được khử can xi theo kỹ thuật sau: Các mẫu san hô được rửa formalin bằng nước cất sau đó ngâm trong dung dịch axit formic 0,5% một khoảng thời gian cho đến khi không còn nhìn thấy bọt khí thoát ra; tiếp tục chuyển sang ngâm trong dung dịch HCl với nồng độ cao hơn, lần lượt tăng dần 1%, 1,5%, 2%, 2,5%... cho đến khi chuyển mẫu sang nồng độ cao hơn mà vẫn không thấy bọt khí xuất hiện thì dừng lại. Rửa mẫu bằng nước cất, sau đó trung hòa lượng acid dư bằng dung dịch ethanol 80%; bảo quản mẫu trong dung dịch ethanol 70% để cắt mô học.

- Sau khi khử canxi, mẫu được đặt lên lam kính và cắt dọc theo chiều của mảnh san hô bằng dao giải phẫu. Tuyến sinh dục ở từng polyp san hô được quan sát dưới kính soi nổi (Kruss MSZ 5000-T-IL-TL, Germany), đồng thời xác định sự xuất hiện của trứng hoặc túi tinh để phân biệt cá thể đực và cái. Các mẫu được chụp ảnh để đo kích thước trứng, sau đó kích thước được xác định bằng phần mềm xử lý ảnh ImageJ. Giá trị kích thước được tính theo căn bậc hai của tích giữa đường kính dài nhất và đường kính ngắn nhất theo phương vuông góc của trứng và túi tinh [137].

- Sau khi xác định kích thước của trứng/túi tinh, hai nhóm mẫu san hô được ghi chú các đặc điểm (chia nhóm đực—cái riêng biệt) và cắt tiêu bản mô học nhằm đối chiếu với nhận định ban đầu.

- Thực hiện việc làm tiêu bản với một số mẫu san hô theo quy trình gồm: Rửa mẫu bằng nước cất; Dùng máy cắt lát mô (rotary microtome) cắt lát mỏng có chiều dày từ 5 – 7 μm và cho phần mô vừa cắt lên lam kính; Rửa mẫu 2 lần bằng dung dịch Xylene, mỗi lần từ 3 – 5 phút; Rửa mẫu bằng ethanol 90% và ethanol 70% sau đó rửa lại bằng nước cất; Nhuộm mẫu bằng dung dịch Hematoxylin từ 3 – 5 phút, sau đó rửa sạch phẩm nhuộm bằng nước cất, ethanol 90%, nước cất, cho mẫu thấm dung dịch Ammoniac sau đó rửa lại bằng nước cất và ethanol 90%, nhuộm mẫu bằng thuốc nhuộm Eosin trong khoảng từ 1 – 2 phút; Làm mất nước bằng ethanol 75%, ethanol 90% và cồn tuyệt đối, mỗi bước từ 1 – 2 phút; Rửa mẫu 2 lần bằng dung dịch Xylene, mỗi lần từ 2 – 3 phút; Gắn lammel và ghi nhãn, và xếp theo thứ tự. Các tiêu bản được quan sát dưới kính hiển vi Olympus CX 35 (Nhật Bản) và được chụp bằng máy ảnh Canon Powershot A2200.

- Các giai đoạn phát triển của trứng và túi tinh được mô tả dựa trên sự gia tăng kích thước và sự xuất hiện của nhân, sử dụng thang phân loại 4 bậc của Glynn và cs. (1991) [138].

Mùa vụ sinh sản: Mùa vụ sinh sản được xác định dựa trên thời điểm mà đa số tập đoàn ($\geq 50\%$) có tuyến sinh dục ở giai đoạn thành thực.

Sức sinh sản tuyệt đối: Sức sinh sản tuyệt đối được xác định bằng tổng số trứng hiện diện trong mỗi polyp ở giai đoạn thành thực. Trong nghiên cứu này, 30 mẫu san hô cái thành thực được lựa chọn làm đối tượng phân tích. Từ mỗi mẫu, ba polyp được lấy ngẫu nhiên, sau đó tách ra để tiến hành quan sát và đếm số trứng dưới kính soi nổi MSZ 500.

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

Chuẩn bị san hô gốc trong nghiên cứu sinh sản vô tính:

Số lượng tập đoàn san hô mềm *S. serenei* thu đối với Nội dung 2.1, 2.2, 2.3 và 2.4 lần lượt là 25, 30, 25, 25 tập đoàn. San hô có màu sắc tự nhiên, khỏe mạnh, không bị rách xước, có kích thước từ 20 – 30 cm. San hô mềm được làm sạch và nuôi thuần dưỡng trong bể 500 lít chảy tràn liên tục đặt ngoài trời khi mới mang về. Sau 7 ngày thuần dưỡng, lựa chọn các tập đoàn san hô gốc khỏe mạnh, cùng một loài và có các polyp bung mở, không bị các đốm trắng hoặc đen trên bề mặt để tiến hành phân mảnh.

Nhằm đảm bảo tính đại diện sinh học và loại trừ hoàn toàn nguy cơ giả lập bắt nguồn từ ảnh hưởng của tập đoàn gốc, các mảnh san hô được tạo ra theo nguyên tắc phân bố cân bằng và ngẫu nhiên có khối. Cụ thể, mỗi tập đoàn bố mẹ độc lập (được thu cách nhau ≥ 10 m ngoài tự nhiên để bảo đảm tính độc lập di truyền) được phân mảnh thành các phần bằng nhau, sau đó các mảnh từ cùng một tập đoàn mẹ được phân bố đều vào tất cả các nghiệm thức và các lần lặp lại, thay vì bố trí toàn bộ mảnh của một tập đoàn vào cùng một nghiệm thức. Bằng cách này, mỗi lần lặp lại sinh học đều chứa đại diện của các tập đoàn mẹ khác nhau, tránh sự sai lệch do đặc tính riêng lẻ của từng tập đoàn gốc.

Thiết lập hệ thống bể thí nghiệm tuần hoàn trong sinh sản vô tính:

- Đối với Nội dung 2.1, 2.2 và 2.3: Hệ thống thí nghiệm bao gồm 06 bể nuôi lớn 528 lít (dài 2,2 m $\times$ rộng 0,6 m $\times$ cao 0,4 m) được có gắn với 03 hệ thống lọc tuần hoàn (thể tích lọc 500 lít). Đáy bể nuôi gồm 1 lớp cát sỏi san hô (có kích thước 0,3 – 1,5 cm) dày 5 – 8 cm làm chất nền. Các mẫu san hô được sắp xếp ngẫu nhiên trong bể thí nghiệm; sau đó, vị trí các nghiệm thức được xác định thông qua sự kết hợp giữa các hàm SORTBY và RANDARRAY của Excel nhằm bảo đảm tính ngẫu nhiên trong bố trí thí nghiệm.

- Hệ thống bể được đặt ngoài trời, sử dụng ánh sáng tự nhiên có cường độ không vượt quá $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, có sử dụng lưới che để điều chỉnh cường độ ánh sáng phù hợp).

- Đối với Nội dung 2.4: Hệ thống thí nghiệm bao gồm 15 bể kính có dung tích 200 lít (chứa 160 lít nước) (dài 0,8 m $\times$ rộng 0,5 m $\times$ cao 0,5 m) có gắn hệ thống lọc tuần hoàn (thể tích lọc 500 lít). Đáy bể nuôi gồm 1 lớp cát sỏi san hô (có kích thước 0,3 – 1,5 cm) dày 5 – 8 cm làm chất nền. Hệ thống bể được đặt trong nhà có mái che để sử dụng hệ thống đèn chiếu sáng.

Theo dõi và duy trì các chỉ số môi trường thí nghiệm:

Nhiệt độ nước được duy trì trong khoảng 26 – 28 °C (sai số $\pm 0,5$ °C) bằng máy làm lạnh nước gồm bộ phận ngoài trời (Casper, Thái Lan) và bộ phận trong nhà làm từ ống titan (Hàn Quốc, công suất 2HP), pH và độ mặn được đo hàng ngày một lần bằng bút đo pH AD12 (sai số $\pm 0,01$ pH) và tỷ trọng kế (sai số ± 1 ‰). Độ mặn duy trì ổn định trong mức 33 – 35 ‰ bằng việc thay nước 50% mỗi tuần. Vệ sinh, dọn tảo bám quanh bể thí nghiệm 2 tuần/lần. Cường độ ánh sáng tại vị trí đặt san hô được đo bằng thiết bị Apogee MQ200 (serial*4735) (sai số $\pm 5\%$). Thí nghiệm được bố trí trong hệ thống nuôi có mái che, các thông số môi trường được duy trì ổn định trong suốt quá trình thí nghiệm, cụ thể: pH 8,0 – 8,3; $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+ < 0,01$.

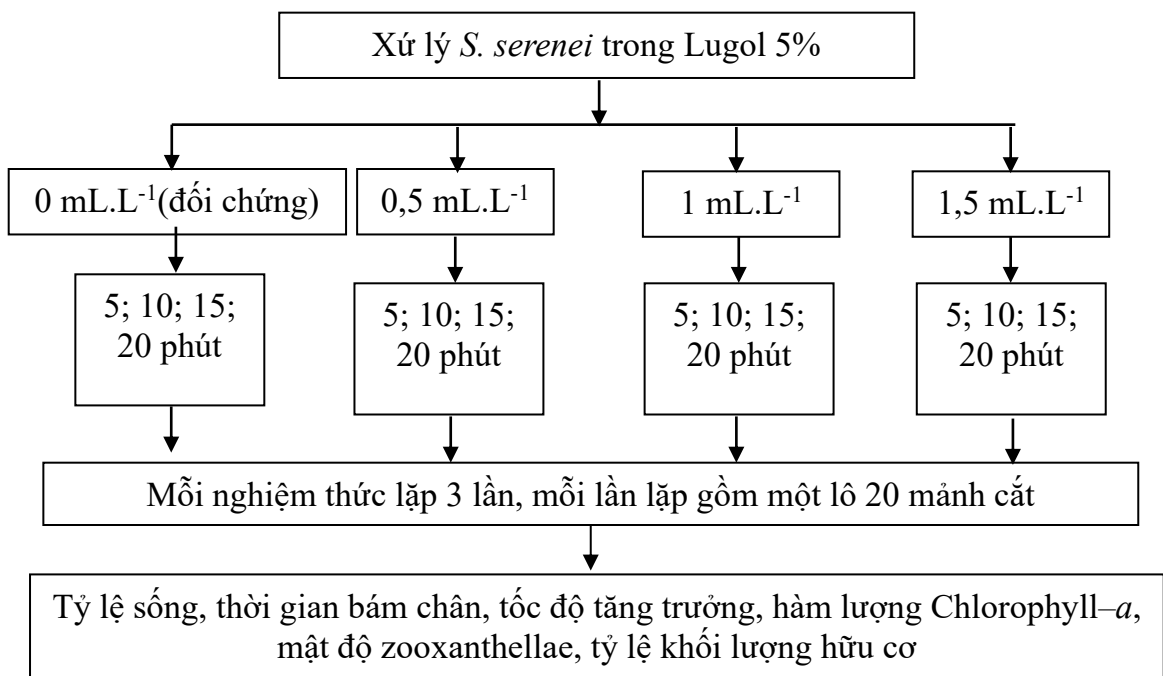
2.2.2.1. Nội dung 2.1: Ảnh hưởng nồng độ Lugol và thời gian xử lý mảnh tách

Lựa chọn các mảnh cắt được tách từ tập đoàn gốc *S. serenei* có cùng kích thước 1,5 cm.

Sử dụng dung dịch Lugol 5% (KI 10% và I₂ 5%) ở các nồng độ và thời gian xử lý khác nhau trước khi đưa vào buộc cố định trên các loại giá thể khác nhau.

Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm xác định ảnh hưởng của 4 nồng độ dung dịch Lugol khác nhau là: 0 (đối chứng – xử lý bằng nước biển); 0,5; 1 và 1,5 mL L⁻¹ nước biển và thời gian xử lý từ 5, 10, 15 và 20 phút lên thời gian lành vết thương và tỷ lệ sống của loài san hô mềm *S. serenei*. Tổng có 16 nghiệm thức thí nghiệm. Mỗi nghiệm thức được thực hiện với 3 lần lặp lại độc lập (n=3), mỗi lần lặp gồm một lô 20 mảnh cắt được gắn trên giá thể riêng biệt (tổng cộng 60 mảnh/nghiệm thức). Nguồn gốc của 20 mảnh trong mỗi lần lặp được trích xuất từ 20 tập đoàn bố mẹ khác nhau nhằm đảm bảo tính độc lập hoàn toàn giữa các cá thể thí nghiệm. Tổng tất cả mảnh cắt trong thí nghiệm là 960 mảnh (Hình 2.4). Thời gian thí nghiệm là 30 ngày. Trong suốt quá trình thí nghiệm san hô không được cung cấp thức ăn.

Các chỉ tiêu đánh giá ảnh hưởng thí nghiệm mảnh bao gồm: thời gian bám chân, tỷ lệ sống được theo dõi và ghi nhận hàng ngày. Tốc độ tăng trưởng đặc trưng, khối lượng vô cơ và hữu cơ được xác định vào thời điểm kết thúc thí nghiệm. Mật độ của zooxanthellae và hàm lượng Chlorophyll-*a* được xác định 3 ngày lần, mỗi nghiệm thức thu 3 mẫu cho đến khi kết thúc thí nghiệm.

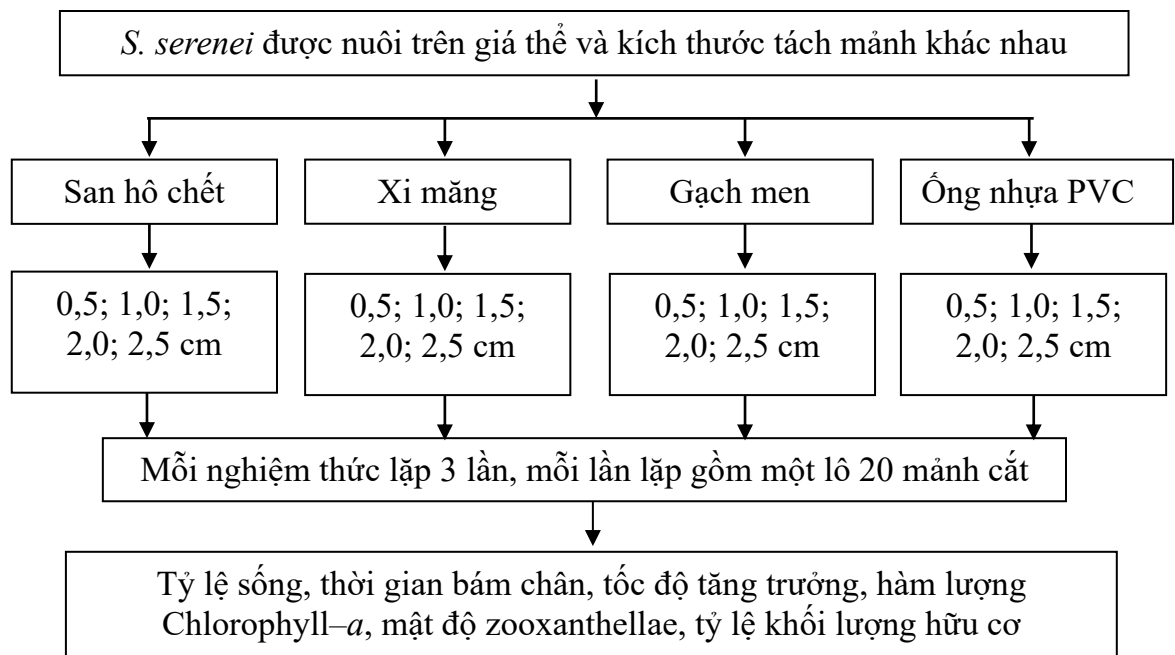


Hình 2.4. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu ảnh hưởng nồng độ và thời gian xử lý mảnh tách bằng dung dịch Lugol

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

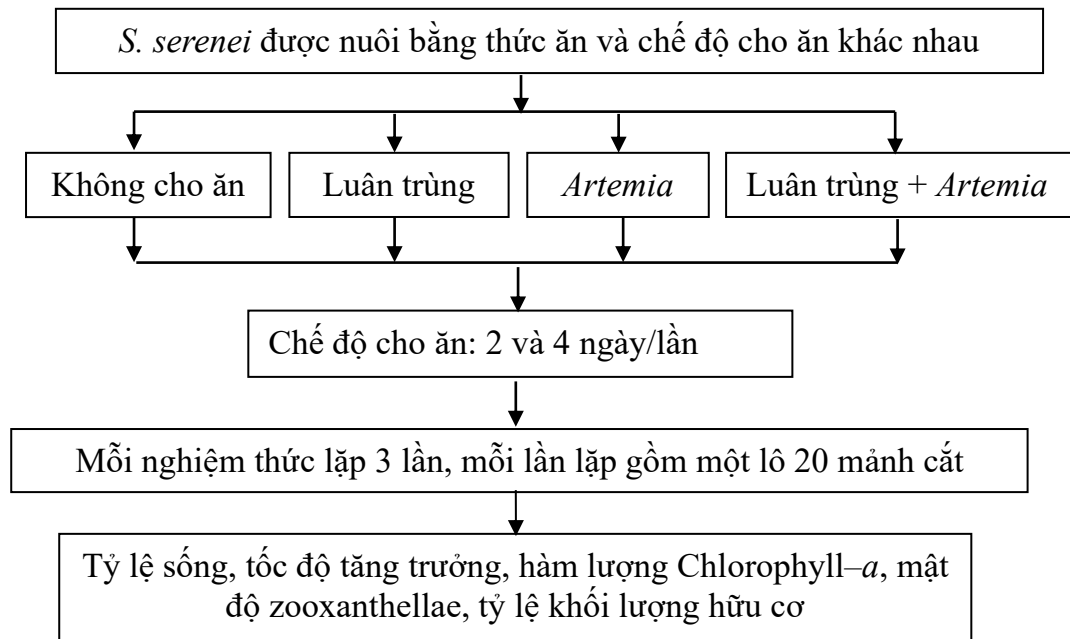
Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm xác định ảnh hưởng của 4 giá thể (San hô chết (đá san hô), xi măng; gạch men và ống nhựa PVC) và 5 nhóm kích thước mảnh tách khác nhau (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 và 2,5 cm). Tổng có 20 nghiệm thức thí nghiệm. Mỗi nghiệm thức được thực hiện với 3 lần lặp lại độc lập ($n=3$), mỗi lần lặp gồm một lô 20 mảnh cắt được gắn trên giá thể riêng biệt (tổng cộng 60 mảnh/nghiệm thức). Nguồn gốc của 20 mảnh trong mỗi lần lặp được trích xuất từ 20 tập đoàn bố mẹ khác nhau nhằm đảm bảo tính độc lập hoàn toàn giữa các cá thể thí nghiệm. Thời gian thí nghiệm là 2 tháng. Tổng số mảnh cắt con là 1.200 mảnh. Mảnh cắt được sử dụng trong thí nghiệm này có kích thước là 1,5 cm (Hình 2.5). Trong suốt quá trình thí nghiệm san hô không được cung cấp thức ăn.

Các chỉ tiêu đánh giá ảnh hưởng thí nghiệm mảnh bao gồm: thời gian bám chân, tỷ lệ sống được theo dõi và ghi nhận hàng ngày. Tốc độ tăng trưởng đặc trưng, khối lượng vô cơ và hữu cơ được xác định vào thời điểm kết thúc thí nghiệm. Mẫu đánh giá phân tích mật độ zooxanthellae, Chlorophyll-*a* được thu vào ngày 0 (bắt đầu), ngày 3, 6, 9 và 60, mỗi nghiệm thức thu 3 mẫu.



Hình 2.5. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu ảnh hưởng giá thể và kích thước mảnh tách đến loài san hô mềm *S. serenei*.

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



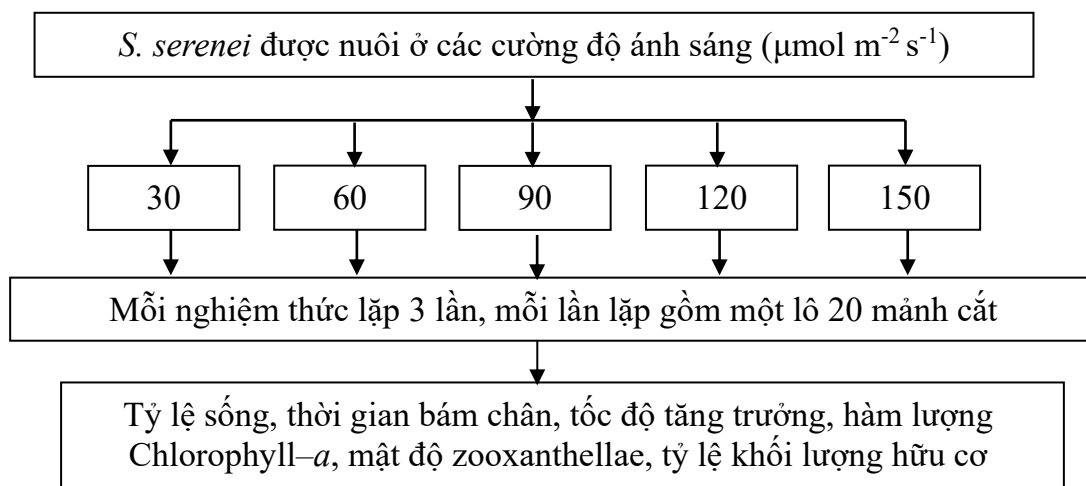
Hình 2.6. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu ảnh hưởng thức ăn và chế độ cho ăn đến loài san hô mềm *S. serenei*.

Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm xác định ảnh hưởng của các loại thức ăn (không cho ăn, luân trùng, *Artemia*, luân trùng + *Artemia*) và chế độ cho ăn khác nhau (2 và 4 ngày/lần). Tổng có 6 nghiệm thức thí nghiệm và 1 nghiệm thức đối chứng (không cho ăn). Mỗi nghiệm thức được thực hiện với 3 lần lặp lại độc lập ($n=3$), mỗi lần lặp gồm một lô 20 mảnh cắt được gắn trên giá thể riêng biệt (tổng cộng 60 mảnh/nghiệm thức). Nguồn gốc của 20 mảnh trong mỗi lần lặp được trích xuất từ 20 tập đoàn bố mẹ khác nhau nhằm đảm bảo tính độc lập hoàn toàn giữa các cá thể thí nghiệm. Thời gian thí nghiệm là 2 tháng. Tổng số mảnh cắt là 420 mảnh. Mảnh cắt được xử lý trong dung dịch Lugol $1,0 \text{ mL L}^{-1}$ trong 10 phút, giá thể được sử dụng là gạch men và kích thước mảnh cắt của san hô là 1,5 cm (Hình 2.6).

Mật độ luân trùng cho ăn ở nghiệm thức thí nghiệm là 20 cá thể/10 mL (dựa trên mật độ của động vật phù du ngoài tự nhiên $2.260 \text{ cá thể lít}^{-1}$ [116]; ở nghiệm thức sử dụng *Artemia* nauplii là 2 cá thể/10 mL (dựa trên tỷ lệ sinh khối tương đương của luân trùng và *Artemia* (10 luân trùng = 1 *Artemia*) [139] và ở nghiệm thức kết hợp luân trùng + *Artemia* nauplii là 10 cá thể luân trùng và 1 cá thể *Artemia*/10mL. Luân trùng *Brachionus plicatilis* sử dụng cho thí nghiệm được nuôi hoàn toàn bằng tảo *Nannochloropsis oculata* được mua từ trại giống của Trường Đại học Nha Trang. *Artemia* sử dụng của hãng INVE (Thái Lan).

Các chỉ tiêu đánh giá ảnh hưởng thí nghiệm mảnh bao gồm: tỷ lệ sống được theo dõi và ghi nhận hàng ngày. Tốc độ tăng trưởng đặc trưng, khối lượng vô cơ và hữu cơ được xác định vào thời điểm kết thúc thí nghiệm. Mật độ zooxanthellae, Chlorophyll-*a* thu vào ngày 0 (bắt đầu), ngày 3, 6, 9 và 60, mỗi thí nghiệm thu 3 mẫu.

2.2.2.4. Nội dung 2.4: Ảnh hưởng của cường độ ánh sáng.



Hình 2.7. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu ảnh hưởng cường độ ánh sáng loài san hô mềm *S. serenei*.

Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm xác định ảnh hưởng của cường độ ánh sáng khác nhau 30; 60; 90; 120 và 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ lên thời gian lành vết thương, sinh trưởng và tỷ lệ sống của loài san hô mềm *S. serenei*. Thời gian chiếu sáng là 12 giờ sáng: 12 giờ tối. Ánh sáng được hiệu chỉnh bằng số lượng đèn Inled R6, khoảng cách treo đèn và lưới lan và các tấm decal ngăn cách các bể kính thí nghiệm. Tổng có 5 thí nghiệm thức thí nghiệm. Mỗi thí nghiệm thức được thực hiện với 3 lần lặp lại độc lập ($n=3$), mỗi lần lặp gồm một lô 20 mảnh cắt được gắn trên giá thể riêng biệt (tổng cộng 60 mảnh/thí nghiệm thức). Nguồn gốc của 20 mảnh trong mỗi lần lặp được trích xuất từ 20 tập đoàn bố mẹ khác nhau nhằm đảm bảo tính độc lập hoàn toàn giữa các cá thể thí nghiệm. Thời gian thí nghiệm là 2 tháng. Tổng số mảnh cắt con là 300 mảnh. Mảnh cắt được xử lý trong dung dịch Lugol 1,0 mL L⁻¹ trong 10 phút, giá thể được sử dụng là gạch men và kích thước mảnh cắt của san hô là 1,5 cm, cho ăn bằng luân trùng (20 cá thể/10 mL) với chế độ cho ăn là 2 ngày/lần (Hình 2.7).

Các chỉ tiêu đánh giá ảnh hưởng thí nghiệm bao gồm: thời gian bám chân, tỷ lệ sống được theo dõi và ghi nhận hàng ngày. Tốc độ tăng trưởng đặc trưng, khối lượng vô cơ và hữu cơ được xác định vào thời điểm kết thúc thí nghiệm. Mật độ zooxanthellae, Chlorophyll-*a* được thu vào ngày bắt đầu, ngày 2, 4, 6, 8, 10, 12 và 60; mỗi thí nghiệm thức thu 3 mẫu.

2.2.3. Kỹ thuật thu thập và xử lý dữ liệu

Thời gian bám chân (ngày): Thời gian bám chân được xác định là thời gian cần thiết để vết thương lành hoàn toàn. Trong nghiên cứu này, thời gian bám chân được xác định vào ngày vết thương khép hoàn toàn và được phủ bằng mô sắc tố (Bạc 3, Cunha, 2006 [140]).

Tỷ lệ sống (%): Các mảnh tách của san hô có trâm xương bị rửa, mất màu sắc được xác định là san hô chết. Tỷ lệ sống của san hô 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). Tỷ lệ sống (TLS) được xác định theo công thức:

$$TLS (\%) = N_t \times N_0^{-1} \times 100.$$

Trong đó: N_t là số mảnh san hô còn sống ở thời điểm t và N_0 là số tập đoàn cắt ban đầu.

Khối lượng san hô (W_{SH}): Khối lượng các mảnh san hô được xác định bằng phương pháp cân ướt, sử dụng cân điện tử Sartorius Ohaus PA413 (Đức; độ chính xác 0,001 g) ở chế độ cân dưới sàn (underfloor weighing). Thiết bị được cố định trên một hộp nhựa trắng để giảm thiểu tác động của gió, đảm bảo độ ổn định và chính xác của phép đo. Một đoạn dây cước được gắn vào lỗ ren ở mặt dưới của cân để treo mẫu, với đầu dưới nối vào móc kim loại. Bên trong hộp nhựa là bể kính nhỏ chứa đầy nước biển, nơi hệ thống được treo lơ lửng (không chạm thành hoặc đáy bể) trong quá trình cân (Hình 2.8). Quy trình cân nổi gồm ba bước: (1) xác định khối lượng nổi của giá thể và dây cột (W_1) bằng cách treo toàn bộ hệ thống giá thể trong nước, đảm bảo không tiếp xúc với thành hoặc đáy bể; (2) xác định khối lượng nổi của mẫu san hô gắn trên giá thể (W_2) bằng cách treo toàn bộ mẫu trong điều kiện tương tự; và (3) tính khối lượng nổi riêng của san hô theo công thức: $W_{SH} = W_2 - W_1$. Trước mỗi lần cân, các mảnh san hô được làm sạch nhằm loại bỏ các yếu tố có thể ảnh hưởng đến kết quả đo.

Tốc độ tăng trưởng đặc trưng về khối lượng được xác định theo công thức:

$$SGR_w (\% \text{ ngày}^{-1}) = 100 \times [\ln(W_t) - \ln(W_0)] \times \Delta t^{-1}$$

Trong đó: W_t và W_0 là khối lượng của san hô đo ở thời điểm bắt đầu và kết thúc thí nghiệm.

ODD_0 và ODD_t là đường kính đĩa miệng của mảnh cắt san hô đo ở thời điểm bắt đầu (0) và kết thúc thí nghiệm (t).

Δt là khoảng thời gian thí nghiệm ($t - 0$) (ngày)



Hình 2.8. Hệ thống cân nổi sử dụng trong nghiên cứu.

Tốc độ tăng trưởng đặc trưng về đường kính miệng được xác định theo công thức:

$$SGR_L (\% \text{ ngày}^{-1}) = 100 \times (\ln(ODD_t) - \ln(ODD_0)) \times \Delta t^{-1}$$

Trong đó: ODD_0 và ODD_t là đường kính đĩa miệng của mảnh cắt san hô con đo ở thời điểm bắt đầu và kết thúc thí nghiệm. (Chiều dài đĩa miệng (ODD mm): Sử

dụng phần mềm Image J để đo kích thước chiều dài đĩa miệng các mảnh tách qua ảnh chụp trên mặt nước có thước đo hiệu chuẩn. Kích thước ODD của mảnh tách là trung bình cộng của chiều dài nhất và ngắn nhất đo được trên mảnh tách.)

Δt là khoảng thời gian thí nghiệm ($t - 0$) (ngày).

Xác định mật độ của zooxanthellae:

Phương pháp xác định mật độ zooxanthellae theo Pupier và cs. (2018) [141]. Mỗi nghiệm thức thu 3 mẫu, mỗi mẫu có khối lượng 0,5 g (Cỡ mẫu tối thiểu yêu cầu theo phương pháp của Pupier và cs. (2018)) [141]) được nghiền và đồng nhất trong 10 mL nước khử ion (deionized water–DI). Sau đó, mẫu đồng nhất được pha loãng (100 lần) và đồng nhất trước khi đếm. Mật độ của zooxanthellae được xác định bằng cách sử dụng buồng đếm hồng cầu Neubauer dưới kính hiển vi quang học. Sau khi đếm tế bào tảo hoàn thành, mẫu được ly tâm (trong vòng 10 phút, 5.000 vòng/phút), phần nước ở phía trên được loại bỏ và chất rắn còn lại được đông khô trong vòng 24 giờ để xác định tổng khối lượng khô của san hô. Mật độ của zooxanthellae được tính theo công thức:

$$D = \frac{\text{số tế bào tảo đếm được} \times \text{hệ số pha loãng}}{\text{Số lượng ô đếm} \times \text{thể tích vùng đếm} \times A}$$

Trong đó: D: mật độ zooxanthellae/khối lượng khô của san hô (tb g^{-1})

Số lượng ô vuông lớn đếm: 9

Thể tích vùng đếm = $1 \text{ mm}^2 \times 0,1 \text{ mm} = 0,1 \text{ mm}^3 = 0,0001 \text{ mL}$

A: Khối lượng khô của san hô (g)

Mật độ của zooxanthellae được tính toán dựa trên khối lượng khô của tảo sau khi đã được sấy [12, 142].

Xác định hàm lượng Chlorophyll-a:

Mẫu san hô (bề mặt mũ - 0,5 g) đã được nghiền và đồng nhất với 10 mL acetone (độ tinh khiết 90%), sau đó quá trình chiết xuất đã được thực hiện ở nhiệt độ 4°C trong 24 giờ trong tối. Tiếp theo, mẫu được ly tâm ở 4.500 vòng trong 15 phút, và phần nổi phía trên đã được thu thập. Độ hấp thụ của mẫu được đo bằng máy đo quang phổ UV–VIS SHIMADZU UV–1800 (Nhật Bản) ở các bước sóng 630 nm, 647 nm, 663 nm và 750 nm. Chất rắn còn lại đã được đông khô trong 24 giờ và được xác định lại khối lượng (g) [122]. Chlorophyll-a (Chl-a) được tính theo công thức của Jeffrey và Humphrey (1975) [143]:

$$\text{Chl-}a = (C1 \times (A663 - A750) + C2 \times (A647 - A750) + C3 \times (A630 - A750)) \times W^{-1}$$

Trong đó: $C1 = 11,85$, $C2 = - 1,54$, $C3 = - 0,08$. Chlorophyll- a là hàm lượng diệp lục a trong mẫu san hô ($\mu\text{g g}^{-1}$). $A750$, $A663$, $A647$ và $A630$ là các giá trị độ hấp thụ ở các bước sóng khác nhau. W là khối lượng khô của mẫu san hô [121].

Xác định hàm lượng hữu cơ:

Khối lượng hữu cơ được xác định dựa trên phương pháp của Costa (2016) [10]. Mẫu san hô (0,5 cm) được thu thập tại thời điểm bắt đầu và kết thúc thí nghiệm. Ba mẫu ở mỗi nghiệm thức được chọn ngẫu nhiên và được sấy đông khô trong 48 giờ, sau đó được cân để xác định khối lượng khô. Tiếp đến, các mẫu được nung ở nhiệt độ $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 4 giờ bằng lò nung (Nabertherm GmbH, Đức), quá trình nung được lặp lại cho đến khi đạt khối lượng ổn định và khối lượng còn lại được cân để xác định khối lượng vô cơ. Khối lượng hữu cơ được tính bằng cách lấy khối lượng khô trừ đi khối lượng vô cơ.

Xử lý số liệu:

Dữ liệu đặc điểm sinh học sinh sản được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel 2021. Tỷ lệ đực cái được kiểm định tính độc lập của sự phân phối giới tính giữa kết quả nghiên cứu với phân phối lý thuyết (1:1) bằng phương pháp Chi-square [136].

Số liệu được xử lý bằng phần mềm SPSS 18.0 và trình bày dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn ($\text{TB} \pm \text{SD}$). Dữ liệu tỷ lệ sống được biến đổi arcsine căn bậc hai (arcsine square-root transformation) trước khi phân tích nhằm đảm bảo các giả định của phương pháp thống kê. Phân phối chuẩn của dữ liệu được kiểm tra bằng kiểm định Shapiro–Wilk và tính đồng nhất phương sai bằng kiểm định Levene. Sau khi đáp ứng các giả định của ANOVA, phân tích phương sai hai yếu tố (Two-way ANOVA) được áp dụng cho các nội dung 2.1, 2.2 và 2.3, trong khi phân tích phương sai một yếu tố (One-way ANOVA) được sử dụng cho nội dung 2.4. Khi xuất hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P \leq 0,05$), phép kiểm định hậu nghiệm Tukey HSD được sử dụng để so sánh giữa các nghiệm thức ở mức tin cậy 95%. Trong các bảng số liệu, các giá trị mang các chữ cái khác nhau (a, b, c,...) trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức tại cùng thời điểm khảo sát ($P \leq 0,05$).

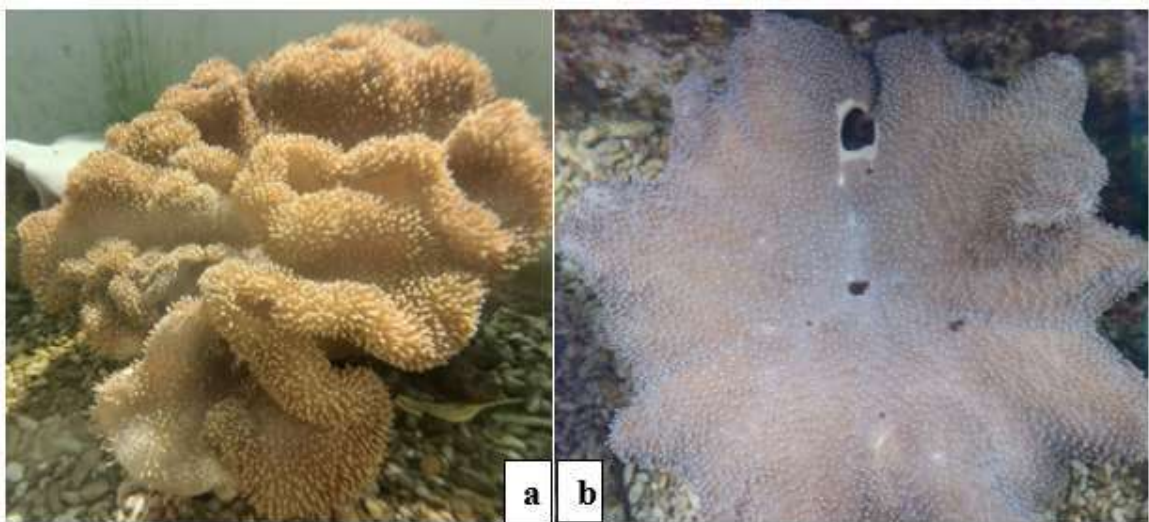
Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

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*

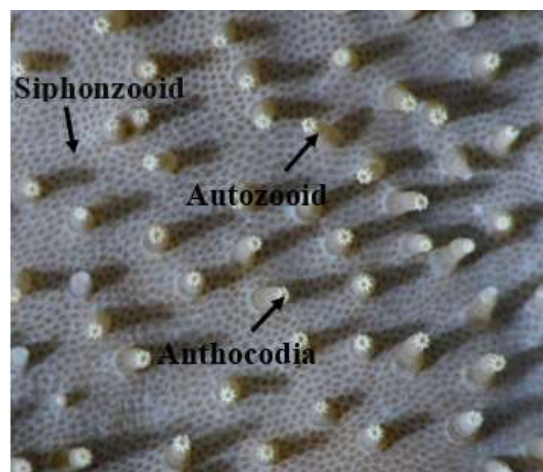
3.1.1.1. Hình thái bên ngoài của loài san hô mềm *S. serenei*

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 đĩa mũ có cấu trúc vi thể nhám thô, không tiết lớp dịch nhầy bề mặt đặc trưng như một số loài cùng giống. Chiều cao tập đoàn khoảng 5 cm, đường kính chân 10 – 12 cm, không có hình dạng nhất định.



Hình 3.1. Hình dạng san hô mềm *S. serenei*

(a) khi bung polyp; (b) khi polyp co lại

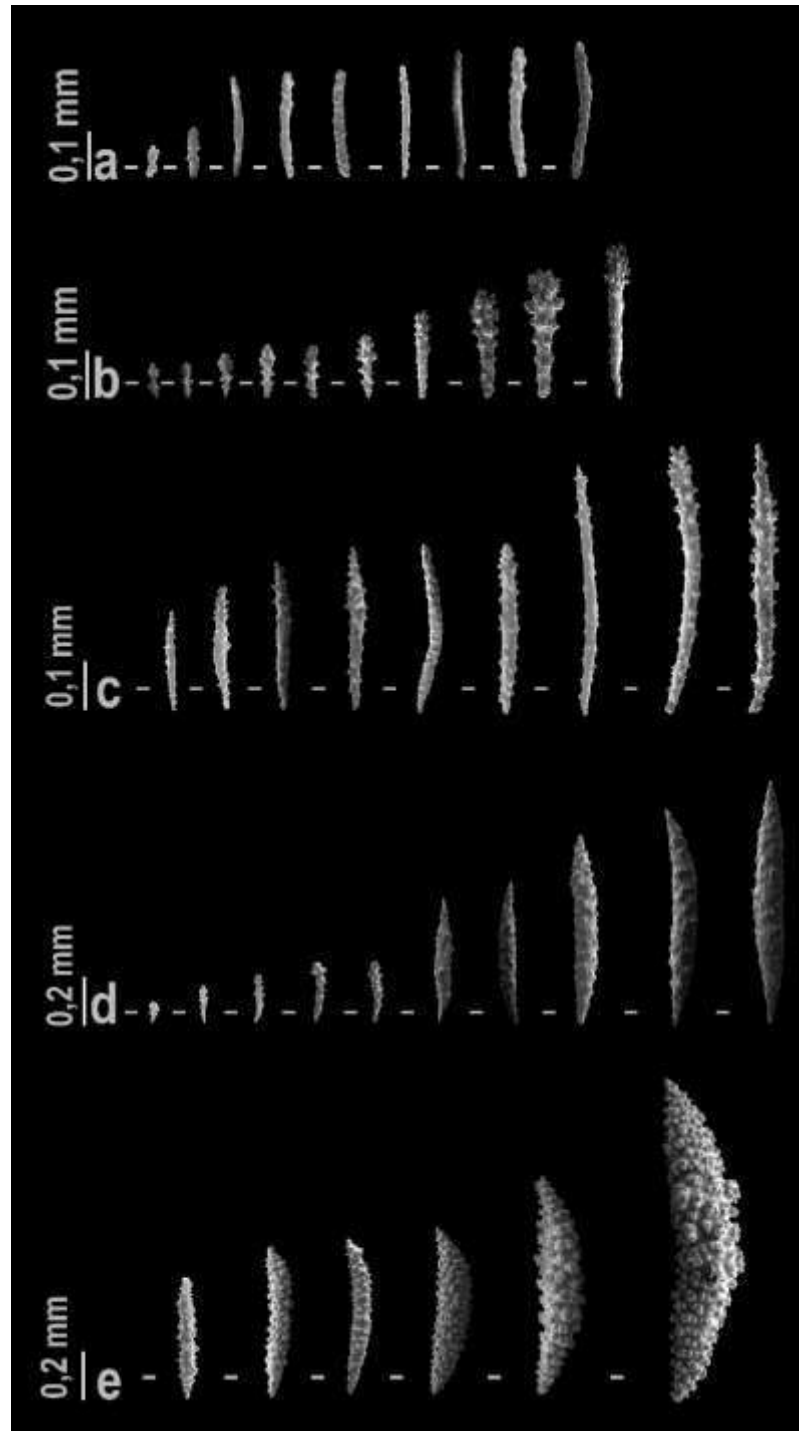


Hình 3.2. Các autozoid, anthocodia và các siphonozoid

Ở trung tâm mũ khoảng cách giữa hai autozoid là 6 – 8 siphonozoid và 8 – 10 siphonozoid tương ứng với autozoid gần nhất và xa nhất (Hình 3.2). Ở viền mép mũ,

khoảng cách giữa hai autozoid chỉ là 1 – 2 siphonzoid. Chiều cao các anthocodia của autozoid khoảng 4 – 6 mm (trung bình là $5,76 \pm 0,195$ mm). Khi chịu kích thích cơ học, các autozoid thể hiện phản ứng co rút không hoàn toàn (bán co rút). Đầu các anthocodia có màu trắng nhạt, không bung xòe ra ngoài (Hình 3.2).

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

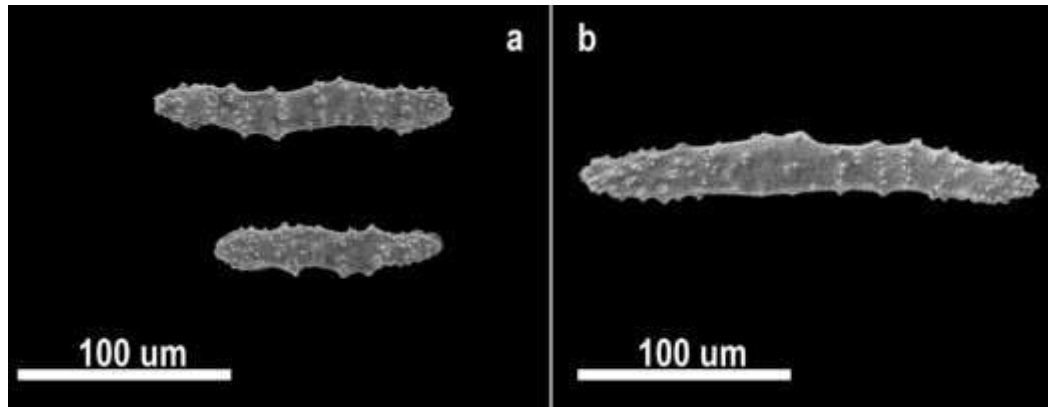


Hình 3.3. Các loại trầm xương của loài san hô mềm *S. serenei*.

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

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

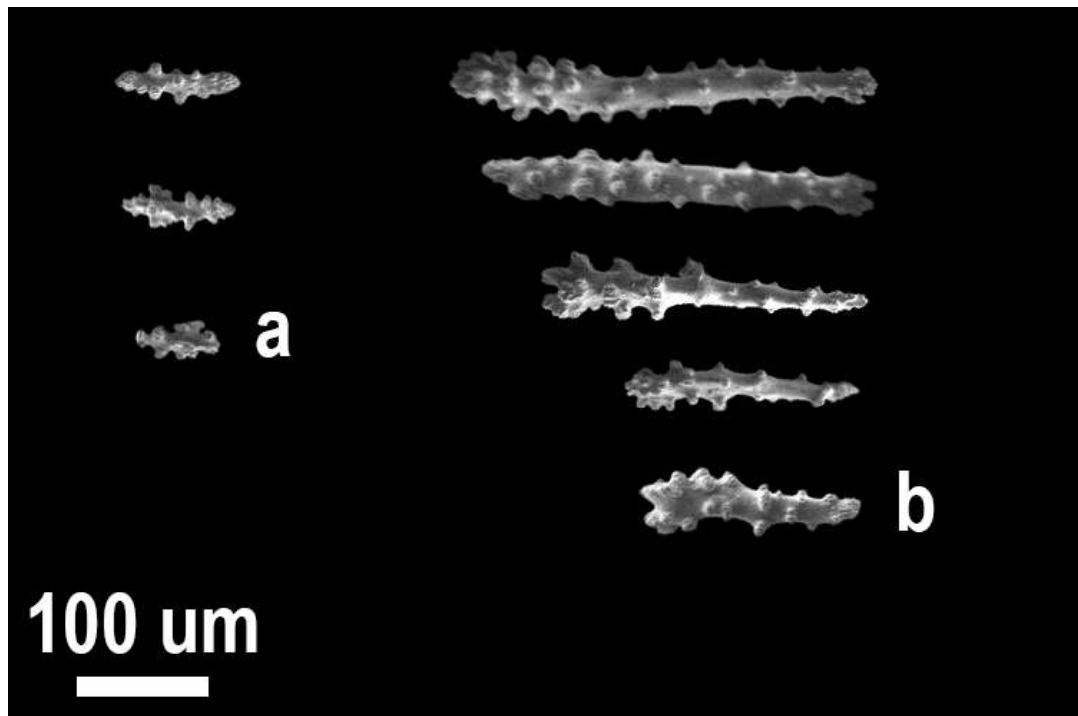
Ở xúc tu, trâm xương có dạng vẩy dẹt, hơi cong, có chiều dài $0,106 \pm 0,029$ mm. Ở anthocodia, trâm xương dạng que có kích thước $0,29 \pm 0,028$ mm (Hình 3.4).



Hình 3.4. Trâm xương ở polyp

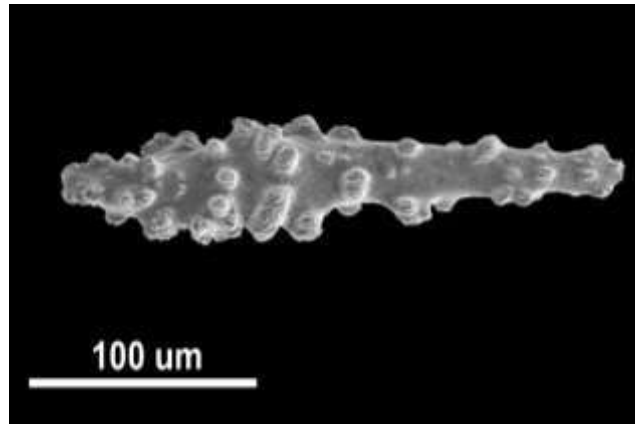
(a) ở xúc tu; (b) ở anthocodia

Bề mặt mũ san hô có chứa hai loại trâm xương có dạng giống cái chùy. Trâm xương dạng chùy không thắt eo có phần đầu cán không tron nhẵn hoàn toàn (Hình 3.5) và các mụn cóc nhô lên ở đầu trâm xương dạng chùy nhỏ (Hình 3.6). Các trâm xương dạng chùy nhỏ có chiều dài khoảng $0,089 \pm 0,011$ mm, còn các trâm xương chùy lớn hơn có chiều dài $0,24 \pm 0,05$ mm (Hình 3.5).



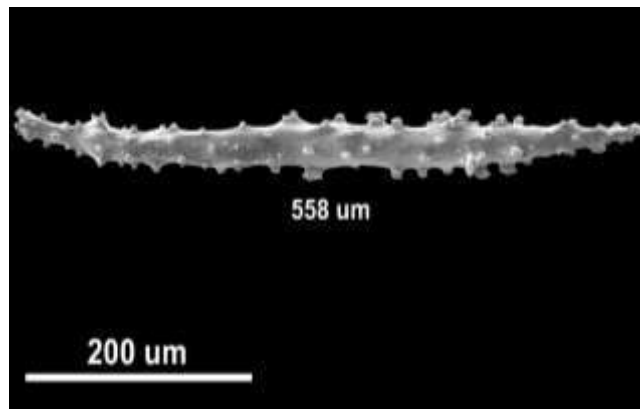
Hình 3.5. Các trâm xương dạng chùy trên vỏ mũ

(a) chùy nhỏ; (b) chùy lớn



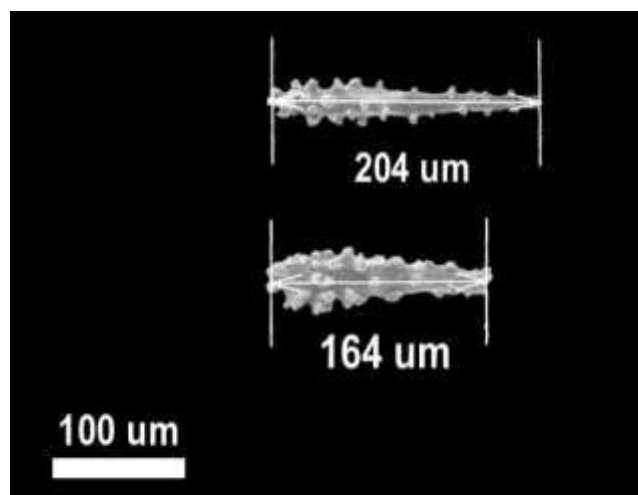
Hình 3.6. Trâm xương dạng chùy ở vỏ mũi

Trong mũi (đĩa nấm – capitulum) của san hô là các trâm xương thẳng hoặc hơi cong dạng que (rod) và dạng kim (needle), trong đó đa số là các trâm xương thẳng dạng kim có chiều dài dao động từ 0,4 – 0,5 mm (Hình 3.7).



Hình 3.7. Trâm xương dạng kim – needle ở trong mũi

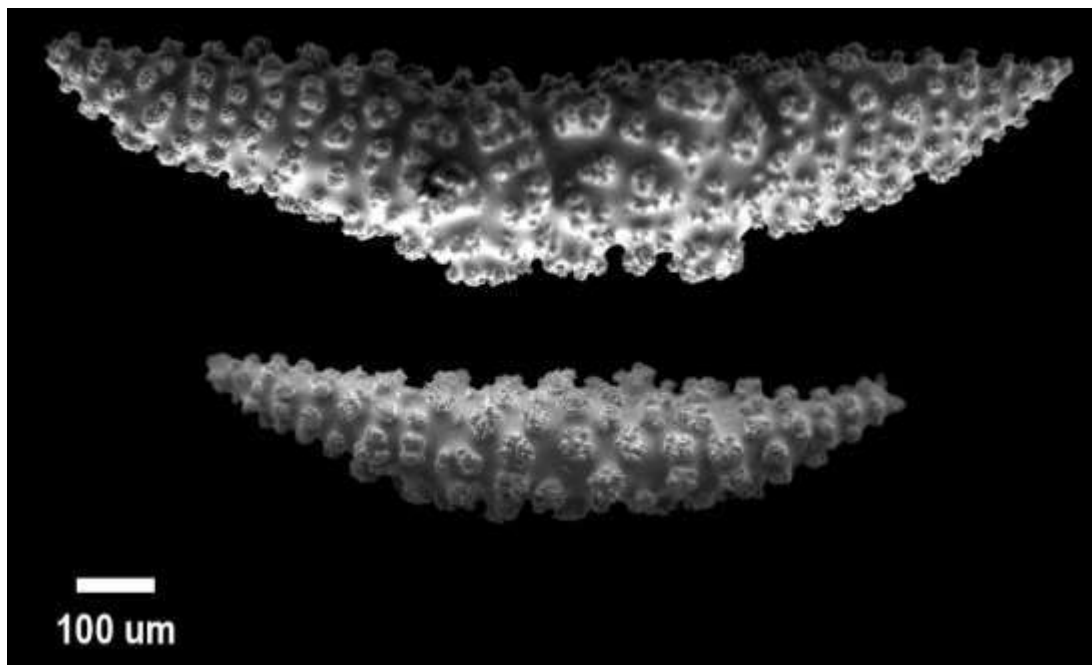
Ở vỏ thân san hô, trâm xương có dạng chùy với eo thắt ở giữa với các mụn cóc trên bề mặt (giống với trâm xương ở vỏ mũi) có chiều dài $0,15 \pm 0,08$ mm (Hình 3.8).



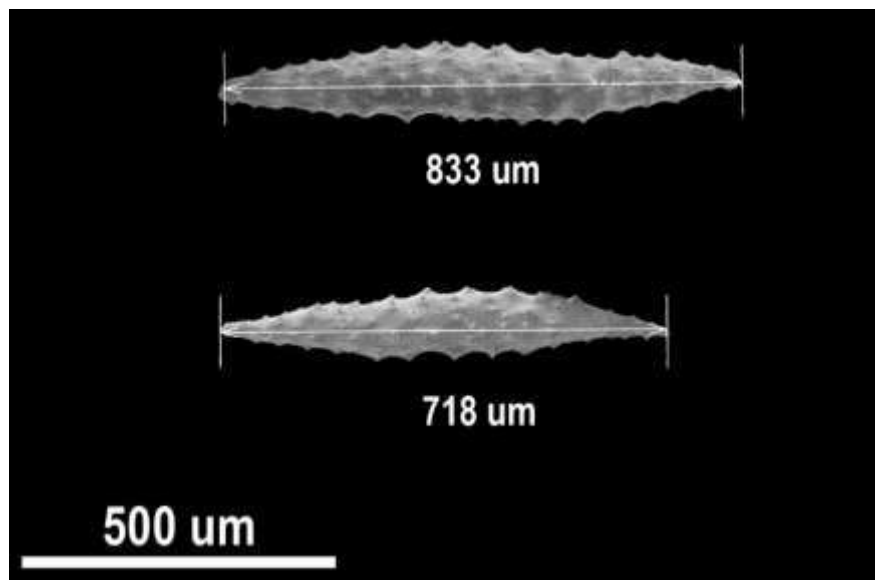
Hình 3.8. Trâm xương ở vỏ thân

Các trâm xương ở mô liên kết (coenenchyme) trong thân khá khác biệt so với trâm xương ở các vị trí khác. Chúng là các trục nhọn, thẳng hoặc hơi cong, dài $99,41 \pm 15,82$ mm; rộng $0,28 \pm 0,31$ mm và được bao phủ bằng các mụn cóc nhỏ không đều (Hình 3.9).

Ở trong thân san hô ngoài các trâm xương lớn đặc biệt, cũng đã tìm thấy các trâm xương thân nhọn, thuôn dài nhưng không có dạng mụn cóc xù xì. Các trâm xương này có chiều dài $0,68 \pm 0,08$ mm và nằm ở phần giao giữa vỏ thân và bên trong thân (Hình 3.10). Các mụn gồ ghề trên trâm xương này nhọn, ít sần sùi hơn so với trâm xương trong thân.



Hình 3.9. Các trâm xương ở coenenchymal trong thân



Hình 3.10. Các trâm xương nhọn có mụn cóc ít hơn trong phần thân

Một số nghiên cứu về đặc điểm về hình thái ngoài và hình dạng, kích thước trầm xương của loài san hô mềm *S. serenei* được thể hiện ở Bảng 3.1 và Bảng 3.2.

Bảng 3.1. Đặc điểm hình thái ngoài của *S. serenei* trong các nghiên cứu khác nhau

Đặc điểm	Tixier-Durivault (1958) [16]	Verseveldt (1982) [28]	Dautova và Savinkin (2013) [14]	Nghiên cứu này
Đường kính miệng mũ (cm)	13 – 24	18		17 – 20
Đường kính chân (cm)	10			10 – 12
Khoảng cách các autozoid (mm) ở trung tâm mũ	4	2 – 4		2 – 4
Số lượng siphonozoid ở trung tâm mũ	8 – 10	6 – 7	6 – 8	6 – 8 (gần) 8 – 10 (xa)
Khoảng cách các autozoid (mm) ở mép mũ	2,0	1,5 – 2,0		1,5 – 2
Số lượng siphonozoid ở mép mũ		1 – 2	1 – 3	1 – 2
Màu sắc	màu nâu vàng		có màu vàng xám, phần phía trên polyp có màu be sáng	vàng nâu tươi hoặc màu nâu xám dải màu
Đặc điểm polyp	Không co lại vào phía trong			Không co lại vào phía trong
Chiều cao polyp (mm)	Khoảng 6			$5,76 \pm 0,195$
Đặc điểm mũ	đầu mũ trơn nhẵn ở giữa và		hình phễu, mép đĩa mỏng và có	mũ không tròn, có nhiều nếp

	xếp nếp ít ở phía ngoài		nhiều nếp gấp	gấp quanh mép mũ
<i>Đặc điểm chân</i>	chân thấp, rộng			chân thấp, rộng

Về hình thái ngoài, mẫu san hô mềm *S. serenei* trong nghiên cứu này nhìn chung tương đồng với các đặc điểm phân loại đã được mô tả bởi Tixier–Durivault (1958) [16], Verseveldt (1982) [28] và Dautova & Savinkin (2013) [14] về hình dạng, màu sắc và đặc điểm của polyp thu tại vịnh Nha Trang. Tuy nhiên, số lượng siphonozoid giữa hai autozoid ở trung tâm mũ của mẫu nghiên cứu có sự thay đổi tùy theo cách xác định. Cụ thể, khi số lượng siphonozoid thấp hơn, kết quả tương tự với mô tả của Verseveldt (1982) [28] và Dautova và Savinkin (2013) [14]; ngược lại, khi số lượng cao hơn, đặc điểm này tương tự mô tả của Tixier–Durivault (1958) [16]. Verseveldt (1982) [28] cho rằng khoảng cách giữa các autozoid và số lượng siphonozoid gần rìa không mang giá trị phân loại, trong khi các đặc điểm tại vùng trung tâm đĩa có thể là chỉ tiêu hữu ích để nhận dạng loài. Ngoài ra, việc đo khoảng cách giữa các autozoid hiện chưa có quy chuẩn thống nhất, do đó số lượng siphonozoid được đếm giữa hai autozoid chỉ mang tính ước lượng tương đối [28]. Theo mô tả phân loại của Tixier–Durivault (1958) [16] và Verseveldt (1982) [28], số lượng siphonozoid ở trung tâm mũ dao động lần lượt trong khoảng 8 – 10 và 6 – 7 siphonozoid.

Bảng 3.2. Hình dạng, kích thước trâm xương của *S. serenei* qua các nghiên cứu khác nhau

Kích thước trâm xương	Tixier– Durivault (1958) [16]	Verseveldt (1982) [28]	Dautova và Savinkin (2013) [14]	Nghiên cứu này
<i>Xúc tu</i>	Các thanh nhấn.	Các que, dài từ 0,12 – 0,20 mm.	Có dạng que mỏng, hai đầu tròn có chiều dài 0,03 – 0,14 mm; que đầu từ 0,07 – 0,3 mm.	Có dạng que, dạng vẩy dẹt, hơi uốn nhẹ 0,106 ± 0,029 mm (n = 30).
<i>Vỏ mũ</i>	Dạng chùy.	02 loại trâm xương: +Dạng chùy nhỏ, một đầu trâm xương như chiếc	02 loại trâm xương: + Loại chùy nhỏ như dùi cui, chiều dài 0,15 mm.	02 loại trâm xương: + Dạng chùy nhỏ, eo thắt ở phần đầu và cán.

Kích thước trâm xương	Tixier– Durivault (1958) [16]	Verseveldt (1982) [28]	Dautova và Savinkin (2013) [14]	Nghiên cứu này
		lá, bề mặt có các gờ ghe như hình núi lửa, thắt ở giữa đầu và cán, kích thước 0,06 – 0,10 mm. + Chùy lớn gần giống chùy nhỏ, không thắt eo đầu còn lại nhẵn hơn. Đầu và cán có các phần dẹt, hình núi lửa; kích thước 0,38 mm.	+ Loại chùy lớn có chiều dài 0,38 mm và 0,4 mm.	Đầu chùy có dạng hình gai góc đâm ra như núi lửa. Chiều dài 0,089 ± 0,011 mm (n = 30). + Chùy lớn: giống chùy nhỏ. Không thắt eo ở giữa, có phần đầu cán không trơn nhẵn hoàn toàn 0,24 ± 0,05 mm (n = 30).
<i>Bên trong mũ</i>	Thanh mảnh, dài 0,42 mm thanh lớn dài 0,28 đến 0,42 mm.	Dạng kim thẳng hoặc dạng hơi cong, có đầu nhọn. Kích thước 0,5 mm.	Dạng kim hơi cong và que đầu tù. Dài 0,9 mm, rộng 0,04 mm được bao phủ các gai và thường có nhánh ở 1 hoặc 2 đầu. Các thanh dài 0,36 mm và có nhiều hạt nhỏ.	Dạng kim thẳng hoặc dạng hơi cong, có đầu nhọn. Kích thước 0,51 ± 0,07 mm (n = 30).
<i>Vỏ thân</i>	Dạng chùy lớn dài 0,47 mm, rộng 0,34 mm với cán dày và phần đầu có	Có hình dạng tương tự như trâm xương ở vỏ mũ. 0,06 – 0,16 mm và 0,23 mm.	Dạng chùy giống ở vỏ mũ nhưng lớn hơn, dài 0,4 – 0,45 mm.	Có hình dạng chùy tương tự như vỏ mũ. Có dạng chùy với eo thắt ở giữa với các mụn cóc trên bề mặt 0,15

Kích thước trâm xương	Tixier– Durivault (1958) [16]	Verseveldt (1982) [28]	Dautova và Savinkin (2013) [14]	Nghiên cứu này
	nhiều nốt sần nhỏ tròn.			$\pm 0,08$ mm (n = 30)
<i>Trong thân</i>	Có 02 dạng: + Trâm xương lớn đầu nhọn, có gai và nốt sần không đều 1,2 mm; rộng 0,26 mm. + Trâm xương thoi nhọn, thuôn dài nhưng không có mụn dạng mụn cóc xù xì	Có 01 dạng: + Trâm xương lớn có kích thước 1,7 mm.	Có 02 dạng: + Trâm xương lớn: dạng thẳng hoặc hơi cong, có các mụn cóc nhỏ, dài 1,5 mm, rộng 0,32 mm. + Dạng thoi mảnh hơn, mụn cóc kém phát triển.	Có 02 dạng: + Trâm xương lớn: dạng trục nhọn, thẳng hoặc hơi cong, hai đầu nhọn. Các mụn cóc nhỏ không đều, dài $1,22 \pm 0,17$ mm (n = 30). + Dạng thoi nhọn, thuôn dài, không có mụn cóc xù xì $0,61 \pm 0,04$ mm (n = 30).
<i>Anthocodia</i>	Que có gai ngắn xếp thành chữ V.	Dạng que. Chiều dài từ 0,20 – 0,40 mm và được sắp xếp theo hình chữ V dốc và chặt chẽ.	Có dạng que ngắn, 0,21 mm, có nhiều hạt nhỏ ở các đầu; thanh nhỏ hơn thì ngắn hơn. Que dài hơn thì ngắn ở phần giữa.	Dạng que dài $0,29 \pm 0,028$ mm (n = 30). Xếp hình chữ V.

Kích thước trâm xương của *S. serenei* trong nghiên cứu này tương đồng với mô tả của Verseveldt (1982) [28] và Dautova và Savinkin (2013) [14]. Theo Verseveldt (1982) [28], bề mặt mũ san hô có hai dạng trâm xương hình chùy (club), trong đó một đầu có dạng phiến lá với bề mặt gồ ghề như miệng núi lửa, trong khi đầu còn lại ngắn hơn. Trâm xương ở lớp vỏ thân có hình dạng chùy với eo thắt ở giữa và bề mặt có

các mụn nhỏ, tương tự với trâm xương ở vùng vỏ mũ. Kích thước các trâm xương này tương đối tương tự với mô tả của Verseveldt (1982) [28] (0,06 – 0,16 mm, dài nhất 0,23 mm), trong khi Dautova và Savinkin (2013) [14] ghi nhận chúng có thể đạt tới 0,45 mm. Các trâm xương trong phần thân có đặc điểm khác biệt so với các vùng khác, là những trục nhọn, thẳng hoặc hơi cong, được bao phủ bởi các mụn nhỏ không đều. So với các mô tả của Verseveldt (1982) [28] và Dautova và Savinkin (2013), trâm xương trong thân ở nghiên cứu này có kích thước ngắn hơn (khoảng 1,2 mm), tương tự với mô tả ban đầu của Tixier-Durivault (1958) [16] (dài khoảng 1,2 mm, rộng 0,26 mm). Ngoài ra, ở phần giao giữa vỏ thân và bên trong thân còn ghi nhận các trâm xương thuôn dài, đầu nhọn, bề mặt ít sần sùi hơn so với trâm xương trong thân (Hình 3.9). Loại trâm xương này không được đề cập trong mô tả của Verseveldt (1982) [28], nhưng đã được Tixier-Durivault (1958) [16] và Dautova và Savinkin (2013) [14] ghi nhận, dù chưa xác định kích thước cụ thể. Mặc dù vậy, nghiên cứu vẫn tồn tại một số hạn chế, trong đó đáng chú ý là chưa thực hiện được các phân tích phân tử để kiểm chứng và hỗ trợ kết quả phân loại, từ đó có thể làm hạn chế mức độ chính xác trong định danh loài.

Nhìn chung, đặc điểm hình thái của san hô được định danh là *S. serenei* trong nghiên cứu này khá tương đồng với mô tả của Tixier-Durivault (1958) [16], Dautova và Savinkin (2013) [14]. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, *S. serenei* có thể được phân biệt với các loài cùng giống dựa trên một số đặc điểm hình thái ngoài và trâm xương đặc trưng. Chúng có màu sắc phổ biến là nâu vàng, vàng xám hoặc nâu xám. Bề mặt mũ có cảm giác thô ráp, không tiết chất nhầy, trung tâm tương đối nhẵn nhưng phần rìa phát triển nhiều nếp gấp dạng phễu. *S. serenei* có dạng nắm với phần cuống thấp, rộng; mũ nhẵn ở trung tâm và gấp nếp nhẹ ở rìa. Các autozoid dài khoảng 2 – 4 mm, chúng không co rút hoàn toàn (bán co rút); khoảng cách giữa các autozoid ở vùng trung tâm khá lớn (2 – 4 mm), xen giữa bởi 6–10 siphonozoid. Khoảng cách lớn giữa các autozoid ở vùng trung tâm đĩa cũng là một dấu hiệu hỗ trợ định loại quan trọng đối với loài này. Đặc điểm chẩn loại quan trọng của loài là sự hiện diện đồng thời của trâm xương dạng chùy nhỏ (0,05 – 0,098 mm) ở bề mặt mũ, có phần đầu sần sùi dạng “nón núi lửa”, các trâm xương dạng kim dài 0,4 – 0,5 mm trong phần mũ, và đặc biệt là các trâm xương hình thoi thẳng nằm trong phần cuống, dài khoảng 1,2 mm và rộng 0,22 – 0,26 mm, cùng với các nốt mụn sần sùi nhỏ, ngắn trên bề mặt. Đây được xem là đặc điểm phân biệt rõ ràng nhất giữa *S. serenei* và các loài *Sarcophyton* khác. Điều này góp phần khẳng định cơ sở cần thiết để tiến hành nghiên cứu các thí nghiệm tiếp theo trên đúng loài này (thu mẫu sinh học sinh sản, mẫu thí nghiệm về nghiên cứu sinh sản vô tính)

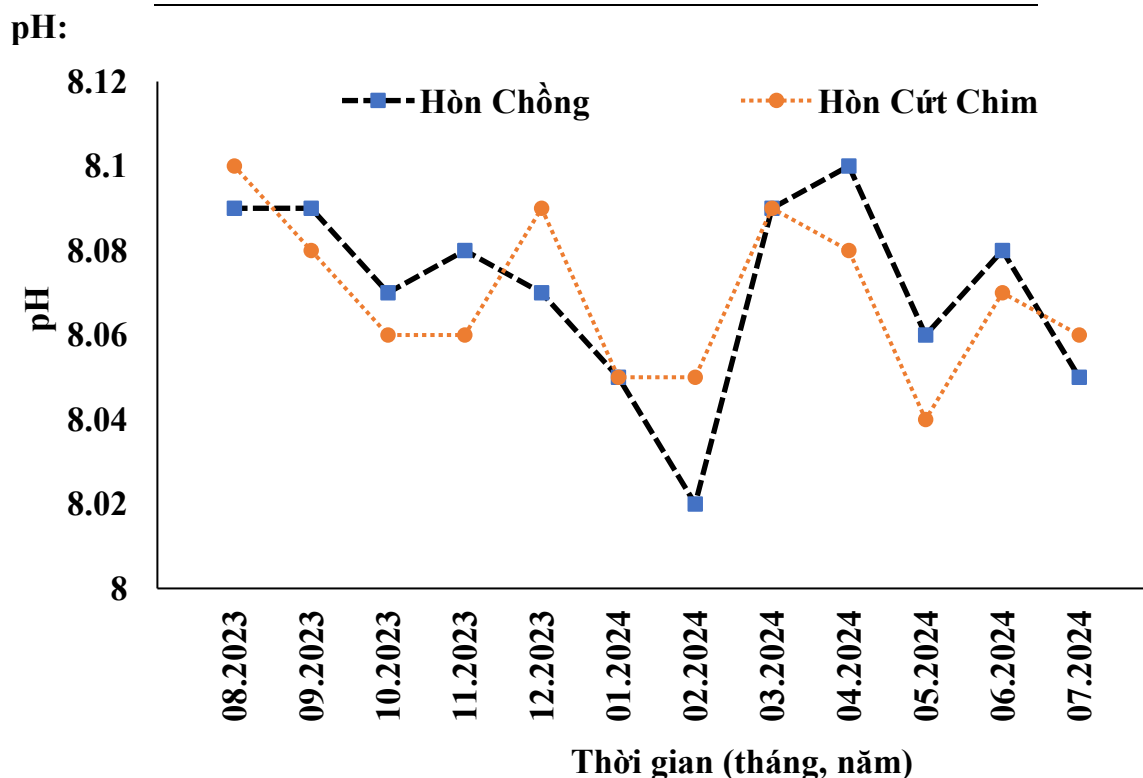
3.1.2. Đặc điểm môi trường sống của loài san hô mềm *S. serenei* ở vịnh Nha Trang

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 như ánh sáng, độ mặn, nhiệt độ, DO, COD, độ đục, các muối dinh dưỡng NH_4^+ và NO_3^- của khu vực Hòn Chồng và Hòn Cút Chim được thể hiện ở Bảng 3.3.

Bảng 3.3. Các thông số vật lý, sinh thái ở hai điểm khảo sát

Yếu tố	Hòn Chồng	Hòn Cút Chim
Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)	25,30 – 29,90	25,10 – 29,80
Độ mặn (‰)	30,26 – 33,62	30,86 – 33,64
Ánh sáng ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	14,77 – 66,41	28,94 – 89,64
pH	8,02 – 8,1	8,04 – 8,1
DO (mg L^{-1})	5,93 – 7,28	6,02 – 7,44
COD (mg L^{-1})	0,98 – 1,71	0,88 – 1,79
Độ đục (NTU)	0,80 – 3,50	1,00 – 2,60
NH_4^+ (mg L^{-1})	0,009 – 0,028	0,010 – 0,030
NO_3^- (mg L^{-1})	0,023 – 0,062	0,022 – 0,058

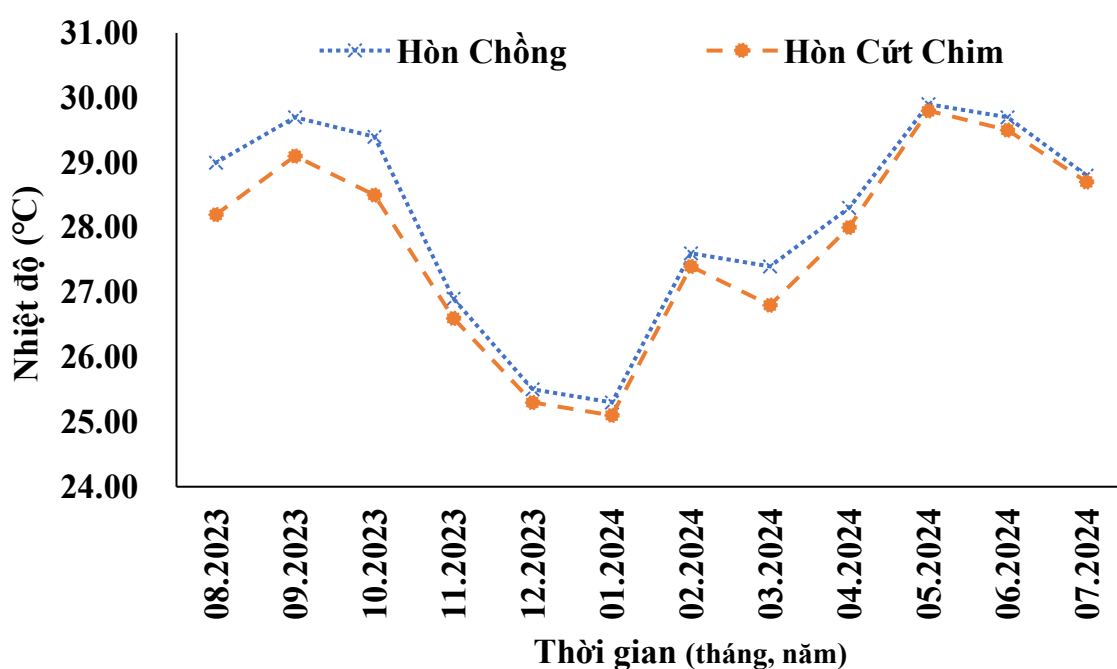


Hình 3.11. Biến động giá trị pH theo thời gian

Biến động giá trị pH theo thời gian được thể hiện Hình 3.11. Giá trị pH tại 02 điểm Hòn Chồng và Hòn Cút Chim tương đối đồng nhất. Theo thời gian, pH tại Hòn Chồng dao động không lớn từ 8,02 – 8,1, Hòn Cút Chim 8,04 – 8,1 (Bảng 3.3 và Hình 3.11).

Nhiệt độ:

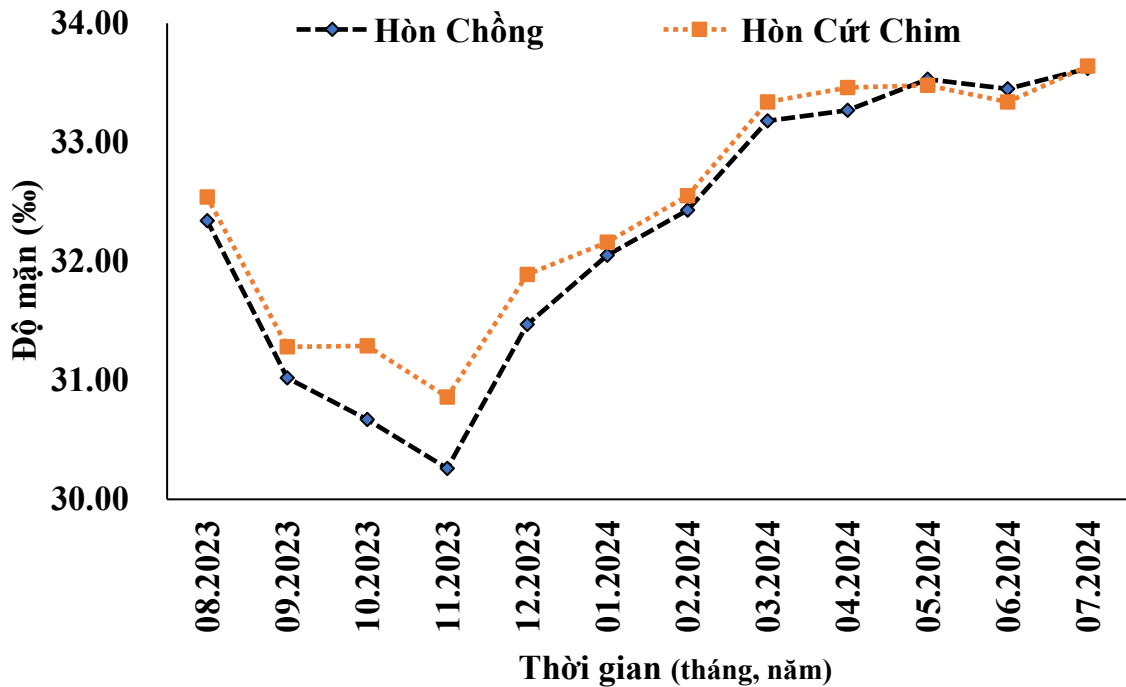
Kết quả nghiên cứu cho thấy, nhiệt độ tại 02 điểm Hòn Chồng và Hòn Cút Chim ít có sự chênh lệch (Bảng 3.3 và Hình 3.12). Tuy nhiên, theo thời gian nhiệt độ của cả 02 điểm đều có thay đổi lớn chủ yếu là thay đổi theo mùa. Nhiệt độ tại điểm Hòn Chồng dao động từ 25,30 – 30,10 °C, Hòn Cút Chim từ 25,10 – 30,0 °C và trung bình của 02 điểm dao động từ 25,2 – 30,05 °C. Nhiệt độ thấp nhất vào thời điểm tháng 1 năm 2024 và cao nhất vào thời điểm tháng 5 năm 2024.



Hình 3.12. Biến động nhiệt độ theo thời gian

Độ mặn:

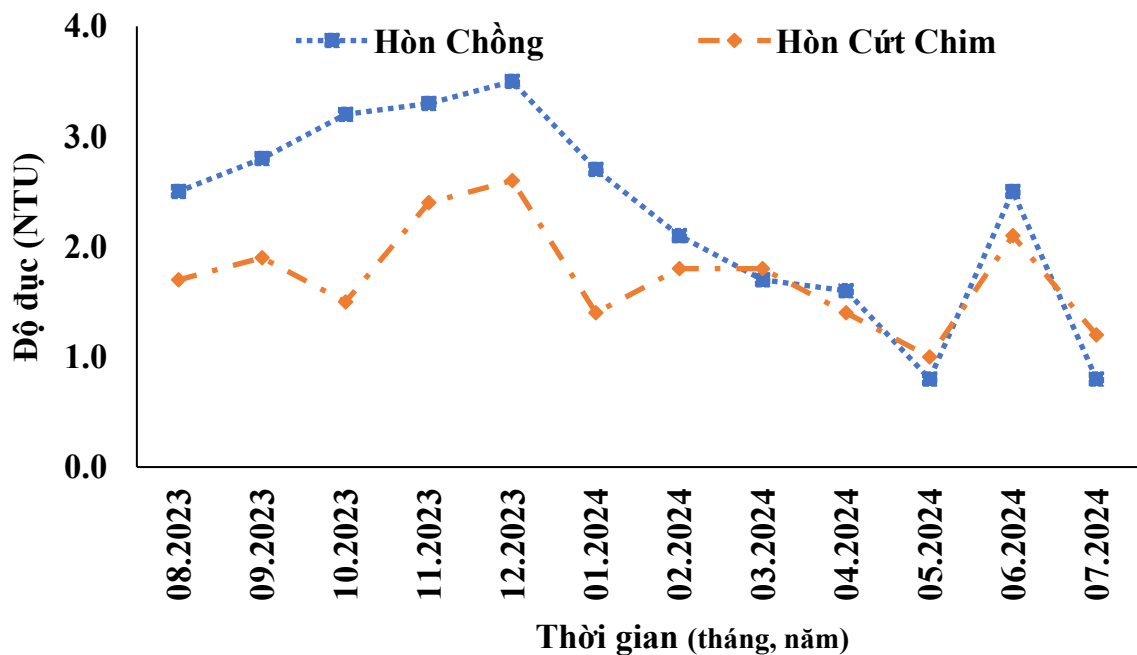
Độ mặn tại 02 điểm Hòn Chồng và Hòn Cút Chim ít có dao động (Bảng 3.3 và Hình 3.13). Theo thời gian, độ mặn của cả 02 điểm đều không có sự thay đổi quá lớn, chủ yếu là thay đổi theo mùa. Độ mặn tại điểm Hòn Chồng dao động từ 30,26 – 33,65 ‰, Hòn Cút Chim từ 30,86 – 33,64 ‰. Độ mặn trung bình thấp nhất vào thời điểm tháng 11/2023 và cao nhất vào thời điểm tháng 7/2024.



Hình 3.13. Biến động độ mặn theo thời gian

Độ đục:

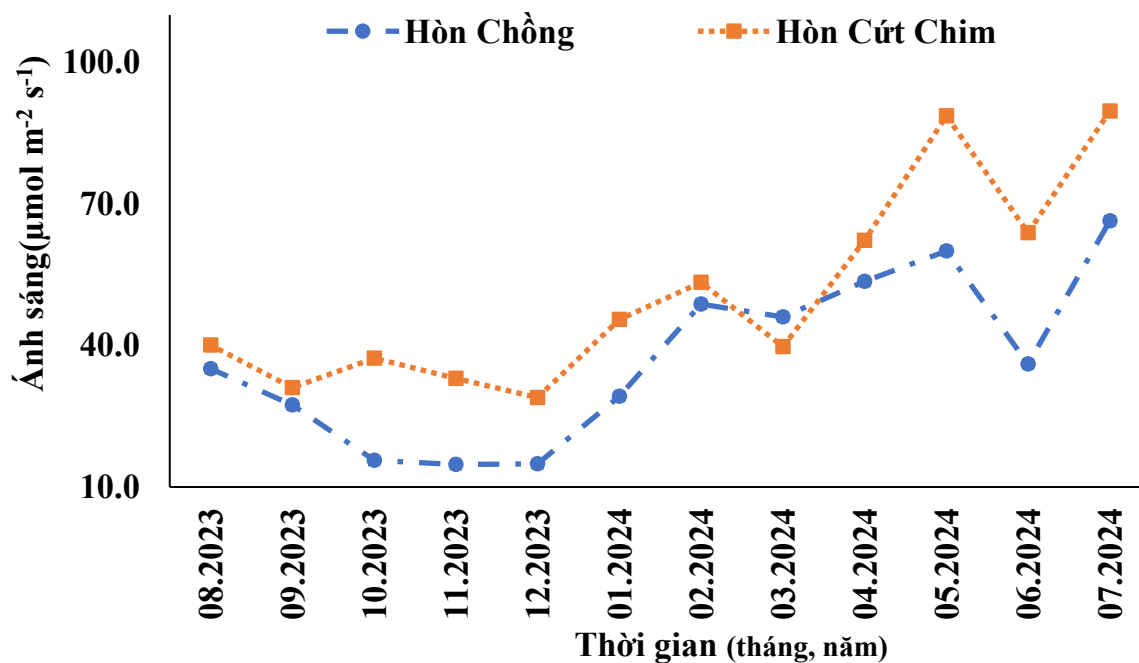
Kết quả nghiên cứu cho thấy, độ đục tại 02 điểm Hòn Chồng và Hòn Cút Chim ít có sự chênh lệch (Bảng 3.3 và Hình 3.14). Tuy nhiên, theo thời gian độ đục của cả 02 điểm đều có thay đổi lớn chủ yếu là thay đổi theo mùa. Độ đục tại điểm Hòn Chồng dao động từ 1,00 – 2,60 (NTU), Hòn Cút Chim từ 0,80 – 3,50 (NTU). Độ đục thấp nhất vào thời điểm tháng 12 năm 2023 và cao nhất vào thời điểm tháng 5 năm 2024.



Hình 3.14. Biến động độ đục theo thời gian

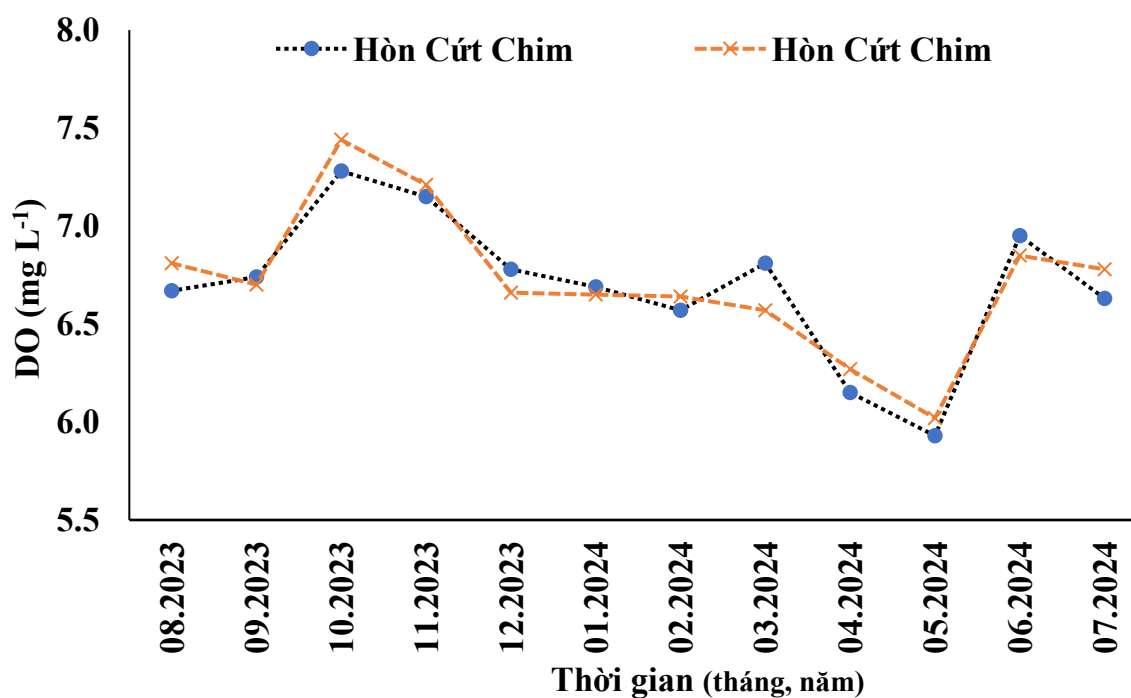
Ánh sáng

Tại điểm Hòn Chồng, cường độ ánh sáng dao động từ 14,77 – 66,41 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, Hòn Cút Chim dao động từ 28,94 – 89,64 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Cường độ ánh sáng mạnh vào các tháng 7/2024 (mùa khô) và yếu vào tháng 11 và 12/2023 (mùa mưa) (Hình 3.15).



Hình 3.15. Biến động cường độ ánh sáng theo thời gian

Hàm lượng oxy hòa tan (DO):

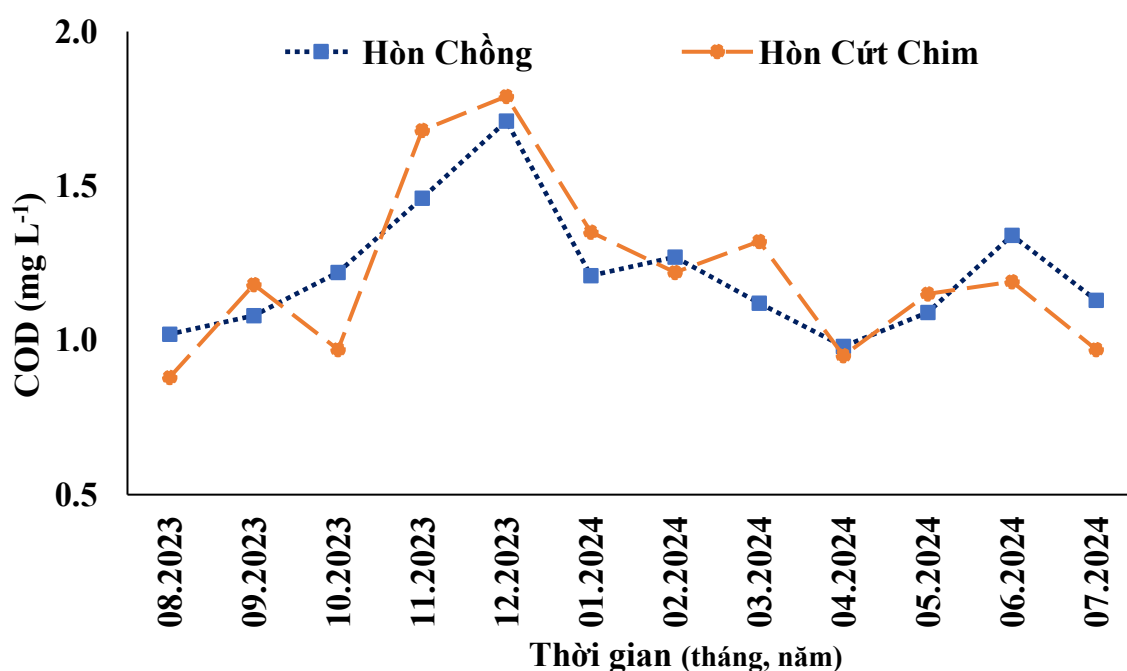


Hình 3.16. Biến động nồng độ oxy hòa tan theo thời gian

Hàm lượng oxy hòa tan tại 2 điểm Hòn Chồng và Hòn Cút Chim khá cao và tương đối đồng nhất, điều này rất thích hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của các sinh vật biển. Theo thời gian, hàm lượng DO trung bình của 2 điểm có sự thay đổi nhỏ không đáng kể, dao động từ $5,93 - 7,44 \text{ mg L}^{-1}$ (Hình 3.16).

Chỉ số oxy hóa học (COD):

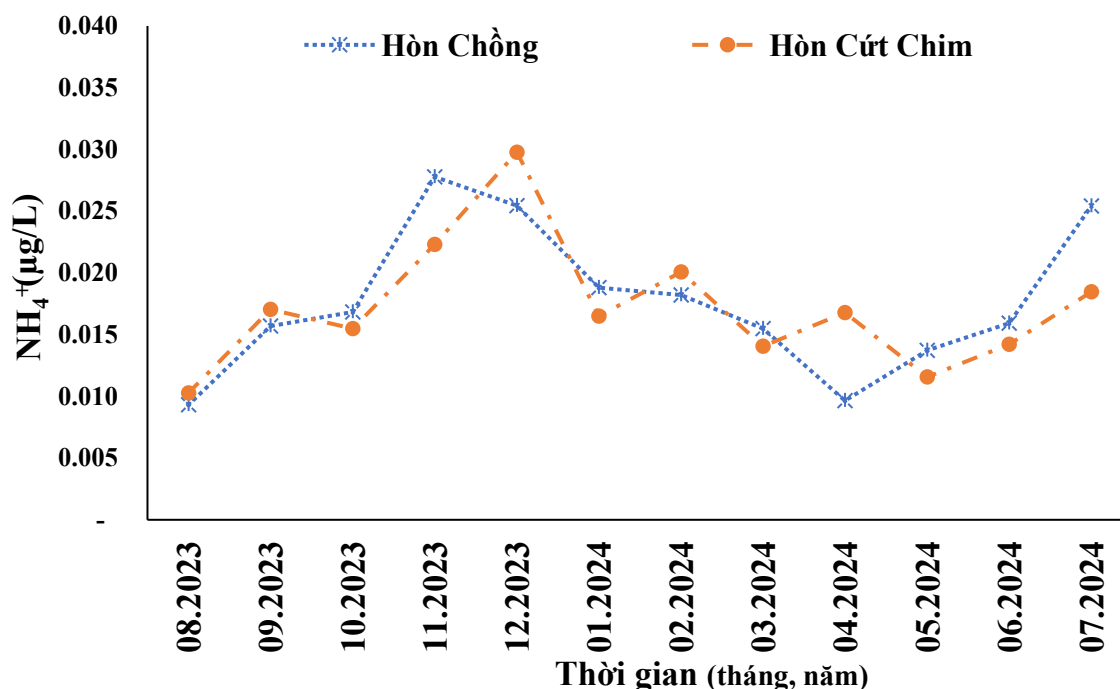
Hàm lượng COD tại hai điểm khảo sát duy trì ở mức thấp và tương đối ổn định theo thời gian, dao động từ $0,98 - 1,71 \text{ mg L}^{-1}$ (tại Hòn Chồng) và $0,88 - 1,79 \text{ mg L}^{-1}$ (tại Hòn Cút Chim) (Bảng 3.3, Hình 3.17).



Hình 3.17. Biến động chỉ số COD theo thời gian

Hàm lượng Amonia (NH_4^+):

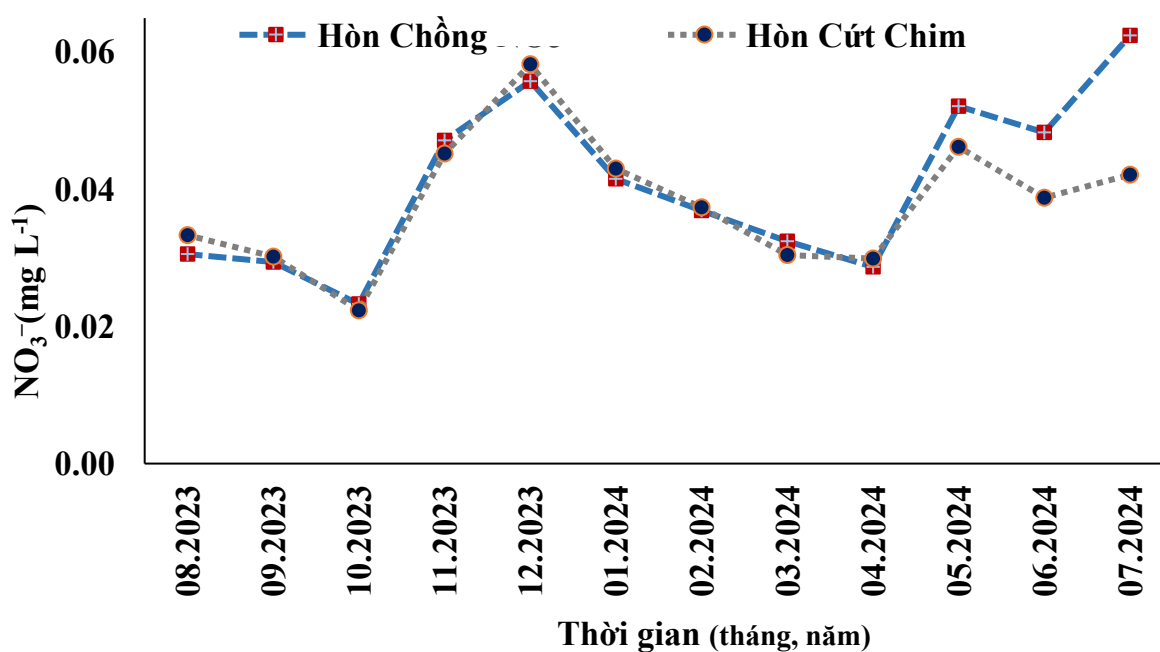
Theo thời gian khảo sát, hàm lượng NH_4^+ của cả 02 điểm đều có thay đổi khá lớn, tại điểm Hòn Chồng hàm lượng NH_4^+ dao động từ $0,009 - 0,028 \text{ mg L}^{-1}$, Hòn Cút Chim dao động từ $0,006 - 0,030 \text{ mg L}^{-1}$ và trung bình của 02 điểm dao động từ $0,010 - 0,030 \text{ mg L}^{-1}$ (Hình 3.18).



Hình 3.18. Biến động hàm lượng NH_4^+ , theo thời gian

Hàm lượng Nitrat (NO_3^-):

NO_3^- là sản phẩm cuối cùng của quá trình nitrat hóa vì thế hàm lượng NO_3^- trong nước biển thường cao hơn các dạng khác. Kết quả phân tích đã cho thấy hàm lượng NO_3^- tại 02 điểm Hòn Chồng và Hòn Cút Chim tương đối đồng nhất và không cao (Hình 3.19). Theo thời gian, hàm lượng NO_3^- tại điểm Hòn Chồng dao động từ 0,023 – 0,062 mg L^{-1} , Hòn Cút Chim dao động từ 0,022 – 0,056 mg L^{-1} , tương tự NH_4^+ , hàm lượng NO_3^- cũng đạt cao nhất vào các tháng 11 và 12/2023 (mùa mưa).



Hình 3.19. Biến động hàm lượng NO_3^- theo thời gian

3.1.2.2. Trầm tích đáy nơi sinh sống của san hô

Địa điểm phân bố của san hô mềm *S. serenei* trong nghiên cứu là khu vực kéo dài từ Hòn Cút Chim và xung quanh khu vực Hòn Cút Chim đến Hòn Chồng thuộc vịnh Nha Trang nơi có độ sâu từ 5 – 8 m. Đây là khu vực nằm phía Bắc vịnh Nha Trang, có độ dài khoảng 2,35 km do đó địa hình, địa mạo là giống nhau. Các đợt khảo sát và thu mẫu cho thấy khu vực phân bố san hô có nền trầm tích gồm cát, vụn đá san hô nhỏ và bùn, trong đó cát và san hô vụn chiếm ưu thế. Loài san hô mềm *S. serenei* được ghi nhận phát triển chủ yếu trên các khối san hô chết (Hình 3.20).



Hình 3.20. Trầm tích và nền đáy nơi san hô mềm *S. serenei* phân bố

(a, b) trầm tích cát–san hô vụn pha bùn;

(c, d) san hô sinh trưởng trên các đá san hô chết.

Giá trị pH tại Hòn Chồng và Hòn Cút Chim dao động nhỏ. Kết quả này tương đồng với các nghiên cứu trước tại vịnh Nha Trang, nơi pH dao động 7,82 – 8,36, trung bình 8,16, cho thấy môi trường nước có tính kiềm yếu [144, 145]. Độ đục trung bình 1,40 NTU nằm trong ngưỡng phù hợp cho sự phát triển của rạn san hô [146]. Cường độ ánh sáng cũng nằm trong ngưỡng dao động thích hợp cho san hô cho một số loài san hô mềm đã được nghiên cứu trước kia như *S. glaucum* là 35 – 130 μmol

$\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ [11] hay $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ [121], *S. trocheliophorum* là $80 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ [122]. Nồng độ oxy hòa tan (DO) tại Hòn Chồng ($5,93 - 7,28 \text{ mg L}^{-1}$) và Hòn Cút Chim ($6,02 - 7,44 \text{ mg L}^{-1}$), tương tự giá trị $6,15 - 7,06 \text{ mg L}^{-1}$ ghi nhận tại vịnh Nha Trang giai đoạn 2017 – 2020 [146]. Hàm lượng COD dao động $1,53 - 2,48 \text{ mg L}^{-1}$. Điều này cho thấy, san hô mềm *S. serenei* phân bố ở môi trường nước sạch, ít ô nhiễm hữu cơ. Hàm lượng NH_4^+ tại hai điểm tương đối ổn định, cao nhất vào tháng 11 – 12/2023 ($0,025 - 0,028 \text{ mg L}^{-1}$) do ảnh hưởng dòng chảy từ sông Cái trong mùa mưa. Tuy nhiên, giá trị này thấp hơn giới hạn $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, an toàn cho sinh vật biển.

Qua đó cho thấy, môi trường phân bố của *S. serenei* có nhiều đặc điểm tương đồng với các loài khác trong giống *Sarcophyton* đã được nghiên cứu. Giống này thường sinh sống ở vùng biển nhiệt đới, nơi các rạn san hô ven bờ có độ đục vừa phải và nền đáy mềm, hoặc ở khu vực ven bờ có nhiều trầm tích [1]. Chúng phân bố từ vùng triều đến độ sâu khoảng 15 m [147] và thường gặp ở khu vực dưới triều, rạn san hô gần bờ [47]. *Sarcophyton* thích nghi tốt trong môi trường nước có nhiệt độ từ $24,2 - 35,5^\circ\text{C}$ và pH dao động $8,35 - 8,45$ [25], tương ứng với khoảng nhiệt độ ghi nhận tại khu vực nghiên cứu ($25,20 - 30,05^\circ\text{C}$), nằm trong giới hạn thích hợp cho sự phát triển của rạn san hô [148, 149].

Tóm lại, *S. serenei* được ghi nhận phân bố ở các khu vực nền đá san hô chết, giàu canxi, độ đục trung bình và môi trường nước có chất lượng tốt. Các yếu tố thủy lý-hóa tại khu vực Hòn Chồng và Hòn Cút Chim nằm trong giới hạn sinh trưởng tối ưu của san hô [148, 149]. Điều này khẳng định rằng môi trường sống của loài phù hợp cho cả sinh trưởng tự nhiên lẫn khả năng nuôi nhân tạo, mở ra tiềm năng ứng dụng cho công tác bảo tồn và nhân giống trong điều kiện có kiểm soát. Sự thích nghi của *S. serenei* ở vùng nước đục vừa phải còn gợi ý khả năng phục hồi sinh cảnh tại các vùng rạn bị suy thoái, nơi san hô cứng khó tồn tại [1, 147]. Dựa trên các kết quả khảo sát sinh thái, các thí nghiệm tiếp theo được thiết kế với việc điều chỉnh các yếu tố môi trường về ngưỡng thích hợp, bao gồm độ mặn duy trì ở mức 33 – 34 ‰, pH trong khoảng 8,0 – 8,3 và nền đáy là lớp đá san hô chết. Các điều kiện này giúp mô phỏng môi trường nuôi có đặc điểm gần với tự nhiên. Đồng thời, kết quả đo đạc cho thấy cường độ ánh sáng trong bể từ 8 – 9 giờ sáng dao động $17,44 - 101,48 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, chưa phải mức cao nhất trong ngày. Kết hợp với các nghiên cứu trước về yêu cầu ánh sáng của một số loài thuộc giống *Sarcophyton*, chúng tôi lựa chọn dải cường độ ánh sáng $30 - 150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ để xác định ngưỡng phù hợp cho loài này trong điều kiện nuôi nhân tạo.

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

3.1.3.1. Giới tính và 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* trong 16 đợt, từ tháng 8 năm 2023 đến tháng 7 năm 2024 tại vịnh Nha Trang chỉ ra rằng loài này là đơn tính. Giới tính của *S. serenei* giai đoạn chưa thành thực không thể xác định thông qua màu sắc, hình thái bên ngoài hay kích thước của tập đoàn, mà cần phải được xác định qua giải phẫu và quan sát dưới kính soi nổi hoặc phân tích mô học. Qua giải phẫu, trứng của *S. serenei* có màu trắng khi chưa trưởng thành, chuyển sang màu hồng hoặc đôi khi đỏ sẫm khi trưởng thành (Hình 3.21), các túi tinh chưa trưởng thành có màu xám mờ và chuyển sang màu trắng khi trưởng thành.



Hình 3.21. Trứng thành thực có màu hồng (mũi tên màu đen)

Buồng trứng và túi tinh được hình thành ở phần nửa sau của chiều dài autozoid, trên mạc treo, và không xuất hiện ở phần đĩa miệng hoặc xúc tu. Buồng trứng và túi tinh phát triển từ các tế bào nội bì của mạc treo, gia tăng kích thước và phân chia thành các tế bào độc lập, biệt hóa thành trứng hoặc túi tinh trùng. Tuy nhiên, sự hiện diện của tinh trùng không thể quan sát trực tiếp dưới kính soi nổi như trứng, mà chỉ có thể xác định thông qua phân tích mô học.

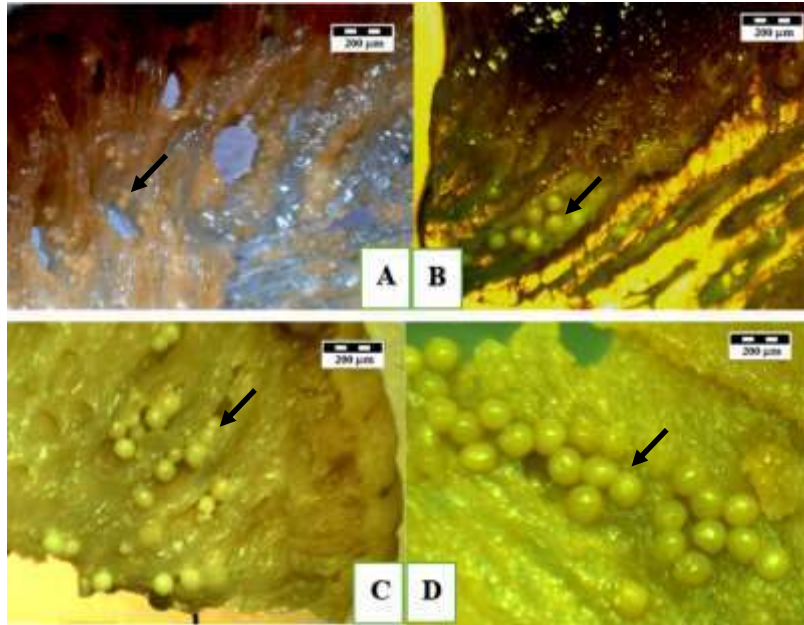
Tỷ lệ đực cái của *S. serenei*

Trong tổng số 380 tập đoàn khảo sát, ghi nhận 217 tập đoàn đực và 163 tập đoàn cái, không bắt gặp cá thể lưỡng tính. Tỷ lệ đực:cái thực tế trong tự nhiên đạt 1,33:1, sai khác có ý nghĩa thống kê so với tỷ lệ lý thuyết 1:1 ($\chi^2 = 7,67$, lớn hơn giá trị 6,64; $df = 1$, $P < 0,01$)

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

Sự phát triển của noãn bào

Kích thước trứng của *S. serenei* có sự thay đổi rõ rệt theo thời gian được thể hiện ở Bảng 3.4. Trong giai đoạn hình thành, trứng có hình cầu, màu kem trong suốt (Giai đoạn I) và trở nên mờ đục khi đạt kích thước lớn hơn (Giai đoạn II). Trứng trưởng thành có màu hồng (Giai đoạn III và IV), được quan sát tại vịnh Nha Trang vào cuối tháng 2 và đầu tháng 3 năm 2024, với kích thước lớn ($> 600 \mu\text{m}$). Các tuyến sinh dục được quan sát ở gốc polyp, hầu như không có ở phần trên của polyp.



**Hình 3.22. Hình ảnh các giai đoạn trứng kính hiển vi soi nổi
(mũi tên màu đen)**

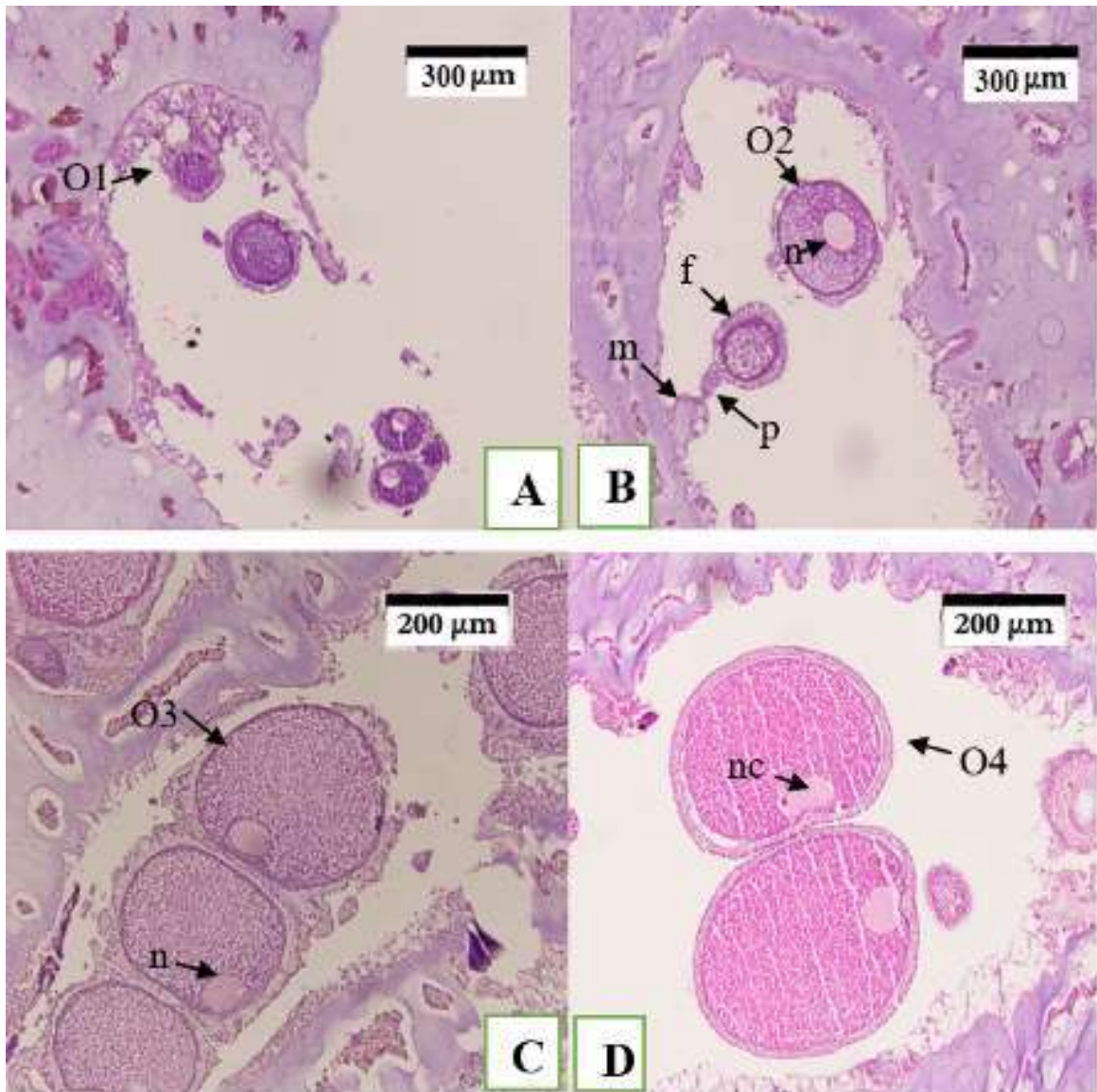
A. Trứng giai đoạn I

B. Trứng giai đoạn II

C. Trứng giai đoạn III

D. Trứng giai đoạn IV

Kích thước trứng ở giai đoạn trưởng thành của *S. serenei* dao động từ 445,26 μm đến 684,99 μm vào cuối tháng 2 và giữa tháng 3. Trong suốt năm, trứng có sự hiện diện với các kích thước khác nhau. Vào thời điểm giữa tháng 8 (16/8/2023) kích thước trung bình của trứng là $250,54 \pm 16,17 (\mu\text{m})$, kích thước này tiếp tục gia tăng theo thời gian và đạt giá trị $684,99 \pm 28,50 \mu\text{m}$ vào thời điểm gần cuối tháng 3 (27/3/2024). Sau thời điểm này chỉ thu được trứng có kích thước nhỏ. Cụ thể, cuối tháng 3 (30/3) chỉ thu được trứng có đường kính trung bình $158,21 \pm 4,85 \mu\text{m}$, sau đó tăng lên $162,80 \pm 5,34 \mu\text{m}$ vào tháng 4, sau đó lại tiếp tục gia tăng trong các tháng tiếp theo (Bảng 3.5). Quá trình phát triển noãn bào của *S. serenei* được chia thành bốn giai đoạn, như minh họa trong Hình 3.22 và Hình 3.23.



Hình 3.23. Các giai đoạn phát triển noãn bào

(A: giai đoạn I–Nhân và tế bào chất chưa phân biệt rõ ràng trong mạc treo, B: giai đoạn II–Nhân tế bào nằm ở trung tâm của noãn bào, C: giai đoạn III–Nhân di chuyển ra ngoại vi và tách khỏi mạc treo, D: giai đoạn IV–Noãn bào tăng nhanh kích thước. O1, Giai đoạn I; O2, Giai đoạn II; O3, Giai đoạn III, O4, Giai đoạn IV; f, lớp vỏ noãn bào; m, mạc treo; n, nhân; nc, nhân con; p, cuống)

Giai đoạn I: từ tháng 4 đến tháng 9, noãn bào mới hình thành có màu nâu hồng, hình tròn hoặc mờ. Tế bào trứng giai đoạn này chủ yếu chứa nhân tế bào và tế bào chất, với tuyến sinh dục chỉ xuất hiện ở các autozooid và được gắn vào mạc treo bằng cuống. Mặc dù không thể phân biệt rõ ràng giữa nhân và tế bào chất, các tế bào trứng có thể thấy dưới dạng một cụm trong mạc treo hoặc xen kẽ với các trứng ở giai đoạn phát triển sau (Hình 3.23A).

Giai đoạn II: từ tháng 10 đến tháng 12, tế bào trứng bắt đầu chuyển sang hình tròn hoặc bầu dục và bám vào mạc treo qua cuống (Hình 3.23B). Tại thời điểm này, nhân tế bào và tế bào chất chiếm phần lớn, nhân vẫn nằm ở trung tâm của noãn bào.

Bảng 3.4. Kích thước noãn bào (μm) qua các giai đoạn ($n = 30$)

Ngày tháng	Trung bình $\pm$ SD	Dao động	Giai đoạn
16/8/23	250,54 $\pm$ 16,17	214,98 – 275,57	I
20/9/23	256,90 $\pm$ 16,73	223,36 – 278,12	I
26/10/23	292,57 $\pm$ 15,56	263,89 – 325,12	II
29/11/23	335,07 $\pm$ 22,93	280,49 – 372,75	II
27/12/23	352,70 $\pm$ 27,21	303,76 – 390,02	II
24/1/24	354,26 $\pm$ 30,07	290,51 – 399,39	III
22/2/24	445,26 $\pm$ 33,23	391,79 – 501,53	III
17/3/24	519,99 $\pm$ 29,90	460,14 – 571,96	IV
20/3/24	581,75 $\pm$ 10,64	566,31 – 613,71	IV
23/3/24	633,20 $\pm$ 35,58	556,99 – 683,61	IV
27/3/24	684,99 $\pm$ 28,50	631,89 – 735,97	IV
30/3/24	158,21 $\pm$ 4,85	150,07 – 168,20	I
22/4/24	162,80 $\pm$ 5,34	147,91 – 172,84	I
22/5/24	171,82 $\pm$ 5,31	163,55 – 184,88	I
17/6/24	193,27 $\pm$ 8,65	178,46 – 214,40	I
19/7/24	205,51 $\pm$ 12,01	181,20 – 230,53	I

Giai đoạn III: từ tháng 1 đến tháng 2, khi noãn bào tăng nhanh về kích thước và tách khỏi mạc treo, di chuyển gần đến khoang polyp (Hình 3.23C). Trứng ở giai đoạn này có màu sắc hồng đến đỏ tươi, nhân bắt đầu di chuyển ra ngoại vi, và tế bào chất trở nên đồng đều về kích thước và màu sắc. Màng nhân bắt đầu có dạng lưới, và các tế bào trứng có đường viền dày, là đặc điểm xác định của giai đoạn này.

Giai đoạn IV: từ tháng 2 đến tháng 3, với sự xuất hiện của nhân và tế bào chất ở ngoại vi của tế bào (Hình 3.23D). Kích thước trứng tăng đáng kể trong giai đoạn này. Kết quả quan sát vào tháng 4 cho thấy, tuyến sinh dục cái xuất hiện và phần lớn trứng có kích thước nhỏ, chứng tỏ *S. serenei* đã tham gia vào quá trình sinh sản vào tháng 3.

Các giai đoạn phát triển của tinh sào

Quan sát cho thấy, túi tinh của loài san hô mềm *S. serenei* khi mới hình thành có dạng cầu, trong suốt và màu trắng kem. Khi tiến tới giai đoạn thành thực, túi tinh chuyển thành hình bầu dục và có kích thước rất nhỏ, do đó không thể đo được dưới kính soi nổi. Kích thước của chúng được xác định qua phân tích mô học, như đã trình bày trong Bảng 3.5. Quá trình phát triển của tinh sào được chia thành 4 giai đoạn, dựa trên mô tả của Schleyer và cs. (2004) [75], và các giai đoạn này được thể hiện trong Hình 3.24.

Bảng 3.5. Kích thước túi tinh (μm) qua các giai đoạn ($n = 30$)

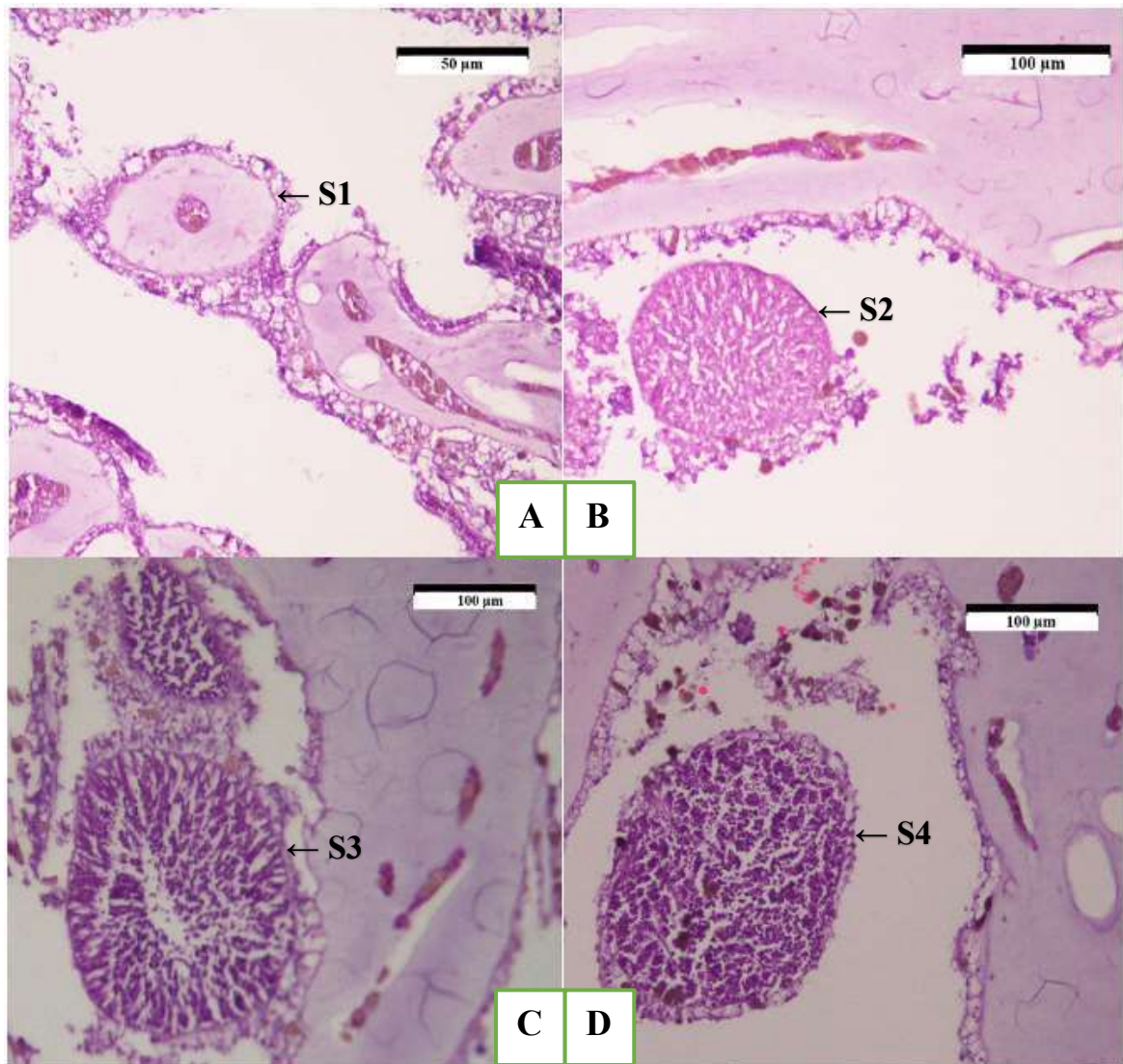
Ngày tháng	TB $\pm$ SD	Dao động	Giai đoạn
24/1	222,41 $\pm$ 29,69	157,68 – 274,01	III
22/2	219,98 $\pm$ 31,81	122,21 – 266,03	III
27/3	229,09 $\pm$ 18,77	186,93 – 263,62	IV
22/4	21,48 $\pm$ 1,11	18,42 – 25,01	I
22/5	17,13 $\pm$ 1,89	14,15 – 21,13	I
17/6	18,84 $\pm$ 3,17	12,77 – 25,24	I
19/7	50,38 $\pm$ 4,44	44,45 – 58,68	I
16/8	69,38 $\pm$ 12,56	50,56 – 87,10	I
20/9	141,56 $\pm$ 15,65	94,91 – 174,67	I
26/10	149,25 $\pm$ 5,24	142,22 – 159,25	II
29/11	184,59 $\pm$ 29,17	120,43 – 221,20	II
27/12	195,49 $\pm$ 11,98	169,29 – 214,22	II

Giai đoạn I: (từ tháng 4 đến tháng 8) phát triển của túi tinh bắt đầu với các cụm tinh nguyên bào đang phát triển. Túi tinh ở giai đoạn này có kích thước rất nhỏ, trung bình là $17,13 \pm 1,89 \mu\text{m}$ vào tháng 5, tăng chậm qua các tháng tiếp theo, đạt $18,84 \pm 3,17 \mu\text{m}$ vào tháng 6. Tuy nhiên, kích thước túi tinh bắt đầu tăng nhanh từ tháng 7, đạt trung bình $50,38 \pm 4,44 \mu\text{m}$ vào tháng 7 và $69,38 \pm 12,56 \mu\text{m}$ vào tháng 8 (Hình 3.24A).

Giai đoạn II: (tháng 9 đến tháng 12) (Hình 3.24B), các tinh nguyên bào kết nối với mạc treo và kích thước túi tinh tiếp tục tăng từ $141,56 \pm 15,65 \mu\text{m}$ vào tháng 9, $149,25 \pm 5,24 \mu\text{m}$ vào tháng 10, $184,59 \pm 29,17 \mu\text{m}$ vào tháng 11, và đạt $195,49 \pm 11,98 \mu\text{m}$ vào tháng 12.

Giai đoạn III: (tháng 1 đến tháng 2) tình trùng bắt đầu tập trung ở ngoại vi của túi tinh, tạo nên vẻ ngoài rỗng ở trung tâm. Kích thước của túi tinh trong giai đoạn này đạt $222,41 \pm 29,69 \mu\text{m}$ vào tháng 1 và $219,98 \pm 31,81 \mu\text{m}$ vào tháng 2 (Hình 3.24C).

Giai đoạn IV: kích thước túi tinh đạt từ 182,42 đến 263,62 μm , với trung bình $229,09 \pm 18,77 \mu\text{m}$ vào tháng 3 (Hình 3.24D).

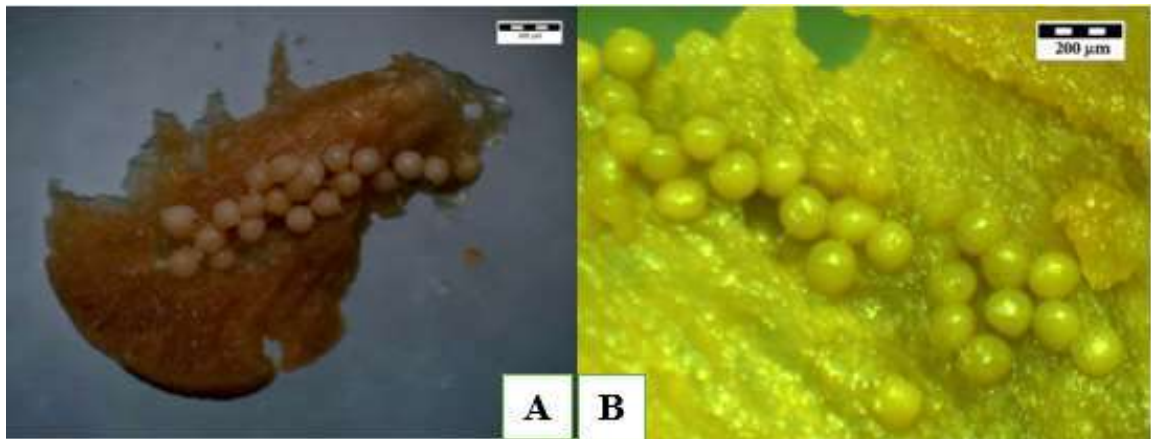


Hình 3.24. Các giai đoạn phát triển tinh sào (20x)

(A: giai đoạn I, B: giai đoạn II, C: giai đoạn III, D: giai đoạn IV, S1: Tinh sào giai đoạn I; S2: Tinh sào giai đoạn II, S3: Tinh sào giai đoạn III, S4: Tinh sào giai đoạn IV)

3.1.3.3. Sức sinh sản của *S. serenei*

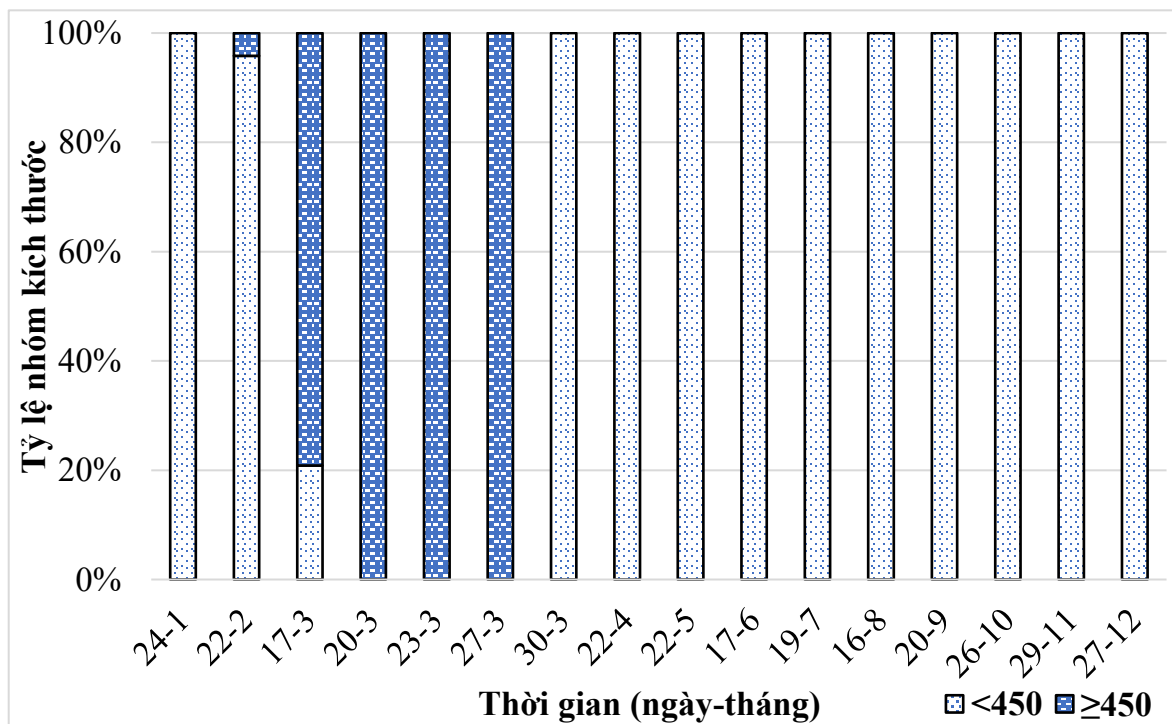
Tại vịnh Nha Trang, khi loài *S. serenei* đạt mức thành thực, số lượng trứng dao động từ 14 đến 26 trứng trên mỗi polyp (Hình 3.25).



Hình 3.25. Số lượng trứng trong polyp

A: Trứng thu ngày 17/3/2024; B: Trứng thu ngày 27/3/2024

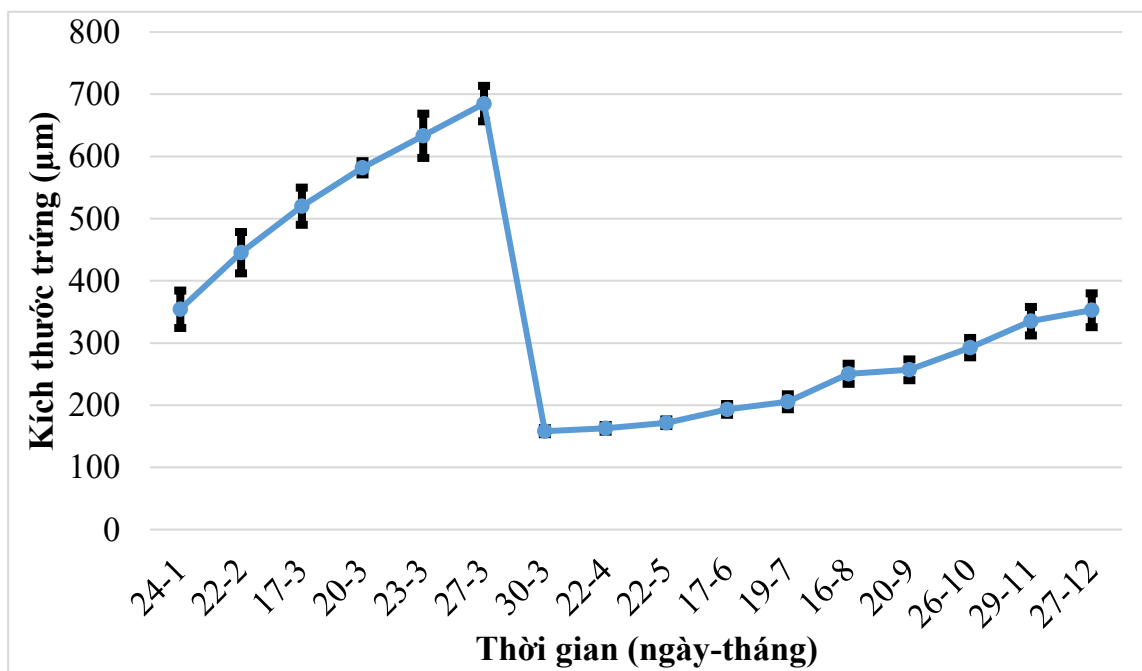
3.1.3.4. Tỷ lệ thành thực và mùa vụ sinh sản của *S. serenei*



Hình 3.26. Tỷ lệ nhóm kích thước trứng theo thời gian

Kết quả quan sát trong thời gian thu mẫu cho thấy sự xuất hiện liên tục của trứng với các kích thước khác nhau. Trong quá trình phân tích sự thay đổi đường kính trứng của loài san hô mềm *S. serenei* từ tháng 8 năm 2023 đến tháng 7 năm 2024, kết quả chỉ ra rằng vào tháng 1, tất cả các trứng đều có kích thước nhỏ hơn 450 µm, nhưng đến ngày 17 tháng 3, tỷ lệ này giảm còn khoảng 21%. Từ tháng 3, kích thước trứng tăng mạnh, với 79% trứng có đường kính vượt quá 450 µm, và 100% trứng có kích thước lớn hơn 450 µm vào khoảng thời gian từ ngày 20 tháng 3 đến ngày 27 tháng 3 năm 2024. Từ tháng 4 trở đi, noãn bào kích thước lớn hoàn toàn vắng mặt trong các

polyp, đánh dấu sự kết thúc của đợt phóng noãn và bắt đầu một chu kỳ tích lũy giao tử mới (Hình 3.26, Hình 3.27)



Hình 3.27. Kích thước trứng thay đổi theo thời gian

San hô mềm *S. serenei* là loài đơn tính, điều này cũng phản ánh xu hướng chung của các loài san hô trong giống *Sarcophyton*, như *S. auritum* [150] và *S. glaucum* [50, 52]. Tuy nhiên, theo kết quả nghiên cứu của Schleyer (2004) [75] tại KwaZulu – Natal, Nam Phi, trong giai đoạn từ tháng 9 năm 1991 đến tháng 11 năm 1994, khi phân tích 276 tập đoàn san hô loài *S. glaucum* ở độ sâu trung bình 15 m, có 134 tập đoàn cái, 96 tập đoàn đực, 25 tập đoàn mang cả trứng và tinh trùng trong polyp, và 21 tập đoàn chưa xác định rõ giới tính. Sự khác biệt này có thể do ảnh hưởng của điều kiện địa lý.

Tỷ lệ đực cái của loài san hô mềm *S. serenei* cũng tương đồng với nghiên cứu trên loài *S. crassocaule* [151], *S. elegans* [77], các kết quả cũng cho thấy hai loài này đều có tỷ lệ đực cái không phân bố theo lý thuyết 1:1 mà đều có phân bố theo 1,3:1. Tuy nhiên, một số nghiên cứu trong giống *Sarcophyton* lại có phân bố tỷ lệ đực cái lại là 1:1. Nghiên cứu của Hellström (2010) [77] về tỷ lệ giới tính của san hô mềm *S. elegans* xác định tỷ lệ đực cái là 1:1 khi phân tích 334 tập đoàn (121 tập đoàn cái, 162 tập đoàn đực và 51 tập đoàn chưa xác định được giới tính). Đối với *S. glaucum*, kết quả nghiên cứu của Benayahu và Loya (1986) [50] cho thấy tỷ lệ giới tính không có sự sai lệch đáng kể so với tỷ lệ lý thuyết 1:1.

Phân tích hình thái ngoài của noãn sào trong nghiên cứu này chỉ ra rằng trứng thành thực của *S. serenei* chỉ xuất hiện rõ rệt vào tháng 2 – 3, đặc biệt là từ ngày 23

tháng 3 đến ngày 27 tháng 3 (tương ứng với ngày 14 đến 18 tháng 2 âm lịch), đây là giai đoạn thành thực, san hô có khả năng tham gia sinh sản. Sự biến mất đồng loạt của trứng thành thực vào cuối tháng 3 chứng minh *S. serenei* có tập tính sinh sản đồng bộ với chu kỳ một lần trong năm, tương đồng với các loài cùng giống *Sarcophyton*, như *S. crassocaule*; *S. ehrenbergi*; *S. glaucum*; *S. elegans*; *S. auritum* (Bảng 3.7). Nghiên cứu về *S. glaucum* cho thấy, đây là loài được ghi nhận có sinh sản vào giữa trăng tròn và trăng non tháng 3, khi các túi tinh và tế bào trứng trưởng thành được giải phóng [75]. Kết quả nghiên cứu về *S. elegans* cũng cho thấy thời gian sinh sản diễn ra vào thời điểm 16 đến 17 giờ sau khi mặt trời lặn và kéo dài 2 giờ vào ngày thứ 5 và 6 sau trăng tròn, nhưng mùa vụ sinh sản của loài này kéo dài từ tháng 8 đến tháng 2 năm sau [77]. Đối với loài san hô mềm *S. auritum*, mùa sinh sản được xác định diễn ra vào thời điểm trăng tròn tháng 7 [150].

Kích thước trứng của *S. serenei* ở giai đoạn thành thực tương đương với kích thước trứng trưởng thành của *Sarcophyton* sp. (600 μm) như đã ghi nhận trong các nghiên cứu trước [5, 152]. Tuy nhiên, kích thước này nhỏ hơn so với một số loài trong giống *Sarcophyton* như *S. crassocaule* (915 μm), *S. ehrenbergi* (710 μm) và *S. trocheliphorum* (763 μm) [74, 151]. Một số nghiên cứu cũng ghi nhận trứng trưởng thành của *S. elegans* [77] và *S. glaucum* [52] có kích thước nhỏ hơn trứng của *S. serenei* (Bảng 3.6).

Thời điểm phát sinh trứng của *S. serenei* trong nghiên cứu này có sự khác biệt so với kết quả quan sát trên *S. elegans* tại Lizard Island, Great Barrier Reef. Cụ thể, noãn bào giai đoạn I của *S. elegans* xuất hiện từ tháng 2 đến tháng 7, trong khi noãn bào giai đoạn II xuất hiện từ tháng 4 đến tháng 11 và giai đoạn III có mặt trong tất cả các tháng. Các noãn bào giai đoạn IV được quan sát ở các polyp ngoài rìa khuẩn lạc vào trước trăng tròn trong tháng 8 và 9, sau đó, chúng được tìm thấy trong các polyp gần trung tâm polypary vào những tháng tiếp theo, nhưng không còn xuất hiện vào tháng 2 năm sau [77]. Nghiên cứu trên san hô mềm *S. elegans* cho thấy tinh bào giai đoạn I và II xuất hiện vào tháng 2 và tháng 3. Kích thước tinh trùng tăng dần cho đến tháng 8, đạt giai đoạn III, và tiếp tục phát triển đến giai đoạn IV vào tháng 8 và tháng 9 [77]. Trong khi đó, kết quả nghiên cứu này cho thấy, loài *S. serenei* trứng giai đoạn I được quan sát thấy ở tháng 4 đến tháng 9, giai đoạn II từ tháng 10 đến tháng 12, giai đoạn III diễn ra từ tháng 1 đến tháng 2 và giai đoạn IV xuất hiện vào thời điểm cuối tháng 2 và tháng 3.

Sức sinh sản của các loài san hô tám ngón rất khác nhau. Các loài thuộc nhóm Gorgonian thường sản xuất ít trứng hơn các loài san hô mềm khác. Ví dụ, san hô *Thouarella variabilis* chỉ sản xuất một trứng trưởng thành duy nhất mỗi polyp [145],

trong khi *Plexaura kuna* có trung bình 1,9 noãn bào mỗi polyp [81]. Ngược lại, *S. glaucum* có thể chứa từ 25 đến 35 noãn bào mỗi polyp [50], và *Ptilosarcus guernei* có trung bình 20 – 25 trứng mỗi polyp [153]. Brazeau và Lasker (1989) [81] cho rằng sản lượng trứng thấp ở các loài san hô tám ngăn có thể do hạn chế về không gian bên trong polyp, vốn bị ảnh hưởng bởi cấu trúc cơ thể cứng và ít linh hoạt.

Bảng 3.6. Một số kết quả nghiên cứu sinh sản hữu tính của *Sarcophyton*

Loài	Tỷ lệ đực cái	Đường kính trứng (μm)	Mùa vụ sinh sản (tháng)	Khu vực nghiên cứu	Tài liệu tham khảo
<i>S. crassocaule</i>	1,3:1	915	4 – 6	Đài Loan	[151]
<i>S. ehrenbergi</i>	–	710	10 – 11	Great Barrier (Úc)	[5]
<i>S. glaucum</i>	–	600	10 – 11	Great Barrier (Úc)	[5]
<i>S. glaucum</i>	1:1	500 – 650	7	Phía Bắc Biển Đỏ	[50]
<i>S. glaucum</i>	1:1	800	2 – 3	KwaZulu – Natal, Nam Phi	[75]
<i>S. glaucum</i>	1:1	400 – 450	12 – 1	Biển Đỏ (Ai Cập)	[52]
<i>S. elegans</i>	1,3:1	450 – 620	09 – 10	Great Barrier (Úc)	[77]
<i>S. auritum</i>	–	621 – 689	7	Biển Đỏ	[150]
<i>S. trocheliophorum</i>	–	763	–	Đài Loan	[151]
<i>Sarcophyton</i> sp.	–	600	10 – 11	Great Barrier (Úc)	[5]
<i>S. serenei</i>	1,3:1	450 – 736	3	Nha Trang	Nghiên cứu này

Nghiên cứu về đặc điểm sinh học sinh sản cho thấy *S. serenei* là loài đơn tính, có chu kỳ sinh sản một lần mỗi năm, vào khoảng tháng 3 (trong giai đoạn nghiên cứu 2023 – 2024). Kích thước trứng, tỷ lệ giới tính và mùa vụ sinh sản đều tương đồng với nhiều loài khác trong giống *Sarcophyton* như *S. glaucum*, *S. elegans* và *S. auritum* [50, 77, 150]. Kết quả nghiên cứu góp phần xác định thời điểm tối ưu để thu và xử lý mẫu gốc trong quy trình sinh sản nhân tạo, đồng thời cho thấy sự đồng bộ trong hoạt động sinh sản – yếu tố then chốt ảnh hưởng đến hiệu quả thụ tinh và phát triển phôi trong điều kiện nuôi.

Tổng hợp các kết quả ở Nội dung 1 cho thấy, việc điều tra đặc điểm sinh học và sinh thái tự nhiên đóng vai trò là cơ sở khoa học cốt lõi để thiết lập các thông số môi

trường nhân tạo. Các giá trị thủy lý hóa đo đạc tại vùng rạn phân bố tự nhiên (nhiệt độ 25–30°C, độ mặn 30–34‰, pH 8,02–8,10 và nền đáy đá san hô chết) đã cung cấp căn cứ trực tiếp để thiết kế hệ thống nuôi tuần hoàn mô phỏng gần nhất với môi trường sống của loài. Đặc biệt, khoảng biến thiên của cường độ ánh sáng tự nhiên ghi nhận tại rạn (14,77–89,64 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) là dữ liệu tham chiếu then chốt để xây dựng dải nghiệm thức chiếu sáng thực nghiệm (30–150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) nhằm xác định ngưỡng bão hòa quang hợp thích hợp cho *S. serenei* trong điều kiện nhân tạo.

Bên cạnh đó, nghiên cứu sinh học sinh sản đã bước đầu xác định *S. serenei* là loài đơn tính và có tập tính sinh sản đồng bộ tập trung vào tháng 3 hàng năm. Tuy nhiên, kết quả này mới chỉ phản ánh chu kỳ quan trắc trong một năm nghiên cứu (2023–2024). Trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu, hiện tượng El Niño và các dị thường thời tiết cực đoan diễn biến phức tạp, thời điểm phóng noãn thực tế ngoài tự nhiên có thể dịch chuyển đáng kể, đòi hỏi phải tiếp tục quan trắc lặp lại qua nhiều năm liên tiếp để khẳng định quy luật sinh sản dài hạn. Nếu triển khai ngay các thử nghiệm sinh sản hữu tính ở giai đoạn này, rủi ro lớn nhất là khó xác định chính xác thời điểm thu giao tử và ấu trùng planula ngoài tự nhiên, đồng thời việc áp nở nhân tạo đòi hỏi hệ thống kỹ thuật chuyên dụng phức tạp cùng nguồn kinh phí đầu tư rất lớn. Ngược lại, chi phí sản xuất một tập đoàn san hô bằng phương pháp sinh sản vô tính chỉ bằng khoảng 20% so với phương pháp hữu tính. Kỹ thuật nhân giống vô tính qua tách mảnh có thể chủ động triển khai quanh năm, ít chịu rủi ro về mùa vụ và cho phép tạo ra số lượng lớn các tập đoàn con khỏe mạnh trong thời gian ngắn. Đây là hướng tiếp cận mang tính khả thi cao và hiệu quả nhất trong giai đoạn hiện nay, vừa đáp ứng kịp thời nguồn giống cho công tác phục hồi rạn san hô suy thoái, vừa mở ra tiềm năng cung cấp sinh khối phục vụ thị trường sinh vật cảnh biển và nghiên cứu chiết xuất các hợp chất có hoạt tính sinh học. Chính vì vậy, việc tập trung hoàn thiện các thông số kỹ thuật cho quá trình sinh sản vô tính ở Nội dung 2 là bước đi thực nghiệm cấp thiết và có ý nghĩa ứng dụng thực tiễn cao.

3.2. Nghiên cứu sinh sản vô tính loài san hô mềm *S. serenei* trong điều kiện nhân tạo

3.2.1. Ảnh hưởng của Lugol và thời gian xử lý mảnh tách

3.2.1.1. Tỷ lệ sống

Tỷ lệ sống của loài san hô mềm *S. serenei* ở các nghiệm thức được thể hiện ở Bảng 3.8. Kết quả cho thấy chỉ có nồng độ Lugol ảnh hưởng đáng kể đến tỉ lệ sống; trong khi thời gian ngâm không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức trong điều kiện thí nghiệm này đến tỷ lệ sống của san hô.

Tỷ lệ sống của các mảnh san hô *S. serenei* suy giảm chủ yếu trong 9 ngày đầu sau phân mảnh và duy trì ổn định đến khi kết thúc thí nghiệm (Bảng 3.7). Nồng độ Lugol chi phối có ý nghĩa thống kê đến tỷ lệ sống ở các thời điểm khảo sát ($p < 0,01$), trong khi thời gian ngâm và tương tác giữa hai yếu tố không tạo ra sự khác biệt đáng kể ($p > 0,05$). Các nghiệm thức xử lý ở nồng độ $0,5 \text{ mL L}^{-1}$ (15 phút) và $1,0 \text{ mL L}^{-1}$ (10 phút) đạt tỷ lệ sống cao nhất (71,7%), vượt trội rõ rệt so với đối chứng và nghiệm thức nồng độ cao ($1,5 \text{ mL L}^{-1}$, 20 phút).

Bảng 3.7. Tỷ lệ sống ở các nghiệm thức ($n = 3$)

Nghiệm thức	Nồng độ Lugol (mL L ⁻¹)	Thời gian ngâm (phút)	Tỷ lệ sống (%)		
			Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9
T:0–5	0	5	76,7 ± 2,9	66,7 ± 7,6	56,7 ± 5,8
T:0–10		10	75,0 ± 5,0	70,0 ± 5,	56,7 ± 5,8
T:0–15		15	75,0 ± 5,0	66,7 ± 5,8	56,7 ± 10,4
T:0–20		20	71,7 ± 5,8	66,7 ± 7,6	55,0 ± 5,0
T:0,5–5	0,5	5	78,3 ± 2,9	66,7 ± 2,9	58,3 ± 7,6
T:0,5–10		10	78,3 ± 2,9	73,3 ± 2,9	65,0 ± 5,0
T:0,5–15		15	85,0 ± 5,0	76,7 ± 2,9	71,7 ± 2,9
T:0,5–20		20	83,3 ± 2,9	71,7 ± 2,9	66,7 ± 2,9
T:1,0–5	1,0	5	81,7 ± 2,9	71,7 ± 2,9	61,7 ± 5,8
T:1,0–10		10	85,0 ± 5,0	75,0 ± 5,0	71,7 ± 7,6
T:1,0–15		15	81,7 ± 2,9	71,7 ± 2,9	65,0 ± 5,0
T:1,0–20		20	76,7 ± 5,8	70,0 ± 5,0	61,7 ± 5,8
T:1,5–5	1,5	5	76,7 ± 5,8	70,0 ± 5,0	58,3 ± 2,9
T:1,5–10		10	78,3 ± 2,9	68,3 ± 2,9	66,7 ± 5,8
T:1,5–15		15	76,7 ± 2,9	66,7 ± 2,9	55,0 ± 5,0
T:1,5–20		20	71,7 ± 2,9	61,7 ± 2,9	53,3 ± 5,8
Phân tích phương sai 2 yếu tố (<i>p</i> –value)					
Nồng độ			0,001	0,006	0,001
Thời gian			NS	NS	NS
Nồng độ × Thời gian			NS	NS	NS

Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB $\pm$ SD.

Về bản chất sinh học, quá trình phân mảnh tạo ra vết thương hở giải phóng lượng lớn dịch nhầy hữu cơ giàu mucopolysaccharide, biến vết cắt thành giá thể lý tưởng cho các vi khuẩn cơ hội (như *Vibrio* spp.) xâm nhập gây hoại tử mô hàng loạt.

Dung dịch Lugol (chứa I_2 tự do và KI) đóng vai trò là chất oxy hóa cực mạnh, nhanh chóng bất hoạt protein cấu trúc và phá hủy màng tế bào vi khuẩn mà không cần thời gian tiếp xúc kéo dài. Tuy nhiên, nếu nồng độ vượt ngưỡng an toàn ($\geq 1,5 \text{ mL L}^{-1}$) hoặc thời gian ngâm quá dài, ion iod dư thừa sẽ thẩm thấu qua lớp biểu mô tổn thương, gây độc tế bào (cytotoxicity), ức chế hoạt tính nguyên bào sợi và làm thoái hóa tế bào amebocyte – vốn chịu trách nhiệm thực bào và biểu mô hóa vết cắt. Ngưỡng nồng độ $0,5\text{--}1,0 \text{ mL L}^{-1}$ trong thời gian ngắn (10–15 phút) chính là điểm cân bằng sinh lý tối ưu, vừa đủ khử khuẩn bề mặt vừa bảo toàn nguyên vẹn năng lực tự tái sinh mô của san hô.

Kết quả nghiên cứu cho thấy tỷ lệ sống ở các nghiệm thức có $0,5 \text{ mL L}^{-1}$ (T:0,5–15) và $1,0 \text{ mL L}^{-1}$ (T:1,0–10) dung dịch Lugol được cải thiện đáng kể so với nghiệm thức đối chứng sau 3, 6 và 9 ngày thí nghiệm ($p \leq 0,045$). Không có trường hợp san hô chết nào được ghi nhận đối với bất kỳ ở nghiệm thức nào từ ngày thứ chín cho đến khi kết thúc thí nghiệm.

3.2.1.2. Thời gian bám chân

Thời gian bám chân bị ảnh hưởng đáng kể bởi cả nồng độ dung dịch Lugol và thời gian ngâm ($p \leq 0,023$). Thời gian bám chân giảm đáng kể ở các phương pháp xử lý T:0,5–15, T:0,5–20, T:1,0–5 và T:1,0–10 (dao động từ $8,73 \pm 0,25$ đến $9,38 \pm 0,16$ ngày) so với các phương pháp không xử lý Lugol T:0–5, T:0–10, T:0–15 và T:0–20 (dao động từ $14,47 \pm 0,24$ đến $14,34 \pm 0,29$ ngày) ($p \leq 0,001$). Tuy nhiên, không có sự khác biệt đáng kể nào được quan sát thấy giữa các phương pháp chưa xử lý Lugol và các phương pháp xử lý có nồng độ cao và thời gian tiếp xúc dài T:1,5–20 ($13,91 \pm 0,27$ ngày) ($p \geq 0,149$), cũng như trong các phương pháp xử lý có nồng độ thấp và thời gian ngâm ngắn T:0,5–5 ($14,15 \pm 0,14$ ngày) ($p \geq 0,403$).

Có sự khác nhau về thời gian bám chân ở các phương pháp xử lý khác nhau, được thể hiện ở Bảng 3.8. Phân tích phương sai 2 yếu tố cho thấy thời gian bám chân bị ảnh hưởng đáng kể bởi nồng độ Lugol và thời gian ngâm ($p \leq 0,001$). Thời gian bám chân ở nghiệm thức T:0,5-15 ngắn nhất ($8,73 \pm 0,43$ ngày), giảm rõ rệt so với nghiệm thức đối chứng T:0-10 ($14,47 \pm 0,41$ ngày) ($p = 0,001$). Không có sự khác biệt đáng kể về thời gian bám giữa T:0,5–15 và T:1,0–10 ($p \geq 0,965$).

Bảng 3.8. Thời gian bám chân ở các nghiệm thức (n = 3)

Nghiệm thức	Nồng độ Lugol (mL L^{-1})	Thời gian ngâm (phút)	Thời gian bám chân (ngày)
T:0–5	0	5	$14,39 \pm 0,33^{\text{fg}}$
T:0–10	0	10	$14,47 \pm 0,41^{\text{fg}}$

T:0–15	0	15	14,46 ± 0,30 ^{fg}
T:0–20	0	20	14,34 ± 0,51 ^{fg}
T:0,5–5	0,5	5	14,15 ± 0,24 ^{ef}
T:0,5–10	0,5	10	11,96 ± 0,74 ^{cd}
T:0,5–15	0,5	15	8,73 ± 0,43 ^a
T:0,5–20	0,5	20	9,38 ± 0,28 ^a
T:1,0–5	1	5	10,94 ± 0,59 ^{bc}
T:1,0–10	1	10	8,75 ± 0,35 ^a
T:1,0–15	1	15	10,12 ± 0,29 ^{ab}
T:1,0–20	1	20	11,47 ± 0,34 ^{bc}
T:1,5–5	1,5	5	12,00 ± 0,87 ^{cd}
T:1,5–10	1,5	10	10,55 ± 0,15 ^{ab}
T:1,5–15	1,5	15	12,88 ± 0,56 ^{de}
T:1,5–20	1,5	20	13,91 ± 0,47 ^{ef}

Phân tích phương sai 2 yếu tố (*p*-value)

Nồng độ	0,001
Thời gian	0,001
Nồng độ × Thời gian	0,001

Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB ± SD. Các chữ cái đi sau giá trị trên cùng cột mà khác nhau hoàn toàn thì các giá trị đó khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2.1.3. Sinh trưởng

Kết quả nghiên cứu về sinh trưởng cho thấy, nồng độ Lugol, thời gian ngâm và sự kết hợp của chúng không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức trong điều kiện thí nghiệm này đến tốc độ tăng trưởng đặc trưng về khối lượng (SGR_w) ($p \geq 0,348$) và chiều dài (SGR_L) ($p \geq 0,390$) (Bảng 3.9). 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 ($p \geq 0,883$).

Bảng 3.9. Tốc độ tăng trưởng về chiều dài (SGR_L, % ngày⁻¹) và khối lượng (SGR_w, % ngày⁻¹) ở các nghiệm thức (n = 3)

Nghiệm thức	Nồng độ Lugol (mL L ⁻¹)	Thời gian ngâm (phút)	SGR _w (% ngày ⁻¹)	SGR _L (% ngày ⁻¹)
T:0–5	0	5	0,38 ± 0,03	1,11 ± 0,19
T:0–10	0	10	0,36 ± 0,04	1,12 ± 0,15
T:0–15	0	15	0,36 ± 0,04	1,06 ± 0,14

T:0–20	0	20	$0,37 \pm 0,05$	$1,21 \pm 0,26$
T:0,5–5	0,5	5	$0,38 \pm 0,07$	$1,11 \pm 0,09$
T:0,5–10	0,5	10	$0,41 \pm 0,06$	$1,17 \pm 0,22$
T:0,5–15	0,5	15	$0,37 \pm 0,03$	$1,29 \pm 0,09$
T:0,5–20	0,5	20	$0,35 \pm 0,08$	$1,26 \pm 0,14$
T:1,0–5	1	5	$0,37 \pm 0,05$	$1,23 \pm 0,17$
T:1,0–10	1	10	$0,40 \pm 0,09$	$1,24 \pm 0,12$
T:1,0–15	1	15	$0,39 \pm 0,05$	$1,21 \pm 0,11$
T:1,0–20	1	20	$0,44 \pm 0,05$	$1,19 \pm 0,15$
T:1,5–5	1,5	5	$0,45 \pm 0,06$	$1,27 \pm 0,24$
T:1,5–10	1,5	10	$0,38 \pm 0,04$	$1,18 \pm 0,14$
T:1,5–15	1,5	15	$0,38 \pm 0,07$	$1,05 \pm 0,09$
T:1,5–20	1,5	20	$0,36 \pm 0,05$	$1,06 \pm 0,08$

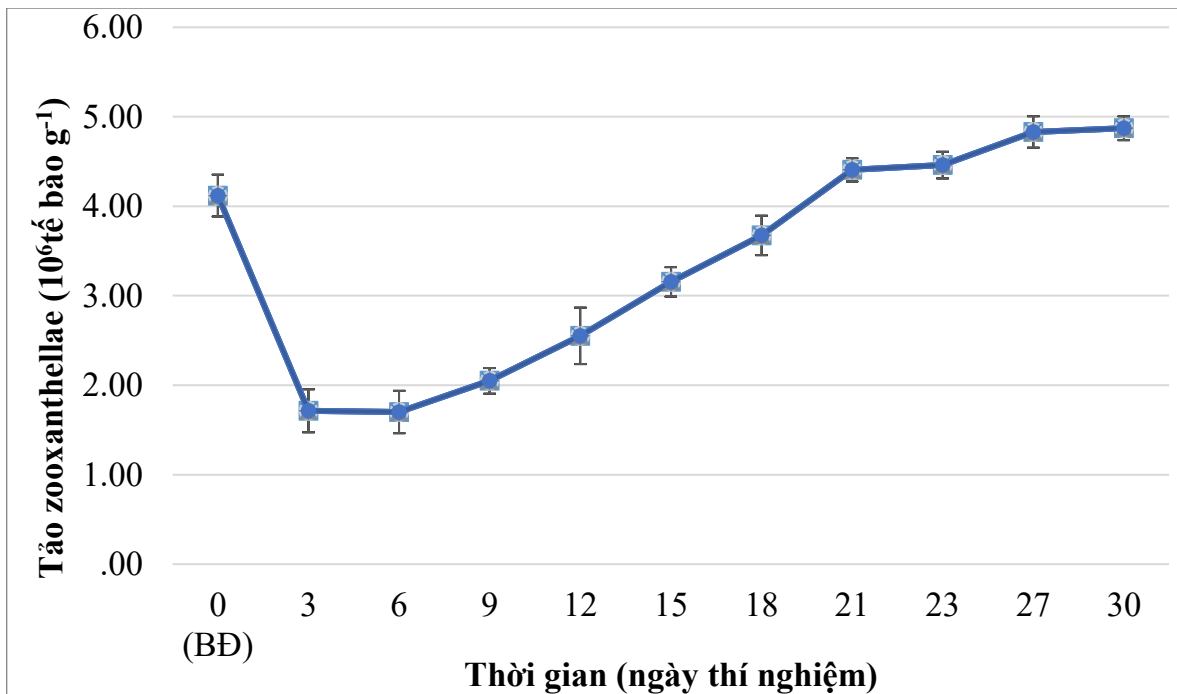
Phân tích phương sai 2 yếu tố (p -value)

Nồng độ	NS	NS
Thời gian	NS	NS
Nồng độ $\times$ Thời gian	NS	NS

Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB $\pm$ SD.

3.2.1.4. Mật độ tảo zooxanthellae

Kết quả nghiên cứu cho thấy: vào ngày 0 (Ngày bắt đầu thí nghiệm), mật độ zooxanthellae dao động từ $3,78$ đến $4,46 \times 10^6$ tế bào g^{-1} . Mật độ zooxanthellae giảm đã được quan sát thấy trong san hô sau khi phân mảnh vào ngày 3 và xu hướng này kéo dài cho đến ngày 6, với mật độ dao động từ $1,37$ đến $2,03 \times 10^6$ tế bào g^{-1} . Từ ngày 9, mật độ zooxanthellae gần như phục hồi về mức quan sát được vào ngày 0, với các giá trị dao động từ $3,46$ đến $4,16 \times 10^6$ tế bào g^{-1} vào ngày 18. Xu hướng tăng tiếp tục cho đến khi kết thúc thí nghiệm vào ngày 30, với mật độ dao động từ $4,58$ đến $5,13 \times 10^6$ tế bào g^{-1} (Hình 3.28). Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu cho thấy không có tác dụng đáng kể nào của Lugol, thời gian ngâm hoặc sự tương tác của chúng đối với mật độ zooxanthellae trong san hô tại bất kỳ điểm lấy mẫu nào ($p \geq 0,215$).

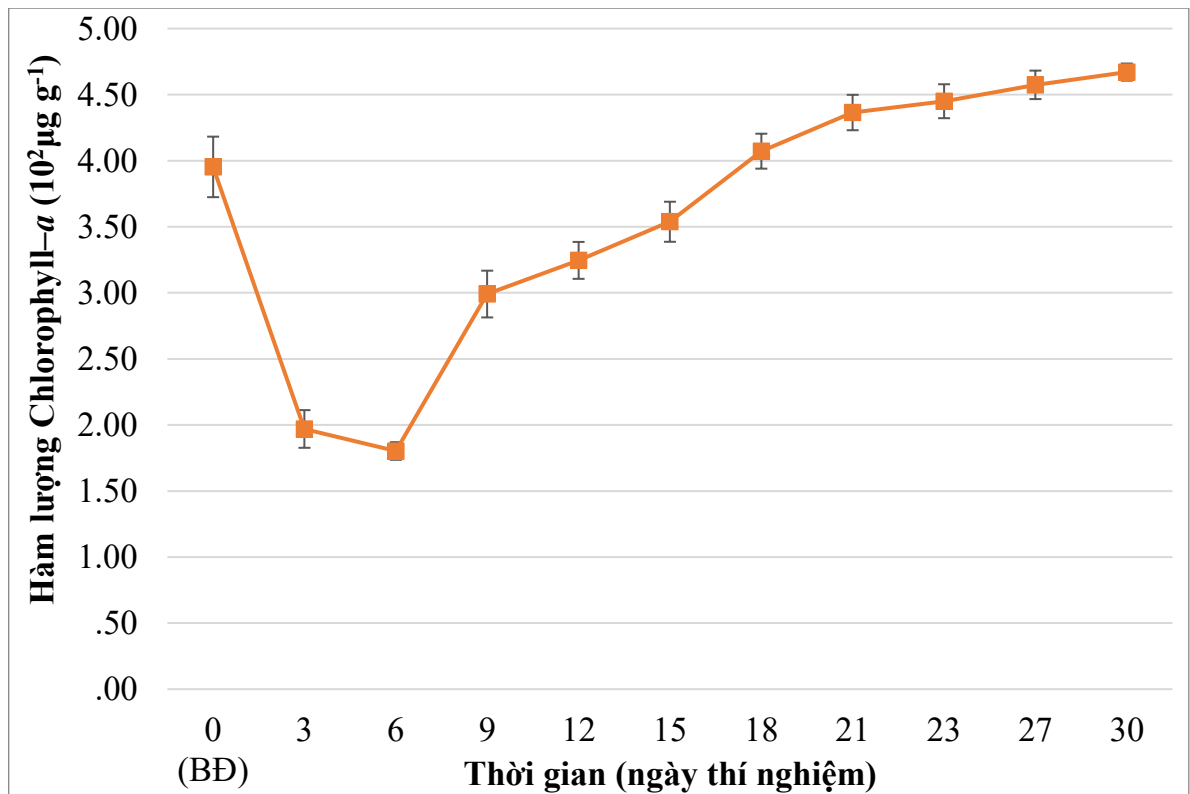


Hình 3.28. Mật độ zooxanthellae thay đổi theo thời gian thí nghiệm
(Số liệu biểu thị giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn)

3.2.1.5. Hàm lượng *Chlorophyll-a*

Tác động của các nồng độ và thời gian ngâm Lugol khác nhau lên hàm lượng *Chlorophyll-a* được thể hiện trong Hình 3.29. Vào ngày 0, hàm lượng *Chlorophyll-a* trong san hô khi bắt đầu thí nghiệm là cao, nhưng không có sự khác biệt đáng kể giữa các phương pháp xử lý ($p \geq 0,096$). Từ ngày 3 đến ngày 9, sự giảm hàm lượng *Chlorophyll-a* được ghi nhận ở tất cả các phương pháp xử lý. Tuy nhiên, không có tác động nào của nồng độ Lugol, thời gian ngâm hoặc tương tác của chúng lên hàm lượng *Chlorophyll-a* của san hô ($p \geq 0,153$).

Ngày 18–30: Sau 18 ngày thử nghiệm, nồng độ Lugol, thời gian ngâm và tương tác của chúng không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức trong điều kiện thí nghiệm này đến hàm lượng *Chlorophyll-a* của các mảnh san hô ($p \geq 0,168$). Ngoài ra, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê nào về *Chlorophyll-a* khi xử lý bằng các nồng độ và thời gian ngâm khác nhau của Lugol; và có sự giảm đáng kể về hàm lượng diệp lục a sau khi san hô bị phân mảnh (từ ngày 3 đến ngày 15), với sự phục hồi dần dần theo thời gian (sau 18 ngày). Cụ thể, các phương pháp xử lý bằng 0,5 mL L⁻¹ và 1,0 mL L⁻¹ Lugol cho thấy sự phục hồi nhanh hơn so với phương pháp xử lý đối chứng và phương pháp xử lý 1,5 mL L⁻¹ Lugol trong khoảng thời gian từ ngày 12 đến ngày 15 của thí nghiệm (Hình 3.29).



Hình 3.29. Hàm lượng Chlorophyll-a thay đổi theo thời gian thí nghiệm (Số liệu biểu thị giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn)

3.2.1.6. Hàm lượng hữu cơ

Tỷ lệ khối lượng hữu cơ của loài san hô mềm *S. serenei* trong các phương pháp xử lý thí nghiệm được thể hiện ở Bảng 3.10. Phân tích phương sai 2 yếu tố 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) ($p \leq 0,001$) (Bảng 3.10).

Bảng 3.10. Tỷ lệ khối lượng hữu ở các nghiệm thức (n = 3)

Nghiem thức	Nồng độ Lugol (mL L ⁻¹)	Thời gian ngâm (phút)	Khối lượng hữu cơ (% OW)
T:0–5	5	0	35,33 ± 0,71 ^{ab}
T:0–10	10	0	35,61 ± 0,56 ^{bc}
T:0–15	15	0	35,07 ± 0,46 ^{ab}
T:0–20	20	0	34,87 ± 0,68 ^{ab}
T:0,5–5	5	0,5	36,54 ± 0,64 ^{bc}

T:0,5–10	10	0,5	38,77 ± 0,51 ^{cd}
T:0,5–15	15	0,5	40,67 ± 0,30 ^{de}
T:0,5–20	20	0,5	41,64 ± 0,58 ^{de}
T:1,0–5	5	1	37,45 ± 0,42 ^{bc}
T:1,0–10	10	1	42,18 ± 1,04^{ef}
T:1,0–15	15	1	42,96 ± 0,89^{ef}
T:1,0–20	20	1	41,96 ± 0,30 ^{de}
T:1,5–5	5	1,5	40,12 ± 0,61 ^{cd}
T:1,5–10	10	1,5	38,72 ± 0,35 ^{cd}
T:1,5–15	15	1,5	36,98 ± 0,66 ^{bc}
T:1,5–20	20	1,5	35,45 ± 0,60 ^{ab}

Phân tích phương sai 2 yếu tố (*p*-value)

Nồng độ	0,001
Thời gian	0,003
Nồng độ × Thời gian	0,001

Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị $TB \pm SD$. Các chữ cái đi sau giá trị trên cùng cột mà khác nhau hoàn toàn thì các giá trị đó khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Tỷ lệ khối lượng hữu cơ bị ảnh hưởng đáng kể bởi cả nồng độ dung dịch Lugol và thời gian ngâm ($p < 0,05$). Tỷ lệ khối lượng hữu cơ cao nhất được quan sát thấy ở nghiệm thức T:10–15, trong khi tỷ lệ thấp nhất được ghi nhận ở nghiệm thức T:0–20. Tỷ lệ khối lượng hữu cơ tăng đáng kể ở nhóm được xử lý bằng Lugol (T:0,5–15, T:0,5–20, T:1,0–10, T:1,0–15, T:1,0–20) so với nhóm đối chứng không xử lý bằng Lugol (T:0–5, T:0–10, T:0–15, T:0–20) ($p \leq 0,041$). Tuy nhiên, không tìm thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về tỷ lệ khối lượng hữu cơ giữa các nghiệm thức T:0,5–15, T:0,5–20, T:1,0–10, T:1,0–15 và T:1,0–20 ($p \geq 0,090$). Tương tự như vậy, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê được quan sát thấy giữa các phương pháp xử lý không có Lugol (T:0–5, T:0–10, T:0–15, T:0–20) và phương pháp xử lý có nồng độ Lugol cao trong thời gian dài (T:1,5–20) ($p \geq 0,596$). (Bảng 3.10).

Nghiên cứu này đánh giá tác động của Lugol lên san hô mềm *S. serenei*, tập trung chủ yếu về việc đánh giá kỹ thuật xử lý bằng Lugol lên tỷ lệ sống, thời gian bám chân, tốc độ tăng trưởng, mật độ zooxanthellae, hàm lượng Chlorophyll-*a* và khối lượng hữu cơ của loài này.

Trong nuôi san hô, vết thương thường lây lan nhanh chóng và nhiễm trùng dẫn đến tỷ lệ chết cao, ví dụ san hô *Catalyphyllia jardinei* và *Goniopora stokesi* có tỷ lệ chết là 80% [154]. Việc tách mảnh các quần thể san hô có thể tạo ra cơ hội cho nhiều

bệnh truyền nhiễm gây chết mô do sung tẩy, hoại tử lan rộng các mô bị tổn thương và sản xuất chất nhầy miễn dịch của san hô. Sự mở rộng và thành công của hoạt động nuôi san hô phụ thuộc đáng kể vào tỷ lệ sống của các mảnh san hô. Tác động cắt và nhiễm trùng vết thương ảnh hưởng đến quá trình phân mảnh của san hô, đòi hỏi phải xử lý các mảnh san hô và quần thể mẹ sau khi cắt để ngăn ngừa nhiễm trùng và chết. Việc xử lý mảnh cắt đúng nồng độ và thời gian giúp cải thiện thời gian lành vết thương, nâng cao tỷ lệ sống, cải thiện các chỉ tiêu sinh lý khác của san hô, tuy nhiên nếu xử lý ở nồng độ cao cũng như thời gian kéo dài không phù hợp sẽ gây stress từ đó ảnh hưởng đến tỷ lệ sống cũng như sức khỏe của đối tượng xử lý.

Các quan sát mô học trước đây chứng minh rằng sự hình thành và biệt hóa của các tế bào bám chuyên trách (desmocytes) tại phần biểu mô chân để đóng vai trò then chốt trong cơ chế bám dính của san hô mềm vào nền giá thể [155]. Khả năng tự bám giúp tăng cường tỷ lệ sống của các mảnh san hô sau khi phân mảnh [156].

Cho đến nay, chưa có nghiên cứu nào đề cập đến các loại thuốc sát trùng được sử dụng, liều lượng của chúng hoặc thời gian xử lý cho san hô trong quá trình tách mảnh. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã sử dụng dung dịch Lugol làm chất khử trùng để tắm san hô sau khi tách mảnh và kết quả cho thấy sự khác biệt đáng kể về thời gian tự bám chân của san hô được xử lý bằng Lugol. Trong các phương pháp xử lý bằng Lugol T:0,5–15 và T:1,0–10, thời gian tự bám nhanh hơn so với đối chứng không được xử lý (8,73 ngày ở nhóm được xử lý so với 14,47 ngày ở nhóm đối chứng). Thời gian lành vết thương của *S. serenei* trong thí nghiệm này cũng tương đương với các kết quả trước đây đối với các loài khác trong giống *Sarcophyton*. Cụ thể, thời gian bám của *S. glaucum* được báo cáo là 5 – 18 ngày [11]; đối với *Lobophytum pauciflorum*, thời gian trung bình khoảng 14 ngày [157] và 6,1 – 10,1 ngày [9], và đối với *Sarcophyton* sp., thời gian trung bình là 9,59 – 9,84 ngày [69]. Tự bám làm tăng tỷ lệ sống của các mảnh san hô [156]. Khả năng tự bám cải thiện đáng kể tỷ lệ sống của các mảnh san hô sau khi tách mảnh [156]. Phát hiện của chúng tôi chỉ ra rằng nồng độ Lugol tối ưu để xử lý các mảnh san hô trong nghiên cứu này là 0,5 mL L⁻¹ trong 15 phút (xử lý 0,5 – 15), hoặc 1,0 mL L⁻¹ trong 10 phút.

Lugol được sử dụng như một chất khử trùng (1 mL Lugol cho 3 L nước biển) để ngăn ngừa sự phát triển của vi khuẩn trong khi nuôi hai loài san hô cứng: *Acropora palmata* và *Orbicella faveolata* [105]. Nghiên cứu của họ đã đánh giá tác động của Lugol đối với sự phát triển của san hô và quần thể vi sinh vật trong cả giai đoạn tức thời và dài hạn. Theo thời gian, kết quả cho thấy không có sự khác biệt đáng kể nào giữa nhóm được xử lý và nhóm không được xử lý; tuy nhiên, cả hai loài san hô đều cho thấy sự phát triển chậm hơn ở nhóm san hô được xử lý bằng Lugol so với nhóm

đối chứng [105]. Các đặc điểm sinh lý cụ thể của từng loài khi phản ứng với cùng một điều kiện môi trường có thể giải thích cho sự khác biệt này. Nhiều nghiên cứu liên quan đến sự phát triển của một số loài san hô trong giống *Sarcophyton* và kiểm tra tác động của nhiệt độ, độ mặn, cường độ ánh sáng, tần suất cho ăn, tốc độ dòng chảy [11], cường độ ánh sáng [12, 121], chế độ ăn kết hợp với thời gian tiếp xúc với ánh sáng [10], quang phổ ánh sáng [158], dinh dưỡng [159] và kích thước mảnh tách [69].

Kết quả của nghiên cứu này tương tự với kết quả được báo cáo bởi [12, 121, 160]. Ví dụ, nghiên cứu về loài san hô *S. glaucum* đã báo cáo tốc độ tăng trưởng riêng (SGR_w) dao động từ 0,11 đến 0,39% ngày⁻¹ [121], trong khi tốc độ tăng trưởng của *Sarcophyton* sp. được tìm thấy là 0,210 – 0,380% ngày⁻¹ [160]. Tuy nhiên, những phát hiện của nghiên cứu này khác với những phát hiện của các nghiên cứu đã công bố trước đây. Các nghiên cứu trước đây về *S. glaucum* đã báo cáo các giá trị SGR_w dao động từ đến 0,035 – 0,040% mỗi ngày [12] 0,027 – 0,028% ngày⁻¹ [2], 0,025 – 1,828% ngày⁻¹ [13] và 0,055 – 0,380% ngày⁻¹ [158]. Hiện nay, có rất ít ấn phẩm về tác động của thuốc sát trùng Lugol đối với tốc độ tăng trưởng của san hô. Kết quả về tốc độ tăng trưởng trong nghiên cứu này khác đáng kể so với những kết quả được báo cáo bởi [105].

Tỷ lệ chết của các mảnh san hô tập trung chủ yếu trong giai đoạn 3 – 9 ngày đầu sau phân mảnh, sau đó đạt trạng thái ổn định sinh lý cho đến khi kết thúc thí nghiệm. Việc tách mảnh san hô được coi là thành công nếu hơn 50% san hô thí nghiệm sống sót [161]. Nghiên cứu này đã cho thấy tỷ lệ sống của các phương pháp xử lý thử nghiệm dao động từ 53,33% đến 71,67%, nằm trong phạm vi được báo cáo trong các nghiên cứu đã công bố trước đây về san hô mềm *Sarcophyton*. Cụ thể, tỷ lệ sống của *S. glaucum* được nuôi cấy trong hệ thống tuần hoàn kín dao động từ 65% đến 88% [11], và thậm chí có thể đạt tới 100% [10, 159]. Theo Chaitanawisuti và Kritsanapuntu (2019) [9], tỷ lệ sống của *Sarcophyton* sp. sau 70 ngày thử nghiệm dao động từ 26,6% đến 93,3%, tùy thuộc vào cách các mảnh san hô bám vào giá thể. Hơn nữa, tỷ lệ sống sau 90 ngày thử nghiệm dao động từ 78,33% đến 96,67%, tùy thuộc vào kích thước của các mảnh *Sarcophyton* sp. [69]. Những kết quả này có thể thấp hơn hoặc cao hơn so với các nghiên cứu trước đây do sự khác biệt về loài trong giống *Sarcophyton*, điều kiện nghiên cứu và phương pháp luận có thể ảnh hưởng đến sức khỏe của các mảnh san hô và do đó ảnh hưởng đến tỷ lệ sống của chúng. Như đã đề cập trước đó, hầu như không có nghiên cứu nào đề cập đến tác động của dung dịch Lugol đối với tỷ lệ sống của các mảnh san hô, chỉ có một số ít nghiên cứu sử dụng dung dịch Lugol làm phương pháp xử lý bệnh [102, 103]. Dung dịch Lugol đã được sử dụng như một chất

khử trùng dự phòng với liều lượng 0,5 mL Lugol L⁻¹ trong 10 – 15 phút [102]. Nghiên cứu của chúng tôi chứng minh rằng nồng độ Lugol thích hợp để điều trị vết thương trên các mảnh san hô tương đương với liều lượng mà Bartlett (2013) [102] sử dụng. Cụ thể, nồng độ 0,5 mL trong 15 phút hoặc 1 mL trong 10 phút dẫn đến tỷ lệ sống là 71,67%.

San hô mềm *Sarcophyton*, sống cộng sinh với loài tảo thuộc họ *Symbiodiniaceae*, khi gặp điều kiện môi trường không thuận lợi sẽ dẫn đến hiện tượng tẩy trắng. Quá trình này bao gồm việc trục xuất các zooxanthellae của chúng, dẫn đến sự đổi màu của mô san hô, có khả năng dẫn đến các phản ứng nghiêm trọng hơn, chẳng hạn như mất mô và tử vong [162]. Những thay đổi về nhiệt độ, độ mặn, ánh sáng, hóa chất và bệnh tật có thể ảnh hưởng đến hiệu quả quang hợp của zooxanthellae hoặc dẫn đến việc chúng bị trục xuất khỏi san hô [163]. Cho đến nay, chưa có nghiên cứu nào tìm hiểu về tác động của iodine đối với zooxanthellae trong san hô, mặc dù một số nghiên cứu đã chỉ ra tác động của nó đối với tốc độ tăng trưởng của các loài thực vật phù du [164, 165]. Trong một số trường hợp, tác động này có thể là tiêu cực, tích cực hoặc trung tính đối với tốc độ tăng trưởng của vi tảo. Những thay đổi trong các chỉ số sinh lý của san hô có thể đóng vai trò là chỉ số hiệu quả trong các nghiên cứu về hiện tượng san hô bị tẩy trắng [166]. Những thay đổi về mật độ zooxanthellae và hàm lượng diệp lục trong san hô mềm được coi là những chỉ số quan trọng về phản ứng của zooxanthellae với căng thẳng môi trường [167]. Trong thí nghiệm này, tác động vật lý của việc tách san hô non khỏi quần thể mẹ và tác động hóa học của đặc tính sát trùng của dung dịch Lugol có thể là hai yếu tố gây căng thẳng khiến zooxanthellae giải phóng khỏi san hô. Mật độ zooxanthellae trong các mảnh san hô mềm *S. serenei* giảm đáng kể sau khi xử lý bằng Lugol, giảm xuống còn khoảng 25 – 35% mật độ ban đầu vào ngày thứ 3 và tiếp tục giảm thêm 10% trong tất cả các lần xử lý vào ngày thứ 9. Việc sử dụng dung dịch Lugol làm chất khử trùng đã cho thấy sự khác biệt đáng kể về mật độ tảo giữa các lần xử lý đối chứng và các lần xử lý bằng 0,5 và 1,0 mL L⁻¹ Lugol (T:0,5–15; T:0,5–20; T:1,0–5; và T:1,0–1) và các lần xử lý còn lại. Tác dụng ức chế của các gốc iodine đối với vi khuẩn có khả năng làm giảm nhiễm trùng ở vết thương của san hô. Tuy nhiên, xử lý khử trùng quá mức hoặc không đúng cách có thể ảnh hưởng tiêu cực đến san hô bằng cách tạo ra môi trường tương tự như môi trường của vết thương mãn tính [168]. Điều này giải thích tại sao nồng độ Lugol rất cao hoặc rất thấp lại dẫn đến sự suy giảm mật độ tảo nhiều hơn so với phương pháp xử lý 0,5 và 1,0 mL L⁻¹ (T:0,5–15; T:0,5–20; T:1,0–5; và T:1,0–1).

Các nghiên cứu trước đây đã điều tra tác động của cường độ ánh sáng và quang kỳ [122], ciliate [169] và doxycycline hydrochloride (DOX) [170] đối với mật độ

zooxanthellae và hàm lượng Chlorophyll-*a*. Tuy nhiên, thông tin về tác động của thuốc khử trùng còn hạn chế. Ví dụ, mật độ zooxanthellae trong san hô phát triển dưới các cường độ ánh sáng khác nhau dao động từ $2,04 \pm 0,09 \times 10^8 - 2,54 \pm 0,14 \times 10^8$ tế bào g^{-1} DW [122]. Có báo cáo rằng mật độ zooxanthellae $5,02 - 5,07$ (tế bào $\times 10^7 m^{-2}$) và hàm lượng Chlorophyll-*a* ($44,21 - 48,45 \mu g cm^{-2}$) không bị ảnh hưởng bởi việc tiếp xúc ngắn hạn (10 phút) với tinh dầu đinh hương [169]. Tuy nhiên, việc tiếp xúc lâu hơn (24 giờ) đã tác động tiêu cực đến san hô, với mật độ tảo ($4,53 \pm 0,04$ tế bào $\times 10^7 m^{-2}$) và hàm lượng Chlorophyll-*a* ($43,02 \pm 0,90 \mu g cm^{-2}$) giảm khi nồng độ tinh dầu đinh hương tăng. Tương tự như vậy, nghiên cứu về *S. trocheliophorum* cho thấy DOX làm giảm đáng kể mật độ tảo từ 53,03 – 79,55% so với đối chứng, mặc dù nó không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức trong điều kiện thí nghiệm này đến hàm lượng Chlorophyll-*a* [170]. Dung dịch Lugol có thể gây bất lợi cho san hô, dẫn đến tốc độ tăng trưởng của san hô giảm. Tuy nhiên, xử lý Lugol có giá trị vì hiệu quả của nó trong việc ngăn ngừa mất mô [105].

Trong thí nghiệm này, hàm lượng chất hữu cơ của loài san hô mềm *S. serenei* dao động từ 36,12% đến 44,35%. Kết quả nghiên cứu này hoàn toàn tương tự với kết quả của Sella và Benayahu (2010) [11] về *S. glaucum*, trong đó hàm lượng chất hữu cơ thay đổi tùy thuộc vào kích thước san hô (10 – 27%), nhiệt độ nuôi cấy (44 – 50%) và cường độ ánh sáng (46 – 55%). Tuy nhiên, những kết quả này tương đối cao so với kết quả của các nghiên cứu khác về *Sarcophyton* spp. Theo nghiên cứu về *S. glaucum*, san hô phát triển dưới các quang phổ ánh sáng khác nhau (ánh sáng xanh và ánh sáng trắng) và cường độ ánh sáng (50 và $120 \mu mol m^{-2} s^{-1}$) có lượng chất hữu cơ khác nhau, dao động từ 19,79% đến 28,93% [10]. Ngoài ra, các hệ thống nuôi trồng khác nhau dẫn đến hàm lượng chất hữu cơ khác nhau, dao động từ 26% đến 33% [13]. Điều này có thể là do sự khác biệt về khả năng tổng hợp chất dinh dưỡng giữa các loài san hô khác nhau khi nuôi trong các điều kiện và thời gian khác nhau (quang kỳ), dẫn đến mức độ tích tụ chất hữu cơ khác nhau.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, sử dụng dung dịch Lugol nhằm khử trùng và kích thích khả năng tự bám cho thấy nồng độ $0,5 mL L^{-1}$ trong 15 phút hoặc $1,0 mL L^{-1}$ trong 10 phút là tối ưu, giúp rút ngắn thời gian bám chân và tăng tỷ lệ sống lên đến 70%, đồng thời hạn chế nhiễm trùng mô sau tách mảnh. Đây là cơ sở quan trọng giúp nâng cao hiệu quả giai đoạn đầu của quá trình nhân giống vô tính, các nghiên cứu tiếp theo sử dụng dung dịch Lugol có nồng độ $1,0 mL L^{-1}$ xử lý các mảnh tách trong 10 phút.

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

3.2.2.1. Tỷ lệ sống

Kết quả nghiên cứu về tỷ lệ sống của loài san hô mềm *S. serenei* ở các nghiệm thức được thể hiện ở Bảng 3.11. Kết quả cho thấy kích thước mảnh tách và loại giá thể đều ảnh hưởng đáng kể đến tỉ lệ sống của san hô (Phân tích phương sai 2 yếu tố, $p \leq 0,001$).

Kích thước mảnh tách là yếu tố quyết định hàng đầu đến tỷ lệ sống và thời gian bám chân của *S. serenei* ($p < 0,001$), trong khi chủng loại giá thể và tương tác giữa chúng không tạo ra sai khác có ý nghĩa thống kê (Bảng 3.11, Bảng 3.12). Nhóm mảnh cắt kích thước nhỏ (0,5–1,0 cm) có tỷ lệ hao hụt cao (tỷ lệ sống chỉ đạt 33,3–65,0%) và thời gian bám kéo dài (12,0–15,0 ngày). Ngược lại, các mảnh cắt $\geq 1,5$ cm rút ngắn thời gian bám xuống còn 7,3–9,0 ngày và đạt tỷ lệ sống vượt trội (63,3–78,3%), không có sự khác biệt giữa các kích thước 1,5; 2,0 và 2,5 cm.

Hiện tượng kích thước mảnh cắt ảnh hưởng quyết định đến sức sống của san hô được giải thích bởi quy luật phân bổ năng lượng sinh học (bioenergetics). Khi bị chia cắt, tỷ lệ diện tích bề mặt vết thương tồn trên tổng thể tích mô sống (tỷ lệ S/V) ở các mảnh nhỏ (0,5 cm) cao hơn gấp nhiều lần so với các mảnh lớn. Các mảnh nhỏ không dự trữ đủ lượng glycogen, lipid nội sinh và lượng polyp dinh dưỡng tối thiểu để vừa thực hiện miễn dịch chống nhiễm trùng, vừa tăng sinh collagen hàn gắn mô. Đối với giá thể, việc gạch men thô và xi măng đạt hiệu quả tương đương đá san hô tự nhiên là do cấu trúc nhám vi mô (micro-roughness) của các vật liệu này cung cấp các khe rãnh kích thước micromet, tạo điểm neo cơ học vững chắc cho các phức hệ desmocyte và lớp keo mucopolysaccharide liên kết sinh học.

Kết quả phân tích phương sai 2 yếu tố cho thấy có sự sai khác về tỷ lệ sống giữa các nghiệm thức có kích thước mảnh tách khác nhau cũng như loại giá thể khác nhau ($p \leq 0,001$), tuy nhiên không có sự sai khác có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức đối với sự tương tác của cả 2 yếu tố mảnh tách và loại giá thể ($p \geq 0,550$).

Trong suốt khoảng thời gian từ ngày thứ chín cho đến khi kết thúc thí nghiệm, không ghi nhận bất kỳ trường hợp san hô chết nào ở tất cả các phương pháp xử lý. Tỷ lệ sống giữa các nghiệm thức có kích thước mảnh tách từ 1,5 cm trở lên không có sự sai khác có ý nghĩa thống kê khi được gắn trên các loại giá thể khác nhau ($p > 0,550$).

Bảng 3.11. Tỷ lệ sống ở các nghiệm thức (n = 3)

Nghiem thức	Kích thước mảnh tách (cm)	Loại giá thể	Ngày 3 (%)	Ngày 6 (%)	Ngày 9 (%)
T:0,5–N	0,5	N	76,66 ± 2,89 ^{bc}	60,00 ± 5,00 ^{bc}	43,33 ± 5,77 ^{bc}
T:0,5–G		G	68,33 ± 2,89 ^{ab}	51,67 ± 5,77 ^{ab}	33,33 ± 2,89 ^{ab}
T:0,5–X		X	66,67 ± 2,89 ^a	50,00 ± 5,00 ^{ab}	38,33 ± 5,77 ^{ab}
T:0,5–S		S	73,33 ± 2,89 ^{ab}	55,00 ± 5,00 ^b	43,33 ± 2,89 ^{ab}
T:1,0–N	1	N	81,67 ± 2,89 ^c	73,33 ± 2,89 ^d	65,00 ± 5,00 ^{ef}
T:1,0–G		G	75,00 ± 5,00 ^{bc}	60,00 ± 5,00 ^{bc}	60,00 ± 5,00 ^{de}
T:1,0–X		X	76,67 ± 2,89 ^{cb}	58,33 ± 5,77 ^{bc}	53,33 ± 7,64 ^{cd}
T:1,0–S		S	81,67 ± 2,89 ^c	70,00 ± 5,00 ^{cd}	63,33 ± 7,64 ^{de}
T:1,5–N	1,5	N	83,33 ± 2,89 ^c	76,67 ± 2,89 ^d	76,67 ± 2,89 ^{ef}
T:1,5–G		G	76,67 ± 2,89 ^c	65,00 ± 5,00 ^{cd}	63,33 ± 2,89 ^{de}
T:1,5–X		X	78,33 ± 2,89 ^c	65,00 ± 5,00 ^{cd}	63,33 ± 5,77 ^{de}
T:1,5–S		S	81,67 ± 2,89 ^c	73,33 ± 5,77 ^{cd}	72,67 ± 2,89 ^{ef}
T:2–N	2	N	88,33 ± 2,89 ^d	76,67 ± 2,89 ^d	76,67 ± 2,89 ^{ef}
T:2–G		G	81,67 ± 2,89 ^c	66,67 ± 2,89 ^{cd}	63,33 ± 5,77 ^{de}
T:2–X		X	83,33 ± 2,89 ^c	68,33 ± 2,89 ^{cd}	65,00 ± 5,00 ^{ef}
T:2–S		S	91,67 ± 2,89 ^d	78,33 ± 2,89 ^d	76,67 ± 2,89 ^{ef}
T:2,5–N	2,5	N	93,33 ± 2,89 ^d	78,33 ± 2,89 ^d	76,67 ± 2,89 ^{ef}
T:2,5–G		G	83,33 ± 2,89 ^d	73,33 ± 2,89 ^{cd}	68,33 ± 2,89 ^{de}
T:2,5–X		X	86,67 ± 2,89 ^{cd}	73,33 ± 2,89 ^{cd}	71,67 ± 2,89 ^{ef}
T:2,5–S		S	91,67 ± 2,89 ^d	78,33 ± 2,89 ^d	78,33 ± 2,89 ^{ef}
Phân tích phương sai 2 yếu tố (p–value)					
Kích thước mảnh tách			0,001	0,001	0,001
Loại giá thể			NS	NS	NS
Kích thước mảnh tách × Loại giá thể			NS	NS	NS

N: ống nhựa PCV, G: gạch men, X: xi măng và S là đá san hô chết. Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB ± SD. Các chữ cái đi sau giá trị trên cùng cột mà khác nhau hoàn toàn thì các giá trị đó khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2.2.2. Thời gian bám chân

Bảng 3.12. Thời gian bám chân ở các nghiệm thức (n = 3)

Nghiem thức	Kích thước mảnh tách (cm)	Loại giá thể	Thời gian bám chân (ngày)
T:0,5–N	0,5	N	15,00 ± 1,00 ^d
T:0,5–G		G	14,33 ± 0,58 ^d
T:0,5–X		X	14,33 ± 1,15 ^d
T:0,5–S		S	13,67 ± 1,15 ^d
T:1,0–N	1	N	13,00 ± 1,00 ^c
T:1,0–G		G	12,33 ± 0,58 ^c
T:1,0–X		X	12,33 ± 0,58 ^c
T:1,0–S		S	12,00 ± 1,00 ^c
T:1,5–N	1,5	N	8,33 ± 0,58 ^{ab}
T:1,5–G		G	9,00 ± 1,00 ^b
T:1,5–X		X	9,00 ± 1,00 ^b
T:1,5–S		S	8,33 ± 0,58 ^{ab}
T:2–N	2	N	7,67 ± 0,58 ^{ab}
T:2–G		G	8,00 ± 1,00 ^{ab}
T:2–X		X	8,33 ± 0,58 ^{ab}
T:2–S		S	7,33 ± 0,58 ^a
T:2,5–N	2,5	N	7,33 ± 0,58 ^a
T:2,5–G		G	8,00 ± 1,00 ^{ab}
T:2,5–X		X	8,33 ± 0,58 ^{ab}
T:2,5–S		S	7,33 ± 0,58 ^a
Phân tích phương sai 2 yếu tố (<i>p</i> –value)			
Kích thước mảnh tách			0,001
Loại giá thể			NS
Kích thước mảnh tách × Loại giá thể			NS

N: ống nhựa PCV, G: gạch men, X: xi măng và S là đá san hô chết. Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB ± SD. Các chữ cái đi sau giá trị trên cùng cột mà khác nhau hoàn toàn thì các giá trị đó khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Thời gian bám chân của loài san hô mềm *S. serenei* qua các phương pháp xử lý khác nhau được thể hiện ở Bảng 3.12. Kết quả phân tích bằng cho thấy thời gian bám chân bị ảnh hưởng đáng kể bởi cả kích thước mảnh tách ($p \leq 0,036$). Thời gian bám chân giảm đáng kể ở các nghiệm thức có kích thước mảnh tách là 0,5 cm T:0,5–N; T:0,5–G; T:0,5–X và T:0,5–S (dao động từ $13,67 \pm 1,15$ đến $15,00 \pm 1,00$ ngày), đến nhóm kích thước mảnh tách 1cm T:1,0–N; T:1,0–G; T:1,0–X và T:1,0–S (dao động từ $12,00 \pm 1,00$ đến $13,00 \pm 1,00$ ngày) so với các nghiệm thức còn lại (dao động từ $7,33 \pm 0,58$ đến $9,00 \pm 1,00$ ngày) ($p \leq 0,036$).

Kết quả phân tích Phương sai 2 yếu tố cho thấy, thời gian bám chân bị ảnh hưởng đáng kể bởi kích thước mảnh tách khác nhau ($p \leq 0,001$), nhưng không có sự sai khác giữa các loại giá thể khác nhau ($\geq 0,62$). Thời gian bám chân nhanh nhất được quan sát thấy 3 nghiệm thức T:2–S; T:2,5–N và T:2,5–S ($7,33 \pm 0,58$ ngày), trong khi thời gian bám chân kéo dài nhất ở nghiệm thức T:0,5–N ($15,00 \pm 1,00$ ngày), ($p \leq 0,001$). 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 ($p \geq 0,460$).

3.2.2.3. Sinh trưởng

Kết quả nghiên cứu về tăng trưởng của san hô được thể hiện ở Bảng 3.13 cho thấy, loại giá thể và sự kết hợp giữa chúng với kích thước mảnh tách không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức trong điều kiện thí nghiệm này đến tốc độ tăng trưởng về khối lượng và chiều dài san hô (Phân tích phương sai 2 yếu tố, $p \geq 0,180$). Tuy nhiên, kích thước mảnh tách có sự sai khác đáng kể về tốc độ tăng trưởng giữa các nghiệm thức thí nghiệm (Phân tích phương sai 2 yếu tố, $p \leq 0,001$).

Kết quả cho thấy, 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 mảnh tách là 0,5 cm tiếp đến là 1 cm và đạt giá trị cao ở nhóm nghiệm thức có kích thước mảnh tách là 2 và 2,5 cm ($p \leq 0,020$). Tuy nhiên, kết quả cũng cho thấy, không có sự sai khác có ý nghĩa thống kê giữa nhóm nghiệm thức có kích thước mảnh tách là 1,5; 2 và 2,5 cm khi được gắn trên các loại giá thể khác nhau ($p \geq 0,080$).

Giá trị SGR_w đạt giá trị cao nhất được quan sát thấy ở nghiệm thức T:2–N; T:2–G; T:2,5–G và T:2,5–S ($0,41\%$ ngày⁻¹) và thấp nhất ở nghiệm thức T:0,5–X và T:0,5–S ($0,30\%$ ngày⁻¹) ($p < 0,040$).

Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị SGR_L cao nhất ở 3 nghiệm thức T:2–S; T:2,5–G và T:2,5–S ($1,20\%$ ngày⁻¹) và thấp nhất ở nghiệm thức T:0,5–X ($0,89\%$ ngày⁻¹), với sự khác biệt có ý nghĩa giữa chúng ($p < 0,047$).

Bảng 3.13. Tốc độ tăng trưởng đặc trưng về chiều dài (SGR_L) và khối lượng (SGR_w) ở các nghiệm thức (n = 3)

Nghiệm thức	Kích thước mảnh tách (cm)	Loại giá thể	SGR _w (% ngày ⁻¹)	SGR _L (% ngày ⁻¹)
T:0,5–N	0,5	N	0,31 ± 0,01 ^{ab}	0,92 ± 0,10 ^{bc}
T:0,5–G		G	0,33 ± 0,02 ^{bc}	1,01 ± 0,05 ^{bc}
T:0,5–X		X	0,30 ± 0,02 ^{ab}	0,89 ± 0,06 ^{ab}
T:0,5–S		S	0,30 ± 0,02 ^{ab}	0,91 ± 0,13 ^{bc}
T:1,0–N	1	N	0,31 ± 0,01 ^{ab}	1,01 ± 0,06 ^{bc}
T:1,0–G		G	0,31 ± 0,01 ^{ab}	0,96 ± 0,04 ^{bc}
T:1,0–X		X	0,35 ± 0,01 ^{bc}	1,03 ± 0,09 ^{bc}
T:1,0–S		S	0,32 ± 0,01 ^{ab}	0,97 ± 0,07 ^{bc}
T:1,5–N	1,5	N	0,36 ± 0,01 ^{cd}	1,07 ± 0,05 ^{bc}
T:1,5–G		G	0,36 ± 0,02 ^{cd}	1,09 ± 0,01 ^{cd}
T:1,5–X		X	0,36 ± 0,01 ^{cd}	1,09 ± 0,03 ^{bc}
T:1,5–S		S	0,37 ± 0,02 ^{cd}	1,10 ± 0,01 ^{cd}
T:2–N	2	N	0,42 ± 0,04 ^{de}	1,18 ± 0,06 ^{cd}
T:2–G		G	0,42 ± 0,02 ^{de}	1,18 ± 0,07 ^{cd}
T:2–X		X	0,41 ± 0,03 ^{de}	1,20 ± 0,02 ^{cd}
T:2–S		S	0,40 ± 0,02 ^{cd}	1,19 ± 0,08 ^{cd}
T:2,5–N	2,5	N	0,40 ± 0,02 ^{cd}	1,19 ± 0,06 ^{cd}
T:2,5–G		G	0,42 ± 0,02 ^{de}	1,20 ± 0,07 ^{cd}
T:2,5–X		X	0,41 ± 0,02 ^{de}	1,19 ± 0,05 ^{cd}
T:2,5–S		S	0,42 ± 0,03 ^{de}	1,19 ± 0,06 ^{cd}
Phân tích phương sai 2 yếu tố (<i>p</i> –value)				
Kích thước mảnh tách			0,001	0,001
Loại giá thể			NS	NS
Kích thước mảnh tách × Loại giá thể			NS	NS

N: ống nhựa PCV, G: gạch men, X: xi măng và S là đá san hô chết. Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB ± SD. Các chữ cái đi sau giá trị trên cùng cột mà khác nhau hoàn toàn thì các giá trị đó khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2.2.4. Mật độ tảo zooxanthellae

Kết quả nghiên cứu về mật độ zooxanthellae (zooxanthellae) của san hô được thể hiện ở Bảng 3.14 cho thấy, Kích thước mảnh tách, loại giá thể và sự kết hợp giữa chúng không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức trong

điều kiện thí nghiệm này đến mật độ zooxanthellae san hô (Phân tích phương sai 2 yếu tố, $p \geq 0,070$).

Mật độ vi tảo zooxanthellae giữa thời điểm bắt đầu và thời điểm kết thúc thí nghiệm (ngày 60) không có sự sai khác mang ý nghĩa thống kê ở tất cả các nghiệm thức ($p \geq 0,690$; Bảng 3.14). Thông tin ở Bảng 3.14 cho thấy: Vào ngày 0 (bắt đầu thí nghiệm), mật độ zooxanthellae dao động từ 4,87 đến $5,09 \times 10^6$ tế bào g^{-1} , 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 zooxanthellae dao động từ 4,81 đến $5,05 \times 10^6$ tế bào g^{-1} .

Bảng 3.14. Mật độ zooxanthellae thay đổi theo thời gian thí nghiệm (n = 3).

Nghiệm thức	Zooxanthellae ($\times 10^6$ tế bào g^{-1})				
	Ngày 0	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9	Ngày 60
T:0,5–N	$5,09 \pm 0,06$	$1,55 \pm 0,10$	$1,88 \pm 0,18$	$2,38 \pm 0,07$	$4,85 \pm 0,14$
T:0,5–G	$4,91 \pm 0,17$	$2,08 \pm 0,02$	$1,71 \pm 0,21$	$2,25 \pm 0,34$	$4,83 \pm 0,09$
T:0,5–X	$4,98 \pm 0,12$	$1,92 \pm 0,26$	$1,71 \pm 0,30$	$2,15 \pm 0,30$	$4,99 \pm 0,10$
T:0,5–S	$4,89 \pm 0,11$	$1,75 \pm 0,08$	$1,69 \pm 0,10$	$2,17 \pm 0,28$	$4,79 \pm 0,06$
T:1,0–N	$4,93 \pm 0,13$	$1,71 \pm 0,31$	$1,93 \pm 0,20$	$2,19 \pm 0,36$	$4,94 \pm 0,15$
T:1,0–G	$4,96 \pm 0,11$	$1,76 \pm 0,07$	$1,73 \pm 0,07$	$2,39 \pm 0,13$	$4,85 \pm 0,09$
T:1,0–X	$5,03 \pm 0,16$	$1,78 \pm 0,21$	$1,72 \pm 0,18$	$2,10 \pm 0,40$	$5,01 \pm 0,13$
T:1,0–S	$4,89 \pm 0,04$	$1,70 \pm 0,27$	$1,83 \pm 0,30$	$2,09 \pm 0,31$	$4,92 \pm 0,18$
T:1,5–N	$5,00 \pm 0,16$	$1,92 \pm 0,11$	$1,79 \pm 0,35$	$2,23 \pm 0,34$	$4,91 \pm 0,09$
T:1,5–G	$5,08 \pm 0,05$	$1,89 \pm 0,29$	$1,60 \pm 0,23$	$2,06 \pm 0,13$	$4,87 \pm 0,13$
T:1,5–X	$4,93 \pm 0,15$	$1,60 \pm 0,10$	$1,81 \pm 0,32$	$2,11 \pm 0,27$	$5,04 \pm 0,03$
T:1,5–S	$5,05 \pm 0,04$	$1,90 \pm 0,10$	$1,70 \pm 0,04$	$2,17 \pm 0,26$	$4,92 \pm 0,11$
T:2–N	$5,04 \pm 0,09$	$1,70 \pm 0,18$	$1,81 \pm 0,31$	$2,25 \pm 0,38$	$4,99 \pm 0,11$
T:2–G	$4,91 \pm 0,08$	$1,77 \pm 0,33$	$1,79 \pm 0,32$	$2,42 \pm 0,24$	$5,05 \pm 0,10$
T:2–X	$4,96 \pm 0,13$	$1,85 \pm 0,21$	$1,90 \pm 0,18$	$2,14 \pm 0,22$	$4,97 \pm 0,16$
T:2–S	$4,99 \pm 0,21$	$1,64 \pm 0,15$	$1,87 \pm 0,23$	$2,24 \pm 0,34$	$5,00 \pm 0,13$
T:2,5–N	$4,92 \pm 0,17$	$1,84 \pm 0,21$	$1,87 \pm 0,34$	$2,22 \pm 0,18$	$4,87 \pm 0,01$
T:2,5–G	$4,87 \pm 0,05$	$1,76 \pm 0,31$	$1,82 \pm 0,28$	$2,24 \pm 0,13$	$4,81 \pm 0,04$
T:2,5–X	$5,00 \pm 0,11$	$1,69 \pm 0,15$	$1,77 \pm 0,38$	$2,14 \pm 0,29$	$4,93 \pm 0,10$
T:2,5–S	$4,89 \pm 0,02$	$1,85 \pm 0,15$	$1,87 \pm 0,28$	$2,15 \pm 0,28$	$4,88 \pm 0,15$

Thí nghiệm	Zooxanthellae ($\times 10^6$ tế bào g^{-1})				
	Ngày 0	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9	Ngày 60
Phân tích phương sai 2 yếu tố (p-value)					
Kích thước mảnh	NS	NS	NS	NS	NS
Loại giá thể	NS	NS	NS	NS	NS
Kích thước mảnh $\times$ Loại giá thể	NS	NS	NS	NS	NS

N: ống nhựa PCV, G: gạch men, X: xi măng và S là đá san hô chết. Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị $TB \pm SD$.

3.2.2.5. Hàm lượng Chlorophyll-*a*

Kết quả nghiên cứu về hàm lượng Chlorophyll-*a* của san hô được thể hiện ở Bảng 3.15 cho thấy, Kích thước mảnh tách, loại giá thể và sự kết hợp giữa chúng không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các thí nghiệm trong điều kiện thí nghiệm này đến hàm lượng Chlorophyll-*a* san hô (Phân tích phương sai 2 yếu tố, $p \geq 0,230$).

Kết quả phân tích, cũng cho thấy không có sự sai khác về hàm lượng Chlorophyll-*a* giữa các thí nghiệm ở thời điểm bắt đầu và thời điểm kết thúc thí nghiệm ($p \geq 0,053$) (Bảng 3.15). Thông tin ở Bảng 3.15 cho thấy: Vào ngày 0 (bắt đầu thí nghiệm), hàm lượng Chlorophyll-*a* dao động từ $4,61$ đến $4,81 \times 10^2 (\mu g g^{-1})$, 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 $4,81 \times 10^2 (\mu g g^{-1})$.

Bảng 3.15. Hàm lượng Chlorophyll-*a* thay đổi theo thời gian thí nghiệm ($n = 3$)

Thí nghiệm	Chlorophyll- <i>a</i> ($(\mu g g^{-1}) \times 10^2$)				
	Ngày 0	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9	Ngày 60
T:0,5-N	$4,59 \pm 0,06$	$1,95 \pm 0,12$	$2,12 \pm 0,12$	$3,03 \pm 0,20$	$4,69 \pm 0,12$
T:0,5-G	$4,64 \pm 0,12$	$1,85 \pm 0,09$	$2,16 \pm 0,09$	$3,05 \pm 0,24$	$4,66 \pm 0,10$
T:0,5-X	$4,61 \pm 0,06$	$1,99 \pm 0,15$	$1,97 \pm 0,08$	$2,98 \pm 0,25$	$4,74 \pm 0,13$
T:0,5-S	$4,77 \pm 0,05$	$1,86 \pm 0,06$	$2,09 \pm 0,05$	$3,20 \pm 0,17$	$4,61 \pm 0,09$
T:1,0-N	$4,75 \pm 0,09$	$1,98 \pm 0,10$	$2,07 \pm 0,14$	$2,98 \pm 0,13$	$4,70 \pm 0,04$
T:1,0-G	$4,76 \pm 0,17$	$1,95 \pm 0,11$	$2,16 \pm 0,03$	$3,19 \pm 0,10$	$4,71 \pm 0,15$
T:1,0-X	$4,81 \pm 0,05$	$1,84 \pm 0,06$	$2,16 \pm 0,05$	$3,09 \pm 0,13$	$4,70 \pm 0,08$

Nghiem thức	Chlorophyll- <i>a</i> ($(\mu\text{g g}^{-1}) \times 10^2$)				
	Ngày 0	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9	Ngày 60
T:1,0-S	4,67 $\pm$ 0,13	1,90 $\pm$ 0,10	1,97 $\pm$ 0,06	3,02 $\pm$ 0,17	4,71 $\pm$ 0,14
T:1,5-N	4,62 $\pm$ 0,09	1,88 $\pm$ 0,11	2,06 $\pm$ 0,16	3,09 $\pm$ 0,15	4,65 $\pm$ 0,12
T:1,5-G	4,65 $\pm$ 0,02	1,89 $\pm$ 0,13	2,04 $\pm$ 0,12	2,99 $\pm$ 0,15	4,70 $\pm$ 0,11
T:1,5-X	4,75 $\pm$ 0,10	1,91 $\pm$ 0,17	2,05 $\pm$ 0,08	3,10 $\pm$ 0,23	4,70 $\pm$ 0,07
T:1,5-S	4,67 $\pm$ 0,06	1,96 $\pm$ 0,12	2,07 $\pm$ 0,08	3,01 $\pm$ 0,19	4,72 $\pm$ 0,05
T:2-N	4,61 $\pm$ 0,04	1,99 $\pm$ 0,07	2,11 $\pm$ 0,09	2,99 $\pm$ 0,14	4,70 $\pm$ 0,10
T:2-G	4,72 $\pm$ 0,04	1,93 $\pm$ 0,13	2,03 $\pm$ 0,05	2,93 $\pm$ 0,17	4,78 $\pm$ 0,05
T:2-X	4,67 $\pm$ 0,09	1,92 $\pm$ 0,09	2,03 $\pm$ 0,12	2,99 $\pm$ 0,23	4,81 $\pm$ 0,03
T:2-S	4,73 $\pm$ 0,06	1,97 $\pm$ 0,08	2,02 $\pm$ 0,07	2,95 $\pm$ 0,15	4,74 $\pm$ 0,13
T:2,5-N	4,69 $\pm$ 0,13	1,99 $\pm$ 0,18	2,12 $\pm$ 0,16	3,14 $\pm$ 0,05	4,79 $\pm$ 0,04
T:2,5-G	4,67 $\pm$ 0,08	1,86 $\pm$ 0,06	2,09 $\pm$ 0,07	2,91 $\pm$ 0,20	4,74 $\pm$ 0,16
T:2,5-X	4,67 $\pm$ 0,15	1,84 $\pm$ 0,05	2,10 $\pm$ 0,11	3,04 $\pm$ 0,05	4,63 $\pm$ 0,06
T:2,5-S	4,70 $\pm$ 0,11	1,96 $\pm$ 0,13	2,17 $\pm$ 0,05	3,03 $\pm$ 0,23	4,75 $\pm$ 0,09
Phân tích phương sai 2 yếu tố (<i>p</i>-value)					
Kích thước mảnh	NS	NS	NS	NS	NS
Loại giá thể	NS	NS	NS	NS	NS
Kích thước mảnh $\times$ Loại giá thể	NS	NS	NS	NS	NS

N: ống nhựa PCV, G: gạch men, X: xi măng và S là đá san hô chết. Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB $\pm$ SD.

3.2.2.6. Hàm lượng khối lượng hữu cơ

Hàm lượng chất hữu cơ (OW) của san hô chịu sự chi phối có ý nghĩa thống kê của cả kích thước mảnh tách và loại giá thể ($p < 0,05$), trong khi tương tác giữa hai yếu tố không thể hiện sự khác biệt ($p > 0,05$; Bảng 3.16). Tỷ lệ khối lượng hữu cơ cao nhất được quan sát thấy ở nghiệm thức T:2,5-S, trong khi tỷ lệ thấp nhất được ghi nhận ở nghiệm thức T:0,5-N. Tỷ lệ khối lượng hữu cơ tăng đáng kể các nghiệm thức có kích thước mảnh tách 2 và 2,5 cm (T:2-N; T:2-G; T:2-X; T:2-S; T:2,5-N; T:2,5-G; T:2,5-X và T:2,5-S) so với nhóm nhóm nghiệm thức có kích thước mảnh tách là 0,5 và 1 cm (T:0,5-N; T:0,5-G; T:0,5-X; T:0,5-S; T:1,0-N; T:1,0-G; T:1,0-

X và T:1,0–S) ($p \leq 0,001$). Tuy nhiên, không tìm thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về tỷ lệ khối lượng hữu cơ giữa các nghiệm thức T:2–N; T:2–G; T:2–X; T:2–S; T:2,5–N; T:2,5–G; T:2,5–X và T:2,5–S ($p \geq 0,250$). Tương tự như vậy, không có sự khác biệt đáng kể nào được quan sát thấy giữa T:0,5–N; T:0,5–G; T:0,5–X; T:0,5–S; T:1,0–N; T:1,0–G; T:1,0–X và T:1,0–S ($p \geq 0,74$) (Bảng 3.16). Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy tỷ lệ khối lượng hữu cơ không có sự sai khác ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức khác nhau trong cùng nhóm kích thước khi được gán trên các loại giá thể khác nhau ($p \geq 0,085$).

Bảng 3.16. Tỷ lệ khối lượng hữu cơ ở các nghiệm thức (n = 3)

Nghiem thức	Kích thước mảnh (cm)	Loại giá thể	Khối lượng hữu cơ (% OW)
T:0,5–N	0,5	N	33,03 ± 0,68 ^{ab}
T:0,5–G		G	33,30 ± 0,51 ^b
T:0,5–X		X	33,75 ± 0,76 ^{bc}
T:0,5–S		S	34,18 ± 0,83 ^{bc}
T:1,0–N	1	N	35,89 ± 0,89 ^{cd}
T:1,0–G		G	34,56 ± 0,90 ^{bd}
T:1,0–X		X	35,73 ± 0,71 ^{bd}
T:1,0–S		S	36,05 ± 0,17 ^{cd}
T:1,5–N	1,5	N	39,32 ± 0,39 ^e
T:1,5–G		G	39,06 ± 0,27 ^e
T:1,5–X		X	39,23 ± 0,45 ^e
T:1,5–S		S	39,92 ± 0,56 ^e
T:2–N	2	N	43,91 ± 0,91 ^{fg}
T:2–G		G	42,14 ± 1,21 ^{ef}
T:2–X		X	41,97 ± 1,70 ^{ef}
T:2–S		S	42,80 ± 0,66 ^{fg}
T:2,5–N	2,5	N	44,12 ± 0,64 ^{fg}
T:2,5–G		G	42,78 ± 0,80 ^{fg}
T:2,5–X		X	43,25 ± 0,60 ^{fg}
T:2,5–S		S	44,17 ± 1,00 ^{fg}
Phân tích phương sai 2 yếu tố (<i>p</i> –value)			
Kích thước mảnh			0,001
Loại giá thể			0,004
Kích thước mảnh tách × Loại giá thể			NS

N: ống nhựa PCV, G: gạch men, X: xi măng và S là đá san hô chết. Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị $TB \pm SD$. Các chữ cái đi sau giá trị trên cùng cột mà khác nhau hoàn toàn thì các giá trị đó khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Ảnh hưởng của kích thước mảnh tách và loại giá thể đến hiệu quả sinh sản vô tính của san hô cũng đã được nghiên cứu trên một số loài san hô khác nhau. Kích thước mảnh tách có ảnh hưởng ý nghĩa đến tỷ lệ sống của các mảnh cắt san hô con đã được nghiên cứu trên nhiều loài san hô cứng [108]. Trên một số loài san hô mềm như *S. glaucum* [11], *Sarcophyton* sp. [9], *S. glaucum* [13] cũng cho kết quả tương tự. Đây là nghiên cứu về tác động của kích thước mảnh tách và loại giá thể cùng tác động qua lại giữa chúng lên san hô mềm *S. serenei*, tập trung chủ yếu về việc đánh giá vai trò của nó lên tỷ lệ sống, thời gian bám chân, tốc độ tăng trưởng, mật độ zooxanthellae, hàm lượng Chlorophyll-*a* và khối lượng hữu cơ của loài này.

Kết quả về tỷ lệ sống của nghiên cứu này hoàn toàn tương tự với kết quả trong nghiên cứu về nồng độ và thời gian xử lý mảnh cắt bằng dung dịch Lugol (Nội dung 2.1), trong đó ghi nhận rằng tỷ lệ chết của các mảnh san hô chủ yếu diễn ra trong giai đoạn 3–9 ngày đầu tiên, sau đó duy trì ổn định trong suốt quá trình thí nghiệm. Theo Harriott và Fisk (1989) [161], việc tách mảnh san hô được coi là thành công khi tỷ lệ sống vượt quá 50%. Kết quả nghiên cứu hiện tại cho thấy tỷ lệ sống của các phương pháp xử lý thử nghiệm dao động từ 33,33% đến 78,33%, nằm trong phạm vi được báo cáo trong các nghiên cứu trước đây về loài san hô mềm *Sarcophyton*. Cụ thể, tỷ lệ sống của *S. glaucum* trong hệ thống nuôi cấy tuần hoàn kín được ghi nhận từ 65% đến 88% [11] và thậm chí có thể đạt 100% [10, 159]. Nghiên cứu của Chaitanawisuti và Kritsanapuntu (2019) [9] cũng báo cáo tỷ lệ sống của *Sarcophyton* sp. sau 70 ngày thử nghiệm dao động từ 26,6% đến 93,3%, phụ thuộc vào phương pháp cố định vào giá thể. Ngoài ra, tỷ lệ sống *Sarcophyton* sp. sau 90 ngày thử nghiệm được ghi nhận từ 78,33% đến 96,67%, chịu tác động bởi kích thước mảnh san hô [69]. Sự khác biệt về tỷ lệ sống giữa các nghiên cứu có thể xuất phát từ nhiều yếu tố như loài *Sarcophyton* được nghiên cứu, điều kiện môi trường thí nghiệm và phương pháp thực hiện, tất cả đều có thể ảnh hưởng đến sức khỏe của các mảnh san hô và từ đó tác động đến khả năng sống sót của chúng. Trong nghiên cứu này, các yếu tố chính ảnh hưởng đến tỷ lệ sống bao gồm kích thước mảnh tách và loại giá thể, trong khi ở Nội dung 2.1, sự khác biệt chủ yếu đến từ nồng độ và thời gian xử lý bằng dung dịch Lugol có tỷ lệ sống giao động từ (53 – 72%). Do đó, tỷ lệ sống quan sát được trong nghiên cứu này (33 – 78%) có sự khác biệt so với kết quả từ Nội dung 2.1 điều này có thể giải thích là do sự sai khác giữa các nghiệm thức thí nghiệm có kích thước mảnh tách khác nhau đã ảnh hưởng đến tỷ lệ sống khác nhau.

Thời gian tự bám chân của san hô dao động trong khoảng từ 7,33 đến 15,00 ngày; trong đó, kích thước mảnh tách là yếu tố chính chi phối biên độ dao động này. Nghiên cứu Nội dung 2.1 cũng cho kết quả tương tự (8,73 ngày ở nhóm được xử lý so với 14,47 ngày ở nhóm đối chứng). Thời gian phục hồi vết thương của *S. serenei* trong nghiên cứu này tương đồng với các kết quả trước đây đối với các loài khác trong giống *Sarcophyton*. Cụ thể, thời gian bám vào giá thể của *S. glaucum* được ghi nhận trong khoảng 5–18 ngày [11]; đối với *Lobophytum pauciflorum*, thời gian bám trung bình dao động từ 6,1 đến 10,1 ngày [9] hoặc khoảng 14 ngày [157]; trong khi đó, thời gian bám trung bình của *Sarcophyton* sp. là 9,59 – 9,84 ngày [69]. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng khả năng tự bám vào giá thể có vai trò quan trọng trong việc gia tăng tỷ lệ sống của các mảnh san hô sau khi tách [156]. Kết quả của nghiên cứu này cũng cho thấy kích thước tối ưu của mảnh san hô để đạt hiệu quả bám cao nhất trong điều kiện thí nghiệm có kích thước mảnh tách từ 1,5 cm trở lên.

Các nghiên cứu khác đã sử dụng các loại giá đỡ như nhựa [10], gốm [11, 13] và xi măng [9], san hô chết, gạch nung và gạch xi măng [131]. Kết quả thực nghiệm ghi nhận các mảnh cắt kích thước $\geq 1,5$ cm có tỷ lệ sống và tốc độ sinh trưởng tương đương nhau trên cả 4 loại giá thể ($p > 0,05$). Điều này khẳng định tiềm năng ứng dụng của gạch men và xi măng làm vật liệu thay thế tối ưu cho đá san hô tự nhiên và ống nhựa PVC.

Kết quả nghiên cứu về sinh trưởng cho thấy, có sự tương đồng với các báo cáo trước đây [12, 121, 160], đặc biệt là nghiên cứu được tiến hành trên loài san hô mềm *S. serenei* ($0,29 - 0,45\%$ ngày⁻¹). Ngoài ra, nghiên cứu trên *S. glaucum* cho thấy tốc độ tăng trưởng đặc trưng về khối lượng (SGR_w) dao động từ 0,11 đến 0,39% ngày⁻¹ [121], trong khi tốc độ tăng trưởng của *Sarcophyton* sp. được ghi nhận trong khoảng 0,210 – 0,380% ngày⁻¹ [160]. Tuy nhiên, kết quả của nghiên cứu này có sự khác biệt so với một số nghiên cứu trước đó. Các báo cáo trước đây về *S. glaucum* ghi nhận giá trị SGR_w dao động từ 0,035 – 0,040% ngày⁻¹ [121], 0,027 – 0,028% ngày⁻¹ [2], 0,025 – 1,828% ngày⁻¹ [13] và 0,055 – 0,380% ngày⁻¹ [158]. Kết quả của nghiên cứu này cũng có sự sai khác đáng kể so với các giá trị được báo cáo bởi [105].

San hô mềm *Sarcophyton* là loài sống cộng sinh với tảo thuộc họ *Symbiodiniaceae* và thường biểu hiện phản ứng căng thẳng dưới dạng hiện tượng tẩy trắng. Quá trình này xảy ra khi san hô trục xuất zooxanthellae ra khỏi mô, làm thay đổi màu sắc của san hô và có thể dẫn đến các hậu quả nghiêm trọng như mất mô hoặc tử vong [162]. Sự biến động của các yếu tố môi trường như nhiệt độ, độ mặn, cường độ ánh sáng, sự hiện diện của hóa chất hoặc tác nhân gây bệnh có thể làm suy giảm hiệu suất quang hợp của zooxanthellae hoặc gây ra hiện tượng tách tảo khỏi mô san

hồ [163]. Trong thí nghiệm này, tác động của kích thước mảnh tách và loại giá thể khác nhau có thể là hai yếu tố gây căng thẳng khiến zooxanthellae giải phóng khỏi san hô. Mật độ zooxanthellae trong các mảnh san hô mềm *S. serenei* giảm đáng kể sau khi tách mảnh (ngày thứ 3). Tuy nhiên, mật độ này bắt đầu tăng trở lại vào ngày thứ 9. Điều này có thể là do tác động của việc phân mảnh gây tổn thương đến san hô khi mới tách mảnh và quá trình này phục hồi sau khi các tập đoàn lành vết thương và bám vào giá thể. Đến nay, các nghiên cứu về ảnh hưởng của kích thước mảnh tách và loại giá thể đối với zooxanthellae trong san hô vẫn chưa được thực hiện, mặc dù một số công trình đã ghi nhận tác động của các yếu tố này đến tốc độ sinh trưởng của vi tảo [164, 165]. Các tác động này có thể mang tính tiêu cực, tích cực hoặc trung tính tùy thuộc vào loài và điều kiện môi trường. Bên cạnh đó, các biến động trong chỉ số sinh lý của san hô được xem là những chỉ báo hữu hiệu trong việc đánh giá mức độ tẩy trắng [166]. Đặc biệt, sự thay đổi về mật độ zooxanthellae và hàm lượng diệp lục trong san hô mềm được coi là những chỉ số quan trọng phản ánh phản ứng của san hô trước các yếu tố gây căng thẳng môi trường [167].

Trong thí nghiệm này, hàm lượng chất hữu cơ của loài san hô mềm *S. serenei* dao động từ 33% đến 44%, tương đồng với kết quả của Nội dung 2.1 (36,12% đến 44,35%). Kết quả của nghiên cứu này hoàn toàn tương tự với nghiên cứu của [11] đối với *S. glaucum*, theo đó hàm lượng chất hữu cơ trong san hô có sự biến động phụ thuộc vào kích thước (10 – 27%), nhiệt độ nuôi cấy (44 – 50%) và cường độ ánh sáng (46 – 55%). Tuy nhiên, các giá trị này tương đối cao so với những nghiên cứu khác trên *Sarcophyton* spp. Theo nghiên cứu của Costa (2016) [10] trên *S. glaucum*, sự khác biệt về quang phổ ánh sáng (ánh sáng xanh và ánh sáng trắng) cũng như cường độ chiếu sáng (50 và 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng chất hữu cơ, với giá trị dao động từ 19,79% đến 28,93%. Bên cạnh đó, sự khác biệt về hệ thống nuôi cấy cũng có tác động rõ rệt, với hàm lượng chất hữu cơ được ghi nhận trong khoảng 26% – 33% [13]. Những khác biệt này có thể xuất phát từ sự thay đổi trong khả năng tổng hợp và tích lũy chất dinh dưỡng của các loài san hô khác nhau dưới các điều kiện môi trường, hệ thống nuôi cấy và quang chu kỳ khác nhau, dẫn đến sự biến động về hàm lượng chất hữu cơ trong mô san hô.

Tóm lại, việc sử dụng kích thước mảnh tách khác nhau có thể tăng cường sự phát triển, khả năng sống sót và sức khỏe của loài san hô mềm *S. serenei*. Thí nghiệm về kích thước mảnh tách và các loại giá thể đã xác định rằng mảnh san hô có chiều dài $\geq 1,5$ cm bám trên giá thể gạch men hoặc xi măng cho kết quả tỷ lệ sống và tăng trưởng tốt nhất. Kết quả này tương tự với xu hướng được ghi nhận ở các loài *Sarcophyton* khác [9, 11, 69], đồng thời mở ra khả năng thay thế vật liệu tự nhiên (đá

san hô chết) bằng vật liệu thân thiện và sẵn có, góp phần giảm tác động đến hệ sinh thái rạn san hô tự nhiên. Bên cạnh đó, các giá thể như gạch men hoặc xi măng có thể tạo ra được các hình dạng riêng phù hợp với cấu trúc nền đáy hoặc gắn giá thể dễ dàng hơn so với san hô đã san hô. Mặc dù vậy, các giá thể này nên có những nghiên cứu chuyên sâu nhằm đánh giá độ bền cũng như mức độ thân thiện với môi trường. Việc xác định kích thước mảnh tách tối ưu không chỉ giúp rút ngắn thời gian hồi phục mà còn nâng cao hiệu quả nhân giống (tối ưu hóa về mặt số lượng) và chất lượng sinh trưởng của san hô trong giai đoạn nuôi dưỡng. Điều này cung cấp dữ liệu để cấy ghép san hô cho mục đích bảo tồn và phát triển. Tuy nhiên, cần tiến hành thêm nhiều nghiên cứu một số nghiên cứu như về tác động của ánh sáng đối với san hô trong điều kiện nhân tạo góp phần hoàn thiện quy trình sinh sản nhân tạo cho loài san hô này. Sử dụng kích thước mảnh tách là 1,5 cm được gắn trên giá thể là gạch men cho các thí nghiệm tiếp theo.

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

3.2.3.1. Tỷ lệ sống

Tỷ lệ sống của loài san hô mềm *S. serenei* ở các nghiệm thức cho ăn và tần suất cho ăn khác nhau được thể hiện ở Bảng 3.17. Kết quả thí nghiệm cho thấy thức ăn và tần suất cho ăn không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức trong điều kiện thí nghiệm này đến tỷ lệ sống của các mảnh san hô mềm *S. serenei* ($p \geq 0,082$). Tỷ lệ sống của san hô ở các nghiệm thức thí nghiệm giảm nhanh trong 9 ngày đầu và ổn định hơn trong thời gian còn lại cho đến khi kết thúc thí nghiệm (73 – 77%).

Bảng 3.17. Tỷ lệ sống ở các nghiệm thức (n = 3)

Nghiệm thức	Tỷ lệ sống (%)			
	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9	Ngày 60
ĐC	83,33 ± 5,77	76,67 ± 2,89	73,33 ± 2,89	73,33 ± 2,89
LT-2	90,00 ± 5,00	76,67 ± 5,77	75,00 ± 5,00	75,00 ± 5,00
LT-4	88,33 ± 2,89	78,33 ± 2,89	78,33 ± 2,89	76,67 ± 2,89
LT-Ar-2	90,00 ± 5,00	76,67 ± 5,77	75,00 ± 5,00	73,33 ± 2,89
LT-Ar-4	86,67 ± 2,89	76,67 ± 2,89	75,00 ± 5,00	73,33 ± 2,89
Ar-2	90,00 ± 5,00	76,67 ± 5,77	75,00 ± 5,00	75,00 ± 5,00
Ar-4	88,33 ± 2,89	78,33 ± 2,89	76,67 ± 2,89	75,00 ± 5,00

Phân tích phương sai 2 yếu tố (p -value)

LTA	NS	NS	NS	NS
CĐCA	NS	NS	NS	NS
LTA × CĐCA	NS	NS	NS	NS

LT-2, LT-4: cho ăn luân trùng 2 ngày, cho ăn luân trùng 4 ngày; Ar-2, Ar-4: cho ăn Artemia 2 ngày, cho ăn Artemia 4 ngày; LT-Ar-2; LT-Ar-4: cho ăn luân trùng-Artemia 2 ngày, cho ăn luân trùng-Artemia 4 ngày; LTA: Loại thức ăn; CĐCA: Chế độ cho ăn; Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB ± SD.

3.2.3.2. Sinh trưởng

Tốc độ tăng trưởng đặc trưng về khối lượng (SGR_w) ở nghiệm thức LT-2, đạt giá trị cao nhất ($0,46 \pm 0,02\%$ 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 ($p \geq 0,124$). Ngược lại, các nghiệm thức cho ăn *Artemia* (Ar-2, Ar-4, LT-Ar-2, LT-Ar-4) giá trị SGR_w không có sự khác biệt đáng kể nào giữa chúng cũng như đối với nghiệm thức đối chứng ($p \geq 0,182$) (Bảng 3.18).

Bảng 3.18. Tốc độ tăng trưởng đặc trưng về khối lượng (% ngày⁻¹) ở các nghiệm thức (n = 3)

Nghiệm thức	SGR _w (% ngày ⁻¹)
Đối chứng	$0,41 \pm 0,02^{ab}$
LT-2	$0,46 \pm 0,02^{cd}$
LT-4	$0,43 \pm 0,02^{bc}$
LT-Ar-2	$0,42 \pm 0,02^{ab}$
LT-Ar-4	$0,41 \pm 0,01^{ab}$
Ar-2	$0,40 \pm 0,03^{ab}$
Ar-4	$0,41 \pm 0,02^{ab}$
Phân tích phương sai 2 yếu tố (p-value)	
LTA	0,009
CĐCA	NS
LTA × CĐCA	NS

LT-2, LT-4: cho ăn luân trùng 2 ngày, cho ăn luân trùng 4 ngày; Ar-2, Ar-4: cho ăn Artemia 2 ngày, cho ăn Artemia 4 ngày; LT-Ar-2; LT-Ar-4: cho ăn luân

trùng–*Artemia* 2 ngày, cho ăn luân trùng–*Artemia* 4 ngày. LTA: Loại thức ăn; CDCA: Chế độ cho ăn. Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị $TB \pm SD$. Các chữ cái đi sau giá trị trên cùng cột mà khác nhau hoàn toàn thì các giá trị đó khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2.3.3. Mật độ zooxanthellae

Ảnh hưởng của thức ăn và tần suất cho ăn khác nhau lên mật độ zooxanthellae được trình bày trong Bảng 3.19. 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 ($p \geq 0,059$). Điều này cho thấy loại thức ăn và tần suất cho ăn không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức trong điều kiện thí nghiệm này đến mật độ zooxanthellae trên các mảnh tách san hô. 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, và sự khác biệt giữa các nghiệm thức vẫn không có ý nghĩa thống kê ($p \geq 0,059$).

Bảng 3.19. Mật độ zooxanthellae ($\times 10^6$ tế bào g^{-1}) thay đổi theo thời gian (n = 3)

Nghiệm thức	Mật độ zooxanthellae ($\times 10^6$ tế bào g^{-1})				
	Ngày 0 (BD)	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9	Ngày 60
ĐC	4,20 $\pm$ 0,27	1,72 $\pm$ 0,24	2,14 $\pm$ 0,10	2,54 $\pm$ 0,26	4,28 $\pm$ 0,43
LT-2	4,41 $\pm$ 0,24	1,93 $\pm$ 0,19	2,16 $\pm$ 0,22	2,40 $\pm$ 0,25	4,41 $\pm$ 0,33
LT-4	4,28 $\pm$ 0,39	1,57 $\pm$ 0,19	2,03 $\pm$ 0,23	2,29 $\pm$ 0,30	4,46 $\pm$ 0,09
LT-Ar-2	4,28 $\pm$ 0,24	1,91 $\pm$ 0,42	2,09 $\pm$ 0,08	2,52 $\pm$ 0,33	4,39 $\pm$ 0,41
LT-Ar-4	4,32 $\pm$ 0,21	1,94 $\pm$ 0,21	1,98 $\pm$ 0,14	2,54 $\pm$ 0,34	4,38 $\pm$ 0,18
Ar-2	4,28 $\pm$ 0,16	1,72 $\pm$ 0,28	1,96 $\pm$ 0,09	2,31 $\pm$ 0,03	4,20 $\pm$ 0,06
Ar-4	4,61 $\pm$ 0,06	1,88 $\pm$ 0,30	2,16 $\pm$ 0,19	2,42 $\pm$ 0,13	4,41 $\pm$ 0,42
Phân tích phương sai 2 yếu tố (p-value)					
LTA	NS	NS	NS	NS	NS
CDCA	NS	NS	NS	NS	NS
LTA $\times$ CDCA	NS	NS	NS	NS	NS

LT-2, LT-4: cho ăn luân trùng 2 ngày, cho ăn luân trùng 4 ngày; Ar-2, Ar-4: cho ăn *Artemia* 2 ngày, cho ăn *Artemia* 4 ngày; LT-Ar-2; LT-Ar-4: cho ăn luân

trùng–*Artemia* 2 ngày, cho ăn luân trùng–*Artemia* 4 ngày. LTA: Loại thức ăn; CDCA: Chế độ cho ăn; Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị $TB \pm SD$.

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 3.20 ($p \geq 0,111$). Điều này chỉ ra rằng loại thức ăn và tần suất cho ăn khác nhau không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức trong điều kiện thí nghiệm này 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, nghiệm thức Ar–2 đạt mức cao nhất ($4,18 \pm 0,13$) và thấp nhất ghi nhận ở nghiệm thức LT–4 ($3,76 \pm 0,22$) ($p \geq 0,834$).

Bảng 3.20. Hàm lượng Chlorophyll–a ($\times 10^2 \mu\text{g g}^{-1}$) thay đổi theo thời gian (n = 3)

Nghiệm thức	Hàm lượng Chlorophyll–a ($\times 10^2 \mu\text{g g}^{-1}$)				
	Ngày 0 (BD)	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9	Ngày 60
ĐC	$4,00 \pm 0,40$	$1,94 \pm 0,17$	$2,18 \pm 0,13$	$3,19 \pm 0,23$	$4,16 \pm 0,21$
LT–2	$3,80 \pm 0,17$	$2,09 \pm 0,02$	$2,16 \pm 0,22$	$3,14 \pm 0,31$	$4,10 \pm 0,32$
LT–4	$4,08 \pm 0,31$	$1,97 \pm 0,22$	$2,03 \pm 0,23$	$2,86 \pm 0,03$	$3,76 \pm 0,22$
LT–Ar–2	$3,73 \pm 0,16$	$1,99 \pm 0,19$	$2,09 \pm 0,08$	$3,11 \pm 0,17$	$3,97 \pm 0,27$
LT–Ar–4	$3,99 \pm 0,14$	$2,07 \pm 0,15$	$1,98 \pm 0,14$	$2,96 \pm 0,22$	$3,88 \pm 0,29$
Ar–2	$3,80 \pm 0,32$	$2,06 \pm 0,08$	$1,96 \pm 0,09$	$2,94 \pm 0,34$	$4,18 \pm 0,13$
Ar–4	$3,91 \pm 0,26$	$1,92 \pm 0,08$	$2,16 \pm 0,19$	$2,88 \pm 0,21$	$4,05 \pm 0,45$
Phân tích phương sai 2 yếu tố (p–value)					
LTA	NS	NS	NS	NS	NS
CDCA	NS	NS	NS	NS	NS
LTA $\times$ CDCA	NS	NS	NS	NS	NS

LT–2, LT–4: cho ăn luân trùng 2 ngày, cho ăn luân trùng 4 ngày; Ar–2, Ar–4: cho ăn *Artemia* 2 ngày, cho ăn *Artemia* 4 ngày; LT–Ar–2; LT–Ar–4: cho ăn luân trùng–*Artemia* 2 ngày, cho ăn luân trùng–*Artemia* 4 ngày. LTA: Loại thức ăn; CDCA: Chế độ cho ăn; Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị $TB \pm SD$.

3.2.3.5. Hàm lượng hữu cơ

Tỷ lệ khối lượng hữu cơ (OW) của loài san hô mềm *S. serenei* bị ảnh hưởng đáng kể bởi thức ăn và tần suất cho ăn ($p \leq 0,031$) (Bảng 3.21). Trong đó, tỷ lệ khối lượng hữu cơ cao nhất được ghi nhận ở nghiệm thức LT-2 ($46,68 \pm 1,53\%$ OW) và thấp nhất được ghi nhận ở nghiệm thức ĐC ($42,11 \pm 1,78\%$ 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 ($p \geq 0,057$).

Bảng 3.21. Tỷ lệ khối lượng hữu cơ ở các nghiệm thức (n = 3)

Nghiệm thức	OW (%)
ĐC	$42,11 \pm 1,78^a$
LT-2	$46,68 \pm 1,53^b$
LT-4	$44,74 \pm 1,45^{ab}$
LT-Ar-2	$44,16 \pm 1,43^{ab}$
LT-Ar-4	$43,63 \pm 1,37^{ab}$
Ar-2	$42,33 \pm 1,62^a$
Ar-4	$42,23 \pm 1,63^a$
Phân tích phương sai 2 yếu tố (p-value)	
LTA	0,031
CDCA	NS
LTA $\times$ CDCA	NS

LT-2, LT-4: cho ăn luân trùng 2 ngày, cho ăn luân trùng 4 ngày; Ar-2, Ar-4: cho ăn *Artemia* 2 ngày, cho ăn *Artemia* 4 ngày; LT-Ar-2; LT-Ar-4: cho ăn luân trùng-Artemia 2 ngày, cho ăn luân trùng-Artemia 4 ngày. LTA: Loại thức ăn; CDCA: Chế độ cho ăn. Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB $\pm$ SD. Các chữ cái đi sau giá trị trên cùng cột mà khác nhau hoàn toàn thì các giá trị đó khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Đây là nghiên cứu tiến hành đánh giá ảnh hưởng của 2 loại thức ăn (luân trùng và nauplii *Artemia*) và 6 chế độ cho ăn (LT-2, LT-4, LT-Ar-2, LT-Ar-4, Ar-2, Ar-4) đến sinh trưởng, tỷ lệ sống, hàm lượng Chlorophyll-*a*, mật độ zooxanthellae và tỷ trọng hữu cơ của các mảnh tách san hô mềm *S. serenei* trong điều kiện nuôi nhân tạo. Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc sử dụng thức ăn là luân trùng thích hợp hơn so với *Artemia* bắt nguồn trực tiếp từ đặc điểm hình thái giải phẫu của *S. serenei*. Quan sát hiển vi cho thấy loài này có cấu trúc polyp dạng bán co rút, xúc tu ngắn và không đầu

các xúc tu không bung hoàn toàn. Luân trùng *Brachionus plicatilis* có kích thước nhỏ (120–240 μm) và vận tốc bơi chậm, hoàn toàn tương thích với khẩu kính bắt mồi và lực giữ của lông mao trên xúc tu. Ngược lại, ấu trùng *Artemia* nauplii có kích thước lớn ($> 400 \mu\text{m}$) và vận động bơi giắt mạnh, vượt quá năng lực bắt giữ cơ học của polyp *S. serenei*. Con mồi không được tiêu hóa chết đi sẽ kích thích vi khuẩn phân hủy, làm suy giảm cục bộ chất lượng nước quanh đĩa miệng, lý giải vì sao các nghiệm thức cho ăn *Artemia* không mang lại hiệu quả sinh trưởng cao hơn nghiệm thức đối chứng.

Kết quả thí nghiệm trên san hô mềm *S. serenei* cho thấy rằng chế độ cho ăn luân trùng với mật độ 2 con/mL, và tần suất 2 ngày/lần có hiệu quả rõ rệt trong việc cải thiện tốc độ sinh trưởng tương đối về khối lượng (SGR_w 0,46% ngày⁻¹; $p < 0,05$). Đồng thời, không có sự sai khác thống kê giữa việc cho ăn có liên quan đến nauplii *Artemia* và không cho ăn ($p > 0,05$). Điều này có thể giải thích do sự phù hợp của thức ăn luân trùng có liên quan đến khả năng bắt mồi của loài san hô mềm *S. serenei*. Đường kính vòng xúc tu trên polyp (tentacle crown), kiểu hình của xúc tu và loại tế bào gai độc (nematocyst) hiện diện trong polyp được xác định là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến kích thước con mồi và hiệu quả bắt mồi của san hô [171, 172]. Chưa có báo cáo về đường kính xúc tu của loài san hô mềm *S. serenei*, nhưng Verseveldt (1982) [28] có nhắc đến chỉ số đường kính autozoid của san hô mềm (apertures) *Sarcophyton* dao động từ 500 – 800 μm tùy loài. Mô tả chi tiết cho thấy các autozoid của loài san hô mềm *S. serenei* bán co rút, các xúc tu quanh miệng polyp có cấu tạo thẳng đơn giản với các lông mao nhỏ, đầu xúc tu không bung ra hoàn toàn [16]. Đặc điểm hình thái này có thể ảnh hưởng đến khả năng bắt giữ con mồi, đặc biệt khi xét đến sự khác biệt về kích thước giữa các loại thức ăn sử dụng trong thí nghiệm. Trong thí nghiệm này, luân trùng dòng L *Brachionus plicatilis* có chiều dài vỏ trung bình khoảng 239 μm , trong khi nauplii *Artemia* (INVE, Thái Lan) có chiều dài trung bình khoảng 430 μm . Theo báo cáo của Subhan (2022) [159], kích thước lớn của nauplii *Artemia* có thể vượt quá khả năng bắt mồi tối ưu của các mảnh san hô thuộc giống *Sarcophyton*. Do đó, sự chênh lệch kích thước này có thể là nguyên nhân dẫn đến hiệu quả bắt mồi khác nhau của *S. serenei* khi được cho ăn hai loại thức ăn trên. Mỗi loài san hô có năng lực bắt mồi và tiêu hóa khác nhau [115, 173]. Điều này có thể do sự khác biệt về cấu trúc cơ thể, cơ chế bắt mồi, hoặc nhu cầu dinh dưỡng đặc trưng của từng loài. Trong nhiều nghiên cứu trước đây, việc bổ sung thức ăn cho san hô mềm trong điều kiện nuôi nhân tạo không thực sự mang lại kết quả tích cực về tốc độ tăng trưởng. Cunha (2006) [140] thực hiện thí nghiệm trên san hô *Sinularia* sp. với mật độ 5 nauplii *Artemia*/mL, tần suất 2 lần/tuần trong 32

ngày, nhưng không ghi nhận sự khác biệt đáng kể về tốc độ sinh trưởng chiều cao và thể tích giữa nghiệm thức cho ăn và không cho ăn. Tương tự, Subhan (2022) [159] cũng không phát hiện sự khác biệt về tốc độ sinh trưởng chiều dài, chiều rộng và diện tích của san hô *Sarcophyton* sp. giữa nghiệm thức có bổ sung 5g nauplii *Artemia*/tuần và nghiệm thức không bổ sung thức ăn trong suốt 12 tuần thí nghiệm. Thậm chí, Costa (2016) [10] ghi nhận tốc độ tăng trưởng SGR của san hô *Sarcophyton cf. glaucum* cao hơn ở các bể không cho ăn luân trùng hàng ngày (mật độ 4 con/mL) so với các bể có cho ăn. Các kết quả trên cho thấy rằng san hô mềm *Simularia* sp., *Sarcophyton cf. glaucum*, *Sarcophyton* sp. có thể phát triển hiệu quả hơn khi chỉ dựa vào dinh dưỡng tự dưỡng từ zooxanthellae, đặc biệt trong điều kiện ánh sáng phù hợp. Mật độ thức ăn và tần suất cho ăn có thể gây stress nhẹ, mất cân bằng năng lượng, từ đó ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng chúng.

Thức ăn và tần suất cho ăn khác nhau không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức trong điều kiện thí nghiệm này đến tỷ lệ sống của các mảnh tách san hô mềm *S. serenei* sau 3, 6, 9 và 60 ngày của nghiên cứu này hoàn toàn tương đương với một số nghiên cứu trước đây. Nghiên cứu của Sella và Benayahu (2010) [11] cho rằng việc cho ăn thường xuyên không những không cải thiện khả năng sống sót mà còn có thể gây ảnh hưởng tiêu cực đến quá trình phục hồi của san hô. Theo báo cáo này, tỷ lệ sống thấp nhất (25%) được ghi nhận ở các mảnh tách *S. glaucum* khi cho ăn với mật độ 5.000 nauplii/30L ở tần suất 2 ngày/lần, trong khi các tần suất cho ăn thưa hơn (7 ngày và 30 ngày/lần) lại cho tỷ lệ sống cao hơn đáng kể (44%). Báo cáo của Subhan (2022) [159] cho thấy trong điều kiện ánh sáng đầy đủ, việc không cung cấp thức ăn và cung cấp thức ăn đều ghi nhận tỷ lệ sống 100% trên san hô *Sarcophyton* sp. sau khi tách mảnh. Điều này cho thấy san hô mềm *Sarcophyton* chủ yếu dựa vào cơ chế tự dưỡng để tạo ra các hợp chất hữu cơ cần thiết cho sự phát triển và duy trì hoạt động sống của san hô trong môi trường ánh sáng phù hợp, mà có thể không phụ thuộc vào nguồn thức ăn bên ngoài.

Hoegh-Guldberg và Smith (1989) [174], Anthony và Hoegh-Guldberg (2003) [175] đã ghi nhận rằng san hô có thể thích nghi rõ rệt về mặt hình thái khi điều kiện môi trường thay đổi. Một trong những biểu hiện của sự thích nghi này là sự thay đổi nồng độ sắc tố quang hợp. Trong nghiên cứu này, đầu tiên có thể thấy hàm lượng Chlorophyll-*a* đều giảm nhanh từ ngày 0 (ngày bắt đầu) đến ngày 3, và sau đó có xu hướng tăng lại từ ngày thứ 6 đến ngày thứ 9 trở đi và đạt mức gần như ban đầu ở ngày thứ 60. Điều này có thể được suy đoán là cơ chế giúp san hô mềm chống lại căng thẳng môi trường trong thời gian ngắn (do tác động phân mảnh, xử lý bằng dung dịch Lugol – sát khuẩn) và sự thích nghi dần với điều kiện nuôi mới, giúp cho hàm lượng

Chlorophyll-*a* tăng trở lại và ổn định. Kết quả này tương đương với kết quả từ Schoepf và cs. (2015) [176], Xu (2023) [170]. Trong nghiên cứu của Schoepf (2015) [176], ba loài san hô cứng (*Porites divaricata*, *Porites astreoides* and *Orbicella faveolata*) sẽ được đánh giá sự phục hồi ngắn hạn và dài hạn sau khi cho tiếp xúc nhiệt độ cao. Nồng độ Chlorophyll-*a* của san hô *Porites divaricata*, *Porites astreoides* and *Orbicella faveolata* qua tiếp xúc nhiệt độ cao đều thấp hơn lần lượt 30 – 42%, 75 – 76% và 52 – 58% ngay sau khi tẩy trắng và sau 1,5 tháng, nhưng đã phục hồi hoàn toàn sau 11 tháng trên rạn san hô. Tương tự, nghiên cứu trên san hô mềm *S. serenei* khi tiếp xúc với Lugol và *Sarcophyton trocheliophorum* khi tiếp xúc với Doxycycline hydrochloride (DOX) [170] hàm lượng Chlorophyll-*a* cũng có xu hướng ban đầu giảm sau tăng. Điều này phản ánh phản ứng căng thẳng ban đầu gây tổn thương các phân tử Chlorophyll-*a* của zooxanthellae ở san hô, và sau đó là sự thích nghi dần với điều kiện mới giúp hồi phục lại hàm lượng sắc tố [170].

Kết quả nghiên cứu này cho thấy, không có sự ảnh hưởng đáng kể của thức ăn và tần suất cho ăn lên sự biến động hàm lượng Chlorophyll-*a*. Hàm lượng Chlorophyll-*a* trong tất cả các nghiệm thức cho ăn và không cho ăn đều có xu hướng giảm dần và dần hồi phục lại ổn định từ ngày thứ 9 thí nghiệm. Việc cho ăn không làm ảnh hưởng tới hàm lượng Chlorophyll-*a* của zooxanthellae có thể phản ánh rằng quá trình điều chỉnh sắc tố quang hợp của zooxanthellae không phụ thuộc nhiều vào nguồn dinh dưỡng dị dưỡng, mà chủ yếu bị chi phối bởi các điều kiện bất lợi từ môi trường và khả năng thích nghi phục hồi đặc trưng của từng loài san hô. Trong thí nghiệm này, với điều kiện ánh sáng tự nhiên, zooxanthellae đã có thể thực hiện quang hợp hiệu quả để sản xuất năng lượng và duy trì hàm lượng Chlorophyll-*a*. Do đó, việc bổ sung nguồn dinh dưỡng dị dưỡng thông qua cho ăn trên san hô mềm *S. serenei* không tạo ra sự khác biệt rõ rệt về hàm lượng sắc tố quang hợp. Tuy nhiên, nghiên cứu của Connolly (2012) [116] cho thấy nguồn thức ăn dị dưỡng không chỉ đóng vai trò cung cấp năng lượng thay thế trong các sự kiện tẩy trắng mà còn góp phần thúc đẩy quá trình phục hồi khả năng quang hợp của san hô sau đó. Ở loài san hô cành *Acropora intermedia*, việc được cung cấp thức ăn (luân trùng) với mật độ tự nhiên hằng ngày giúp hàm lượng Chlorophyll-*a* nhanh chóng phục hồi về mức trước khi bị tẩy trắng chỉ sau vài ngày. Ngược lại, các mẫu san hô không được cho ăn duy trì hàm lượng Chlorophyll-*a* ở mức thấp hơn khoảng một phần ba so với giá trị ban đầu. Sự khác biệt này có thể xuất phát từ cơ chế thích nghi riêng của từng loài, cũng như sự khác nhau trong phản ứng sinh lý của san hô dưới tác động của các điều kiện bất lợi khác nhau.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy loại thức ăn và chế độ cho ăn không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức trong điều kiện thí nghiệm này đến sự phục hồi mật độ zooxanthellae ở san hô mềm *S. serenei*. Ban đầu, mật độ tảo giảm mạnh vào ngày thứ 3, sau đó tăng dần trở lại từ ngày thứ 9 và đạt mức tương đương với ban đầu vào ngày thứ 60. Những thay đổi về mật độ zooxanthellae của san hô mềm là những chỉ số quan trọng về phản ứng của hệ thống cộng sinh san hô với biến động môi trường [175]. Khi bị căng thẳng (do nhiệt độ, độ mặn, hóa chất,...), hệ thống cộng sinh sẽ chủ động đào thải zooxanthellae và gây ra hiện tượng sự suy giảm mật độ zooxanthellae [177]. Điều này tương tự như nghiên cứu trên san hô mềm *S. serenei* và *Sarcophyton trocheliophorum* khi tiếp xúc với Lugol và Doxycycline hydrochloride (DOX) [170] mật độ zooxanthellae cũng có xu hướng giảm mạnh. Trong điều kiện bình thường, san hô có khả năng điều chỉnh mật độ zooxanthellae thông qua cơ chế đào thải và tái hấp thu, giúp duy trì cân bằng zooxanthellae [178]. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu sâu hơn về vai trò của dị dưỡng trong quá trình tái thiết lập mật độ zooxanthellae trên san hô mềm *S. serenei*.

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. Trong nghiên cứu này, các mảnh san hô mềm *S. serenei* khi cho ăn LT-2 có tỷ trọng hữu cơ cao nhất và sai khác có ý nghĩa với các nghiệm thức thức ăn sử dụng loại thức ăn và tần suất cho ăn khác ($p < 0,05$). Điều này cho thấy chế độ cho ăn luân trùng với tần suất 2 ngày một lần đã cải thiện rõ rệt khả năng chuyển hóa chất dinh dưỡng của loài san hô mềm *S. serenei*. Ngược lại việc cho ăn *Artemia* tần suất 4 ngày một lần không cho thấy hiệu quả tích cực trong việc thay đổi tỷ lệ khối lượng hữu cơ của san hô mềm và không sai khác với nghiệm thức không cho ăn. Từ đó có thể thấy việc lựa chọn loại thức ăn và tần suất cho ăn nếu không phù hợp, san hô có thể sẽ không bắt mồi dẫn đến hiệu quả tích lũy hợp chất hữu cơ trong mô thấp. Nghiên cứu của Sella và Benayahu (2010) [11] cũng chỉ ra tần suất cho ăn không phù hợp cũng gây ảnh hưởng tương tự. San hô *S. glaucum* được cho ăn nauplii *Artemia* thường xuyên lại có tỷ lệ phần trăm khối lượng hữu cơ thấp nhất (55%) còn những mảnh san hô được cho ăn 7 hoặc 30 ngày một lần có tỷ lệ phần trăm cao hơn (66 và 63%).

Kết quả nghiên cứu cho thấy, thí nghiệm về chế độ cho ăn cho thấy *S. serenei* có khả năng phát triển tốt nhất khi được cung cấp luân trùng (*Brachionus plicatilis*) với tần suất 2 ngày/lần. Mặc dù san hô mềm chủ yếu dựa vào dinh dưỡng tự dưỡng từ zooxanthellae, tuy nhiên việc bổ sung nguồn thức ăn dị dưỡng phù hợp giúp cải thiện tốc độ tăng trưởng và khả năng tích lũy vật chất hữu cơ [159]. Ngược lại, thức ăn có kích thước lớn như nauplii *Artemia* không phù hợp với đặc điểm xúc tu và cơ

chế bắt mồi của san hô mềm *S. serenei*. Kết quả này cung cấp bằng chứng quan trọng về mối quan hệ giữa hình thái xúc tu và cơ chế hấp thu năng lượng, là bước tiến trong việc xây dựng chế độ dinh dưỡng tối ưu cho nuôi san hô mềm trong điều kiện nhân tạo. Chế độ cho ăn luân trùng 2 ngày/lần được sử dụng cho thí nghiệm tiếp theo trong quá trình đánh giá ảnh hưởng của cường độ ánh sáng lên san hô mềm *S. serenei*.

3.2.4. Ảnh hưởng của cường độ ánh sáng

3.2.4.1. Tỷ lệ sống

Tỷ lệ sống của các mảnh san hô ở các nghiệm thức cường độ ánh sáng được thể hiện ở Bảng 3.22. Tỷ lệ sống giữa các nghiệm thức thí nghiệm có sự sai khác có ý nghĩa thống kê ở thời điểm 6 (giữa nghiệm thức 30 và 90 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, $p \leq 0,310$) và 60 (giữa nghiệm thức 30 và 90 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ và giữa nghiệm thức 30 và 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ $p \leq 0,049$) ngày thí nghiệm. Không có sự sai khác có ý nghĩa ở thời điểm 3 ($p \geq 0,060$) và 9 ($p \geq 0,073$) ngày thí nghiệm. 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 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Bảng 3.22. Tỷ lệ sống ở các nghiệm thức (n = 3)

Cường độ ánh sáng ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Tỷ lệ sống (%)			
	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9	Ngày 60
30	86,67 $\pm$ 2,89	80,00 $\pm$ 5,00 ^{ab}	78,33 $\pm$ 2,89	73,33 $\pm$ 2,89 ^{abc}
60	90,00 $\pm$ 0,00	86,67 $\pm$ 2,89 ^{bc}	78,33 $\pm$ 2,89	76,67 $\pm$ 2,89 ^{bcd}
90	90,00 $\pm$ 0,00	88,33 $\pm$ 2,89 ^{cd}	85,00 $\pm$ 5,00	83,33 $\pm$ 2,89 ^{efg}
120	88,33 $\pm$ 2,89	83,33 $\pm$ 2,89 ^{bc}	83,33 $\pm$ 2,89	81,67 $\pm$ 2,89 ^{def}
150	85,00 $\pm$ 5,00	81,67 $\pm$ 5,77 ^{bc}	81,67 $\pm$ 5,77	78,33 $\pm$ 5,77 ^{cde}

Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB $\pm$ SD. Các chữ cái đi sau giá trị trên cùng cột mà khác nhau hoàn toàn thì các giá trị đó khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

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* (Bảng 3.23) ($p \leq 0,024$). Nghiệm thức có cường độ ánh sáng $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ có thời gian bám chân chậm nhất ($7,71 \pm 0,18$ ngày) ($p \leq 0,024$), trong khi đó thời gian bám chân ngắn nhất ở nghiệm thức 90 và $120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($p \leq 0,001$). Không có sự sai khác có ý nghĩa giữa nghiệm thức có cường độ chiếu sáng là 60 và $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($p = 0,894$), tuy nhiên 2 nghiệm thức này lại có sự sai khác có ý nghĩa so với các nghiệm thức còn lại ($p \leq 0,024$). Qua đây cho thấy, cường độ ánh sáng 90 và $120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ giúp rút ngắn thời gian bám chân của loài san hô mềm *S. serenei*.

Bảng 3.23. Thời gian bám chân ở các nghiệm thức (n = 3)

Cường độ ánh sáng ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Thời gian bám chân (ngày)
30	$7,7 \pm 0,31^c$
60	$7,3 \pm 0,13^b$
90	$6,5 \pm 0,06^a$
120	$6,5 \pm 0,16^a$
150	$7,3 \pm 0,15^b$

Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB $\pm$ SD. Các chữ cái đi sau giá trị trên cùng cột mà khác nhau hoàn toàn thì các giá trị đó khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2.4.3. Sinh trưởng

Tốc độ tăng trưởng đặc trưng theo khối lượng và chiều dài của loài san hô mềm *S. serenei* có sự khác biệt giữa các mức cường độ ánh sáng ($p \leq 0,009$). Tốc độ tăng trưởng đặc trưng 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 tốc độ tăng trưởng đặc trưng 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, tốc độ tăng trưởng đặc trưng 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 tốc độ tăng trưởng đặc trưng bề mặt giữa các nghiệm thức còn lại ($p \geq 0,055$) (Bảng 3.24). 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*.

Bảng 3.24. Tốc độ tăng trưởng đặc trưng ở các nghiệm thức (n = 3)

Cường độ ánh sáng ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	SGR _w (% ngày ⁻¹)	SGR _L (% ngày ⁻¹)
30	0,407 ± 0,012 ^a	1,197 ± 0,015 ^{ab}
60	0,413 ± 0,006 ^a	1,210 ± 0,010 ^{bc}
90	0,450 ± 0,010 ^b	1,227 ± 0,006 ^{cd}
120	0,447 ± 0,015 ^b	1,227 ± 0,015 ^{cd}
150	0,417 ± 0,012 ^a	1,207 ± 0,006 ^{bc}

Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB ± SD. Các chữ cái đi sau giá trị trên cùng cột mà khác nhau hoàn toàn thì các giá trị đó khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2.4.4. Mật độ zooxanthellae

Bảng 3.25. Mật độ zooxanthellae thay đổi theo thời gian thí nghiệm (n = 3)

Cường độ ánh sáng ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Mật độ zooxanthellae ($\times 10^6$ tế bào g ⁻¹)						
	Ngày 2	Ngày 4	Ngày 6	Ngày 8	Ngày 10	Ngày 12	Ngày 60
30	1,93 ± 0,07	2,3 ± 0,26	3,30 ± 0,32	3,65 ± 0,17	4,13 ± 0,09 ^{ab}	4,48 ± 0,05 ^{ab}	4,84 ± 0,09
60	1,96 ± 0,09	2,27 ± 0,27	3,19 ± 0,27	3,75 ± 0,19	4,17 ± 0,07 ^{bc}	4,51 ± 0,09 ^{bc}	5,10 ± 0,14
90	1,92 ± 0,09	2,43 ± 0,17	3,53 ± 0,33	3,72 ± 0,08	4,28 ± 0,07 ^{cd}	4,70 ± 0,06 ^{cd}	4,97 ± 1,00
120	1,92 ± 0,08	2,49 ± 0,39	3,40 ± 0,27	3,49 ± 0,04	4,26 ± 0,07 ^{cd}	4,68 ± 0,04 ^{cd}	4,89 ± 0,07
150	1,97 ± 0,12	2,23 ± 0,28	3,06 ± 0,20	3,50 ± 0,24	4,21 ± 0,05 ^{bc}	4,48 ± 0,07 ^{ab}	4,90 ± 0,12

Mật độ trung bình của zooxanthellae bắt đầu thí nghiệm là $4,77 \pm 0,09 \times 10^6$ tế bào g⁻¹. Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB ± SD. Các chữ cái đi sau giá trị trên cùng cột mà khác nhau hoàn toàn thì các giá trị đó khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Kết quả phân tích mật độ zooxanthellae trong các mảnh san hô ở các nghiệm thức được trình bày ở Bảng 3.25. Qua đó cho thấy, mật độ zooxanthellae trong mô san hô đã có sự thay đổi đáng kể theo thời gian và cường độ ánh sáng. Sau giai đoạn giảm mạnh vào ngày 2 đã bắt đầu tăng nhẹ vào ngày thứ 4, mật độ tảo tăng dần đến ngày 60 ở tất cả các mức cường độ ánh sáng. 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 (Bảng 3.25). Sau 10 ngày thí nghiệm bắt đầu xuất hiện sự sai khác về mật độ zooxanthellae ở các nghiệm thức (giữa 2 cặp nghiệm thức là nghiệm thức 30 và 90 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ và nghiệm thức 30 và 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $p \leq 0,001$), mật độ zooxanthellae 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 ($p \leq 0,001$), tuy nhiên không có sự sai khác so với các nghiệm thức còn lại ($p \geq 0,054$). 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 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($p \leq 0,001$), đồng thời không có sự sai khác giữa các nghiệm thức còn lại ($p \geq 0,195$). 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 ($p \geq 0,096$).

3.2.4.5. Hàm lượng Chlorophyll–a

Biến động hàm lượng Chlorophyll–a ở san hô mềm *S. serenei* theo thời gian được thể hiện ở Bảng 3.26. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm lượng Chlorophyll–a bắt đầu có sự sai khác có ý nghĩa từ ngày thứ 6, kéo dài cho đến ngày thứ 12 (giữa 2 nghiệm thức 30 và 60 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ so với nghiệm thức 90 và 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ở thời điểm 6 và 8 ngày; giữa 3 nghiệm thức 30, 60 và 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ so với nghiệm thức 90 và 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ở thời điểm 10 và 12 ngày; $p \leq 0,029$). 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 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($p \leq 0,036$). 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 ($p \geq 0,096$).

Bảng 3.26. Hàm lượng Chlorophyll–a ở các nghiệm thức (n = 3)

Hàm lượng Chlorophyll–a ($\times 10^2 \mu\text{g g}^{-1}$)

Cường độ ánh sáng ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Ngày 2	Ngày 4	Ngày 6	Ngày 8	Ngày 10	Ngày 12	Ngày 60
30	1,79 $\pm$ 0,29	2,11 $\pm$ 0,18	2,64 $\pm$ 0,15 ^{ab}	3,14 $\pm$ 0,33 ^{ab}	3,26 $\pm$ 0,17 ^{ab}	3,52 $\pm$ 0,11 ^a	4,49 $\pm$ 0,11
60	1,89 $\pm$ 0,04	2,18 $\pm$ 0,33	2,88 $\pm$ 0,25 ^{bc}	3,49 $\pm$ 0,12 ^{cd}	3,97 $\pm$ 0,14 ^{bc}	3,68 $\pm$ 0,15 ^a	4,62 $\pm$ 0,15
90	1,60 $\pm$ 0,20	2,20 $\pm$ 0,14	3,29 $\pm$ 0,15^{de}	3,84 $\pm$ 0,08^{ef}	4,23 $\pm$ 0,08^{ef}	4,66 $\pm$ 0,07^c	4,72 $\pm$ 0,07
120	1,67 $\pm$ 0,03	2,06 $\pm$ 0,14	3,32 $\pm$ 0,11^{de}	3,87 $\pm$ 0,07^{ef}	4,47 $\pm$ 0,16^{ef}	4,60 $\pm$ 0,18^c	4,73 $\pm$ 0,18
150	1,65 $\pm$ 0,22	2,03 $\pm$ 0,22	3,16 $\pm$ 0,20 ^{cd}	3,70 $\pm$ 0,07 ^{de}	3,86 $\pm$ 0,10 ^{cd}	4,02 $\pm$ 0,18 ^b	4,53 $\pm$ 0,18

Hàm lượng Chlorophyll-*a* trung bình thời điểm bắt đầu thí nghiệm là 439 ± 15 ($\mu\text{g g}^{-1}$). Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB $\pm$ SD. Các chữ cái đi sau giá trị trên cùng cột mà khác nhau hoàn toàn thì các giá trị đó khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2.4.6. Hàm lượng hữu cơ

Bảng 3.27. Hàm lượng hữu cơ ở các nghiệm thức (n = 3)

Cường độ ánh sáng ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Tỷ lệ khối lượng hữu cơ (%)
30	43,45 $\pm$ 1,30 ^a
60	45,67 $\pm$ 1,25 ^{bc}
90	47,23 $\pm$ 1,36 ^{bc}
120	47,31 $\pm$ 0,98 ^{bc}
150	45,39 $\pm$ 1,34 ^{ab}

Các giá trị trình bày trong bảng là giá trị TB $\pm$ SD. Các chữ cái đi sau giá trị trên cùng cột mà khác nhau hoàn toàn thì các giá trị đó khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Cường độ ánh sáng có ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng hữu cơ của các mảnh san hô mềm *S. serenei* ở các nghiệm thức thí nghiệm ($p \leq 0,036$) (Bảng 3.27). 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 $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($p \leq 0,001$), đồng thời, không có sự sai khác có ý nghĩa giữa các nghiệm thức còn lại ($p \geq 0,136$).

Đây là nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của cường độ ánh sáng đến sinh trưởng, tỷ lệ sống, hàm lượng Chlorophyll-*a*, mật độ zooxanthellae và tỷ trọng hữu cơ của các mảnh tách san hô mềm *S. serenei* trong điều kiện nuôi nhân tạo. Kết quả này phản ánh cơ chế thích nghi quang sinh học của phức hệ cộng sinh. Ở cường độ thấp ($30 - 60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), chuỗi truyền điện tử trong màng thylakoid không nhận đủ quang tử để sản sinh đủ ATP và NADPH, khiến tốc độ quang hợp thuần bị hạn chế, không đáp ứng đủ nhu cầu năng lượng cho tế bào desmocyte tiết keo bám. Ngược lại, ở cường độ cao ($150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), năng lượng ánh sáng vượt quá khả năng tiếp nhận của phức hệ quang hệ II (PSII), gây hiện tượng quang ức chế (photoinhibition) và tích tụ các gốc oxy hóa hoạt tính (ROS), dẫn đến oxy hóa lipid màng và làm chậm quá trình tự chữa lành vết thương. Khoảng sáng $90 - 120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ chính là vùng bão hòa quang hợp lý tưởng, tối đa hóa dòng năng lượng carbon cố định truyền từ tảo sang san hô chủ.

Sự thành công của việc nuôi trồng và phục hồi san hô phụ thuộc chặt chẽ vào khả năng sống sót và bám chân của các mảnh san hô sau khi bị phân mảnh [156]. San hô mềm có khả năng sinh sản vô tính mạnh mẽ thông qua quá trình tách mảnh và để các mảnh này phát triển thành cá thể độc lập, khả năng bám dính vào giá thể đóng vai trò yếu tố sinh học then chốt quyết định thành công [9, 155]. Cơ chế bám của san hô mềm là một quá trình sinh học-mô học phức tạp, được điều khiển bởi các tế bào biểu bì đặc biệt gọi là desmocytes và chất nhầy hữu cơ (mucopolysaccharide gồm glycoprotein và polysaccharide) tạo “lớp keo sinh học” giúp san hô kết dính vào nền/giá thể [155]. Đây là cơ chế quan trọng giúp san hô mềm sinh sản vô tính và phục hồi sau tổn thương. Quá trình này diễn ra qua ba giai đoạn: bám tạm thời, hình thành desmocyte và bám cố định bền vững, tạo nên các mối nối chắc chắn giữa mô san hô và giá thể. Sự hình thành và củng cố của các liên kết này đóng vai trò quan trọng trong quá trình sinh sản vô tính và phục hồi tự nhiên của san hô mềm. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy thời gian bám chân của các mảnh san hô mềm *S. serenei* có sự thay đổi rõ rệt giữa các mức cường độ ánh sáng. Các mảnh san hô ở nghiệm thức có cường độ $90 - 120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ bám nhanh hơn so với các nghiệm thức có cường độ ánh sáng thấp hoặc cao hơn, điều này cho thấy đây là ngưỡng cường độ ánh sáng phù hợp nhất trong các nghiệm thức thí nghiệm giúp tối ưu hóa quá trình hình thành tế bào

desmocyte và lớp keo dính, trong khi ánh sáng quá yếu hoặc quá mạnh đều có thể làm chậm tiến trình này do ảnh hưởng đến quang hợp và năng lượng trao đổi chất. Kết quả này tương tự với ghi nhận của Chaitanawisuti và Kritsanapuntu (2019) [9] khi nghiên cứu trên loài *Sarcophyton* sp., với thời gian bám chân dao động 6,1 – 10,1 ngày. So sánh với các công bố khác, thời gian bám chân trong nghiên cứu này tương đối ngắn hơn, chẳng hạn như ở *S. glaucum* được báo cáo trong khoảng 5 – 18 ngày [11], *S. pauciflorum* trung bình 14 ngày [157] và *Sarcophyton* sp. có thời gian trung bình 9,59 – 9,84 ngày [69]. Ở nghiên cứu trước đây trên loài san hô mềm *S. serenei*, khi áp dụng các nồng độ và thời gian xử lý Lugol khác nhau để khử trùng vết thương cho các mảnh tách san hô, thời gian bám chân đã ghi nhận được dao động từ 8,73 – 14,47 ngày. Khi đánh giá kích thước mảnh tách và loại giá thể thì thời gian bám chân đối với các mảnh tách san hô mềm *S. serenei* dao động từ 7,33 – 15,00 ngày. Sự khác biệt về thời gian bám chân giữa các san hô có thể xuất phát từ đặc điểm loài, điều kiện thí nghiệm (cường độ ánh sáng, thời gian chiếu sáng, ...), cường độ ánh sáng được xem là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hoạt động trao đổi chất và tổng hợp protein cấu trúc trong mô san hô [175, 179, 180]. Cường độ ánh sáng phù hợp được cho là thúc đẩy sự phát triển và khả năng bám dính của san hô. Hiện tượng bám chân bắt đầu được quan sát từ ngày thứ 3 và thường hoàn tất vào khoảng ngày thứ 6 – 7, phản ánh quá trình bám dính ổn định của san hô lên giá thể trong điều kiện thí nghiệm. Kết quả này cũng tương đồng với ghi nhận của Chaitanawisuti và Kritsanapuntu (2019) [9] và Dang Tran Tu Tram (2023) [69], khi các loài *Sarcophyton* sp. trong các nghiên cứu đó bắt đầu bám vào giá thể từ ngày thứ 3 – 5 của thí nghiệm. San hô mềm *Dendronephthya hemprichi* mất khoảng 4 ngày để lành vết thương và 10 ngày để bám dính hoàn toàn vào giá thể thông qua sự phát triển của rễ bám (RLP) và tế bào desmocyte [155].

Trong nghiên cứu này, tỷ lệ sống của các mảnh san hô mềm *S. serenei* sau 60 ngày thí nghiệm đạt kết quả tương đối tốt của loài trong điều kiện nuôi cấy nhân tạo. Tỷ lệ chết chủ yếu xảy ra trong 9 ngày đầu sau khi tách mảnh, giai đoạn mà san hô chịu ảnh hưởng mạnh bởi stress cơ học và sinh lý. Theo Harriott và Fisk (1988) [181], hoạt động cấy ghép được xem là thành công khi tỷ lệ sống của các mảnh san hô vượt quá 50%. Kết quả này cao hơn rõ rệt so với các nghiên cứu trước đó trên *S. serenei*. Cụ thể, nghiên cứu về nồng độ và thời gian xử lý Lugol ghi nhận tỷ lệ sống dao động từ 53 – 72% trong thí nghiệm đánh giá ảnh hưởng của việc xử lý mảnh cắt; trong khi đó, thí nghiệm về kích thước mảnh tách và loại giá thể cho thấy tỷ lệ sống đạt 33 – 78% (Kết quả Nội dung 2.2), và thí nghiệm về ảnh hưởng của nguồn thức ăn ghi nhận mức 73 – 77% (Kết quả Nội dung 2.3). Điều này cho thấy ánh sáng phù hợp đã góp

phần cải thiện đáng kể tỷ lệ sống của san hô thí nghiệm. Nhìn chung, tỷ lệ sống 73 – 83% trong nghiên cứu hiện tại nằm trong phạm vi được ghi nhận đối với các loài *Sarcophyton* khác. Chẳng hạn, *S. glaucum* trong hệ thống nuôi tuần hoàn kín có tỷ lệ sống từ 65 – 88% ($p > 0,05$) [11], thậm chí đạt tới 100% trong một số điều kiện tối ưu đối với *S. glaucum* [10], *Sarcophyton* sp. [159]. Bên cạnh đó, Chaitanawisuti và Kritsanapuntu (2019) [9] cũng báo cáo tỷ lệ sống của *Sarcophyton* sp. sau 70 ngày dao động từ 26,6 – 93,3%, tùy thuộc vào phương thức cố định mảnh san hô trên giá thể.

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của các mức cường độ ánh sáng 30; 60; 90; 120 và 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ đến sinh trưởng của loài san hô mềm *S. serenei*, cho thấy các mức 90 – 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ là tối ưu cho sự phát triển của loài trong điều kiện nuôi cấy nhân tạo. Tốc độ sinh trưởng của *S. serenei* giảm ở cường độ thấp (30 – 60 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) và cao (150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), phản ánh sự mất cân bằng giữa khả năng quang hợp và stress ánh sáng. Kết quả này tương tự với các nghiên cứu trước trên các loài cùng chi. Cụ thể, *S. glaucum*, *S. trocheliophorum* và *Sarcophyton* sp. phát triển tốt nhất trong khoảng ánh sáng 35 – 190 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ với chu kỳ chiếu sáng 12 sáng: 12 tối, giúp quá trình quang hợp của zooxanthellae diễn ra hiệu quả và chưa bị ức chế [11-13, 122, 158]. Ở cường độ cao hơn, hiện tượng ức chế quang hợp đã được ghi nhận ở *S. glaucum*, làm giảm tốc độ sinh trưởng dù mật độ tảo và hàm lượng diệp lục tăng [10, 162]. Nhiều nghiên cứu trước đây về giống *Sarcophyton* đã chỉ ra vai trò quan trọng của các yếu tố môi trường khác đối với sinh trưởng. Sella và Benayahu (2010) [11] khảo sát đồng thời ảnh hưởng của nhiệt độ, độ mặn, ánh sáng, tần suất cho ăn và tốc độ dòng chảy; Rocha (2013) [121] tập trung vào cường độ ánh sáng; Costa (2016) [10] đánh giá kết hợp giữa chế độ cho ăn và thời gian chiếu sáng; Mendes (2017) [158] xem xét ảnh hưởng phổ ánh sáng; Chaitanawisuti và Kritsanapuntu (2019) [9] phân tích phương pháp gắn mảnh; Chang (2020) [13] nghiên cứu các hệ thống nuôi; Subhan (2022) [159] đánh giá vai trò dinh dưỡng và nghiên cứu ảnh hưởng của kích thước mảnh và xử lý Lugol trên *S. serenei* (Nội dung 2.1 của luận án). Về tốc độ tăng trưởng riêng (SGR_w), các nghiên cứu trước báo cáo giá trị dao động rộng: 0,11 – 0,39% ngày⁻¹ ở *S. glaucum* [121], 0,210 – 0,380% ngày⁻¹ ở *Sarcophyton* spp. 0,210 – 0,380% ngày⁻¹ [160], trong khi các nghiên cứu khác ghi nhận thấp hơn, từ 0,035 – 0,040% ngày⁻¹ [121], 0,027–0,028% ngày⁻¹ [2], 0,025 – 1,828% ngày⁻¹ [13], và 0,055 – 0,380% ngày⁻¹ [158]. Kết quả nghiên cứu hiện tại cho thấy đối với *S. serenei*, các giá trị SGR_w ghi nhận trong khoảng 0,28 – 0,45% ngày⁻¹ (Nội dung 2.1 của Luận án), 0,30 – 0,42% ngày⁻¹ và 0,41 – 0,46% ngày⁻¹. Ngoài cường độ ánh sáng, chu kỳ chiếu sáng cũng ảnh hưởng đáng kể đến sinh lý của san hô. Trên loài *Galaxea fascicularis*,

chu kỳ 18 giờ sáng: 6 giờ tối gây giảm mật độ zooxanthellae, trong khi 24 giờ sáng: 0 giờ tối dẫn đến tử vong do stress quang học [182]. Do đó, duy trì chu kỳ 12 giờ sáng: 12 giờ tối được xem là điều kiện tối ưu. Tổng hợp kết quả cho thấy, *S. serenei* có tốc độ sinh trưởng cao nhất ở $90 - 120 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ và chu kỳ 12 giờ sáng: 12 giờ tối, tương đồng với xu hướng được ghi nhận ở các loài *Sarcophyton* khác [11, 13, 121, 122, 158]. Theo Fan (2024) [118], ở cường độ ánh sáng cao, zooxanthellae là nguồn cung cấp năng lượng chính, trong khi sự phụ thuộc vào dinh dưỡng dị dưỡng giảm, cho thấy *S. serenei* có thể thích nghi linh hoạt giữa hai cơ chế tự dưỡng – dị dưỡng, góp phần nâng cao khả năng sống và phát triển trong điều kiện nhân tạo.

Màu sắc của san hô hình thành chủ yếu từ ba yếu tố: các sắc tố quang hợp như diệp lục a và phycobiliprotein; protein huỳnh quang có vai trò bảo vệ san hô khỏi bức xạ mặt trời mạnh và chromoprotein không huỳnh quang [183-185]. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng màu sắc của san hô có mối liên hệ chặt chẽ với lượng sắc tố của zooxanthellae dinoflagellate [186]. Khi san hô chịu căng thẳng bởi các yếu tố môi trường như nhiệt độ, ánh sáng hoặc thay đổi dinh dưỡng, màu sắc có thể thay đổi hoặc nhạt đi do mất zooxanthellae [122, 162]. Môi trường ánh sáng có thể quyết định khả năng tăng trưởng và sinh sản của san hô [187] vì san hô lấy được một lượng lớn năng lượng và oxy từ sản xuất chính của *Symbiodinium* [188]. Hệ cộng sinh giữa san hô và tảo *Symbiodinium* thể hiện khả năng điều chỉnh linh hoạt quá trình quang hợp tùy theo điều kiện chiếu sáng. Trong môi trường ánh sáng yếu, zooxanthellae có xu hướng tăng hàm lượng sắc tố quang hợp và cải thiện hiệu suất hấp thu năng lượng, giúp duy trì tốc độ quang hợp tối ưu dù cường độ chiếu sáng thấp. Ngược lại, khi tiếp xúc với ánh sáng mạnh, cả san hô và tảo đều giảm hàm lượng sắc tố để hạn chế hiện tượng bão hòa ánh sáng, đồng thời vẫn đạt được tốc độ quang hợp cực đại cao hơn [175]. Theo Roth (2010) [189], mật độ *Symbiodinium* có thể thích nghi với cường độ chiếu sáng mới chỉ sau khoảng hai tuần trong điều kiện thí nghiệm. Ngoài tự nhiên, sự biến động theo mùa của mật độ tảo này thường ngược chiều với cường độ ánh sáng, giảm vào mùa hè và tăng vào mùa thu, đồng nhằm tối ưu hóa quá trình quang hợp [190, 191]. Những thay đổi về mật độ zooxanthellae và hàm lượng chất diệp lục của san hô mềm được xem như là những chỉ số quan trọng của phản ứng của zooxanthellae với căng thẳng môi trường [167]. Trong nghiên cứu này, mật độ zooxanthellae trên san hô mềm *S. serenei* đã có sự thay đổi đáng kể theo thời gian và cường độ ánh sáng. Trong giai đoạn đầu thí nghiệm, mật độ zooxanthellae trong mô san hô giảm nhanh, từ khoảng $4,77 \times 10^6$ tế bào g^{-1} xuống còn $1,92 - 1,97 \times 10^6$ tế bào g^{-1} vào ngày thứ 2, cho thấy phản ứng stress tạm thời do quá trình tách mảnh và thích nghi với điều kiện chiếu sáng mới. Sự phục hồi mật độ tảo bắt đầu xuất hiện từ ngày 10 – 12, và

đạt mức cao nhất ở các nghiệm thức có cường độ chiếu sáng $90 - 120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, cao hơn có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức ánh sáng yếu hơn ($30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) và mạnh hơn ($150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($p \leq 0,037$). Đến ngày 60, mật độ tảo giữa các nghiệm thức không còn khác biệt ($p \geq 0,068$) và tiệm cận giá trị ban đầu, phản ánh trạng thái cân bằng sinh lý mới của hệ cộng sinh trong điều kiện ánh sáng tối ưu. nghiên cứu của các tác giả khác Mật độ zooxanthellae trên *S. serenei* của cho thấy dao động khoảng từ $4,77 - 5,13 \times 10^6$ tế bào g^{-1} (Nội dung 2.1 của Luận án) khá tương đồng với kết quả nghiên cứu hiện tại $4,84 - 5,10 \times 10^6$ tế bào g^{-1} . Kết quả nghiên cứu này đã cho thấy sự thay đổi mật độ zooxanthellae và hàm lượng chlorophyll của loài san hô mềm *S. serenei* phụ thuộc rõ rệt vào điều kiện chiếu sáng. Mật độ tảo có xu hướng giảm trong giai đoạn đầu và phục hồi ở các mức ánh sáng trung bình, phản ánh khả năng thích nghi quang hợp của mối quan hệ cộng sinh giữa tảo và san hô. Xu hướng này tương đồng với các báo cáo trước đây về ảnh hưởng của cường độ ánh sáng và chu kỳ chiếu sáng đối với các loài *Sarcophyton*, trong đó quá trình quang hợp và năng suất sinh trưởng đạt hiệu quả cao nhất ở điều kiện ánh sáng trung bình [10, 121, 122, 162]. Cụ thể, san hô *S. cf. glaucum* ở cường độ ánh sáng thấp ($50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) các giá trị Fv/Fm, mật độ zooxanthellae và hàm lượng sắc tố cao hơn rõ rệt so với nhóm tiếp xúc với ánh sáng mạnh hơn [121]. Costa (2016) [10] đã cho biết *S. glaucum* có hiệu suất quang hợp cao nhất (thể hiện qua Fv/Fm và rETR) trong khoảng cường độ chiếu sáng trung bình $80 - 150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Hay cũng trên san hô mềm *S. cf. glaucum* ở ánh sáng thấp ($253 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) đã có mật độ zooxanthellae $1,23 - 1,36 \times 10^6$ tb g^{-1} và Chlorophyll-*a* từ $1,14 - 1,29 \mu\text{g cm}^{-2}$, cao hơn hẳn ở các cường độ ánh sáng khác [162]. Nghiên cứu trên san hô mềm *S. trocheliophorum*, cường độ ánh sáng tối ưu ($80 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) và chế độ 12h sáng – 12h tối, kết quả nghiên cứu cho thấy mật độ zooxanthellae của san hô cao hơn hẳn san hô mềm *S. serenei*, đạt cao nhất $2,54 \times 10^8$ tb g^{-1} và Chlorophyll-*a* là $295,01 \mu\text{g g}^{-1}$ [122]. Với mức ánh sáng quá thấp hoặc cao, hiện tượng ức chế quang hợp có thể xảy ra, dẫn đến giảm tốc độ sinh trưởng mặc dù mật độ tảo và hàm lượng sắc tố tăng cục bộ, nguyên nhân được suy đoán là do căng thẳng ánh sáng gây ra và dẫn đến tổn thương oxy hóa [121, 122, 162]. Kết quả này góp phần lý giải việc các nghiệm thức có cường độ ánh sáng thấp ($30 - 60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) hoặc cao ($150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) không đạt hiệu quả thời gian bám chân, sinh trưởng và tỷ lệ sống tối ưu như nghiệm thức ánh sáng trung bình ($90 - 120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) đối với loài *S. serenei* trong nghiên cứu hiện tại.

Tỷ lệ khối lượng hữu cơ (OW (%)) trong san hô phản ánh mức độ phát triển mô sống so với cấu trúc khoáng hóa. Ở san hô mềm như *Sarcophyton*, phần hữu cơ (bao gồm mô, protein và sắc tố) chiếm tỉ lệ cao hơn so với khung vô cơ CaCO_3 , giúp san

hỗ duy trì tính dẻo sinh lý và khả năng thích nghi cao với các biến động môi trường. Ngược lại, các loài san hô cứng có hàm lượng vô cơ lớn hơn, phù hợp với chiến lược khoáng hóa và hình thành rạn bền vững [192, 193]. Dưới các điều kiện ánh sáng khác nhau, tỷ lệ khối lượng hữu cơ (OW) của *S. serenei* tương đối cao, dao động từ 43,45 – 47,31% và đạt giá trị cao nhất ở cường độ ánh sáng trung bình $90 - 120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ và cao hơn nhiều so với các giá trị đã được công bố cho các loài san hô mềm *Sarcophyton* [10, 11]. Kết quả này cũng cao hơn so với thí nghiệm ảnh hưởng của Lugol trên cùng loài, với OW dao động 36,12 – 44,35% (Nội dung 2.1 của Luận án).

Nghiên cứu được tiến hành trên loài san hô mềm *S. glaucum* nuôi trong các điều kiện quang phổ khác nhau (ánh sáng trắng và xanh) và cường độ $50 - 120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, đã cho tỷ lệ khối lượng hữu cơ thay đổi từ 19,79 – 28,93% [10]. Ngoài ra, khối lượng hữu cơ của *S. glaucum* trong các hệ thống nuôi khác nhau dao động 26 – 33%, trong khi Sella và Benayahu (2010) [11] báo cáo sự thay đổi rộng hơn từ khoảng 10–55%, phản ánh ảnh hưởng của điều kiện nuôi và yếu tố môi trường đến tỷ lệ vô cơ–hữu cơ của san hô mềm. Tỷ lệ OW có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố môi trường như ánh sáng và dinh dưỡng dị dưỡng điều chỉnh sự tích lũy sinh khối hữu cơ thông qua hoạt động quang hợp của zooxanthellae và khả năng hấp thu chất dinh dưỡng của san hô [10, 11, 118]. Ánh sáng quá cao hoặc quá thấp có thể làm giảm phần hữu cơ do stress quang hợp, trong khi dinh dưỡng bổ sung giúp tăng khối lượng hữu cơ và duy trì OW ổn định. Có thể thấy, khối lượng thành phần hữu cơ trong san hô mềm nói chung và san hô mềm *S. serenei* nói riêng khá cao, phản ánh vai trò quan trọng của mô sống trong việc tích lũy năng lượng, duy trì sinh trưởng và khả năng phục hồi sau stress môi trường. Ngoài ra, các nghiên cứu khác về thành phần hóa học của san hô mềm thuộc giống *Sarcophyton* cũng cho thấy sự đa dạng trong thành phần hữu cơ, bao gồm các hợp chất sinh học như diterpenoid và steroid, phản ánh sự thích nghi và khả năng sinh trưởng của chúng trong môi trường biển [194, 195]. Như vậy, tỷ lệ OW phản ánh trạng thái sinh lý và sức khỏe của san hô mềm. Kết hợp với các chỉ số sinh trưởng và mật độ zooxanthellae, OW cung cấp thông tin về khả năng tích lũy năng lượng, phục hồi sau stress và tiềm năng phát triển, khai thác của san hô.

Tóm lại, san hô mềm *S. serenei* được nuôi trong điều kiện nhân tạo với cường độ ánh sáng $90 - 120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ giúp cải thiện tỷ lệ sống, sinh trưởng, thời gian bám chân, hàm lượng hữu cơ cũng như tăng khả năng phục hồi hàm lượng Chlorophyll-*a* và mật độ zooxanthellae bị tổn thương do quá trình phân mảnh và xử lý mảnh cắt.

Tổng thể, chuỗi các thí nghiệm nghiên cứu đã cung cấp kiến thức hiểu biết về đặc điểm sinh học – sinh thái đến ứng dụng trong sinh sản nhân tạo, thể hiện sự kế

thừa và hoàn thiện theo hướng thực nghiệm – ứng dụng. Cụ thể, việc định danh chính xác loài; nghiên cứu sinh thái và sinh sản tự nhiên xác định thời điểm thích hợp để thu mẫu giao tử và ấu trùng trong sinh sản hữu tính; trong khi các thí nghiệm về ảnh hưởng của nồng độ Lugol, các loại giá thể, kích thước mảnh tách, chế độ cho ăn, cường độ chiếu sáng cung cấp các tham số kỹ thuật cần thiết cho giai đoạn nhân giống và nuôi dưỡng. Những kết quả này không chỉ góp phần xây dựng quy trình cho sinh sản nhân tạo loài *S. serenei* mà còn là mô hình tham khảo cho các loài san hô mềm khác trong công tác bảo tồn và phục hồi rạn san hô ở Việt Nam.

Mặc dù nghiên cứu đã cung cấp những hiểu biết ban đầu về ảnh hưởng của các điều kiện nuôi nhân tạo đến sinh trưởng và sinh lý của *S. serenei*, nhưng vẫn còn một số khía cạnh chưa được nghiên cứu cần được tiếp tục làm rõ. Thứ nhất, trong nghiên cứu chúng tôi vẫn chưa xem xét đến khía cạnh đa dạng di truyền quần thể và mối quan hệ phát sinh loài, vốn có thể ảnh hưởng đến khả năng thích nghi và cộng sinh với loài zooxanthellae [196-199], cũng như chưa phân tích sinh học phân tử của loài này. Thứ hai, tác động của các yếu tố môi trường khác như nhiệt độ, độ mặn và lưu tốc dòng chảy đến sinh trưởng và sinh lý của san hô vẫn chưa được đánh giá đầy đủ. Bên cạnh đó, việc ứng dụng các vật liệu sinh học thay thế giá thể nhân tạo trong quá trình nuôi cấy san hô mềm cũng cần được nghiên thử nghiệm nhằm tìm kiếm các giải pháp thân thiện và bền vững hơn cho việc phục hồi san hô mềm trong tương lai.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

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

Hình thái và phân loại: *S. serenei* tại vịnh Nha Trang có đĩa mũ dạng nấm với các nếp gấp sâu ở rìa, bề mặt thô ráp, không tiết nhầy; polyp mang đặc tính bán co rút đặc trưng. Loài được nhận diện rõ ràng qua hệ thống trầm xương đa dạng: vỏ mũ chứa trầm xương dạng chùy nhỏ (dài 0,089 mm) mang đầu gai dạng nón núi lửa; trong mũ chứa trầm xương dạng kim mảnh (0,51 mm); và phần thân chứa trầm xương dạng thoi trục nhọn đặc trưng phủ mụn cóc.

Môi trường sinh thái: Loài phân bố ưu thế trên nền đá san hô chết và trầm tích cát–san hô vụn ở độ sâu 5–8 m. Môi trường sống có tính kiềm nhẹ (pH 8,02–8,10), độ mặn 30,26–33,6 ‰, nhiệt độ 25 – 30 °C, nồng độ DO cao (5,93–7,44 mg L⁻¹), chỉ số ô nhiễm hữu cơ và dinh dưỡng thấp (COD < 1,8 mg L⁻¹; NH₄⁺ < 0,030 mg L⁻¹; NO₃⁻ < 0,062 mg L⁻¹, và cường độ ánh sáng tự nhiên tại rạn dao động từ 14,77–89,64 μmol m⁻² s⁻¹.

Sinh học sinh sản: *S. serenei* là loài đơn tính với tỷ lệ đực:cái trong tự nhiên lệch chuẩn lý thuyết, đạt 1,33:1. Sức sinh sản dao động từ 14–26 trứng/polyp. Noãn bào và tinh sào đều trải qua 4 giai đoạn phát triển, trong đó đường kính noãn bào thành thực đạt cực đại 684,99 μm và túi tinh đạt 229,09 μm. Quần thể thể hiện tính sinh sản đồng bộ cao, tập trung duy nhất một lần trong năm vào cuối tháng 3 (2023–2024).

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

Khử trùng vết cắt: Dung dịch Lugol 5% ở liều lượng 0,5 mL L⁻¹ trong 15 phút hoặc 1,0 mL L⁻¹ trong 10 phút là phác đồ tối ưu, giúp rút ngắn thời gian tự bám chân còn 8,73 ngày và nâng tỷ lệ sống đạt 71,67% mà không gây độc tế bào hay ức chế quá trình quang hợp.

Kích thước mảnh tách và giá thể: Kích thước mảnh cắt ≥ 1,5 cm là ngưỡng sinh học đảm bảo tỷ lệ sống cao (63,3–78,3%) và thời gian bám chân nhanh (7,3–9,0 ngày). Vật liệu nhân tạo gồm gạch men và xi măng có hiệu quả bám dính, sinh trưởng và tích lũy chất hữu cơ tương đương đá san hô tự nhiên, là giải pháp thay thế bền vững sinh thái

Dinh dưỡng bổ sung: San hô *S. serenei* phù hợp với thức ăn kích thước nhỏ; 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.

Cường độ ánh sáng: Khoảng cường độ chiếu sáng 90–120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (chu kỳ 12 giờ sáng: 12 giờ tối) là khoảng bão hòa quang hợp tối ưu, 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 zooxanthellae bị tổn thương do quá trình phân mảnh.

2. Kiến nghị

Quan trắc sinh sản dài hạn: Tiếp tục theo dõi chu kỳ phóng giao tử của *S. serenei* trong nhiều năm liên tiếp tại vịnh Nha Trang nhằm đánh giá tính biến thiên của mùa vụ dưới tác động của biến đổi khí hậu và nhiệt độ nước biển, làm cơ sở chính xác để thu giao tử phục vụ công nghệ sinh sản hữu tính.

Thử nghiệm phục hồi rạn tự nhiên: Ứng dụng các tập đoàn giống nhân tạo khỏe mạnh (tạo ra từ mảnh cắt $\geq 1,5$ cm trên giá thể gạch men/xi măng) để triển khai cấy ghép thử nghiệm phục hồi tại các vùng rạn san hô bị suy thoái ở vịnh Nha Trang; đồng thời đánh giá tỷ lệ sống sót, khả năng chống chịu sóng gió và mức độ thích nghi sinh thái ngoài tự nhiên.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ**Các công trình đã xuất bản**

Lam HS, Hue NT, Tram DT, Dang DH, Ben HX, Ha DV, Hoang DH. 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.

Lam HS, Nguyet HN, Hong ND, Tu TD, Nhat NN, Thai AH, Thi HH, Minh QT, Xuan BH, Viet HD, Anh TN. 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.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Fabricius K., Alderslade P., 2001, *Soft corals and sea fans: a comprehensive guide to the tropical shallow water genera of the central-west Pacific, the Indian Ocean and the Red Sea*, Australian Institute of Marine Science: Townsville. ISBN 0-642-32210-4. VIII, 264 pp.
- [2] Rocha R.J., Bontas B., Cartaxana P., Leal M.C., Ferreira J.M., Rosa R., Serôdio J., Calado R., 2015, Development of a standardized modular system for experimental coral culture, *Journal of the World Aquaculture Society* 46(3), pp. 235-251.
- [3] Leal M.C., Sheridan C., Osinga R., Dionísio G., Rocha R.J.M., Silva B., Rosa R., Calado R., 2014, Marine Microorganism-Invertebrate Assemblages: Perspectives to Solve the “Supply Problem” in the Initial Steps of Drug Discovery, *Marine Drugs* 12(7), pp. 3929-3952.
- [4] Kahng S.E., Benayahu Y., Lasker H.R., 2011, Sexual reproduction in octocorals, *Marine Ecology Progress Series* 443, pp. 265-283.
- [5] Alino P.M., Coll J.C., 1989, Observations of the synchronized mass spawning and post settlement activity of octocorals on the Great Barrier Reef, Australia: biological aspects, *Bulletin of Marine Science* 45(3), pp. 697-707.
- [6] Vo Si Tuan, Ho Son Lam, Dang Tran Tu Tram, Phan Kim Hoang, Doan Van Than, Mai Xuan Dat, 2022, A study on the spawning season of 3 *Acropora* species in Nha Trang bay, Southern waters of Vietnam, *Vietnam Journal of Marine Science and Technology* 22(2) 21–28.
- [7] Tuan V.S., Ho S.L., Phan K.H., Dang T.T.T., Harrison P.L., 2022, Varied spawning patterns of reef corals in Nha Trang Bay, Vietnam, western South China Sea, *Regional Studies in Marine Science* 55, pp. 102631.
- [8] Rhyne A., Rotjan R., Bruckner A., Tlustý M., 2009, Crawling to collapse: ecologically unsound ornamental invertebrate fisheries, *PLoS One* 4(12), pp. e8413.
- [9] Chaitanawisuti N., Kritsanapuntu S., 2019, Asexual propagation of the soft corals *Sinularia* sp., *Cladiella* sp. and *Sarcophyton* sp. (Octocorallia: Alcyonacea) using different methods of attachment in a recirculating seawater system, *Aquaculture Research* 50(8), pp. 2047-2053.
- [10] 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>.
- [11] Sella I., Benayahu Y., 2010, Rearing cuttings of the soft coral *Sarcophyton glaucum* (Octocorallia, Alcyonacea): Towards mass production in a closed seawater system, *Aquaculture Research* 41(12), pp. 1748-1758.
- [12] Rocha R.J.M., Serôdio J., Leal M.C., Cartaxana P., Calado R., 2013, Effect of light intensity on post-fragmentation photobiological performance of the soft coral *Sinularia flexibilis*, *Aquaculture* 388-391, pp. 24-29. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.01.013>.
- [13] Chang T.-C., Mayfield A.B., Fan T.-Y., 2020, Culture systems influence the physiological performance of the soft coral *Sarcophyton glaucum*, *Scientific Reports* 10(1), pp. 20200.

- [14] 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.
- [15] Dautova T.N., 2011, Biodiversity of soft corals alcyoniidae (cnidaria: octocorallia) and their taxonomy problem, *Coastal Marine Biodiversity and Bioresources of Vietnam and adjacent areas to the South China Sea*, pp. 28.
- [16] Tixier-Durivault A., 1958, *Révision de la famille des Alcyoniidae: les genres Sarcophytum et Lobophytum*, EJ Brill.
- [17] Ben H.-X., Dautova T.N., 2010, Soft corals (Octocorallia: Alcyonacea) in Ly Son islands, the central of Vietnam, *Vietnam Journal of Marine Science and Technology* 10(4), pp. 39-49.
- [18] Verseveldt J., Benayahu Y., 1983, On two old and fourteen new species of Alcyonacea (Coelenterata, Octocorallia) from the Red Sea, *Zoologische Verhandelingen* 208(1), pp. 1-33.
- [19] Ben H.X., Thai M.Q., Minh-Thu P., Pham X.K., Tung N.N., Dao H.V., 2022, Antipredator Defenses in Soft Corals of the Genus *Sarcophyton* (Octocorallia; Alcyoniidae) from Coastal Waters of Central Vietnam, *Russian Journal of Marine Biology* 48(2), pp. 122-128.
- [20] Guest J., Baria M., Gomez E., Heyward A., Edwards A., 2014, Closing the circle: is it feasible to rehabilitate reefs with sexually propagated corals?, *Coral Reefs* 33(1), pp. 45-55.
- [21] Hoàng Xuân Bền, 2025, san hô tám ngón (Octocorallia haeckel, 1866) vùng biển phía nam Việt Nam, *Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, pp. 210 tr.
- [22] Bayer F.M., 1981, Key to the genera of Octocorallia exclusive of Pennatulacea (Coelenterata: Anthozoa), with diagnosis of new taxa, *Proceedings of the biological society of Washington* 93(4), pp. 902-947.
- [23] Aratake S., Tomura T., Saitoh S., Yokokura R., Kawanishi Y., Shinjo R., Reimer J.D., Tanaka J., Maekawa H., 2012, Soft coral *Sarcophyton* (Cnidaria: Anthozoa: Octocorallia) species diversity and chemotypes, *PLoS One* 7(1), pp. e30410.
- [24] McFadden C.S., Alderslade P., Van Ofwegen L.P., Johnsen H., Rusmevichientong A., 2006, Phylogenetic relationships within the tropical soft coral genera *Sarcophyton* and *Lobophytum* (Anthozoa, Octocorallia), *Invertebrate Biology* 125(4), pp. 288-305.
- [25] Ellis S., Sharron L., 1999, The Culture of Soft Corals (Order: Alcyonacea) for the Marine Aquarium Trade. Publication No. 137, *Center for Tropical and Subtropical Aquaculture, Waimanalo, Hawaii*.
- [26] McFadden C.S., Van Ofwegen L.P., Quattrini A.M., 2022, Revisionary systematics of Octocorallia (Cnidaria: Anthozoa) guided by phylogenomics, *Bulletin of the Society of Systematic Biologists* 1(3).
- [27] McFadden C., Cordeiro R., Samimi-Namin K., Williams G., van Ofwegen L., 2025, World List of Octocorallia. *Sarcophyton* Lesson, 1834, *World Register of Marine Species* <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=205483> on the day 2025-02-18.

- [28] Verseveldt J., 1982, A revision of the genus *Sarcophyton* Lesson (Octocorallia, Alcyonacea), *Zoologische Verhandelingen* 192(1), pp. 1-91.
- [29] Grasshoff M., 2000, *The gorgonians of the Sinai coast and the Strait of Gubal, Red Sea (Coelenterata, Ostocorallia)*, Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft.
- [30] Alderslade P., 2001, Six new genera and six new species of soft coral, and some proposed familial and subfamilial changes within the Alcyonacea (Coelenterata: Octocorallia), *Bulletin of the biological Society of Washington* 10, pp. 15-65.
- [31] Fabricius K.E., 1995, Slow population turnover in the soft coral genera *Sinularia* and *Sarcophyton* on mid-and outer-shelf reefs of the Great Barrier Reef, *Marine Ecology Progress Series* 126, pp. 145-152.
- [32] Almeida M.T.R., Moritz M.I.G., Capel K.C., Pérez C.D., Schenkel E.P., 2014, Chemical and biological aspects of octocorals from the Brazilian coast, *Revista Brasileira de Farmacognosia* 24(4), pp. 446-467.
- [33] Dar M.A., Mohamad T.A., El-Saman M.I., 2012, Geomorphic and geographic distributions of reef-building and soft coral communities in the inshore zone of the Red Sea, *Egyptian Journal of Aquatic Research* 38(2), pp. 105-117.
- [34] Benayahu Y., Jeng M.-S., Perkol-Finkel S., Dai C.-F., 2004, Soft corals (Octocorallia: Alcyonacea) from southern Taiwan: II. species diversity and distributional patterns, *ZOOLOGICAL STUDIES* 43(3), pp. 548-560.
- [35] Haverkort-Yeh R.D., McFadden C.S., Benayahu Y., Berumen M., Halász A., Toonen R.J., 2013, A taxonomic survey of Saudi Arabian Red Sea octocorals (Cnidaria: Alcyonacea), *Marine Biodiversity* 43, pp. 279-291.
- [36] Loya Y., Sakai K., Yamazato K., Nakano Y., Sambali H., Van Woesik R., 2001, Coral bleaching: the winners and the losers, *Ecology letters* 4(2), pp. 122-131.
- [37] Feussner K.-D., Waqa T., 2014, Five new species of *Sarcophyton* (Coelenterata: Octocorallia) from the Fiji Islands, *The South Pacific Journal of Natural and Applied Sciences* 31(1), pp. 1-26.
- [38] Rajendra S., Raghunathan C., 2024, New records of soft corals, genus *Sarcophyton* (Octocorallia: Malacalcyonacea: Sarcophytidae) from the Andaman and Nicobar Islands, India, *Biodiversity* 25(2), pp. 175-188.
- [39] Pérez C.D., de Moura Neves B., Cordeiro R.T., Williams G.C., Cairns S.D., 2016, Diversity and distribution of Octocorallia, *The Cnidaria, past, present and future: the world of Medusa and her sisters*, pp. 109-123.
- [40] McFadden C.S., Sánchez J.A., France S.C., 2010, Molecular phylogenetic insights into the evolution of Octocorallia: a review, *Integrative and Comparative Biology* 50(3), pp. 389-410.
- [41] Hoàng Xuân Bền, Thái Minh Quang, 2019, Nghiên cứu quần xã san hô mềm (Alcyonacea) và san hô sừng (Gorgonacea) ở khu bảo tồn biển Cù Lao Chàm, Quảng Nam [Biodiversity and characteristic of octocoral communities (Octocorallia: Alcyonacea and Gorgonacea) in Cu Lao Cham Marine Protected Area, Quang Nam province], *Journal of Marine Science and Technology* 19(4): 589-599.
- [42] Riegl B., Branch G.M., 1995, Effects of sediment on the energy budgets of four scleractinian (Bourne 1900) and five alcyonacean (Lamouroux 1816) corals, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 186(2), pp. 259-275.

- [43] Birrell C.L., McCook L.J., Willis B.L., 2005, Effects of algal turfs and sediment on coral settlement, *Marine Pollution Bulletin* 51(1-4), pp. 408-414.
- [44] Fabricius K.E., 2005, Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis, *Marine Pollution Bulletin* 50(2), pp. 125-146.
- [45] Benayahu Y., Loya Y., 1984, Substratum preferences and planulae settling of two red sea alcyonaceans: *Xenia macrospiculata* Gohar and *Parerythropodium fulvum fulvum* (Forskl), *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 83(3), pp. 249-260.
- [46] Chavanich S., Viyakarn V., Loyjiw T., Pattaratamrong P., Chankong A., 2009, Mass bleaching of soft coral, *Sarcophyton* spp. in Thailand and the role of temperature and salinity stress, *ICES Journal of Marine Science* 66(7), pp. 1515-1519. Doi: 10.1093/icesjms/fsp048.
- [47] Lien L.Q., Linh T.M., Giang V.H., N.C.M., P.M.T., L.Q.T., Ninh Khac Ban, Minh. C.V., Dautova T.N., 2015, Phylogenetic variation of eleven soft corals (Anthozoa, Octocorallia) in Nha Trang bay of Vietnam, *International Journal of Advanced Research* 3(8), pp. 1-11.
- [48] Fabricius K.K., De'ath G.A.; 1997, *The effects of flow, depth and slope on cover of soft coral taxa and growth forms on Davies Reef, Great Barrier Reef*, Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium, Panama, 24-29 June 1996-pages: 2: 1071-1076, Smithsonian Tropical Research Institute.
- [49] Benayahu Y., van Ofwegen L., 2009, New species of *Sarcophyton* and *Lobophytum* (Octocorallia: Alcyonacea) from Hong Kong, *Zoologische Mededelingen* 83(30), pp. 863-876.
- [50] Benayahu Y., Loya Y., 1986, Sexual reproduction of a soft coral: synchronous and brief annual spawning of *Sarcophyton glaucum* (Quoy & Gaimard, 1833), *The Biological Bulletin* 170(1), pp. 32-42.
- [51] Khalesi M.K., Beeftink H., Wijffels R., 2007, Flow-dependent growth in the zooxanthellate soft coral *Sinularia flexibilis*, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 351(1-2), pp. 106-113.
- [52] Mohammed T.A., Ali A.-H.A., El-Komi M.M., El-Arab M.A.E., Shoukr F.A., 2016, Growth Rate Assessment of Alcyonacean *Sarcophyton glaucum* from Northern Hurghada, Red Sea, Egypt, *Natural Resources* 7(6), pp. 384-398.
- [53] Mohammed T., El-Komi M., Shoukr F., EL-ARAB M., 2017, Growth rate evaluation of the alcyonacean soft coral *Sinularia polydactyla* (Ehrenberg, 1834) at Hurghada, Northern Red Sea, Egypt, *J Biol Agric Health* 7(22), pp. 42-50.
- [54] Pratchett M.S., Anderson K.D., Hoogenboom M.O., Widman E., Baird A.H., Pandolfi J.M., Edmunds P.J., Lough J.M., 2015, Spatial, temporal and taxonomic variation in coral growth - implications for the structure and function of coral reef ecosystems, *Oceanography and Marine Biology: An annual review* 53, pp. 215-295.
- [55] Anderson K.D., Heron S.F., Pratchett M.S., 2015, Species-specific declines in the linear extension of branching corals at a subtropical reef, Lord Howe Island, *Coral Reefs* 34, pp. 479-490.
- [56] Oliver J.K., 1984, Intra-colony variation in the growth of *Acropora formosa*: extension rates and skeletal structure of white (zooxanthellae-free) and brown-tipped branches, *Coral Reefs* 3, pp. 139-147.

- [57] Cooper T.F., O'Leary R.A., Lough J.M., 2012, Growth of Western Australian corals in the Anthropocene, *Science* 335(6068), pp. 593-596.
- [58] Holcomb M., Cohen A.L., McCorkle D.C., 2013, An evaluation of staining techniques for marking daily growth in scleractinian corals, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 440, pp. 126-131.
- [59] Harriott V., 1999, Coral growth in subtropical eastern Australia, *Coral Reefs* 18, pp. 281-291.
- [60] Bednarz V.N., Cardini U., van Hoytema N., Al-Rshaidat M.M., Wild C., 2015, Seasonal variation in dinitrogen fixation and oxygen fluxes associated with two dominant zooxanthellate soft corals from the northern Red Sea, *Marine Ecology Progress Series* 519, pp. 141-152.
- [61] Fabricius K.E., Dommissie M., 2000, Depletion of suspended particulate matter over coastal reef communities dominated by zooxanthellate soft corals, *Marine Ecology Progress Series* 196, pp. 157-167.
- [62] Lange I.D., Perry C.T., 2020, A quick, easy and non-invasive method to quantify coral growth rates using photogrammetry and 3D model comparisons, *Methods in Ecology and Evolution* 11(6), pp. 714-726.
- [63] Wiedenmann J., D'Angelo C., Smith E.G., Hunt A.N., Legiret F.-E., Postle A.D., Achterberg E.P., 2013, Nutrient enrichment can increase the susceptibility of reef corals to bleaching, *Nature Climate Change* 3(2), pp. 160-164.
- [64] Helber S.B., Winters G., Stuhr M., Belshe E., Bröhl S., Schmid M., Reuter H., Teichberg M., 2021, Nutrient history affects the response and resilience of the tropical seagrass *Halophila stipulacea* to further enrichment in its native habitat, *Frontiers in Plant Science* 12, pp. 678341.
- [65] El-Khaled Y.C., Kler Lago A., Mezger S.D., Wild C., 2022, Comparative evaluation of free web tools ImageJ and Photopea for the surface area quantification of planar substrates and organisms, *Diversity* 14(4), pp. 272.
- [66] Abràmoff M.D., Magalhães P.J., Ram S.J., 2004, Image processing with ImageJ, *Biophotonics international* 11(7), pp. 36-42.
- [67] Bythell J., Pan P., Lee J., 2001, Three-dimensional morphometric measurements of reef corals using underwater photogrammetry techniques, *Coral Reefs* 20, pp. 193-199.
- [68] Bennecke S., Kwasnitschka T., Metaxas A., Dullo W.-C., 2016, In situ growth rates of deep-water octocorals determined from 3D photogrammetric reconstructions, *Coral Reefs* 35, pp. 1227-1239.
- [69] Dang Tran Tu Tram, Dao Thi Hong Ngoc, Nguyen Thi Nguyet Hue, Ho Son Lam, Dinh Truong An, Doan Van Than, Nguyen Truong Tan Tai, Do Hai Dang, Phan Kim Hoang, Tran Cong Thinh, 2023, Effect of fragment size on growth and survival rate of soft coral *Sarcophyton* sp., *Vietnam Journal of Marine Science and Technology* 23(4), pp. 411-419.
- [70] Harrison P.L., Wallace C.C., 1990, Reproduction, dispersal and recruitment of scleractinian corals, *Coral reefs*, Elsevier, p. 133-207.
- [71] Lasker H.; 1988, *The incidence and rate of vegetative propagation among coral reef alcyonarians*, In Proc 6th Int Coral Reef Symp Townsville, p. Vol. 2. 763-768.

- [72] Benayahu Y., Loya Y., 1985, Settlement and recruitment of a soft coral: why is *Xenia macrospiculata* a successful colonizer?, *Bulletin of Marine Science* 36(1), pp. 177-188.
- [73] Hwang S.-J., Song J.-I., 2007, Reproductive biology and larval development of the temperate soft coral *Dendronephthya gigantea* (Alcyonacea: Nephtheidae), *Marine Biology* 152, pp. 273-284.
- [74] Benayahu Y., Weil D., Kleinman M., 1990, Radiation of broadcasting and brooding patterns in coral reef alcyonaceans, *Advances in invertebrate reproduction* 5, pp. 323-328.
- [75] Schleyer M.H., Kruger A., Benayahu Y., 2004, Reproduction and the unusual condition of hermaphroditism in *Sarcophyton glaucum* (Octocorallia, Alcyoniidae) in KwaZulu-Natal, South Africa, *Hydrobiologia* 530, pp. 399-409.
- [76] Achituv Y., Benayahu Y., 1990, Polyp dimorphism and functional, sequential hermaphroditism in the soft coral *Heteroxenia fuscescens* (Octocorallia), *Marine Ecology Progress Series*, pp. 263-269.
- [77] Hellström M., Kavanagh K.D., Benzie J.A., 2010, Multiple spawning events and sexual reproduction in the octocoral *Sarcophyton elegans* (Cnidaria: Alcyonacea) on Lizard Island, Great Barrier Reef, *Marine Biology* 157, pp. 383-392.
- [78] Lasker H.R., 2006, High fertilization success in a surface-brooding Caribbean gorgonian, *The Biological Bulletin* 210(1), pp. 10-17.
- [79] Babcock R., Bull G., Harrison P.L., Heyward A., Oliver J., Wallace C., Willis B., 1986, Synchronous spawnings of 105 scleractinian coral species on the Great Barrier Reef, *Marine Biology* 90, pp. 379-394.
- [80] Benayahu Y., Loya Y., 1983, Surface brooding in the Red Sea soft coral *Parerythropodium fulvum fulvum* (Forskal, 1775), *The Biological Bulletin* 165(2), pp. 353-369.
- [81] Brazeau D.A., Lasker H.R., 1989, The reproductive cycle and spawning in a Caribbean gorgonian, *The Biological Bulletin* 176(1), pp. 1-7.
- [82] McFadden C.S., Donahue R., Hadland B.K., Weston R., 2001, A molecular phylogenetic analysis of reproductive trait evolution in the soft coral genus *Alcyonium*, *Evolution* 55(1), pp. 54-67.
- [83] Cordes E., Nybakken J., VanDykhuisen G., 2001, Reproduction and growth of *Anthomastus ritteri* (octocorallia: Alcyonacea) from Monterey Bay, California, USA, *Marine Biology* 138, pp. 491-501.
- [84] Simpson A., 2009, Reproduction in octocorals (Subclass Octocorallia): a review of published literature, *Deep-Sea Corals Portal*.
- [85] Bayer F.M., 1973, Colonial organization in octocorals, In: Boardman C, Ive O, editors, *Animal colonies*, Dowden, Hutchinson & Koss, Inc., p. 69-93.
- [86] Hartnoll R., 1975, The annual cycle of *Alcyonium digitatum*, *Estuarine and Coastal Marine Science* 3(1), pp. 71-78.
- [87] Yamazato K., Sato M., Yamashiro H.; 1981, *Reproductive biology of an alcyonacean coral, Lobophytum crassum Marenzeller*, Proc 4th int coral Reef Symp, p. 671-678.

- [88] Ashworth J., 1899, The Structure of *Xenia Hicksoni*, nov. sp., with some Observations on *Heteroxenia Elizabethæ*, Kölliker, *Journal of Cell Science* 2(167), pp. 245-304.
- [89] Lasker H., Kim K., 1997, Larval development and settlement behavior of the gorgonian coral *Plexaura kuna*, *Oceanographic Literature Review* 6(44), pp. 610.
- [90] Kapela W., Lasker H., 1999, Size-dependent reproduction in the Caribbean gorgonian *Pseudoplexaura porosa*, *Marine Biology* 135, pp. 107-114.
- [91] Gutiérrez-Rodríguez C., Lasker H.R., 2004, Reproductive biology, development, and planula behavior in the Caribbean gorgonian *Pseudopterogorgia elisabethæ*, *Invertebrate Biology* 123(1), pp. 54-67.
- [92] Richmond R.H., Hunter C.L., 1990, Reproduction and recruitment of corals: comparisons among the Caribbean, the tropical Pacific, and the Red Sea, *Marine ecology progress series Oldendorf* 60(1), pp. 185-203.
- [93] Levitan D.R., 2000, Optimal egg size in marine invertebrates: theory and phylogenetic analysis of the critical relationship between egg size and development time in echinoids, *The American Naturalist* 156(2), pp. 175-192.
- [94] Sammarco P.W., Strychar K.B., 2013, Responses to high seawater temperatures in zooxanthellate octocorals, *PloS One* 8(2), pp. e54989.
- [95] Rodrigues L.J., Grottoli A.G., 2007, Energy reserves and metabolism as indicators of coral recovery from bleaching, *Limnology and oceanography* 52(5), pp. 1874-1882.
- [96] Muscatine L., R. McCloskey L., E. Marian R., 1981, Estimating the daily contribution of carbon from zooxanthellae to coral animal respiration 1, *Limnology and Oceanography* 26(4), pp. 601-611.
- [97] Soong K., Chen T.-a., 2003, Coral Transplantation: Regeneration and Growth of *Acropora* Fragments in a Nursery, *Restoration Ecology* 11(1), pp. 62-71. Doi: <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.2003.00100.x>.
- [98] Ellis S., Ellis E.; 2002, *Recent advances in lagoon-based farming practices for eight species of commercially valuable hard and soft corals*, Center for Tropical and Subtropical Aquaculture, Publication No. 147.
- [99] McDonnell G., Russell A.D., 1999, Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance, *Clin Microbiol Rev* 12(1), pp. 147-79. Doi: 10.1128/cmr.12.1.147.
- [100] Prada C., Schizas N.V., Yoshioka P.M., 2008, Phenotypic plasticity or speciation? A case from a clonal marine organism, *BMC Evolutionary Biology* 8, pp. 1-19.
- [101] Gottardi W., 2015, Iodine as Disinfectant, *Iodine Chemistry and Applications*, p. 375-410.
- [102] Bartlett T.C.; 2013, *Small scale experimental systems for coral research: considerations, planning, and recommendations*, NOAA technical memorandum NOS NCCOS; 165, National Marine Fisheries Service, National Ocean Service, National Centers for Coastal Ocean Science, National Oceanic Atmospheric Administration Coral Reef Conservation, United States.
- [103] Eaton K.R., Clark A.S., Curtis K., Favero M., Hanna Holloway N., Ewen K., Muller E.M., 2022, A highly effective therapeutic ointment for treating corals

- with black band disease, *PLoS One* 17(10), pp. e0276902. Doi: 10.1371/journal.pone.0276902.
- [104] Miller C.V., May L.A., Moffitt Z.J., Woodley C.M., 2020, Exploratory treatments for stony coral tissue loss disease: pillar coral (*Dendrogyra cylindrus*). NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 245 and CRCP 37. Charleston, SC. 78 pp.
 - [105] Klinges J.G., Craig Z.W., Villoch Diaz-Mauriño M., Merck D.E., Brooks S.N., Manfroy A.A., Clark A.S., 2023, Common aquarium antiseptics do not cause long-term shifts in coral microbiota but may impact coral growth rates, *Frontiers in Marine Science* 10. Doi: 10.3389/fmars.2023.1281691.
 - [106] Okubo N., Motokawa T., Omori M., 2007, When fragmented coral spawn? Effect of size and timing on survivorship and fecundity of fragmentation in *Acropora formosa*, *Marine Biology* 151, pp. 353-363.
 - [107] Lirman D., Thyberg T., Herlan J., Hill C., Young-Lahiff C., Schopmeyer S., Huntington B., Santos R., Drury C., 2010, Propagation of the threatened staghorn coral *Acropora cervicornis*: methods to minimize the impacts of fragment collection and maximize production, *Coral Reefs* 29, pp. 729-735.
 - [108] Osinga R., Schutter M., Griffioen B., Wijffels R.H., Verreth J.A., Shafir S., Henard S., Taruffi M., Gili C., Lavorano S., 2011, The biology and economics of coral growth, *Marine biotechnology* 13, pp. 658-671.
 - [109] Okubo N., Taniguchi H., Motokawa T., 2005, Successful methods for transplanting fragments of *Acropora formosa* and *Acropora hyacinthus*, *Coral Reefs* 24, pp. 333-342.
 - [110] Bruckner A.W., 2000, New threat to coral reefs: trade in coral organisms, *Issues in Science and Technology* 17(1), pp. 63-68.
 - [111] Shafir S., Abady S., Rinkevich B., 2009, Improved sustainable maintenance for mid-water coral nursery by the application of an anti-fouling agent, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 368(2), pp. 124-128.
 - [112] Ferrier-Pagès C., Allemand D., Gattuso J.P., Jaubert J., Rassoulzadegan F., 1998, Microheterotrophy in the zooxanthellate coral *Stylophora pistillata*: effects of light and ciliate density, *Limnology and Oceanography* 43(7), pp. 1639-1648.
 - [113] Huffmyer A.S., Johnson C.J., Epps A.M., Lemus J.D., Gates R.D., 2021, Feeding and thermal conditioning enhance coral temperature tolerance in juvenile *Pocillopora acuta*, *Royal Society Open Science* 8(5), pp. 210644.
 - [114] Roman M., Furnas M., Mullin M., 1990, Zooplankton abundance and grazing at Davies reef, great barrier reef, Australia, *Marine Biology* 105(1), pp. 73-82.
 - [115] Sebens K., Grace S., Helmuth B., Maney Jr E., Miles J., 1998, Water flow and prey capture by three scleractinian corals, *Madracis mirabilis*, *Montastrea cavernosa* and *Porites porites*, in a field enclosure, *Marine Biology* 131(2), pp. 347-360.
 - [116] Connolly S.R., Lopez-Yglesias M., Anthony K.R., 2012, Food availability promotes rapid recovery from thermal stress in a scleractinian coral, *Coral reefs* 31(4), pp. 951-960.
 - [117] Kherraz-Chemlal D., Boukhatem T., Khelil F., Sahnouni F., Maatalah A., Boutiba Z., 2017, Determination of biological characteristics of *Artemia salina*

- (Crustacea: Anostraca) population from saline Bethioua (Oran, Algeria), *Int J Biosci* 10(1), pp. 117-125.
- [118] Fan T.-Y., Huang Y.-L., Mayfield A.; 2024, *Effects of Food Concentration and Light Intensity on the Growth of a Model Coral*, Oceans, MDPI, p. 150-165.
- [119] Zaidi P.N., Mustaffa F.A.A., Hong T., 2023, Influence of different feeding regimes on the survival and growth of *Acropora digitifera* in husbandry, *Journal of Sustainability Science and Management* 18(1), pp. 118-132.
- [120] Lubzens E., 1987, Raising rotifers for use in aquaculture, *Hydrobiologia* 147(1), pp. 245-255.
- [121] Rocha R.J., Calado R., Cartaxana P., Furtado J., Serôdio J., 2013, Photobiology and growth of leather coral *Sarcophyton* cf. *glaucum* fragments stocked under low light in a recirculated system, *Aquaculture* 414, pp. 235-242.
- [122] 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.
- [123] Tuan V.S., Yet N.H., Alino P.; 1997, *Coral and Coral reefs in the North of Spratly Archipelago-the Results of RP-VN JOMSRE-SCS 1996*, Proc Sci Conf RP-VN JOMSRE-SCS, p. 87-101.
- [124] Võ Sĩ Tuấn, Nguyễn Huy Yết, Nguyễn Văn Long, 2006, *Hệ sinh thái rạn san hô biển Việt Nam [Coral reefs of Viet Nam]*, Nhà Xuất Bản Khoa Học và Kỹ Thuật.
- [125] Hoàng Xuân Bền, Hứa Thái Tuyền, Phan Kim Hoàng, Nguyễn Văn Long, Võ Sĩ Tuấn, 2015, Hiện trạng, xu thế và khả năng phục hồi đa dạng sinh học rạn san hô ở vịnh Nha Trang. Tuyển Tập Nghiên Cứu Biển, tập 21, số 2: 176-187.
- [126] Thủy Nguyễn Thị Thanh, 2012, Một số đặc điểm sinh học của san hô trong điều kiện tự nhiên và nuôi giữ, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển* 4, pp. 42-51.
- [127] Vũ Anh Tú, 2015, Nghiên cứu thành phần hóa học và khảo sát hoạt tính sinh học san hô mềm *Sinularia dissecta* ở Việt Nam. Đại học Thái Nguyên., pp. 99 trang.
- [128] Phạm Thế Tùng, 2016, *Nghiên cứu thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của hai loài san hô mềm Sarcophyton pauciplicatum và Sinularia crucia ở Việt Nam*, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.
- [129] Nguyen Thi Huong, Ninh Thi Ngoc, Tran Thi Hong Hanh, Tran Hong Quang, Nguyen Xuan Cuong, Nguyen Hoai Nam, Chau Van Minh, 2019, Chemical constituents from the soft coral *Sinularia digitata*, *Vietnam Journal of Chemistry* 57(5), pp. 636-640.
- [130] Phạm Thị Miên, Nguyễn Ngọc Thắng, Nguyễn Kim Hạnh, 2018, Phát hiện *Bacillus* sp. VK2 phân lập từ *Acropora hyacinthus* ở Ninh Thuận kháng vi khuẩn gây bệnh “white pox” cho san hô *Acropora palmata*., *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển* 18(2), pp. 197-204.
- [131] Đào Thị Hồng Ngọc, Đặng Trần Tú Trâm, Hồ Sơn Lâm, Nguyễn Thị Nguyệt Huệ, Đinh Trường An, Nguyễn Trương Tấn Tài, 2022, Ảnh hưởng của loại giá thể đến sinh sản vô tính bằng phương pháp tách mảnh san hô *Sinularia* sp. và *Cladiella* sp. trong hệ thống tuần hoàn, *Hội Nghị Biển Đông 2022, Nha Trang, 13-14/09/2022*, pp. 351-360.

- [132] English S., Wilkinson C., Baker V., 1994, *Survey manual for tropical marine resources*, Australia institute of marine science townsville Australia, Townsville, Australia.
- [133] Bayer F.M., Grasshoff M., Verseveldt J., 1983, *Illustrated trilingual glossary of morphological and anatomical terms applied to Octocorallia*, Brill Archive.
- [134] Parson T., Maita Y., Lalli C.; 1984, *A Manual of Chemical and Biological Methods for Analysis Seawater*, Pergamon Press.
- [135] Fan T.Y., Chou Y.H., Dai C.F., 2005, Sexual reproduction of the alcyonacean coral *Lobophytum pauciflorum* in southern Taiwan, *Bulletin of Marine Science* 76(1), pp. 143-154.
- [136] Fowler J., Cohen L., Jarvis P., 2013, *Practical statistics for field biology*, John Wiley & Sons.
- [137] Vicentuan K., 2009, *Effects of fragmentation and transplantation on reproduction in Acropora muricata and Hydnothya rigida*, University of the Philippines, Philippines.
- [138] Glynn P., Gassman N., Eakin C., Cortes J., Smith D., Guzman H., 1991, Reef coral reproduction in the eastern Pacific: Costa Rica, Panama, and Galapagos Islands (Ecuador) I. Pocilloporidae, *Marine Biology* 109, pp. 355-368.
- [139] Gordon A.K., 1999, *The effect of diet and age-at-weaning on growth and survival of clownfish Amphiprion percula (Pisces: Pomacentridae)*, Rhodes University Grahamstown, South Africa.
- [140] Cunha L., 2006, Propagation and nutrition of the soft coral *Sinularia* sp., *Science in Shellfish Biology, Fisheries and Culture*, University of Wales.
- [141] 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.
- [142] Steinberg R.K., Johnston E.L., Bednarek T., Dafforn K.A., Ainsworth T.D., 2021, Its What's on the Inside That Counts: An Effective, Efficient, and Streamlined Method for Quantification of Octocoral Symbiodiniaceae and Chlorophyll, *Frontiers in Marine Science* 8, pp. 710730.
- [143] Jeffrey S.W., Humphrey G.F., 1975, New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton, *Biochimie und Physiologie der Pflanzen* 167(2), pp. 191-194. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0015-3796\(17\)30778-3](https://doi.org/10.1016/S0015-3796(17)30778-3).
- [144] Lê Thị Vinh, Dương Trọng Kiểm, Nguyễn Hồng Thu, Phạm Hữu Tâm, Phạm Hồng Ngọc, Lê Hùng Phú, Võ Trần Tuấn Linh; 2014, *Chất lượng môi trường tại các rạn san hô trong vịnh Nha Trang [Environmental quality at coral reefs in Nha Trang bay]*, Kỷ yếu Hội nghị Quốc tế “Biển Đông 2012”, Nha Trang, 12-14/9/2012, p. 254-262.
- [145] Brito T., Tyler P., Clarke A., 1997, Reproductive biology of the Antarctic octocoral *Thouarella variabilis* Wright & Studer, 1889. In: Hartog, J.C. den, (ed.) *Proceedings of the 6th International Conference on Coelenterate Biology*, 1995. Leiden, National Museum of Natural History, 63-69.
- [146] Phạm Thị Kha, Cao Thị Thu Trang, Nguyễn Văn Quân, Trần Mạnh Hà, Lê Văn Nam, 2021, Diễn biến chất lượng nước vịnh Nha Trang giai đoạn 2017 – 2020, *Kỷ yếu hội thảo Khoa học Địa lý nhân văn với việc thực hiện chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Nhà Xuất Bản Khoa Học Xã Hội*.

- [147] Feussner K.-D., Waqa T., 2013, Five new species of Sarcophyton (Coelenterata: Octocorallia) from the Fiji Islands, *The South Pacific Journal of Natural and Applied Sciences* 31(1), pp. 1-26.
- [148] Kleypas J.A., McManus J.W., Meñez L.A., 1999, Environmental limits to coral reef development: where do we draw the line?, *American zoologist* 39(1), pp. 146-159.
- [149] Guan Y., Hohn S., Merico A., 2015, Suitable environmental ranges for potential coral reef habitats in the tropical ocean, *PloS one* 10(6), pp. e0128831.
- [150] Mandelberg-Aharon Y., Benayahu Y., 2015, Reproductive features of the Red Sea octocoral *Sarcophyton auritum* Verseveldt & Benayahu, 1978 are uniform within generic boundaries across wide biogeographical regions, *Hydrobiologia* 759, pp. 119-132.
- [151] Chou Y., 2002, *Sexual reproduction of three alcyonacean species in southern Taiwan*, MSc thesis, National Taiwan University, Taiwan.
- [152] Babcock R.C., 1986, *A comparison of the population ecology of reef flat corals of the family Faviidae (Goniastrea, Platygyra)*, James Cook University.
- [153] Chia F., Crawford B., 1973, Some observations on gametogenesis, larval development and substratum selection of the sea pen *Ptilosarcus guernei*, *Marine Biology* 23, pp. 73-82.
- [154] Sweet M., Jones R., Bythell J., 2012, Coral diseases in aquaria and in nature, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 92(4), pp. 791-801. Doi: 10.1017/S0025315411001688.
- [155] Barneah O., Malik Z., Benayahu Y., 2002, Attachment to the substrate by soft coral fragments: desmocyte development, structure, and function, *Invertebrate Biology* 121(2), pp. 81-90.
- [156] Guest J.R., Dizon R.M., Edwards A.J., Franco C., Gomez E.D., 2011, How Quickly do Fragments of Coral “Self-Attach” after Transplantation?, *Restoration Ecology* 19(2), pp. 234-242. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00562.x>.
- [157] Varghese M., Thomas V., Joshi K.K., Ignatius B., Kavungal V., Naomi T., Manisseri M., George R., 2012, Culture of the soft coral, *Lobophytum pauciflorum* (Family: Alcyoniidae) under captive conditions at Kochi, India.
- [158] Mendes C., Fernandes C., Moreira A., Chambel J., Maranhão P., Leandro S., 2017, Effect of LEDs Light Spectrum on Success of Fragmentation and Growth of Leather Coral *Sarcophyton* spp, *International Journal of Aquaculture*. Doi: 10.5376/ija.2017.07.0008.
- [159] Subhan B., Saputra D.A., Arafat D., Madduppa H., Ayu I.P., Ervinia A., Akbar N., Soedharma D., Revany R., Lestari D.F., Hidayat S.A., Wiyanto D.B., 2022, In situ transplantation of soft coral *Sarcophyton* sp. in concrete pool, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1033(1), pp. 012033. Doi: 10.1088/1755-1315/1033/1/012033.
- [160] Cátia F., Catarina M., André M., Chambel J., Rui R., Leandro S., Pedrosa R.; 2014, *LEDs light spectrum effect on the success of fragmentation and growth of the leather coral Sarcophyton spp*, Frontiers in Marine Science Conference Abstract: International Meeting on Marine Research 2014.

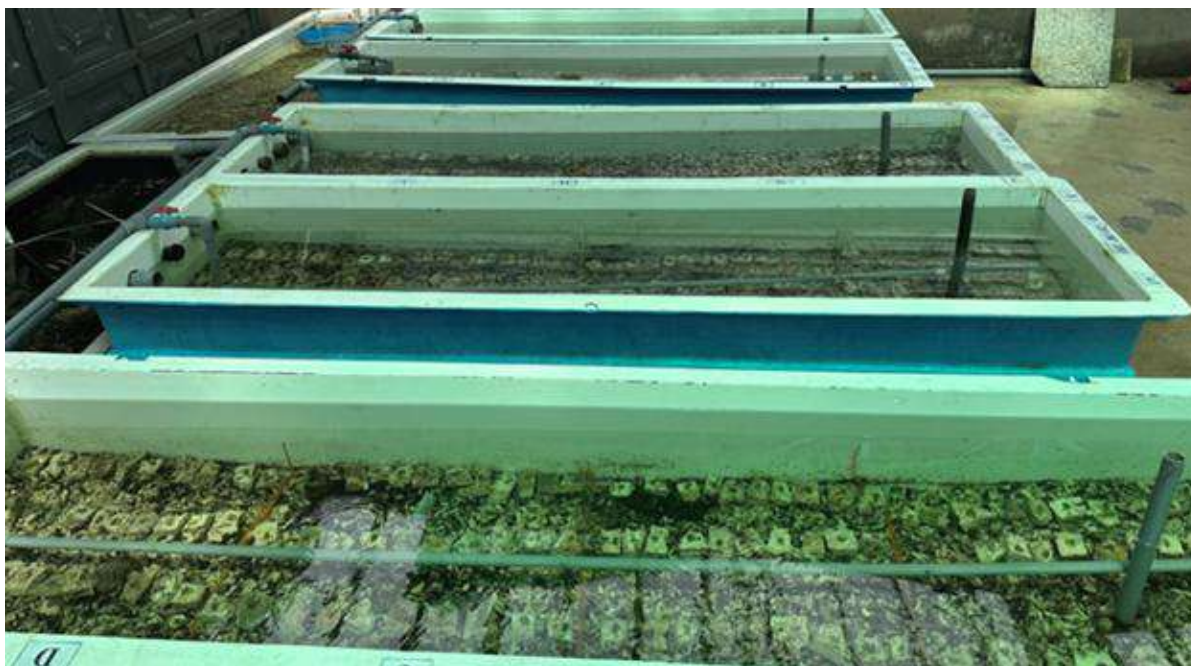
- [161] Harriott V., Fisk D., 1989, Coral transplantation as a reef management option, *Proceedings of the Sixth International Coral Reef Symposium*, Townsville 2, pp. 375-379.
- [162] Travesso M., Missionário M., Cruz S., Calado R., Madeira D., 2023, Combined effect of marine heatwaves and light intensity on the cellular stress response and photophysiology of the leather coral *Sarcophyton* cf. *glaucum*, *Science of The Total Environment* 861, pp. 160460. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160460>.
- [163] Ladrière O., Compère P., Decloux N., Vandewalle P., Poulicek M., 2008, Morphological alterations of zooxanthellae in bleached cnidarian hosts, *Cahiers de Biologie Marine* 49(3), pp. 215-227.
- [164] Iwamoto K., Shiraiwa Y., 2012, Characterization of Intracellular Iodine Accumulation by Iodine-Tolerant Microalgae, *Procedia Environmental Sciences* 15, pp. 34-42. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.05.007>.
- [165] Imai I., Hatano M., Naito K., 2004, Development of a chemically defined artificial medium for marine red tide-causing raphidophycean flagellates, *Plankton Biology and Ecology* 51, pp. 95-102.
- [166] Plass-Johnson J., Cardini U., van Hoytema N., Bayraktarov E., Burghardt I., Naumann M., Wild C., 2015, Coral Bleaching, p. 117-146.
- [167] Dunn S.R., Bythell J.C., Le Tissier M.D.A., Burnett W.J., Thomason J.C., 2002, Programmed cell death and cell necrosis activity during hyperthermic stress-induced bleaching of the symbiotic sea anemone *Aiptasia* sp, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 272(1), pp. 29-53. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(02\)00036-9](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(02)00036-9).
- [168] Drosou A., Falabella A., Kirsner R., 2003, Antiseptics on Wounds: An Area of Controversy, *Wounds* 15, pp. 149-166.
- [169] Chu T.-W., Cheng C.-M., Cheng Y.-R., Dong C.-D., Chuang C.-H., Pan C.-H., Sun W.-T., Ding D.-S., 2022, Evaluation of Clove Extract for Drug Therapy of Ciliate Infection in Coral (*Goniopora columna*), *Biology* 11(2), pp. 280.
- [170] Xu W., Ahmed W., Mahmood M., Li W., Mehmood S., 2023, Physiological and biochemical responses of soft coral *Sarcophyton trocheliophorum* to doxycycline hydrochloride exposure, *Scientific Reports* 13(1), pp. 17665. Doi: 10.1038/s41598-023-44383-1.
- [171] Porter J.W., 1976, Autotrophy, heterotrophy, and resource partitioning in Caribbean reef-building corals, *The American Naturalist* 110(975), pp. 731-742.
- [172] Sebens K., Vandersall K., Savina L., Graham K., 1996, Zooplankton capture by two scleractinian corals, *Madracis mirabilis* and *Montastrea cavernosa*, in a field enclosure, *Marine Biology* 127(2), pp. 303-317.
- [173] Lewis J.B., 1982, Feeding behaviour and feeding ecology of the Octocorallia (Coelenterata: Anthozoa), *Journal of Zoology* 196(3), pp. 371-384.
- [174] Hoegh-Guldberg O., Smith G.J., 1989, Influence of the population density of zooxanthellae and supply of ammonium on the biomass and metabolic characteristics of the reef corals *Seriatopora hystrix* and *Stylophora pistillata*, *Marine Ecology Progress Series* 57, pp. 173-186.
- [175] Anthony K., Hoegh-Guldberg O., 2003, Variation in coral photosynthesis, respiration and growth characteristics in contrasting light microhabitats: an

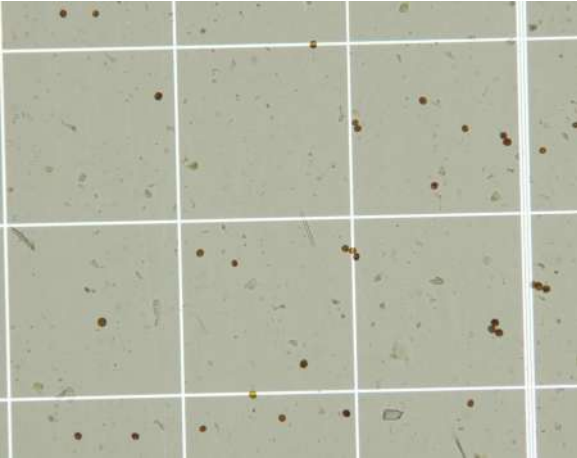
- analogue to plants in forest gaps and understoreys?, *Functional Ecology*, pp. 246-259.
- [176] Schoepf V., Grottoli A.G., Levas S.J., Aschaffenburg M.D., Baumann J.H., Matsui Y., Warner M.E., 2015, Annual coral bleaching and the long-term recovery capacity of coral, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282(1819), pp. 20151887.
- [177] Titlyanov E., Bil' K., Fomina I., Titlyanova T., Leletkin V., Eden N., Malkin A., Dubinsky Z., 2000, Effects of dissolved ammonium addition and host feeding with *Artemia salina* on photoacclimation of the hermatypic coral *Stylophora pistillata*, *Marine Biology* 137(3), pp. 463-472.
- [178] Muscatine L., Grossman D., Doiño J., 1991, Release of symbiotic algae by tropical sea anemones and corals after cold shock, *Marine Ecology Progress Series* 77, pp. 233-243.
- [179] Wijgerde T., Henkemans P., Osinga R., 2012, Effects of irradiance and light spectrum on growth of the scleractinian coral *Galaxea fascicularis*—Applicability of LEP and LED lighting to coral aquaculture, *Aquaculture* 344, pp. 188-193.
- [180] Leal M.C., Ferrier-Pagès C., Petersen D., Osinga R., 2016, Coral aquaculture: applying scientific knowledge to ex situ production, *Reviews in Aquaculture* 8(2), pp. 136-153.
- [181] Harriott V., Fisk D.; 1988, *Coral transplantation as a reef management option*, Proceedings of the 6th international coral reef symposium, p. 375-379.
- [182] Schutter M., van der Ven R.M., Janse M., Verreth J.A., Wijffels R.H., Osinga R., 2012, Light intensity, photoperiod duration, daily light flux and coral growth of *Galaxea fascicularis* in an aquarium setting: a matter of photons?, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 92(4), pp. 703-712.
- [183] Palmer C.V., Modi C.K., Mydlarz L.D., 2009, Coral fluorescent proteins as antioxidants, *PloS one* 4(10), pp. e7298.
- [184] Dos Santos R.W., Schmidt E.C., de L Felix M.R., Polo L.K., Kreusch M., Pereira D.T., Costa G.B., Simioni C., Chow F., Ramlov F., 2014, Bioabsorption of cadmium, copper and lead by the red macroalga *Gelidium floridanum*: physiological responses and ultrastructure features, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 105, pp. 80-89.
- [185] Salih A., Larkum A., Cox G., Kühl M., Hoegh-Guldberg O., 2000, Fluorescent pigments in corals are photoprotective, *Nature* 408(6814), pp. 850-853.
- [186] Oswald F., Schmitt F., Leutenegger A., Ivanchenko S., D'Angelo C., Salih A., Maslakova S., Bulina M., Schirmbeck R., Nienhaus G., 2007, Contributions of host and symbiont pigments to the coloration of reef corals, *The FEBS journal* 274(4), pp. 1102-1122.
- [187] Kojis B.L., Quinn N.J., 1984, Seasonal and depth variation in fecundity of *Acropora palifera* at two reefs in Papua New Guinea, *Coral reefs* 3(3), pp. 165-172.
- [188] Colombo-Pallotta M., Rodríguez-Román A., Iglesias-Prieto R., 2010, Calcification in bleached and unbleached *Montastraea faveolata*: evaluating the role of oxygen and glycerol, *Coral Reefs* 29(4), pp. 899-907.

- [189] Roth M.S., 2010, *Coral fluorescence and symbiosis: Photoacclimation, thermal shock, life history changes, and implications for reef monitoring*, University of California, San Diego.
- [190] Ulstrup K., Hill R., Van Oppen M., Larkum A., Ralph P., 2008, Seasonal variation in the photo-physiology of homogeneous and heterogeneous *Symbiodinium* consortia in two scleractinian corals, *Marine Ecology Progress Series* 361, pp. 139-150.
- [191] Fitt W.K., McFarland F., Warner M.E., Chilcoat G.C., 2000, Seasonal patterns of tissue biomass and densities of symbiotic dinoflagellates in reef corals and relation to coral bleaching, *Limnology and Oceanography* 45(3), pp. 677-685.
- [192] Allemand D., Tambutté É., Zoccola D., Tambutté S., 2010, Coral calcification, cells to reefs, *Coral reefs: an ecosystem in transition*, pp. 119-150.
- [193] Tambutté S., Holcomb M., Ferrier-Pagès C., Reynaud S., Tambutté É., Zoccola D., Allemand D., 2011, Coral biomineralization: From the gene to the environment, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 408(1-2), pp. 58-78.
- [194] Ibrahim M.A., Abdelrahman A.H., Atia M.A., Mohamed T.A., Moustafa M.F., Hakami A.R., Khalifa S.A., Alhumaydhi F.A., Alrumaihi F., Abidi S.H., 2021, Blue biotechnology: computational screening of *Sarcophyton* cembranoid diterpenes for SARS-CoV-2 main protease inhibition, *Marine Drugs* 19(7), pp. 391.
- [195] Huang T.-Y., Huang C.-Y., Chao C.-H., Lin C.-C., Dai C.-F., Su J.-H., Sung P.-J., Wu S.-H., Sheu J.-H., 2020, New Biscembranoids Sardigitolides A–D and Known Cembranoid-Related Compounds from *Sarcophyton digitatum*: Isolation, Structure Elucidation, and Bioactivities, *Marine Drugs* 18(9), pp. 452.
- [196] Palacio-Castro A.M., Smith T.B., Brandtneris V., Snyder G.A., van Hooidek R., Maté J.L., Manzello D., Glynn P.W., Fong P., Baker A.C., 2023, Increased dominance of heat-tolerant symbionts creates resilient coral reefs in near-term ocean warming, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 120(8), pp. e2202388120.
- [197] Cavailles J., Kuzmics C., Grube M., 2025, Symbiont dynamics and coral regulation under changing temperatures, *Coral Reefs*, pp. 1-20.
- [198] Quigley K.M., Ramsby B., Laffy P., Harris J., Mocellin V.J., Bay L.K., 2022, Symbioses are restructured by repeated mass coral bleaching, *Science Advances* 8(49), pp. eabq8349.
- [199] Olivares-Cordero D., Timmons C., Kenkel C.D., Quigley K.M., 2025, Symbiont Community Changes Confer Fitness Benefits for Larvae in a Vertically Transmitting Coral, *Ecology and Evolution* 15(1), pp. e70839.

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1: MỘT SỐ HÌNH ẢNH TRONG QUÁ TRÌNH LÀM THÍ NGHIỆM

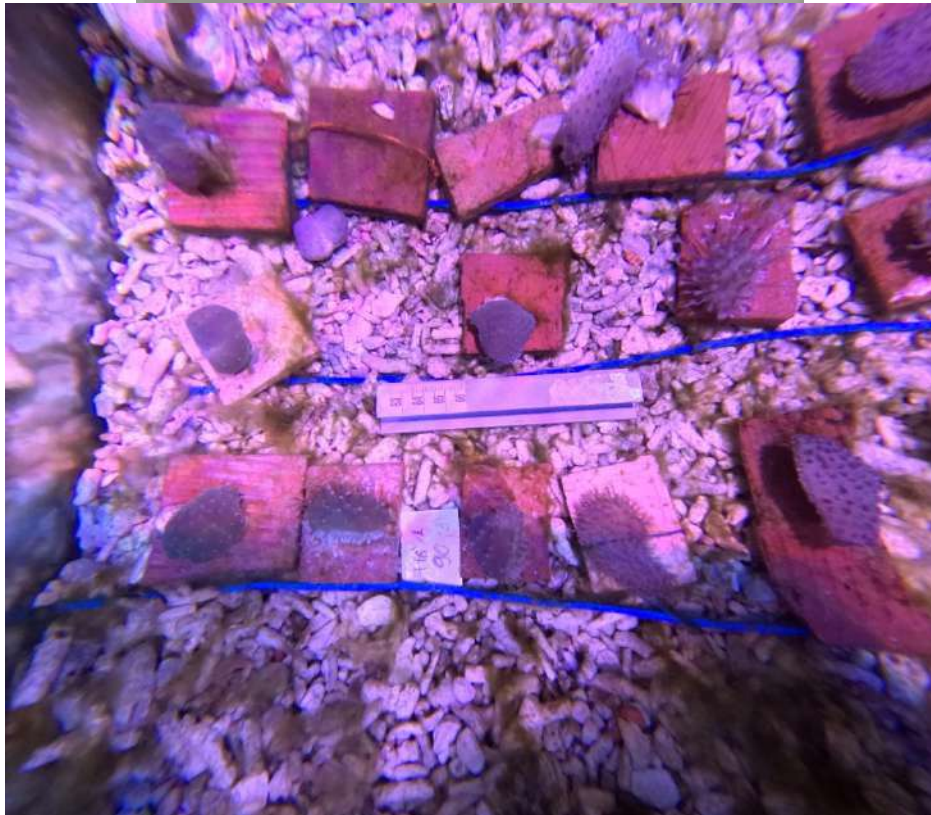


















PHỤ LỤC 2 - SỐ LIỆU GỐC QUAN TRẮC MÔI TRƯỜNG VÀ SINH HỌC SINH SẢN

ĐỘ ĐỤC

CHỈ TIÊU	Độ đục (NTU)
Hòn Chồng	2,20
Hòn Cút Chim	1,50
<i>Trung bình toàn vùng</i>	1,85
Hòn Chồng	2,50
Hòn Cút Chim	1,70
<i>Trung bình toàn vùng</i>	2,10
Hòn Chồng	2,80
Hòn Cút Chim	1,90
<i>Trung bình toàn vùng</i>	2,35
Hòn Chồng	3,20
Hòn Cút Chim	1,50
<i>Trung bình toàn vùng</i>	2,35
Hòn Chồng	3,30
Hòn Cút Chim	2,40
<i>Trung bình toàn vùng</i>	2,85
Hòn Chồng	3,50
Hòn Cút Chim	2,60
<i>Trung bình toàn vùng</i>	3,05
Hòn Chồng	2,70
Hòn Cút Chim	1,40
<i>Trung bình toàn vùng</i>	2,05
Hòn Chồng	2,10
Hòn Cút Chim	1,80
<i>Trung bình toàn vùng</i>	1,95
Hòn Chồng	1,70
Hòn Cút Chim	1,80
<i>Trung bình toàn vùng</i>	1,75
Hòn Chồng	1,60
Hòn Cút Chim	1,40
<i>Trung bình toàn vùng</i>	1,50
Hòn Chồng	0,80
Hòn Cút Chim	1,00
<i>Trung bình toàn vùng</i>	0,90
Hòn Chồng	2,50
Hòn Cút Chim	2,10
<i>Trung bình toàn vùng</i>	2,30
Hòn Chồng	0,80
Hòn Cút Chim	1,20
<i>Trung bình toàn vùng</i>	1,00
Hòn Chồng	1,10
Hòn Cút Chim	1,20
<i>Trung bình toàn vùng</i>	1,15
Hòn Chồng	
Hòn Cút Chim	
<i>Trung bình toàn vùng</i>	

Thời gian	Hòn Chồng	Hòn Cút Chim	Trung bình toàn vùng
08.2023	2,50	1,70	2,10
09.2023	2,80	1,90	2,35
10.2023	3,20	1,50	2,35
11.2023	3,30	2,40	2,85
12.2023	3,50	2,60	3,05
01.2024	2,70	1,40	2,05
02.2024	2,10	1,80	1,95
03.2024	1,70	1,80	1,75
04.2024	1,60	1,40	1,50
05.2024	0,80	1,00	0,90
06.2024	2,50	2,10	2,30
07.2024	0,80	1,20	1,00

ÁNH SÁNG

CHỈ TIÊU	Ánh sáng (Lux)
Hòn Chồng	2.894,86
Hòn Cút Chim	3.299,71
Trung bình toàn vùng	3.097,29
Hòn Chồng	1.895,45
Hòn Cút Chim	2.166,10
Trung bình toàn vùng	2.030,78
Hòn Chồng	1.479,82
Hòn Cút Chim	1.677,51
Trung bình toàn vùng	1.578,67
Hòn Chồng	844,37
Hòn Cút Chim	2.015,02
Trung bình toàn vùng	1.429,69
Hòn Chồng	798,45
Hòn Cút Chim	1.785,74
Trung bình toàn vùng	1.292,10
Hòn Chồng	805,21
Hòn Cút Chim	1.564,45
Trung bình toàn vùng	1.184,83
Hòn Chồng	1.577,65
Hòn Cút Chim	2.457,91
Trung bình toàn vùng	2.017,78
Hòn Chồng	2.636,10
Hòn Cút Chim	2.884,81
Trung bình toàn vùng	2.760,46
Hòn Chồng	2.489,54
Hòn Cút Chim	2.148,73
Trung bình toàn vùng	2.319,14
Hòn Chồng	2.894,11
Hòn Cút Chim	3.365,32
Trung bình toàn vùng	3.129,72
Hòn Chồng	3.245,20
Hòn Cút Chim	4.789,80
Trung bình toàn vùng	4.017,50
Hòn Chồng	1.949,45
Hòn Cút Chim	3.451,10

<i>Trung bình toàn vùng</i>	2.700,28
Hòn Chồng	3.589,50
Hòn Cút Chim	4.845,60
<i>Trung bình toàn vùng</i>	4.217,55
Hòn Chồng	5.485,40
Hòn Cút Chim	3.954,10
<i>Trung bình toàn vùng</i>	4.719,75
Hòn Chồng	
Hòn Cút Chim	
<i>Trung bình toàn vùng</i>	

Thời gian	Hòn Chồng	Hòn Cút Chim	Trung bình toàn vùng
08.2023	35,07	40,07	37,57
09.2023	27,38	31,03	29,21
10.2023	15,62	37,28	26,45
11.2023	14,77	33,04	23,90
12.2023	14,90	28,94	21,92
01.2024	29,19	45,47	37,33
02.2024	48,77	53,37	51,07
03.2024	46,06	39,75	42,90
04.2024	53,54	62,26	57,90
05.2024	60,04	88,61	74,32
06.2024	36,06	63,85	49,96
07.2024	66,41	89,64	78,02

DO

CHỈ TIÊU	DO (mg/L)
Hòn Chồng	6,52
Hòn Cút Chim	6,45
<i>Trung bình toàn vùng</i>	6,49
Hòn Chồng	6,67
Hòn Cút Chim	6,81
<i>Trung bình toàn vùng</i>	6,74
Hòn Chồng	6,74
Hòn Cút Chim	6,70
<i>Trung bình toàn vùng</i>	6,72
Hòn Chồng	7,28
Hòn Cút Chim	7,44
<i>Trung bình toàn vùng</i>	7,36
Hòn Chồng	7,15
Hòn Cút Chim	7,21
<i>Trung bình toàn vùng</i>	7,18
Hòn Chồng	6,78
Hòn Cút Chim	6,66
<i>Trung bình toàn vùng</i>	6,72
Hòn Chồng	6,69
Hòn Cút Chim	6,65
<i>Trung bình toàn vùng</i>	6,67
Hòn Chồng	6,57
Hòn Cút Chim	6,64

<i>Trung bình toàn vùng</i>	6,61
Hòn Chồng	6,81
Hòn Cút Chim	6,57
<i>Trung bình toàn vùng</i>	6,69
Hòn Chồng	6,15
Hòn Cút Chim	6,27
<i>Trung bình toàn vùng</i>	6,21
Hòn Chồng	5,93
Hòn Cút Chim	6,02
<i>Trung bình toàn vùng</i>	5,98
Hòn Chồng	6,95
Hòn Cút Chim	6,85
<i>Trung bình toàn vùng</i>	6,90
Hòn Chồng	6,63
Hòn Cút Chim	6,78
<i>Trung bình toàn vùng</i>	6,71
Hòn Chồng	6,33
Hòn Cút Chim	6,45
<i>Trung bình toàn vùng</i>	6,39
Hòn Chồng	
Hòn Cút Chim	
<i>Trung bình toàn vùng</i>	

Thời gian	Hòn Chồng	Hòn Cút Chim	Trung bình toàn vùng
08.2023	6,67	6,81	6,74
09.2023	6,74	6,70	6,72
10.2023	7,28	7,44	7,36
11.2023	7,15	7,21	7,18
12.2023	6,78	6,66	6,72
01.2024	6,69	6,65	6,67
02.2024	6,57	6,64	6,61
03.2024	6,81	6,57	6,69
04.2024	6,15	6,27	6,21
05.2024	5,93	6,02	5,98
06.2024	6,95	6,85	6,90
07.2024	6,63	6,78	6,71

COD

CHỈ TIÊU	COD (mg/L)
Hòn Chồng	0,98
Hòn Cút Chim	1,09
<i>Trung bình toàn vùng</i>	1,04
Hòn Chồng	1,02
Hòn Cút Chim	0,88
<i>Trung bình toàn vùng</i>	0,95
Hòn Chồng	1,08
Hòn Cút Chim	1,18

<i>Trung bình toàn vùng</i>	<i>1,13</i>
Hòn Chồng	1,22
Hòn Cút Chim	0,97
<i>Trung bình toàn vùng</i>	<i>1,10</i>
Hòn Chồng	1,46
Hòn Cút Chim	1,68
<i>Trung bình toàn vùng</i>	<i>1,57</i>
Hòn Chồng	1,71
Hòn Cút Chim	1,79
<i>Trung bình toàn vùng</i>	<i>1,75</i>
Hòn Chồng	1,21
Hòn Cút Chim	1,35
<i>Trung bình toàn vùng</i>	<i>1,28</i>
Hòn Chồng	1,27
Hòn Cút Chim	1,22
<i>Trung bình toàn vùng</i>	<i>1,25</i>
Hòn Chồng	1,12
Hòn Cút Chim	1,32
<i>Trung bình toàn vùng</i>	<i>1,22</i>
Hòn Chồng	0,98
Hòn Cút Chim	0,95
<i>Trung bình toàn vùng</i>	<i>0,97</i>
Hòn Chồng	1,09
Hòn Cút Chim	1,15
<i>Trung bình toàn vùng</i>	<i>1,12</i>
Hòn Chồng	1,34
Hòn Cút Chim	1,19
<i>Trung bình toàn vùng</i>	<i>1,27</i>
Hòn Chồng	1,13
Hòn Cút Chim	0,97
<i>Trung bình toàn vùng</i>	<i>1,05</i>
Hòn Chồng	
Hòn Cút Chim	
<i>Trung bình toàn vùng</i>	
Hòn Chồng	
Hòn Cút Chim	
<i>Trung bình toàn vùng</i>	

Thời gian	Hòn Chồng-COD	Hòn Cút Chim-COD
08.2023	1,02	0,88
09.2023	1,08	1,18
10.2023	1,22	0,97
11.2023	1,46	1,68
12.2023	1,71	1,79
01.2024	1,21	1,35
02.2024	1,27	1,22
03.2024	1,12	1,32

04.2024	0,98	0,95
05.2024	1,09	1,15
06.2024	1,34	1,19
07.2024	1,13	0,97

NH₄

CHỈ TIÊU	NH ₄ (µg/L)
Hòn Chồng	8,57
Hòn Cút Chim	6,05
<i>Trung bình toàn vùng</i>	7,31
Hòn Chồng	9,31
Hòn Cút Chim	10,28
<i>Trung bình toàn vùng</i>	9,80
Hòn Chồng	15,68
Hòn Cút Chim	17,05
<i>Trung bình toàn vùng</i>	16,37
Hòn Chồng	16,84
Hòn Cút Chim	15,49
<i>Trung bình toàn vùng</i>	16,17
Hòn Chồng	27,78
Hòn Cút Chim	22,31
<i>Trung bình toàn vùng</i>	25,05
Hòn Chồng	25,45
Hòn Cút Chim	29,78
<i>Trung bình toàn vùng</i>	27,62
Hòn Chồng	18,79
Hòn Cút Chim	16,50
<i>Trung bình toàn vùng</i>	17,65
Hòn Chồng	18,20
Hòn Cút Chim	20,08
<i>Trung bình toàn vùng</i>	19,14
Hòn Chồng	15,47
Hòn Cút Chim	14,05
<i>Trung bình toàn vùng</i>	14,76
Hòn Chồng	11,65
Hòn Cút Chim	9,45
<i>Trung bình toàn vùng</i>	10,55
Hòn Chồng	13,72
Hòn Cút Chim	11,57
<i>Trung bình toàn vùng</i>	12,65
Hòn Chồng	15,92
Hòn Cút Chim	14,21
<i>Trung bình toàn vùng</i>	15,07
Hòn Chồng	11,24
Hòn Cút Chim	8,52
<i>Trung bình toàn vùng</i>	9,88
Hòn Chồng	
Hòn Cút Chim	
<i>Trung bình toàn vùng</i>	
Hòn Chồng	
Hòn Cút Chim	
<i>Trung bình toàn vùng</i>	

Thời gian	Hòn Chông	Hòn Cút Chim	Trung bình toàn vùng
08.2023	0,009	0,010	0,010
09.2023	0,016	0,017	0,016
10.2023	0,017	0,015	0,016
11.2023	0,028	0,022	0,025
12.2023	0,025	0,030	0,028
01.2024	0,019	0,017	0,018
02.2024	0,018	0,020	0,019
03.2024	0,015	0,014	0,015
04.2024	0,010	0,017	0,014
05.2024	0,014	0,012	0,013
06.2024	0,016	0,014	0,015
07.2024	0,025	0,018	0,011

NO3

CHỈ TIÊU	NO3 (µg/L)
Hòn Chông	35,41
Hòn Cút Chim	32,40
Trung bình toàn vùng	33,91
Hòn Chông	30,55
Hòn Cút Chim	33,32
Trung bình toàn vùng	31,94
Hòn Chông	29,41
Hòn Cút Chim	30,21
Trung bình toàn vùng	29,81
Hòn Chông	23,26
Hòn Cút Chim	22,35
Trung bình toàn vùng	22,81
Hòn Chông	47,17
Hòn Cút Chim	45,24
Trung bình toàn vùng	46,21
Hòn Chông	55,78
Hòn Cút Chim	58,24
Trung bình toàn vùng	57,01
Hòn Chông	41,55
Hòn Cút Chim	43,03
Trung bình toàn vùng	42,29
Hòn Chông	36,90
Hòn Cút Chim	37,40
Trung bình toàn vùng	37,15
Hòn Chông	32,43
Hòn Cút Chim	30,45
Trung bình toàn vùng	31,44
Hòn Chông	28,70
Hòn Cút Chim	29,89
Trung bình toàn vùng	29,30
Hòn Chông	52,15
Hòn Cút Chim	46,21
Trung bình toàn vùng	49,18
Hòn Chông	48,32

Hòn Cút Chim	38,79
<i>Trung bình toàn vùng</i>	43,56
Hòn Chồng	32,88
Hòn Cút Chim	28,49
<i>Trung bình toàn vùng</i>	30,69
Hòn Chồng	
Hòn Cút Chim	
<i>Trung bình toàn vùng</i>	
Hòn Chồng	
Hòn Cút Chim	
<i>Trung bình toàn vùng</i>	

Thời gian	Hòn Chồng NO3	Hòn Cút Chim NO3
08.2023	0,031	0,033
09.2023	0,029	0,030
10.2023	0,023	0,022
11.2023	0,047	0,045
12.2023	0,056	0,058
01.2024	0,042	0,043
02.2024	0,037	0,037
03.2024	0,032	0,030
04.2024	0,029	0,030
05.2024	0,052	0,046
06.2024	0,048	0,039
07.2024	0,062	0,042

ĐỘ MẶN

CHỈ TIÊU	Độ mặn (‰)
Hòn Chồng	32,68
Hòn Cút Chim	32,97
<i>Trung bình toàn vùng</i>	32,83
Hòn Chồng	32,34
Hòn Cút Chim	32,54
<i>Trung bình toàn vùng</i>	32,44
Hòn Chồng	31,02
Hòn Cút Chim	31,28
<i>Trung bình toàn vùng</i>	31,15
Hòn Chồng	30,67
Hòn Cút Chim	31,29
<i>Trung bình toàn vùng</i>	30,98
Hòn Chồng	30,26
Hòn Cút Chim	30,86
<i>Trung bình toàn vùng</i>	30,56
Hòn Chồng	31,47
Hòn Cút Chim	31,89
<i>Trung bình toàn vùng</i>	31,68
Hòn Chồng	32,05
Hòn Cút Chim	32,16
<i>Trung bình toàn vùng</i>	32,11
Hòn Chồng	32,43

Hòn Cút Chim	32,55
<i>Trung bình toàn vùng</i>	32,49
Hòn Chồng	33,18
Hòn Cút Chim	33,34
<i>Trung bình toàn vùng</i>	33,26
Hòn Chồng	33,27
Hòn Cút Chim	33,46
<i>Trung bình toàn vùng</i>	33,37
Hòn Chồng	33,53
Hòn Cút Chim	33,48
<i>Trung bình toàn vùng</i>	33,51
Hòn Chồng	33,45
Hòn Cút Chim	33,34
<i>Trung bình toàn vùng</i>	33,40
Hòn Chồng	33,62
Hòn Cút Chim	33,64
<i>Trung bình toàn vùng</i>	33,63
Hòn Chồng	33,65
Hòn Cút Chim	33,47
<i>Trung bình toàn vùng</i>	33,56
Hòn Chồng	
Hòn Cút Chim	
<i>Trung bình toàn vùng</i>	

Thời gian	Hòn Chồng (‰)	Hòn Cút Chim (‰)	Trung bình toàn vùng
08.2023	32,34	32,54	32,44
09.2023	31,02	31,28	31,15
10.2023	30,67	31,29	30,98
11.2023	30,26	30,86	30,56
12.2023	31,47	31,89	31,68
01.2024	32,05	32,16	32,11
02.2024	32,43	32,55	32,49
03.2024	33,18	33,34	33,26
04.2024	33,27	33,46	33,37
05.2024	33,53	33,48	33,51
06.2024	33,45	33,34	33,40
07.2024	33,62	33,64	33,63

NHIỆT ĐỘ

CHỈ TIÊU	Nhiệt độ (°C)
Hòn Chồng	28,50
Hòn Cút Chim	28,10
<i>Trung bình toàn vùng</i>	28,30
Hòn Chồng	29,00
Hòn Cút Chim	28,20
<i>Trung bình toàn vùng</i>	28,60
Hòn Chồng	29,70
Hòn Cút Chim	29,10
<i>Trung bình toàn vùng</i>	29,40
Hòn Chồng	29,40
Hòn Cút Chim	28,50
<i>Trung bình toàn vùng</i>	28,95

Hòn Chồng	26,90
Hòn Cút Chim	26,60
Trung bình toàn vùng	26,75
Hòn Chồng	25,50
Hòn Cút Chim	25,30
Trung bình toàn vùng	25,40
Hòn Chồng	25,30
Hòn Cút Chim	25,10
Trung bình toàn vùng	25,20
Hòn Chồng	27,60
Hòn Cút Chim	27,40
Trung bình toàn vùng	27,50
Hòn Chồng	27,40
Hòn Cút Chim	26,80
Trung bình toàn vùng	27,10
Hòn Chồng	28,30
Hòn Cút Chim	28,00
Trung bình toàn vùng	28,15
Hòn Chồng	29,00
Hòn Cút Chim	28,40
Trung bình toàn vùng	28,70
Hòn Chồng	26,90
Hòn Cút Chim	26,50
Trung bình toàn vùng	26,70
Hòn Chồng	27,10
Hòn Cút Chim	26,40
Trung bình toàn vùng	26,75
Hòn Chồng	27,20
Hòn Cút Chim	28,50
Trung bình toàn vùng	27,85
Hòn Chồng	
Hòn Cút Chim	
Trung bình toàn vùng	

Thời gian	Hòn Chồng t°C	Hòn Cút Chim t°C	Trung bình toàn vùng
08.2023	29,00	28,20	28,60
09.2023	29,70	29,10	29,40
10.2023	29,40	28,50	28,95
11.2023	26,90	26,60	26,75
12.2023	26,20	26,30	25,40
01.2024	25,30	25,10	25,20
02.2024	27,60	27,40	27,50
03.2024	27,40	26,80	27,10
04.2024	28,30	28,00	28,15
05.2024	29,90	29,80	29,85
06.2024	29,70	29,50	29,60
07.2024	28,80	28,70	28,75

pH

CHỈ TIÊU	Ngày	pH
----------	------	----

Bãi Tiên	31/07/2023	8,11
Hòn Cút Chim	31/07/2023	8,13
Trung bình toàn vùng	07.2023	8,12
Bãi Tiên	31/08/2023	8,09
Hòn Cút Chim	31/08/2023	8,10
Trung bình toàn vùng	08.2023	8,10
Bãi Tiên	19/09/2023	8,09
Hòn Cút Chim	19/09/2023	8,08
Trung bình toàn vùng	09.2023	8,09
Bãi Tiên	27/10/2023	8,07
Hòn Cút Chim	27/10/2023	8,06
Trung bình toàn vùng	10.2023	8,07
Bãi Tiên	30/11/2023	8,08
Hòn Cút Chim	30/11/2023	8,06
Trung bình toàn vùng	11.2023	8,07
Bãi Tiên	28/12/2023	8,07
Hòn Cút Chim	28/12/2023	8,09
Trung bình toàn vùng	12.2023	8,08
Bãi Tiên	25/01/2024	8,05
Hòn Cút Chim	25/01/2024	8,05
Trung bình toàn vùng	01.2024	8,05
Bãi Tiên	21/02/2024	8,02
Hòn Cút Chim	21/02/2024	8,05
Trung bình toàn vùng	02.2024	8,04
Bãi Tiên	26/03/2024	8,09
Hòn Cút Chim	26/03/2024	8,09
Trung bình toàn vùng	03.2024	8,09
Bãi Tiên	24/04/2024	8,10
Hòn Cút Chim	24/04/2024	8,08
Trung bình toàn vùng	04.2024	8,09
Bãi Tiên	25/05/2024	8,06
Hòn Cút Chim	25/05/2024	8,04
Trung bình toàn vùng	05.2024	8,05
Bãi Tiên	24/06/2024	8,08
Hòn Cút Chim	24/06/2024	8,07
Trung bình toàn vùng	06.2024	8,08
Bãi Tiên	18/07/2024	8,05
Hòn Cút Chim	18/07/2024	8,06
Trung bình toàn vùng	07.2024	8,06
Bãi Tiên	01/08/2024	
Hòn Cút Chim	01/08/2024	
Trung bình toàn vùng	08.2024	
Bãi Tiên	01/09/2024	
Hòn Cút Chim	01/09/2024	
Trung bình toàn vùng	09.2024	

Thời gian	Hòn Chồng	Hòn Cút Chim
08.2023	8,09	8,1
09.2023	8,09	8,08
10.2023	8,07	8,06

11.2023	8,08	8,06
12.2023	8,07	8,09
01.2024	8,05	8,05
02.2024	8,02	8,05
03.2024	8,09	8,09
04.2024	8,1	8,08
05.2024	8,06	8,04
06.2024	8,08	8,07
07.2024	8,05	8,06

Số liệu đặc điểm sinh học sinh sản

		Đực	Cái	Tổng số mẫu	Tỷ lệ cá thể đực	Tỷ lệ cá thể cái	Tỷ lệ đực cái
1	T 8/23	11	9	20	0.55	0.45	1.22
2	T 9/23	12	8	20	0.60	0.40	1.50
3	T 10/23	12	8	20	0.60	0.40	1.50
4	T 11/23	13	7	20	0.65	0.35	1.86
5	T 12/23	11	9	20	0.55	0.45	1.22
6	T 1/24	9	11	20	0.45	0.55	0.82
7	T2/24	12	8	20	0.60	0.40	1.50
8	3/17/2024	12	8	20	0.60	0.40	1.50
9	3/20/2024	10	10	20	0.50	0.50	1.00
10	3/23/2024	12	8	20	0.60	0.40	1.50
11	3/27/2024	11	9	20	0.55	0.45	1.22
12	3/30/2024	11	9	20	0.55	0.45	1.22
13	T4/24	13	7	20	0.65	0.35	1.86
14	T5/24	23	17	40	0.58	0.43	1.35
15	T6/24	25	15	40	0.63	0.38	1.67
16	T7/24	20	20	40	0.50	0.50	1.00
		217	163				1.33
	Tổng	380					

PHỤ LỤC 3 - BẢNG KIỂM ĐỊNH THỐNG KÊ ANOVA CHI TIẾT VÀ BẬC TỰ DO (DF) CỦA CÁC THÍ NGHIỆM SINH SẢN VÔ TÍNH:

Ảnh hưởng của Lugol đến Thời gian bám chân, hàm lượng hữu cơ và tỷ lệ sống

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
%OW	1.00	35.3333	1.22353	.70641	32.2939	38.3728	34.29	36.68
	2.00	35.6067	.96262	.55577	33.2154	37.9979	34.50	36.25
	3.00	35.0767	.80258	.46337	33.0829	37.0704	34.15	35.55
	4.00	34.8700	1.17554	.67870	31.9498	37.7902	33.60	35.92
	5.00	36.3200	1.11611	.64439	33.5474	39.0926	35.04	37.09
	6.00	38.7733	.88512	.51102	36.5746	40.9721	37.80	39.53
	7.00	40.6733	.51926	.29980	39.3834	41.9633	40.12	41.15
	8.00	41.6367	1.00326	.57923	39.1444	44.1289	40.59	42.59
	9.00	37.4500	.72021	.41581	35.6609	39.2391	36.99	38.28
	10.00	42.1767	1.80015	1.03932	37.7049	46.6485	40.15	43.59
	11.00	42.9633	1.53324	.88522	39.1545	46.7721	41.98	44.73
	12.00	41.9567	.51868	.29946	40.6682	43.2451	41.52	42.53
	13.00	40.1200	1.05504	.60913	37.4991	42.7409	39.07	41.18
	14.00	38.7233	.60797	.35101	37.2130	40.2336	38.18	39.38
	15.00	36.9767	1.15093	.66449	34.1176	39.8357	35.67	37.84
	16.00	35.4500	1.03286	.59632	32.8842	38.0158	34.29	36.27
	Total	38.3817	2.93823	.42410	37.5285	39.2348	33.60	44.73
day	1.00	14.3933	.32960	.19029	13.5746	15.2121	14.10	14.75
	2.00	14.4733	.41187	.23779	13.4502	15.4965	14.00	14.75
	3.00	14.4600	.30050	.17349	13.7135	15.2065	14.17	14.77
	4.00	14.3433	.51033	.29464	13.0756	15.6111	13.92	14.91
	5.00	14.1500	.24062	.13892	13.5523	14.7477	13.90	14.38
	6.00	11.9633	.74191	.42834	10.1203	13.8063	11.17	12.64
	7.00	8.7333	.42771	.24694	7.6709	9.7958	8.36	9.20
	8.00	9.3833	.28290	.16333	8.6806	10.0861	9.07	9.62
	9.00	10.9400	.59025	.34078	9.4737	12.4063	10.36	11.54
	10.00	8.7500	.35384	.20429	7.8710	9.6290	8.43	9.13
	11.00	10.1200	.29206	.16862	9.3945	10.8455	9.85	10.43
	12.00	11.4700	.33867	.19553	10.6287	12.3113	11.08	11.69
	13.00	12.0000	.86603	.50000	9.8487	14.1513	11.50	13.00
	14.00	10.5467	.14572	.08413	10.1847	10.9086	10.43	10.71
	15.00	12.8767	.56448	.32590	11.4744	14.2789	12.40	13.50
	16.00	13.9100	.47149	.27221	12.7388	15.0812	13.40	14.33
	Total	12.0321	2.11179	.30481	11.4189	12.6453	8.36	14.91
%	1.00	76.67	2.887	1.667	69.50	83.84	75	80
	2.00	75.00	5.000	2.887	62.58	87.42	70	80
	3.00	75.00	5.000	2.887	62.58	87.42	70	80
	4.00	71.67	5.774	3.333	57.32	86.01	65	75
	5.00	78.33	2.887	1.667	71.16	85.50	75	80
	6.00	78.33	2.887	1.667	71.16	85.50	75	80
	7.00	85.00	5.000	2.887	72.58	97.42	80	90
	8.00	83.33	2.887	1.667	76.16	90.50	80	85
	9.00	81.67	2.887	1.667	74.50	88.84	80	85

	10.00	85.00	5.000	2.887	72.58	97.42	80	90
	11.00	81.67	2.887	1.667	74.50	88.84	80	85
	12.00	76.67	5.774	3.333	62.32	91.01	70	80
	13.00	76.67	5.774	3.333	62.32	91.01	70	80
	14.00	78.33	2.887	1.667	71.16	85.50	75	80
	15.00	76.67	2.887	1.667	69.50	83.84	75	80
	16.00	71.67	2.887	1.667	64.50	78.84	70	75
	Total	78.23	5.309	.766	76.69	79.77	65	90
%	1.00	66.67	7.638	4.410	47.69	85.64	60	75
	2.00	70.00	5.000	2.887	57.58	82.42	65	75
	3.00	66.67	5.774	3.333	52.32	81.01	60	70
	4.00	66.67	7.638	4.410	47.69	85.64	60	75
	5.00	66.67	2.887	1.667	59.50	73.84	65	70
	6.00	73.33	2.887	1.667	66.16	80.50	70	75
	7.00	76.67	2.887	1.667	69.50	83.84	75	80
	8.00	71.67	2.887	1.667	64.50	78.84	70	75
	9.00	71.67	2.887	1.667	64.50	78.84	70	75
	10.00	75.00	5.000	2.887	62.58	87.42	70	80
	11.00	71.67	2.887	1.667	64.50	78.84	70	75
	12.00	70.00	5.000	2.887	57.58	82.42	65	75
	13.00	70.00	5.000	2.887	57.58	82.42	65	75
	14.00	68.33	2.887	1.667	61.16	75.50	65	70
	15.00	66.67	2.887	1.667	59.50	73.84	65	70
	16.00	61.67	2.887	1.667	54.50	68.84	60	65
	Total	69.58	5.242	.757	68.06	71.11	60	80
%	1.00	56.67	5.774	3.333	42.32	71.01	50	60
	2.00	56.67	5.774	3.333	42.32	71.01	50	60
	3.00	56.67	10.408	6.009	30.81	82.52	45	65
	4.00	55.00	5.000	2.887	42.58	67.42	50	60
	5.00	58.33	7.638	4.410	39.36	77.31	50	65
	6.00	65.00	5.000	2.887	52.58	77.42	60	70
	7.00	71.67	2.887	1.667	64.50	78.84	70	75
	8.00	66.67	2.887	1.667	59.50	73.84	65	70
	9.00	61.67	5.774	3.333	47.32	76.01	55	65
	10.00	71.67	7.638	4.410	52.69	90.64	65	80
	11.00	65.00	5.000	2.887	52.58	77.42	60	70
	12.00	61.67	5.774	3.333	47.32	76.01	55	65
	13.00	58.33	2.887	1.667	51.16	65.50	55	60
	14.00	66.67	5.774	3.333	52.32	81.01	60	70
	15.00	55.00	5.000	2.887	42.58	67.42	50	60
	16.00	53.33	5.774	3.333	38.99	67.68	50	60
	Total	61.25	7.544	1.089	59.06	63.44	45	80

Ảnh hưởng Lugol đến SGR

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
%/day	1.00	3.0833	.27209	.15709	2.4074	3.7592	2.77	3.26
	2.00	3.4533	.42063	.24285	2.4084	4.4982	3.02	3.86
	3.00	4.4133	.32036	.18496	3.6175	5.2092	4.15	4.77

	4.00	3.0500	1.38795	.80133	-.3979	6.4979	2.17	4.65
	5.00	3.9167	1.30470	.75327	.6756	7.1577	3.08	5.42
	6.00	3.4300	.29816	.17214	2.6893	4.1707	3.18	3.76
	7.00	6.6967	.83429	.48168	4.6242	8.7691	5.80	7.45
	8.00	5.8233	1.09911	.63457	3.0930	8.5537	4.56	6.56
	9.00	5.2200	.34771	.20075	4.3562	6.0838	4.99	5.62
	10.00	6.1733	.59164	.34158	4.7036	7.6430	5.50	6.61
	11.00	5.1233	.23352	.13482	4.5432	5.7034	4.87	5.33
	12.00	5.0400	.04583	.02646	4.9262	5.1538	4.99	5.08
	13.00	2.8567	1.85087	1.06860	-1.7412	7.4545	1.27	4.89
	14.00	5.3000	.84965	.49054	3.1894	7.4106	4.77	6.28
	15.00	3.1200	.45133	.26058	1.9988	4.2412	2.83	3.64
	16.00	3.2667	1.08924	.62887	.5609	5.9725	2.01	3.94
	Total	4.3729	1.42487	.20566	3.9592	4.7867	1.27	7.45
%/day	1.00	.3833	.02887	.01667	.3116	.4550	.35	.40
	2.00	.3367	.10970	.06333	.0642	.6092	.25	.46
	3.00	.3467	.03786	.02186	.2526	.4407	.32	.39
	4.00	.3233	.08505	.04910	.1121	.5346	.26	.42
	5.00	.3833	.06807	.03930	.2142	.5524	.33	.46
	6.00	.4133	.05859	.03383	.2678	.5589	.37	.48
	7.00	.3367	.04509	.02603	.2247	.4487	.29	.38
	8.00	.3533	.07572	.04372	.1652	.5414	.30	.44
	9.00	.2867	.05132	.02963	.1592	.4141	.23	.33
	10.00	.3867	.10017	.05783	.1378	.6355	.29	.49
	11.00	.3867	.04726	.02728	.2693	.5041	.35	.44
	12.00	.3700	.12124	.07000	.0688	.6712	.24	.48
	13.00	.4533	.06429	.03712	.2936	.6130	.38	.50
	14.00	.2767	.06110	.03528	.1249	.4284	.21	.33
	15.00	.3767	.07234	.04177	.1970	.5564	.33	.46
	16.00	.3167	.09074	.05239	.0913	.5421	.25	.42
	Total	.3581	.07584	.01095	.3361	.3801	.21	.50
%/day	1.00	3.2233	1.47164	.84965	-.4324	6.8791	1.87	4.79
	2.00	2.6433	.97007	.56007	.2335	5.0531	1.94	3.75
	3.00	4.1567	.22189	.12811	3.6055	4.7079	3.92	4.36
	4.00	1.9000	1.43530	.82867	-1.6655	5.4655	.31	3.10
	5.00	3.0000	.39686	.22913	2.0141	3.9859	2.70	3.45
	6.00	2.6733	1.01036	.58333	.1635	5.1832	1.59	3.59
	7.00	1.7733	1.06453	.61461	-.8711	4.4178	.77	2.89
	8.00	3.0533	1.64172	.94785	-1.0249	7.1316	1.37	4.65
	9.00	2.2667	1.22451	.70697	-.7752	5.3085	.91	3.29
	10.00	2.6167	.60053	.34671	1.1249	4.1085	2.26	3.31
	11.00	1.7233	.19140	.11050	1.2479	2.1988	1.52	1.90
	12.00	2.2933	1.48194	.85560	-1.3880	5.9747	.98	3.90
	13.00	1.6333	1.88214	1.08665	-3.0421	6.3088	.04	3.71
	14.00	1.4367	.26407	.15246	.7807	2.0927	1.15	1.67
	15.00	2.6933	.81819	.47238	.6608	4.7258	2.01	3.60
	16.00	2.0933	.45938	.26523	.9522	3.2345	1.59	2.49
	Total	2.4488	1.13150	.16332	2.1202	2.7773	.04	4.79
%/day	1.00	1.0133	.03786	.02186	.9193	1.1074	.97	1.04
	2.00	1.0233	.15567	.08988	.6366	1.4100	.86	1.17

3.00	.9633	.04041	.02333	.8629	1.0637	.92	1.00
4.00	1.2133	.25697	.14836	.5750	1.8517	1.06	1.51
5.00	1.1133	.09074	.05239	.8879	1.3387	1.03	1.21
6.00	1.1733	.21548	.12441	.6380	1.7086	.95	1.38
7.00	1.3267	.04041	.02333	1.2263	1.4271	1.29	1.37
8.00	1.2567	.14364	.08293	.8998	1.6135	1.15	1.42
9.00	1.2267	.17010	.09821	.8041	1.6492	1.10	1.42
10.00	1.2433	.11547	.06667	.9565	1.5302	1.11	1.31
11.00	1.2067	.11150	.06438	.9297	1.4837	1.08	1.29
12.00	1.1933	.15373	.08876	.8114	1.5752	1.09	1.37
13.00	1.2700	.23580	.13614	.6842	1.8558	1.01	1.47
14.00	1.1800	.13892	.08021	.8349	1.5251	1.09	1.34
15.00	1.0500	.08888	.05132	.8292	1.2708	.95	1.12
16.00	1.0600	.07937	.04583	.8628	1.2572	.97	1.12
Total	1.1571	.15888	.02293	1.1109	1.2032	.86	1.51

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Chlo0	1.00	4054.00	482.507	278.576	2855.39	5252.61	3745	4610
	2.00	3981.33	481.803	278.169	2784.47	5178.20	3529	4488
	3.00	3775.67	365.730	211.154	2867.14	4684.19	3494	4189
	4.00	3890.00	581.925	335.975	2444.42	5335.58	3493	4558
	5.00	3941.67	520.117	300.289	2649.63	5233.71	3403	4441
	6.00	4157.67	463.263	267.465	3006.86	5308.48	3784	4676
	7.00	4163.00	364.416	210.396	3257.74	5068.26	3753	4450
	8.00	4430.33	403.765	233.114	3427.32	5433.34	3965	4688
	9.00	3912.67	476.355	275.024	2729.33	5096.00	3562	4455
	10.00	4286.67	447.299	258.248	3175.51	5397.82	3999	4802
	11.00	3847.33	393.170	226.997	2870.65	4824.02	3461	4247
	12.00	3946.67	446.195	257.611	2838.26	5055.08	3607	4452
	13.00	3908.33	561.607	324.244	2513.22	5303.44	3422	4523
	14.00	3730.33	296.524	171.198	2993.73	4466.94	3504	4066
	15.00	3705.00	204.795	118.238	3196.26	4213.74	3574	3941
	16.00	3518.67	229.785	132.667	2947.85	4089.49	3334	3776
	Total	3953.08	421.570	60.848	3830.67	4075.49	3334	4802
Chlo3	1.00	1799.67	230.261	132.942	1227.67	2371.67	1631	2062
	2.00	1898.00	337.222	194.695	1060.29	2735.71	1513	2141
	3.00	1891.33	367.282	212.051	978.95	2803.71	1469	2136
	4.00	2008.67	121.541	70.172	1706.74	2310.59	1889	2132
	5.00	2090.00	191.948	110.821	1613.17	2566.83	1888	2270
	6.00	1979.33	323.298	186.656	1176.22	2782.45	1630	2268
	7.00	2245.67	145.603	84.064	1883.97	2607.37	2097	2388
	8.00	2041.33	196.531	113.467	1553.12	2529.54	1837	2229
	9.00	1971.33	252.136	145.571	1344.99	2597.67	1688	2171
	10.00	2208.33	224.736	129.751	1650.06	2766.61	1951	2366
	11.00	2086.67	215.273	124.288	1551.90	2621.43	1852	2275
	12.00	1885.00	154.619	89.269	1500.91	2269.09	1727	2036
	13.00	1832.67	242.908	140.243	1229.25	2436.08	1671	2112

	14.00	2006.67	130.634	75.422	1682.15	2331.18	1862	2116
	15.00	1795.33	138.637	80.042	1450.94	2139.73	1665	1941
	16.00	1771.67	48.170	27.811	1652.01	1891.33	1726	1822
	Total	1969.48	231.300	33.385	1902.32	2036.64	1469	2388
Chlo6	1.00	1802.67	175.015	101.045	1367.90	2237.43	1608	1947
	2.00	1789.33	43.097	24.882	1682.27	1896.39	1756	1838
	3.00	1752.33	63.846	36.862	1593.73	1910.94	1713	1826
	4.00	1809.33	119.885	69.215	1511.52	2107.14	1671	1883
	5.00	1964.00	151.248	87.323	1588.28	2339.72	1818	2120
	6.00	1847.00	105.660	61.003	1584.53	2109.47	1785	1969
	7.00	1844.67	79.431	45.860	1647.35	2041.98	1758	1914
	8.00	1760.00	128.643	74.272	1440.43	2079.57	1647	1900
	9.00	1783.33	111.253	64.232	1506.96	2059.70	1668	1890
	10.00	1864.33	143.514	82.858	1507.82	2220.84	1709	1992
	11.00	1797.00	152.974	88.319	1416.99	2177.01	1621	1898
	12.00	1729.00	122.854	70.930	1423.81	2034.19	1618	1861
	13.00	1693.67	86.962	50.207	1477.64	1909.69	1602	1775
	14.00	1881.00	63.214	36.497	1723.97	2038.03	1815	1941
	15.00	1733.67	67.855	39.176	1565.10	1902.23	1693	1812
	16.00	1793.00	71.861	41.489	1614.49	1971.51	1741	1875
	Total	1802.77	113.154	16.332	1769.91	1835.63	1602	2120
Chlo9	1.00	2745.67	296.387	171.119	2009.40	3481.93	2411	2975
	2.00	2988.00	176.179	101.717	2550.35	3425.65	2785	3101
	3.00	3081.67	232.087	133.995	2505.13	3658.20	2816	3245
	4.00	2864.67	130.451	75.316	2540.61	3188.72	2716	2960
	5.00	3117.33	185.228	106.941	2657.20	3577.46	2908	3260
	6.00	3168.00	302.554	174.680	2416.41	3919.59	2835	3426
	7.00	3100.67	169.801	98.035	2678.86	3522.48	2907	3224
	8.00	2894.33	706.507	407.902	1139.27	4649.39	2079	3326
	9.00	3190.67	370.778	214.069	2269.60	4111.73	2893	3606
	10.00	3174.33	242.110	139.782	2572.90	3775.77	2913	3391
	11.00	2898.00	170.212	98.272	2475.17	3320.83	2712	3046
	12.00	2896.33	335.150	193.499	2063.78	3728.89	2655	3279
	13.00	3279.33	100.381	57.955	3029.97	3528.69	3192	3389
	14.00	3004.33	179.266	103.499	2559.01	3449.66	2848	3200
	15.00	2726.00	264.278	152.581	2069.50	3382.50	2425	2920
	16.00	2722.00	273.474	157.890	2042.65	3401.35	2418	2948
	Total	2990.71	296.997	42.868	2904.47	3076.95	2079	3606
Chlo12	1.00	3165.33	99.606	57.507	2917.90	3412.77	3054	3246
	2.00	3124.67	181.332	104.692	2674.21	3575.12	3016	3334
	3.00	3154.00	143.094	82.616	2798.53	3509.47	3014	3300
	4.00	3207.00	94.504	54.562	2972.24	3441.76	3113	3302
	5.00	3124.33	113.103	65.300	2843.37	3405.30	3046	3254
	6.00	3233.00	119.616	69.060	2935.86	3530.14	3137	3367
	7.00	3462.67	221.451	127.855	2912.55	4012.78	3254	3695
	8.00	3336.67	71.515	41.289	3159.01	3514.32	3266	3409
	9.00	3283.67	61.158	35.310	3131.74	3435.59	3243	3354
	10.00	3493.33	181.583	104.837	3042.26	3944.41	3298	3657
	11.00	3390.00	123.705	71.421	3082.70	3697.30	3292	3529
	12.00	3270.67	162.903	94.052	2865.99	3675.34	3124	3446
	13.00	3235.00	116.116	67.040	2946.55	3523.45	3122	3354

	14.00	3379.00	105.128	60.696	3117.85	3640.15	3271	3481
	15.00	3052.33	162.057	93.563	2649.76	3454.90	2902	3224
	16.00	3017.00	94.573	54.602	2782.07	3251.93	2929	3117
	Total	3245.54	176.409	25.462	3194.32	3296.77	2902	3695
Chlo15	1.00	3516.33	161.939	93.496	3114.05	3918.61	3377	3694
	2.00	3441.00	206.826	119.411	2927.22	3954.78	3297	3678
	3.00	3457.67	223.025	128.764	2903.64	4011.69	3209	3640
	4.00	3354.00	176.570	101.943	2915.38	3792.62	3210	3551
	5.00	3409.67	158.324	91.408	3016.37	3802.96	3267	3580
	6.00	3470.67	316.268	182.597	2685.01	4256.32	3220	3826
	7.00	3820.00	98.148	56.666	3576.19	4063.81	3716	3911
	8.00	3891.33	97.027	56.019	3650.30	4132.36	3793	3987
	9.00	3516.00	182.033	105.097	3063.81	3968.19	3336	3700
	10.00	3673.00	158.830	91.701	3278.44	4067.56	3490	3775
	11.00	3645.67	146.712	84.704	3281.21	4010.12	3545	3814
	12.00	3468.33	132.259	76.360	3139.78	3796.88	3345	3608
	13.00	3460.00	139.270	80.407	3114.04	3805.96	3316	3594
	14.00	3612.00	278.512	160.799	2920.14	4303.86	3332	3889
	15.00	3465.00	87.504	50.521	3247.63	3682.37	3378	3553
	16.00	3406.67	152.821	88.231	3027.04	3786.30	3279	3576
	Total	3537.96	210.035	30.316	3476.97	3598.95	3209	3987

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Chlo18	1.00	3904.00	110.109	63.571	3630.47	4177.53	3812	4026
	2.00	3814.67	296.591	171.237	3077.89	4551.44	3635	4157
	3.00	4035.00	230.104	132.851	3463.39	4606.61	3793	4251
	4.00	4038.67	180.877	104.429	3589.34	4487.99	3885	4238
	5.00	4068.67	215.019	124.141	3534.53	4602.80	3832	4252
	6.00	3982.33	235.852	136.169	3396.44	4568.22	3710	4120
	7.00	4151.33	491.295	283.649	2930.89	5371.78	3814	4715
	8.00	4186.00	135.503	78.233	3849.39	4522.61	4075	4337
	9.00	3955.00	144.357	83.345	3596.40	4313.60	3830	4113
	10.00	4305.00	134.056	77.397	3971.99	4638.01	4154	4410
	11.00	4128.33	174.512	100.754	3694.82	4561.84	3955	4304
	12.00	4042.00	103.523	59.769	3784.83	4299.17	3945	4151
	13.00	4145.67	256.827	148.279	3507.67	4783.66	3861	4360
	14.00	4295.67	136.866	79.020	3955.67	4635.66	4139	4392
	15.00	3982.00	136.722	78.937	3642.36	4321.64	3883	4138
	16.00	4119.33	171.051	98.756	3694.42	4544.25	3926	4251
	Total	4072.10	221.517	31.973	4007.78	4136.43	3635	4715
Chlo21	1.00	4159.67	147.751	85.304	3792.63	4526.70	4029	4320
	2.00	4208.00	62.386	36.019	4053.02	4362.98	4170	4280
	3.00	4240.33	138.551	79.992	3896.15	4584.51	4086	4354
	4.00	4263.33	185.152	106.898	3803.39	4723.28	4074	4444
	5.00	4292.33	248.679	143.575	3674.58	4910.09	4093	4571
	6.00	4208.67	160.104	92.436	3810.95	4606.39	4052	4372
	7.00	4537.33	256.964	148.358	3899.00	5175.67	4243	4717
	8.00	4584.00	308.589	178.164	3817.42	5350.58	4265	4881

	9.00	4363.67	281.454	162.498	3664.50	5062.84	4135	4678
	10.00	4515.00	163.184	94.214	4109.63	4920.37	4327	4620
	11.00	4531.67	147.392	85.097	4165.53	4897.81	4374	4666
	12.00	4304.33	414.903	239.544	3273.66	5335.01	4017	4780
	13.00	4363.00	237.905	137.355	3772.01	4953.99	4200	4636
	14.00	4358.33	341.500	197.165	3510.00	5206.67	4017	4700
	15.00	4454.67	258.815	149.427	3811.73	5097.60	4180	4694
	16.00	4449.67	339.347	195.922	3606.68	5292.65	4074	4734
	Total	4364.63	242.937	35.065	4294.08	4435.17	4017	4881
Chlo24	1.00	4472.67	365.191	210.843	3565.48	5379.85	4051	4687
	2.00	4624.00	210.350	121.445	4101.46	5146.54	4385	4781
	3.00	4252.33	247.124	142.677	3638.44	4866.22	4026	4516
	4.00	4429.67	104.644	60.416	4169.72	4689.62	4346	4547
	5.00	4255.67	2.887	1.667	4248.50	4262.84	4254	4259
	6.00	4294.67	351.654	203.027	3421.11	5168.22	4046	4697
	7.00	4516.67	275.391	158.997	3832.56	5200.78	4276	4817
	8.00	4628.33	116.001	66.973	4340.17	4916.50	4501	4728
	9.00	4509.00	374.524	216.231	3578.63	5439.37	4103	4841
	10.00	4406.67	135.537	78.252	4069.97	4743.36	4307	4561
	11.00	4610.33	166.920	96.371	4195.68	5024.99	4422	4740
	12.00	4474.67	214.556	123.874	3941.68	5007.65	4227	4604
	13.00	4261.67	185.044	106.835	3801.99	4721.34	4079	4449
	14.00	4557.33	114.072	65.859	4273.96	4840.70	4427	4639
	15.00	4446.67	170.998	98.726	4021.88	4871.45	4306	4637
	16.00	4464.00	113.912	65.767	4181.03	4746.97	4340	4564
	Total	4450.27	221.747	32.006	4385.88	4514.66	4026	4841
Chlo27	1.00	4705.67	281.958	162.789	4005.24	5406.09	4382	4898
	2.00	4652.00	184.941	106.775	4192.58	5111.42	4441	4786
	3.00	4494.00	156.291	90.235	4105.75	4882.25	4317	4613
	4.00	4662.33	217.238	125.422	4122.68	5201.98	4472	4899
	5.00	4596.33	295.014	170.326	3863.48	5329.19	4303	4893
	6.00	4605.33	135.964	78.499	4267.58	4943.09	4449	4696
	7.00	4772.67	132.364	76.421	4443.86	5101.48	4635	4899
	8.00	4589.67	134.842	77.851	4254.70	4924.63	4438	4696
	9.00	4499.00	122.748	70.868	4194.08	4803.92	4358	4582
	10.00	4716.33	157.507	90.936	4325.07	5107.60	4558	4873
	11.00	4417.33	100.002	57.736	4168.92	4665.75	4317	4517
	12.00	4410.33	166.206	95.959	3997.46	4823.21	4306	4602
	13.00	4542.67	251.190	145.025	3918.68	5166.66	4257	4729
	14.00	4491.00	108.291	62.522	4221.99	4760.01	4368	4572
	15.00	4473.00	173.986	100.451	4040.80	4905.20	4307	4654
	16.00	4559.67	229.722	132.630	3989.00	5130.33	4303	4746
	Total	4574.21	187.182	27.017	4519.86	4628.56	4257	4899
Chlo30	1.00	4721.00	176.372	101.828	4282.87	5159.13	4522	4858
	2.00	4586.33	223.914	129.277	4030.10	5142.57	4431	4843
	3.00	4672.67	191.218	110.400	4197.65	5147.68	4541	4892
	4.00	4610.33	234.892	135.615	4026.83	5193.84	4368	4837
	5.00	4609.33	146.323	84.479	4245.85	4972.82	4453	4743
	6.00	4828.33	30.665	17.704	4752.16	4904.51	4793	4848
	7.00	4660.67	191.430	110.522	4185.13	5136.20	4442	4798
	8.00	4767.33	138.298	79.846	4423.78	5110.88	4685	4927

9.00	4676.33	190.563	110.022	4202.95	5149.72	4483	4864
10.00	4657.00	137.884	79.607	4314.48	4999.52	4561	4815
11.00	4718.33	113.808	65.707	4435.62	5001.05	4620	4843
12.00	4609.33	161.624	93.314	4207.84	5010.83	4424	4721
13.00	4634.67	223.191	128.860	4080.23	5189.10	4417	4863
14.00	4644.00	84.256	48.645	4434.70	4853.30	4554	4721
15.00	4627.67	204.197	117.893	4120.41	5134.92	4410	4815
16.00	4709.00	141.170	81.505	4358.31	5059.69	4546	4792
Total	4670.77	154.154	22.250	4626.01	4715.53	4368	4927

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Zoox0	1.00	4.3400	.54690	.31575	2.9814	5.6986	3.75	4.83
	2.00	4.3300	.14526	.08386	3.9692	4.6908	4.18	4.47
	3.00	4.4567	.40464	.23362	3.4515	5.4618	3.99	4.71
	4.00	4.3267	.03512	.02028	4.2394	4.4139	4.29	4.36
	5.00	4.1733	.31342	.18095	3.3947	4.9519	3.91	4.52
	6.00	4.3767	.27062	.15624	3.7044	5.0489	4.16	4.68
	7.00	4.1300	.47624	.27495	2.9470	5.3130	3.77	4.67
	8.00	4.2000	.59925	.34598	2.7114	5.6886	3.69	4.86
	9.00	4.3133	.55591	.32095	2.9324	5.6943	3.74	4.85
	10.00	4.0667	.59467	.34333	2.5894	5.5439	3.42	4.59
	11.00	3.9300	.47149	.27221	2.7588	5.1012	3.42	4.35
	12.00	4.0600	.35029	.20224	3.1898	4.9302	3.75	4.44
	13.00	3.8167	.34020	.19641	2.9716	4.6618	3.47	4.15
	14.00	3.8067	.16442	.09493	3.3982	4.2151	3.62	3.93
	15.00	3.7533	.31565	.18224	2.9692	4.5374	3.51	4.11
	16.00	3.8267	.24028	.13872	3.2298	4.4235	3.58	4.06
	Total	4.1192	.40063	.05783	4.0028	4.2355	3.42	4.86
Zoox3	1.00	1.8500	.49031	.28308	.6320	3.0680	1.35	2.33
	2.00	1.9233	.65126	.37600	.3055	3.5411	1.25	2.55
	3.00	1.8267	.62660	.36177	.2701	3.3832	1.45	2.55
	4.00	1.6500	.13229	.07638	1.3214	1.9786	1.55	1.80
	5.00	1.4967	.56368	.32544	.0964	2.8969	1.05	2.13
	6.00	1.4100	.17776	.10263	.9684	1.8516	1.21	1.55
	7.00	1.3700	.10817	.06245	1.1013	1.6387	1.25	1.46
	8.00	2.0600	.69735	.40262	.3277	3.7923	1.53	2.85
	9.00	2.0433	.50797	.29328	.7815	3.3052	1.57	2.58
	10.00	1.9767	.74889	.43237	.1163	3.8370	1.36	2.81
	11.00	1.6900	.59152	.34152	.2206	3.1594	1.24	2.36
	12.00	1.6800	.30806	.17786	.9147	2.4453	1.35	1.96
	13.00	1.7167	.35162	.20301	.8432	2.5901	1.32	1.99
	14.00	1.9200	.24515	.14154	1.3110	2.5290	1.67	2.16
	15.00	1.3900	.22000	.12702	.8435	1.9365	1.17	1.61
	16.00	1.4267	.09713	.05608	1.1854	1.6679	1.32	1.51
	Total	1.7144	.44846	.06473	1.5842	1.8446	1.05	2.85
Zoox6	1.00	1.5200	.19698	.11372	1.0307	2.0093	1.30	1.68
	2.00	2.0067	.28113	.16231	1.3083	2.7050	1.82	2.33

	3.00	1.4467	.25891	.14948	.8035	2.0898	1.25	1.74
	4.00	1.8500	.60828	.35119	.3390	3.3610	1.45	2.55
	5.00	1.4967	.56368	.32544	.0964	2.8969	1.05	2.13
	6.00	1.4100	.17776	.10263	.9684	1.8516	1.21	1.55
	7.00	1.3700	.10817	.06245	1.1013	1.6387	1.25	1.46
	8.00	2.0133	.22189	.12811	1.4621	2.5645	1.81	2.25
	9.00	1.6967	.14572	.08413	1.3347	2.0586	1.53	1.80
	10.00	1.8367	.65225	.37658	.2164	3.4570	1.36	2.58
	11.00	2.0300	.48754	.28148	.8189	3.2411	1.47	2.36
	12.00	1.8500	.25515	.14731	1.2162	2.4838	1.60	2.11
	13.00	1.7900	.35171	.20306	.9163	2.6637	1.46	2.16
	14.00	1.8800	.13454	.07767	1.5458	2.2142	1.73	1.99
	15.00	1.6200	.24880	.14364	1.0020	2.2380	1.35	1.84
	16.00	1.3900	.22000	.12702	.8435	1.9365	1.17	1.61
	Total	1.7004	.37044	.05347	1.5929	1.8080	1.05	2.58
Zoox9	1.00	1.8933	.27099	.15645	1.2202	2.5665	1.61	2.15
	2.00	1.9833	.25580	.14769	1.3479	2.6188	1.74	2.25
	3.00	1.9300	.13892	.08021	1.5849	2.2751	1.84	2.09
	4.00	1.9533	.17039	.09838	1.5301	2.3766	1.79	2.13
	5.00	2.1533	.09504	.05487	1.9172	2.3894	2.06	2.25
	6.00	1.8967	.12503	.07219	1.5861	2.2073	1.77	2.02
	7.00	1.9833	.23072	.13321	1.4102	2.5565	1.72	2.15
	8.00	2.0033	.34005	.19633	1.1586	2.8481	1.66	2.34
	9.00	2.1067	.23245	.13421	1.5292	2.6841	1.93	2.37
	10.00	2.1000	.14933	.08622	1.7290	2.4710	1.93	2.21
	11.00	2.2067	.21548	.12441	1.6714	2.7420	2.04	2.45
	12.00	2.2467	.16442	.09493	1.8382	2.6551	2.06	2.37
	13.00	2.2767	.17243	.09955	1.8483	2.7050	2.09	2.43
	14.00	2.2600	.25515	.14731	1.6262	2.8938	2.01	2.52
	15.00	1.8767	.22745	.13132	1.3117	2.4417	1.69	2.13
	16.00	1.9033	.26690	.15409	1.2403	2.5663	1.62	2.15
	Total	2.0483	.22715	.03279	1.9824	2.1143	1.61	2.52
Zoox12	1.00	2.1633	.19140	.11050	1.6879	2.6388	1.95	2.32
	2.00	2.0900	.12124	.07000	1.7888	2.3912	1.95	2.16
	3.00	2.1600	.11000	.06351	1.8867	2.4333	2.05	2.27
	4.00	2.3467	.46929	.27094	1.1809	3.5124	1.81	2.68
	5.00	2.6933	.29838	.17227	1.9521	3.4346	2.35	2.89
	6.00	2.8267	.12055	.06960	2.5272	3.1261	2.70	2.94
	7.00	2.9800	.29445	.17000	2.2485	3.7115	2.64	3.15
	8.00	2.8600	.46508	.26851	1.7047	4.0153	2.33	3.20
	9.00	2.6733	.24132	.13932	2.0739	3.2728	2.47	2.94
	10.00	3.0233	.20526	.11851	2.5134	3.5332	2.85	3.25
	11.00	2.8600	.18083	.10440	2.4108	3.3092	2.69	3.05
	12.00	2.5167	.27154	.15677	1.8421	3.1912	2.35	2.83
	13.00	2.2933	.14742	.08511	1.9271	2.6596	2.18	2.46
	14.00	2.7333	.32347	.18676	1.9298	3.5369	2.37	2.99
	15.00	2.3033	.24173	.13956	1.7028	2.9038	2.08	2.56
	16.00	2.3033	.07506	.04333	2.1169	2.4898	2.26	2.39
	Total	2.5517	.37603	.05427	2.4425	2.6609	1.81	3.25
Zoox15	1.00	3.1867	.29023	.16756	2.4657	3.9076	2.87	3.44
	2.00	3.1533	.19009	.10975	2.6811	3.6255	2.96	3.34

	3.00	3.1833	.25502	.14723	2.5498	3.8168	2.93	3.44
	4.00	3.0600	.38974	.22502	2.0918	4.0282	2.71	3.48
	5.00	3.1133	.33171	.19151	2.2893	3.9374	2.75	3.40
	6.00	3.0533	.27970	.16149	2.3585	3.7482	2.84	3.37
	7.00	3.3033	.16921	.09770	2.8830	3.7237	3.16	3.49
	8.00	3.4233	.14189	.08192	3.0709	3.7758	3.27	3.55
	9.00	3.3300	.15716	.09074	2.9396	3.7204	3.16	3.47
	10.00	3.4033	.38371	.22154	2.4501	4.3565	3.12	3.84
	11.00	3.1267	.28885	.16677	2.4091	3.8442	2.95	3.46
	12.00	3.1600	.38575	.22271	2.2018	4.1182	2.72	3.44
	13.00	3.0800	.26458	.15275	2.4228	3.7372	2.88	3.38
	14.00	3.1800	.27713	.16000	2.4916	3.8684	2.86	3.34
	15.00	2.9633	.28378	.16384	2.2584	3.6683	2.71	3.27
	16.00	2.7633	.37873	.21866	1.8225	3.7041	2.34	3.07
	Total	3.1552	.28872	.04167	3.0714	3.2390	2.34	3.84

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Zoox18	1.00	3.5633	.22502	.12991	3.0044	4.1223	3.31	3.74
	2.00	3.4633	.24583	.14193	2.8527	4.0740	3.27	3.74
	3.00	3.6367	.19140	.11050	3.1612	4.1121	3.46	3.84
	4.00	3.4933	.15011	.08667	3.1204	3.8662	3.32	3.58
	5.00	3.5667	.23861	.13776	2.9739	4.1594	3.30	3.76
	6.00	3.5433	.25716	.14847	2.9045	4.1822	3.25	3.73
	7.00	4.0633	.45654	.26359	2.9292	5.1975	3.63	4.54
	8.00	3.8667	.55374	.31970	2.4911	5.2422	3.24	4.29
	9.00	3.6467	.58011	.33493	2.2056	5.0878	3.06	4.22
	10.00	4.1567	.54775	.31625	2.7960	5.5174	3.58	4.67
	11.00	3.6033	.23245	.13421	3.0259	4.1808	3.34	3.78
	12.00	3.5600	.28513	.16462	2.8517	4.2683	3.27	3.84
	13.00	3.4900	.25632	.14799	2.8533	4.1267	3.25	3.76
	14.00	3.9933	.34078	.19675	3.1468	4.8399	3.60	4.20
	15.00	3.5033	.22502	.12991	2.9444	4.0623	3.34	3.76
	16.00	3.6333	.18877	.10899	3.1644	4.1023	3.47	3.84
	Total	3.6740	.35357	.05103	3.5713	3.7766	3.06	4.67
Zoox21	1.00	4.3400	.18000	.10392	3.8929	4.7871	4.16	4.52
	2.00	4.3600	.23065	.13317	3.7870	4.9330	4.18	4.62
	3.00	4.4433	.46576	.26891	3.2863	5.6003	3.91	4.77
	4.00	4.3167	.40253	.23240	3.3167	5.3166	3.86	4.62
	5.00	4.6267	.20551	.11865	4.1162	5.1372	4.43	4.84
	6.00	4.3700	.23516	.13577	3.7858	4.9542	4.14	4.61
	7.00	4.5267	.18502	.10682	4.0670	4.9863	4.34	4.71
	8.00	4.3633	.35218	.20333	3.4885	5.2382	4.16	4.77
	9.00	4.4167	.12503	.07219	4.1061	4.7273	4.33	4.56
	10.00	4.6100	.15620	.09018	4.2220	4.9980	4.43	4.71
	11.00	4.5000	.15716	.09074	4.1096	4.8904	4.36	4.67
	12.00	4.1200	.26058	.15044	3.4727	4.7673	3.95	4.42
	13.00	4.4200	.30116	.17388	3.6719	5.1681	4.16	4.75
	14.00	4.4833	.28449	.16425	3.7766	5.1900	4.29	4.81

	15.00	4.4033	.37072	.21404	3.4824	5.3243	4.11	4.82
	16.00	4.2167	.17954	.10366	3.7707	4.6627	4.08	4.42
	Total	4.4073	.25923	.03742	4.3320	4.4826	3.86	4.84
Zoox24	1.00	4.3367	.34152	.19717	3.4883	5.1850	4.04	4.71
	2.00	4.2333	.26764	.15452	3.5685	4.8982	3.99	4.52
	3.00	4.4133	.55770	.32199	3.0279	5.7987	3.77	4.76
	4.00	4.3033	.56722	.32748	2.8943	5.7124	3.65	4.67
	5.00	4.4067	.26539	.15322	3.7474	5.0659	4.15	4.68
	6.00	4.4600	.34598	.19975	3.6005	5.3195	4.19	4.85
	7.00	4.4167	.25813	.14903	3.7754	5.0579	4.12	4.59
	8.00	4.5167	.35642	.20578	3.6313	5.4021	4.18	4.89
	9.00	4.3267	.22811	.13170	3.7600	4.8933	4.19	4.59
	10.00	4.7400	.40583	.23431	3.7319	5.7481	4.35	5.16
	11.00	4.5167	.33710	.19462	3.6793	5.3541	4.16	4.83
	12.00	4.3700	.23516	.13577	3.7858	4.9542	4.14	4.61
	13.00	4.3933	.09292	.05364	4.1625	4.6241	4.29	4.47
	14.00	4.6533	.48211	.27835	3.4557	5.8510	4.11	5.03
	15.00	4.5367	.16623	.09597	4.1237	4.9496	4.36	4.69
	16.00	4.7333	.33561	.19376	3.8996	5.5670	4.36	5.01
	Total	4.4598	.32411	.04678	4.3657	4.5539	3.65	5.16
Zoox27	1.00	4.6433	.49217	.28416	3.4207	5.8660	4.18	5.16
	2.00	4.6867	.31214	.18022	3.9113	5.4621	4.42	5.03
	3.00	4.5767	.37528	.21667	3.6444	5.5089	4.36	5.01
	4.00	4.9367	.28449	.16425	4.2300	5.6434	4.61	5.13
	5.00	4.9433	.39017	.22527	3.9741	5.9126	4.56	5.34
	6.00	4.6200	.25239	.14572	3.9930	5.2470	4.34	4.83
	7.00	5.0500	.27622	.15948	4.3638	5.7362	4.83	5.36
	8.00	4.9467	.33828	.19531	4.1063	5.7870	4.69	5.33
	9.00	5.0700	.21633	.12490	4.5326	5.6074	4.83	5.25
	10.00	5.1000	.27221	.15716	4.4238	5.7762	4.81	5.35
	11.00	4.7000	.21932	.12662	4.1552	5.2448	4.46	4.89
	12.00	4.7633	.21548	.12441	4.2280	5.2986	4.52	4.93
	13.00	4.6000	.21378	.12342	4.0690	5.1310	4.36	4.77
	14.00	4.8567	.18009	.10398	4.4093	5.3040	4.68	5.04
	15.00	4.9067	.20551	.11865	4.3962	5.4172	4.71	5.12
	16.00	4.8867	.27502	.15878	4.2035	5.5698	4.61	5.16
	Total	4.8304	.29724	.04290	4.7441	4.9167	4.18	5.36
Zoox30	1.00	4.7700	.16000	.09238	4.3725	5.1675	4.61	4.93
	2.00	4.7867	.16258	.09387	4.3828	5.1905	4.61	4.93
	3.00	4.8767	.22745	.13132	4.3117	5.4417	4.69	5.13
	4.00	4.5767	.15308	.08838	4.1964	4.9569	4.46	4.75
	5.00	4.9600	.36592	.21127	4.0510	5.8690	4.61	5.34
	6.00	4.8300	.12000	.06928	4.5319	5.1281	4.71	4.95
	7.00	5.0500	.13892	.08021	4.7049	5.3951	4.89	5.14
	8.00	5.1300	.22650	.13077	4.5674	5.6926	4.89	5.34
	9.00	4.7600	.08544	.04933	4.5478	4.9722	4.67	4.84
	10.00	4.8600	.26287	.15177	4.2070	5.5130	4.67	5.16
	11.00	4.8800	.28513	.16462	4.1717	5.5883	4.59	5.16
	12.00	4.7533	.09292	.05364	4.5225	4.9841	4.69	4.86
	13.00	5.0167	.14742	.08511	4.6504	5.3829	4.85	5.13

14.00	4.9333	.36364	.20995	4.0300	5.8367	4.68	5.35
15.00	4.9200	.22650	.13077	4.3574	5.4826	4.71	5.16
16.00	4.8533	.24705	.14263	4.2396	5.4670	4.59	5.08
Total	4.8723	.22399	.03233	4.8073	4.9373	4.46	5.35

Thí nghiệm về kích thước tách mảnh và loại giá thể.

Ảnh hưởng đến thời gian bám chân, SGR, hàm lượng hữu cơ

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
TGBC	1.00	15.0000	1.00000	.57735	12.5159	17.4841	14.00	16.00
	2.00	14.3333	.57735	.33333	12.8991	15.7676	14.00	15.00
	3.00	14.3333	.57735	.33333	12.8991	15.7676	14.00	15.00
	4.00	13.6667	.57735	.33333	12.2324	15.1009	13.00	14.00
	5.00	13.0000	1.00000	.57735	10.5159	15.4841	12.00	14.00
	6.00	12.3333	.57735	.33333	10.8991	13.7676	12.00	13.00
	7.00	12.3333	.57735	.33333	10.8991	13.7676	12.00	13.00
	8.00	12.0000	1.00000	.57735	9.5159	14.4841	11.00	13.00
	9.00	8.3333	.57735	.33333	6.8991	9.7676	8.00	9.00
	10.00	9.0000	1.00000	.57735	6.5159	11.4841	8.00	10.00
	11.00	9.0000	1.00000	.57735	6.5159	11.4841	8.00	10.00
	12.00	8.3333	.57735	.33333	6.8991	9.7676	8.00	9.00
	13.00	7.6667	.57735	.33333	6.2324	9.1009	7.00	8.00
	14.00	8.0000	1.00000	.57735	5.5159	10.4841	7.00	9.00
	15.00	8.3333	.57735	.33333	6.8991	9.7676	8.00	9.00
	16.00	7.3333	.57735	.33333	5.8991	8.7676	7.00	8.00
	17.00	7.3333	.57735	.33333	5.8991	8.7676	7.00	8.00
	18.00	8.0000	1.00000	.57735	5.5159	10.4841	7.00	9.00
	19.00	8.6667	.57735	.33333	7.2324	10.1009	8.00	9.00
	20.00	7.3333	.57735	.33333	5.8991	8.7676	7.00	8.00
	Total	10.2167	2.79280	.36055	9.4952	10.9381	7.00	16.00
SGRw	1.00	.3067	.00577	.00333	.2923	.3210	.30	.31
	2.00	.3267	.01528	.00882	.2887	.3646	.31	.34
	3.00	.2967	.01528	.00882	.2587	.3346	.28	.31
	4.00	.3033	.01528	.00882	.2654	.3413	.29	.32
	5.00	.3067	.01155	.00667	.2780	.3354	.30	.32
	6.00	.3067	.01155	.00667	.2780	.3354	.30	.32
	7.00	.3467	.00577	.00333	.3323	.3610	.34	.35
	8.00	.3167	.00577	.00333	.3023	.3310	.31	.32
	9.00	.3567	.00577	.00333	.3423	.3710	.35	.36
	10.00	.3600	.02000	.01155	.3103	.4097	.34	.38
	11.00	.3633	.00577	.00333	.3490	.3777	.36	.37
	12.00	.3700	.01732	.01000	.3270	.4130	.35	.38
	13.00	.4167	.04163	.02404	.3132	.5201	.37	.45
	14.00	.4267	.01528	.00882	.3887	.4646	.41	.44
	15.00	.4100	.03000	.01732	.3355	.4845	.38	.44
	16.00	.3933	.02309	.01333	.3360	.4507	.38	.42
	17.00	.4033	.02082	.01202	.3516	.4550	.38	.42

	18.00	.4267	.02082	.01202	.3750	.4784	.41	.45
	19.00	.4133	.02082	.01202	.3616	.4650	.39	.43
	20.00	.4200	.03000	.01732	.3455	.4945	.39	.45
	Total	.3635	.04929	.00636	.3508	.3762	.28	.45
SGRL	1.00	.9167	.09866	.05696	.6716	1.1617	.85	1.03
	2.00	1.0133	.04509	.02603	.9013	1.1253	.97	1.06
	3.00	.8900	.06083	.03512	.7389	1.0411	.82	.93
	4.00	.9100	.13000	.07506	.5871	1.2329	.83	1.06
	5.00	1.0067	.06028	.03480	.8569	1.1564	.95	1.07
	6.00	.9600	.04359	.02517	.8517	1.0683	.93	1.01
	7.00	1.0300	.08660	.05000	.8149	1.2451	.93	1.08
	8.00	.9700	.07000	.04041	.7961	1.1439	.92	1.05
	9.00	1.0700	.05000	.02887	.9458	1.1942	1.02	1.12
	10.00	1.0933	.01155	.00667	1.0646	1.1220	1.08	1.10
	11.00	1.0867	.02517	.01453	1.0242	1.1492	1.06	1.11
	12.00	1.1033	.01155	.00667	1.0746	1.1320	1.09	1.11
	13.00	1.1833	.06028	.03480	1.0336	1.3331	1.12	1.24
	14.00	1.1800	.06557	.03786	1.0171	1.3429	1.12	1.25
	15.00	1.2033	.01528	.00882	1.1654	1.2413	1.19	1.22
	16.00	1.1533	.07767	.04485	.9604	1.3463	1.09	1.24
	17.00	1.1933	.05686	.03283	1.0521	1.3346	1.13	1.24
	18.00	1.1967	.06807	.03930	1.0276	1.3658	1.12	1.25
	19.00	1.1867	.05033	.02906	1.0616	1.3117	1.14	1.24
	20.00	1.1533	.05774	.03333	1.0099	1.2968	1.12	1.22
	Total	1.0750	.11712	.01512	1.0447	1.1053	.82	1.25
TRO	1.00	33.0300	.68462	.39526	31.3293	34.7307	32.26	33.57
	2.00	33.3000	.51468	.29715	32.0215	34.5785	32.83	33.85
	3.00	33.7500	.75624	.43662	31.8714	35.6286	32.92	34.40
	4.00	34.1867	.82712	.47754	32.1320	36.2414	33.28	34.90
	5.00	35.8933	.88546	.51122	33.6937	38.0929	34.94	36.69
	6.00	34.5633	.89913	.51911	32.3298	36.7969	33.84	35.57
	7.00	35.7267	.70501	.40704	33.9753	37.4780	35.10	36.49
	8.00	36.0467	.17010	.09821	35.6241	36.4692	35.88	36.22
	9.00	39.3167	.39119	.22586	38.3449	40.2884	39.02	39.76
	10.00	39.0633	.26539	.15322	38.4041	39.7226	38.79	39.32
	11.00	39.2300	.44576	.25736	38.1227	40.3373	38.80	39.69
	12.00	39.9233	.55519	.32054	38.5442	41.3025	39.36	40.47
	13.00	43.9100	.91280	.52700	41.6425	46.1775	42.89	44.65
	14.00	42.1367	1.20790	.69738	39.1361	45.1373	41.20	43.50
	15.00	41.9700	1.70317	.98333	37.7391	46.2009	40.53	43.85
	16.00	42.7967	.66335	.38299	41.1488	44.4445	42.36	43.56
	17.00	44.1167	.64166	.37047	42.5227	45.7106	43.45	44.73
	18.00	42.7833	.79589	.45950	40.8062	44.7604	42.01	43.60
	19.00	43.2467	.60178	.34744	41.7518	44.7416	42.62	43.82
	20.00	44.1700	.99985	.57726	41.6862	46.6538	43.04	44.94
	Total	38.9580	4.03144	.52046	37.9166	39.9994	32.26	44.94

Ảnh hưởng đến tỷ lệ sống

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
S3	1.00	76.6667	2.88675	1.66667	69.4956	83.8378	75.00	80.00
	2.00	68.3333	2.88675	1.66667	61.1622	75.5044	65.00	70.00
	3.00	66.6667	2.88675	1.66667	59.4956	73.8378	65.00	70.00
	4.00	73.3333	2.88675	1.66667	66.1622	80.5044	70.00	75.00
	5.00	81.6667	2.88675	1.66667	74.4956	88.8378	80.00	85.00
	6.00	75.0000	5.00000	2.88675	62.5793	87.4207	70.00	80.00
	7.00	76.6667	2.88675	1.66667	69.4956	83.8378	75.00	80.00
	8.00	81.6667	2.88675	1.66667	74.4956	88.8378	80.00	85.00
	9.00	83.3333	2.88675	1.66667	76.1622	90.5044	80.00	85.00
	10.00	76.6667	2.88675	1.66667	69.4956	83.8378	75.00	80.00
	11.00	78.3333	2.88675	1.66667	71.1622	85.5044	75.00	80.00
	12.00	81.6667	2.88675	1.66667	74.4956	88.8378	80.00	85.00
	13.00	88.3333	2.88675	1.66667	81.1622	95.5044	85.00	90.00
	14.00	81.6667	2.88675	1.66667	74.4956	88.8378	80.00	85.00
	15.00	83.3333	2.88675	1.66667	76.1622	90.5044	80.00	85.00
	16.00	91.6667	2.88675	1.66667	84.4956	98.8378	90.00	95.00
	17.00	93.3333	2.88675	1.66667	86.1622	100.5044	90.00	95.00
	18.00	83.3333	2.88675	1.66667	76.1622	90.5044	80.00	85.00
	19.00	86.6667	2.88675	1.66667	79.4956	93.8378	85.00	90.00
	20.00	91.6667	2.88675	1.66667	84.4956	98.8378	90.00	95.00
	Total	81.0000	7.58008	.97858	79.0419	82.9581	65.00	95.00
S6	1.00	60.0000	5.00000	2.88675	47.5793	72.4207	55.00	65.00
	2.00	51.6667	5.77350	3.33333	37.3245	66.0088	45.00	55.00
	3.00	50.0000	5.00000	2.88675	37.5793	62.4207	45.00	55.00
	4.00	55.0000	5.00000	2.88675	42.5793	67.4207	50.00	60.00
	5.00	73.3333	2.88675	1.66667	66.1622	80.5044	70.00	75.00
	6.00	60.0000	5.00000	2.88675	47.5793	72.4207	55.00	65.00
	7.00	58.3333	5.77350	3.33333	43.9912	72.6755	55.00	65.00
	8.00	70.0000	5.00000	2.88675	57.5793	82.4207	65.00	75.00
	9.00	76.6667	2.88675	1.66667	69.4956	83.8378	75.00	80.00
	10.00	65.0000	5.00000	2.88675	52.5793	77.4207	60.00	70.00
	11.00	65.0000	5.00000	2.88675	52.5793	77.4207	60.00	70.00
	12.00	73.3333	5.77350	3.33333	58.9912	87.6755	70.00	80.00
	13.00	76.6667	2.88675	1.66667	69.4956	83.8378	75.00	80.00
	14.00	66.6667	2.88675	1.66667	59.4956	73.8378	65.00	70.00
	15.00	68.3333	2.88675	1.66667	61.1622	75.5044	65.00	70.00
	16.00	78.3333	2.88675	1.66667	71.1622	85.5044	75.00	80.00
	17.00	78.3333	2.88675	1.66667	71.1622	85.5044	75.00	80.00
	18.00	73.3333	2.88675	1.66667	66.1622	80.5044	70.00	75.00
	19.00	73.3333	2.88675	1.66667	66.1622	80.5044	70.00	75.00
	20.00	78.3333	2.88675	1.66667	71.1622	85.5044	75.00	80.00
	Total	67.5833	9.63273	1.24358	65.0949	70.0717	45.00	80.00
S9	1.00	43.3333	5.77350	3.33333	28.9912	57.6755	40.00	50.00
	2.00	33.3333	2.88675	1.66667	26.1622	40.5044	30.00	35.00
	3.00	38.3333	5.77350	3.33333	23.9912	52.6755	35.00	45.00
	4.00	43.3333	2.88675	1.66667	36.1622	50.5044	40.00	45.00

5.00	65.0000	5.00000	2.88675	52.5793	77.4207	60.00	70.00
6.00	60.0000	5.00000	2.88675	47.5793	72.4207	55.00	65.00
7.00	53.3333	7.63763	4.40959	34.3604	72.3062	45.00	60.00
8.00	63.3333	7.63763	4.40959	44.3604	82.3062	55.00	70.00
9.00	76.6667	2.88675	1.66667	69.4956	83.8378	75.00	80.00
10.00	63.3333	2.88675	1.66667	56.1622	70.5044	60.00	65.00
11.00	63.3333	5.77350	3.33333	48.9912	77.6755	60.00	70.00
12.00	71.6667	2.88675	1.66667	64.4956	78.8378	70.00	75.00
13.00	76.6667	2.88675	1.66667	69.4956	83.8378	75.00	80.00
14.00	63.3333	5.77350	3.33333	48.9912	77.6755	60.00	70.00
15.00	65.0000	5.00000	2.88675	52.5793	77.4207	60.00	70.00
16.00	76.6667	2.88675	1.66667	69.4956	83.8378	75.00	80.00
17.00	76.6667	2.88675	1.66667	69.4956	83.8378	75.00	80.00
18.00	68.3333	2.88675	1.66667	61.1622	75.5044	65.00	70.00
19.00	71.6667	2.88675	1.66667	64.4956	78.8378	70.00	75.00
20.00	78.3333	2.88675	1.66667	71.1622	85.5044	75.00	80.00
Total	62.5833	13.91535	1.79646	58.9886	66.1780	30.00	80.00

Hàm lượng Chlo và Zoo

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Clo0	1.00	4596.2277	58.48276	33.76504	4450.9485	4741.5069	4548.39	4661.43
	2.00	4639.1216	117.99999	68.12733	4345.9934	4932.2498	4540.31	4769.78
	3.00	4607.3767	57.86914	33.41076	4463.6218	4751.1316	4548.87	4664.58
	4.00	4772.5237	50.55793	29.18963	4646.9308	4898.1165	4725.55	4826.03
	5.00	4748.5267	91.03580	52.55954	4522.3812	4974.6721	4646.95	4822.75
	6.00	4758.4639	17.82464	10.29106	4714.1850	4802.7427	4746.66	4778.97
	7.00	4813.3627	48.01939	27.72401	4694.0760	4932.6495	4759.42	4851.44
	8.00	4673.9062	130.50096	75.34477	4349.7238	4998.0885	4556.56	4814.45
	9.00	4619.6745	85.35510	49.27979	4407.6407	4831.7083	4565.60	4718.07
	10.00	4653.1122	14.62767	8.44529	4616.7751	4689.4494	4639.13	4668.31
	11.00	4753.8024	106.31486	61.38091	4489.7016	5017.9031	4632.16	4828.95
	12.00	4674.4170	58.14409	33.56950	4529.9790	4818.8549	4612.86	4728.40
	13.00	4612.5228	36.84229	21.27091	4521.0015	4704.0442	4579.35	4652.18
	14.00	4721.4739	38.46316	22.20671	4625.9261	4817.0217	4680.33	4756.53
	15.00	4668.0764	85.79575	49.53420	4454.9479	4881.2049	4618.03	4767.14
	16.00	4725.8810	61.20053	35.33415	4573.8504	4877.9115	4690.13	4796.55
	17.00	4687.9910	136.86959	79.02169	4347.9881	5027.9939	4606.40	4846.01
	18.00	4667.1597	74.16373	42.81845	4482.9267	4851.3926	4581.66	4714.10
	19.00	4671.4576	150.02287	86.61575	4298.7802	5044.1351	4540.37	4835.08
	20.00	4700.7308	105.20058	60.73759	4439.3980	4962.0635	4614.36	4817.89
	Total	4688.2904	91.78068	11.84884	4664.5810	4711.9999	4540.31	4851.44
Clo60	1.00	4686.2583	115.80212	66.85838	4398.5899	4973.9267	4583.93	4811.97
	2.00	4664.6327	98.39946	56.81096	4420.1949	4909.0705	4606.51	4778.24
	3.00	4737.0570	131.09327	75.68674	4411.4032	5062.7107	4585.69	4814.35
	4.00	4608.6353	90.26515	52.11461	4384.4042	4832.8663	4545.68	4712.05

	5.00	4699.6427	42.27299	24.40632	4594.6308	4804.6546	4651.31	4729.72
	6.00	4709.6340	152.82329	88.23257	4329.9999	5089.2681	4541.35	4839.76
	7.00	4695.4171	84.32599	48.68563	4485.9397	4904.8945	4624.43	4788.63
	8.00	4713.1934	141.54424	81.72061	4361.5780	5064.8088	4555.71	4829.81
	9.00	4649.0848	124.40617	71.82593	4340.0427	4958.1268	4570.75	4792.53
	10.00	4700.6233	111.53687	64.39584	4423.5504	4977.6962	4615.82	4826.97
	11.00	4699.0587	66.33364	38.29774	4534.2768	4863.8406	4622.48	4738.79
	12.00	4719.4099	44.55167	25.72192	4608.7375	4830.0824	4668.73	4752.42
	13.00	4704.3401	99.88505	57.66866	4456.2118	4952.4683	4621.93	4815.43
	14.00	4780.5469	50.07693	28.91193	4656.1489	4904.9449	4723.11	4815.02
	15.00	4812.8408	28.73091	16.58780	4741.4692	4884.2123	4786.44	4843.44
	16.00	4741.3119	129.12089	74.54798	4420.5578	5062.0659	4594.41	4836.81
	17.00	4786.7655	39.24446	22.65780	4689.2769	4884.2542	4743.69	4820.48
	18.00	4737.4358	159.65117	92.17464	4340.8403	5134.0313	4553.69	4842.24
	19.00	4629.9865	64.68695	37.34703	4469.2952	4790.6778	4555.74	4674.18
	20.00	4749.5807	91.30220	52.71335	4522.7735	4976.3879	4644.96	4813.18
	Total	4711.2728	97.11386	12.53735	4686.1856	4736.3599	4541.35	4843.44
Zoo0	1.00	5.0933	.05508	.03180	4.9565	5.2301	5.03	5.13
	2.00	4.9100	.16703	.09644	4.4951	5.3249	4.76	5.09
	3.00	4.9733	.11846	.06839	4.6791	5.2676	4.90	5.11
	4.00	4.8867	.11015	.06360	4.6130	5.1603	4.76	4.96
	5.00	4.9267	.13013	.07513	4.6034	5.2499	4.80	5.06
	6.00	4.9600	.10583	.06110	4.6971	5.2229	4.88	5.08
	7.00	5.0300	.16462	.09504	4.6211	5.4389	4.84	5.13
	8.00	4.8867	.03512	.02028	4.7994	4.9739	4.85	4.92
	9.00	4.9967	.15503	.08950	4.6116	5.3818	4.82	5.11
	10.00	5.0767	.04509	.02603	4.9647	5.1887	5.03	5.12
	11.00	4.9267	.14742	.08511	4.5604	5.2929	4.76	5.04
	12.00	5.0467	.03786	.02186	4.9526	5.1407	5.02	5.09
	13.00	5.0400	.09165	.05292	4.8123	5.2677	4.94	5.12
	14.00	4.9133	.07572	.04372	4.7252	5.1014	4.86	5.00
	15.00	4.9567	.13051	.07535	4.6325	5.2809	4.82	5.08
	16.00	4.9867	.20551	.11865	4.4762	5.4972	4.75	5.12
	17.00	4.9200	.17059	.09849	4.4962	5.3438	4.78	5.11
	18.00	4.8667	.04933	.02848	4.7441	4.9892	4.81	4.90
	19.00	4.9967	.11015	.06360	4.7230	5.2703	4.89	5.11
	20.00	4.8900	.02000	.01155	4.8403	4.9397	4.87	4.91
	Total	4.9642	.11785	.01521	4.9337	4.9946	4.75	5.13
Zoo60	1.00	4.8533	.13796	.07965	4.5106	5.1960	4.75	5.01
	2.00	4.8267	.09292	.05364	4.5959	5.0575	4.75	4.93
	3.00	4.9867	.10017	.05783	4.7378	5.2355	4.89	5.09
	4.00	4.7900	.06083	.03512	4.6389	4.9411	4.75	4.86
	5.00	4.9400	.14799	.08544	4.5724	5.3076	4.77	5.04
	6.00	4.8500	.08888	.05132	4.6292	5.0708	4.75	4.92
	7.00	5.0100	.12767	.07371	4.6928	5.3272	4.87	5.12
	8.00	4.9167	.17786	.10269	4.4748	5.3585	4.79	5.12
	9.00	4.9133	.08963	.05175	4.6907	5.1360	4.81	4.97
	10.00	4.8733	.12662	.07311	4.5588	5.1879	4.76	5.01
	11.00	5.0400	.03606	.02082	4.9504	5.1296	5.00	5.07
	12.00	4.9167	.10970	.06333	4.6442	5.1892	4.83	5.04

13.00	4.9933	.11150	.06438	4.7163	5.2703	4.91	5.12
14.00	5.0467	.09452	.05457	4.8119	5.2815	4.94	5.12
15.00	4.9667	.16442	.09493	4.5582	5.3751	4.78	5.09
16.00	5.0033	.13204	.07623	4.6753	5.3313	4.86	5.12
17.00	4.8667	.01155	.00667	4.8380	4.8954	4.86	4.88
18.00	4.8133	.04041	.02333	4.7129	4.9137	4.77	4.85
19.00	4.9333	.10017	.05783	4.6845	5.1822	4.82	5.01
20.00	4.8767	.15011	.08667	4.5038	5.2496	4.79	5.05
Total	4.9208	.11985	.01547	4.8899	4.9518	4.75	5.12

Thí nghiệm thức ăn

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
TRO	1.00	42.1133	1.78094	1.02822	37.6892	46.5374	40.66	44.10
	2.00	46.6767	1.53017	.88345	42.8755	50.4778	45.37	48.36
	3.00	44.7400	1.44917	.83668	41.1401	48.3399	43.54	46.35
	4.00	44.1600	1.42902	.82505	40.6101	47.7099	43.32	45.81
	5.00	43.6333	1.36588	.78859	40.2403	47.0264	42.24	44.97
	6.00	42.3267	1.62371	.93745	38.2931	46.3602	40.77	44.01
	7.00	42.2333	1.62746	.93962	38.1905	46.2762	40.66	43.91
	Total	43.6976	2.04635	.44655	42.7661	44.6291	40.66	48.36
SGR	1.00	.4067	.02309	.01333	.3493	.4640	.38	.42
	2.00	.4567	.01528	.00882	.4187	.4946	.44	.47
	3.00	.4333	.01528	.00882	.3954	.4713	.42	.45
	4.00	.4233	.01155	.00667	.3946	.4520	.41	.43
	5.00	.4067	.01155	.00667	.3780	.4354	.40	.42
	6.00	.4033	.02517	.01453	.3408	.4658	.38	.43
	7.00	.4067	.01528	.00882	.3687	.4446	.39	.42
	Total	.4195	.02376	.00519	.4087	.4303	.38	.47
D3	1.00	.8333	.05774	.03333	.6899	.9768	.80	.90
	2.00	.9000	.05000	.02887	.7758	1.0242	.85	.95
	3.00	.8833	.02887	.01667	.8116	.9550	.85	.90
	4.00	.9000	.05000	.02887	.7758	1.0242	.85	.95
	5.00	.8667	.02887	.01667	.7950	.9384	.85	.90
	6.00	.9000	.05000	.02887	.7758	1.0242	.85	.95
	7.00	.8833	.02887	.01667	.8116	.9550	.85	.90
	Total	.8810	.04323	.00943	.8613	.9006	.80	.95
D6	1.00	.7667	.02887	.01667	.6950	.8384	.75	.80
	2.00	.7667	.05774	.03333	.6232	.9101	.70	.80
	3.00	.7833	.02887	.01667	.7116	.8550	.75	.80
	4.00	.7667	.05774	.03333	.6232	.9101	.70	.80
	5.00	.7667	.02887	.01667	.6950	.8384	.75	.80
	6.00	.7667	.05774	.03333	.6232	.9101	.70	.80
	7.00	.7833	.02887	.01667	.7116	.8550	.75	.80
	Total	.7714	.03732	.00814	.7544	.7884	.70	.80
D9	1.00	.7333	.02887	.01667	.6616	.8050	.70	.75
	2.00	.7500	.05000	.02887	.6258	.8742	.70	.80
	3.00	.7667	.02887	.01667	.6950	.8384	.75	.80

4.00	.7333	.02887	.01667	.6616	.8050	.70	.75
5.00	.7333	.02887	.01667	.6616	.8050	.70	.75
6.00	.7500	.05000	.02887	.6258	.8742	.70	.80
7.00	.7500	.05000	.02887	.6258	.8742	.70	.80
Total	.7452	.03502	.00764	.7293	.7612	.70	.80

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Chlo0	1.00	4.0033	.39829	.22995	3.0139	4.9927	3.66	4.44
	2.00	3.8000	.17349	.10017	3.3690	4.2310	3.69	4.00
	3.00	4.0833	.31182	.18003	3.3087	4.8579	3.73	4.32
	4.00	3.7300	.16093	.09292	3.3302	4.1298	3.60	3.91
	5.00	3.9867	.14012	.08090	3.6386	4.3347	3.83	4.10
	6.00	3.7967	.32393	.18702	2.9920	4.6014	3.59	4.17
	7.00	3.9133	.26083	.15059	3.2654	4.5613	3.72	4.21
	Total	3.9019	.25627	.05592	3.7853	4.0186	3.59	4.44
Chlo3	1.00	1.9433	.16862	.09735	1.5245	2.3622	1.75	2.06
	2.00	2.0900	.02000	.01155	2.0403	2.1397	2.07	2.11
	3.00	1.9667	.22143	.12785	1.4166	2.5167	1.81	2.22
	4.00	1.9933	.18717	.10806	1.5284	2.4583	1.78	2.13
	5.00	2.0667	.14572	.08413	1.7047	2.4286	1.90	2.17
	6.00	2.0600	.07937	.04583	1.8628	2.2572	2.00	2.15
	7.00	1.9233	.08145	.04702	1.7210	2.1257	1.83	1.98
	Total	2.0062	.13647	.02978	1.9441	2.0683	1.75	2.22
Chlo6	1.00	2.1833	.12662	.07311	1.8688	2.4979	2.04	2.28
	2.00	2.1633	.21548	.12441	1.6280	2.6986	1.92	2.33
	3.00	2.0333	.23116	.13346	1.4591	2.6076	1.89	2.30
	4.00	2.0933	.08386	.04842	1.8850	2.3017	2.04	2.19
	5.00	1.9800	.14000	.08083	1.6322	2.3278	1.88	2.14
	6.00	1.9567	.08737	.05044	1.7396	2.1737	1.86	2.03
	7.00	2.1600	.19079	.11015	1.6861	2.6339	1.96	2.34
	Total	2.0814	.16246	.03545	2.0075	2.1554	1.86	2.34
Chlo9	1.00	3.1867	.22502	.12991	2.6277	3.7456	2.93	3.35
	2.00	3.1367	.30925	.17854	2.3685	3.9049	2.78	3.33
	3.00	2.8600	.03000	.01732	2.7855	2.9345	2.83	2.89
	4.00	3.1067	.16653	.09615	2.6930	3.5204	2.92	3.24
	5.00	2.9633	.22301	.12875	2.4093	3.5173	2.71	3.13
	6.00	2.9433	.34356	.19835	2.0899	3.7968	2.74	3.34
	7.00	2.8833	.21385	.12347	2.3521	3.4146	2.75	3.13
	Total	3.0114	.23260	.05076	2.9056	3.1173	2.71	3.35
Chlo60	1.00	4.1567	.21221	.12252	3.6295	4.6838	4.01	4.40
	2.00	4.1000	.32140	.18556	3.3016	4.8984	3.73	4.31
	3.00	3.7600	.22113	.12767	3.2107	4.3093	3.51	3.93
	4.00	3.9667	.26539	.15322	3.3074	4.6259	3.71	4.24
	5.00	3.8767	.29143	.16826	3.1527	4.6006	3.57	4.15
	6.00	4.1767	.12503	.07219	3.8661	4.4873	4.05	4.30
	7.00	4.0500	.45177	.26083	2.9277	5.1723	3.56	4.45
	Total	4.0124	.28000	.06110	3.8849	4.1398	3.51	4.45

Tỷ lệ sống của thí nghiệm ánh sáng

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
S3	30.00	86.6667	2.88675	1.66667	79.4956	93.8378	85.00	90.00
	60.00	90.0000	.00000	.00000	90.0000	90.0000	90.00	90.00
	90.00	90.0000	.00000	.00000	90.0000	90.0000	90.00	90.00
	120.00	88.3333	2.88675	1.66667	81.1622	95.5044	85.00	90.00
	150.00	85.0000	5.00000	2.88675	72.5793	97.4207	80.00	90.00
	Total	88.0000	3.16228	.81650	86.2488	89.7512	80.00	90.00
S6	30.00	80.0000	5.00000	2.88675	67.5793	92.4207	75.00	85.00
	60.00	86.6667	2.88675	1.66667	79.4956	93.8378	85.00	90.00
	90.00	88.3333	2.88675	1.66667	81.1622	95.5044	85.00	90.00
	120.00	83.3333	2.88675	1.66667	76.1622	90.5044	80.00	85.00
	150.00	81.6667	5.77350	3.33333	67.3245	96.0088	75.00	85.00
	Total	84.0000	4.70562	1.21499	81.3941	86.6059	75.00	90.00
S9	30.00	78.3333	2.88675	1.66667	71.1622	85.5044	75.00	80.00
	60.00	78.3333	2.88675	1.66667	71.1622	85.5044	75.00	80.00
	90.00	85.0000	5.00000	2.88675	72.5793	97.4207	80.00	90.00
	120.00	83.3333	2.88675	1.66667	76.1622	90.5044	80.00	85.00
	150.00	81.6667	5.77350	3.33333	67.3245	96.0088	75.00	85.00
	Total	81.3333	4.41858	1.14087	78.8864	83.7803	75.00	90.00
S60	30.00	73.3333	2.88675	1.66667	66.1622	80.5044	70.00	75.00
	60.00	76.6667	2.88675	1.66667	69.4956	83.8378	75.00	80.00
	90.00	83.3333	2.88675	1.66667	76.1622	90.5044	80.00	85.00
	120.00	81.6667	2.88675	1.66667	74.4956	88.8378	80.00	85.00
	150.00	78.3333	5.77350	3.33333	63.9912	92.6755	75.00	85.00
	Total	78.6667	4.80575	1.24084	76.0053	81.3280	70.00	85.00

Thời gian bám chân, SGR, hàm lượng hữu cơ (TRO)

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
TGBC	30.00	7.7100	.30512	.17616	6.9520	8.4680	7.50	8.06
	60.00	7.3233	.12702	.07333	7.0078	7.6389	7.25	7.47
	90.00	6.5000	.06000	.03464	6.3510	6.6490	6.44	6.56
	120.00	6.5233	.15631	.09025	6.1350	6.9116	6.38	6.69
	150.00	7.3033	.15044	.08686	6.9296	7.6771	7.13	7.40
	Total	7.0720	.51932	.13409	6.7844	7.3596	6.38	8.06
SGRW	30.00	.4067	.01155	.00667	.3780	.4354	.40	.42

	60.00	.4133	.00577	.00333	.3990	.4277	.41	.42
	90.00	.4500	.01000	.00577	.4252	.4748	.44	.46
	120.00	.4467	.01528	.00882	.4087	.4846	.43	.46
	150.00	.4167	.01155	.00667	.3880	.4454	.41	.43
	Total	.4267	.02093	.00540	.4151	.4383	.40	.46
SGRL	30.00	1.1967	.01528	.00882	1.1587	1.2346	1.18	1.21
	60.00	1.2100	.01000	.00577	1.1852	1.2348	1.20	1.22
	90.00	1.2267	.00577	.00333	1.2123	1.2410	1.22	1.23
	120.00	1.2267	.01528	.00882	1.1887	1.2646	1.21	1.24
	150.00	1.2067	.00577	.00333	1.1923	1.2210	1.20	1.21
	Total	1.2133	.01543	.00398	1.2048	1.2219	1.18	1.24
TRO	30.00	42.3133	1.05836	.61105	39.6842	44.9425	41.16	43.24
	60.00	44.2667	1.00107	.57797	41.7799	46.7535	43.24	45.24
	90.00	47.3000	.96995	.56000	44.8905	49.7095	46.26	48.18
	120.00	47.3167	.48087	.27763	46.1221	48.5112	46.82	47.78
	150.00	43.6200	1.25108	.72231	40.5121	46.7279	42.34	44.84
	Total	44.9633	2.24644	.58003	43.7193	46.2074	41.16	48.18

Tao CS

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Zoo2	30.00	1.9267	.07371	.04256	1.7436	2.1098	1.87	2.01
	60.00	1.9633	.08505	.04910	1.7521	2.1746	1.88	2.05
	90.00	1.9200	.08000	.04619	1.7213	2.1187	1.84	2.00
	120.00	1.9233	.07767	.04485	1.7304	2.1163	1.86	2.01
	150.00	1.9700	.12000	.06928	1.6719	2.2681	1.85	2.09
	Total	1.9407	.07833	.02022	1.8973	1.9840	1.84	2.09
Zoo4	30.00	2.3033	.26274	.15169	1.6506	2.9560	2.10	2.60
	60.00	2.2733	.27006	.15592	1.6025	2.9442	2.00	2.54
	90.00	2.4267	.16623	.09597	2.0137	2.8396	2.25	2.58
	120.00	2.4867	.38682	.22333	1.5257	3.4476	2.08	2.85
	150.00	2.2267	.28006	.16169	1.5310	2.9224	2.06	2.55
	Total	2.3433	.25886	.06684	2.2000	2.4867	2.00	2.85
Zoo6	30.00	3.3000	.32357	.18682	2.4962	4.1038	2.93	3.53
	60.00	3.1933	.27025	.15603	2.5220	3.8647	2.93	3.47
	90.00	3.5333	.33005	.19055	2.7134	4.3532	3.20	3.86
	120.00	3.4033	.26502	.15301	2.7450	4.0617	3.10	3.59
	150.00	3.0633	.19553	.11289	2.5776	3.5491	2.90	3.28
	Total	3.2987	.29127	.07521	3.1374	3.4600	2.90	3.86
Zoo8	30.00	3.6500	.16703	.09644	3.2351	4.0649	3.47	3.80
	60.00	3.7500	.19313	.11150	3.2702	4.2298	3.54	3.92
	90.00	3.7167	.08083	.04667	3.5159	3.9175	3.63	3.79
	120.00	3.4867	.04163	.02404	3.3832	3.5901	3.44	3.52
	150.00	3.4967	.23798	.13740	2.9055	4.0878	3.24	3.71
	Total	3.6200	.17740	.04580	3.5218	3.7182	3.24	3.92
Chlo10	30.00	3.2600	.16703	.09644	2.8451	3.6749	3.08	3.41
	60.00	3.9667	.14224	.08212	3.6133	4.3200	3.87	4.13
	90.00	4.2300	.07550	.04359	4.0425	4.4175	4.16	4.31

	120.00	4.4667	.15822	.09135	4.0736	4.8597	4.33	4.64
	150.00	3.8533	.09866	.05696	3.6083	4.0984	3.74	3.92
	Total	3.9553	.43671	.11276	3.7135	4.1972	3.08	4.64
Chlo12	30.00	3.5200	.10536	.06083	3.2583	3.7817	3.41	3.62
	60.00	3.6833	.14572	.08413	3.3214	4.0453	3.52	3.80
	90.00	4.6533	.07095	.04096	4.4771	4.8296	4.59	4.73
	120.00	4.6000	.18520	.10693	4.1399	5.0601	4.46	4.81
	150.00	4.0133	.17898	.10333	3.5687	4.4579	3.86	4.21
	Total	4.0940	.49483	.12776	3.8200	4.3680	3.41	4.81
Chlo60	30.00	4.4933	.22053	.12732	3.9455	5.0412	4.25	4.68
	60.00	4.6233	.16073	.09280	4.2241	5.0226	4.44	4.74
	90.00	4.7200	.12530	.07234	4.4087	5.0313	4.60	4.85
	120.00	4.7333	.13051	.07535	4.4091	5.0575	4.61	4.87
	150.00	4.5367	.14503	.08373	4.1764	4.8969	4.39	4.68
	Total	4.6213	.16775	.04331	4.5284	4.7142	4.25	4.87

Chlo

Descriptives

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Chlo2	30.00	1.7800	.29513	.17039	1.0469	2.5131	1.49	2.08
	60.00	1.8800	.04359	.02517	1.7717	1.9883	1.83	1.91
	90.00	1.6000	.20224	.11676	1.0976	2.1024	1.45	1.83
	120.00	1.6700	.03464	.02000	1.5839	1.7561	1.63	1.69
	150.00	1.6467	.21962	.12680	1.1011	2.1922	1.51	1.90
	Total	1.7153	.19138	.04941	1.6094	1.8213	1.45	2.08
Chlo4	30.00	2.1067	.17898	.10333	1.6621	2.5513	1.91	2.26
	60.00	2.1833	.33005	.19055	1.3634	3.0032	1.91	2.55
	90.00	2.2033	.13577	.07839	1.8661	2.5406	2.06	2.33
	120.00	2.0633	.14048	.08110	1.7144	2.4123	1.93	2.21
	150.00	2.0267	.21385	.12347	1.4954	2.5579	1.84	2.26
	Total	2.1167	.19249	.04970	2.0101	2.2233	1.84	2.55
Chlo6	30.00	2.6400	.15100	.08718	2.2649	3.0151	2.50	2.80
	60.00	2.8767	.25541	.14746	2.2422	3.5111	2.59	3.08
	90.00	3.2933	.15044	.08686	2.9196	3.6671	3.15	3.45
	120.00	3.3167	.11372	.06566	3.0342	3.5992	3.19	3.41
	150.00	3.1600	.20224	.11676	2.6576	3.6624	3.01	3.39
	Total	3.0573	.31052	.08018	2.8854	3.2293	2.50	3.45
Chlo8	30.00	3.1467	.33201	.19169	2.3219	3.9714	2.95	3.53
	60.00	3.4900	.13892	.08021	3.1449	3.8351	3.40	3.65
	90.00	3.8433	.07638	.04410	3.6536	4.0331	3.76	3.91
	120.00	3.8700	.07000	.04041	3.6961	4.0439	3.79	3.92
	150.00	3.7000	.06557	.03786	3.5371	3.8629	3.64	3.77
	Total	3.6100	.31246	.08068	3.4370	3.7830	2.95	3.92
Chlo10	30.00	3.2600	.16703	.09644	2.8451	3.6749	3.08	3.41
	60.00	3.9667	.14224	.08212	3.6133	4.3200	3.87	4.13
	90.00	4.2300	.07550	.04359	4.0425	4.4175	4.16	4.31
	120.00	4.4667	.15822	.09135	4.0736	4.8597	4.33	4.64
	150.00	3.8533	.09866	.05696	3.6083	4.0984	3.74	3.92

	Total	3.9553	.43671	.11276	3.7135	4.1972	3.08	4.64
Chlo12	30.00	3.5200	.10536	.06083	3.2583	3.7817	3.41	3.62
	60.00	3.6833	.14572	.08413	3.3214	4.0453	3.52	3.80
	90.00	4.6533	.07095	.04096	4.4771	4.8296	4.59	4.73
	120.00	4.6000	.18520	.10693	4.1399	5.0601	4.46	4.81
	150.00	4.0133	.17898	.10333	3.5687	4.4579	3.86	4.21
	Total	4.0940	.49483	.12776	3.8200	4.3680	3.41	4.81
Chlo60	30.00	4.4933	.22053	.12732	3.9455	5.0412	4.25	4.68
	60.00	4.6233	.16073	.09280	4.2241	5.0226	4.44	4.74
	90.00	4.7200	.12530	.07234	4.4087	5.0313	4.60	4.85
	120.00	4.7333	.13051	.07535	4.4091	5.0575	4.61	4.87
	150.00	4.5367	.14503	.08373	4.1764	4.8969	4.39	4.68
	Total	4.6213	.16775	.04331	4.5284	4.7142	4.25	4.87

PHỤ LỤC: KẾT QUẢ PHÂN TÍCH PHƯƠNG SAI (ANOVA) VÀ KIỂM ĐỊNH HẬU NGHIỆM CÁC THÍ NGHIỆM SINH SẢN VÔ TÍNH

1. THÍ NGHIỆM 1 (NỘI DUNG 2.1): ẢNH HƯỞNG CỦA NỒNG ĐỘ LUGOL VÀ THỜI GIAN NGÂM XỬ LÝ

Mô hình phân tích: Two-way ANOVA (4 mức Nồng độ Lugol $\times$ 4 mức Thời gian ngâm, $n = 3, N = 48$).

Bậc tự do: $df_{\text{Nồng độ}} = 3; df_{\text{Thời gian}} = 3; df_{\text{Tương tác}} = 9; df_{\text{Sai số}} = 32; df_{\text{Tổng cộng}} = 47$.

Chỉ tiêu theo dõi	Nguồn biến thiên	Bậc tự do (df)	Giá trị F	Mức ý nghĩa (p / Sig.)
Tỷ lệ sống Ngày 3 (S3, %)	Nồng độ Lugol	3	7,85	$p = 0,001 (*)$
	Thời gian ngâm	3	0,74	$p = 0,536 (NS)$
	Nồng độ $\times$ Thời gian	9	0,89	$p = 0,544 (NS)$
	Sai số (Error)	32	-	-
Tỷ lệ sống Ngày 6 (S6, %)	Nồng độ Lugol	3	4,98	$p = 0,006 (*)$
	Thời gian ngâm	3	0,62	$p = 0,607 (NS)$
	Nồng độ $\times$ Thời gian	9	0,75	$p = 0,661 (NS)$
	Sai số (Error)	32	-	-
Tỷ lệ sống Ngày 9 (S9, %)	Nồng độ Lugol	3	8,15	$p = 0,001 (*)$

Chỉ tiêu theo dõi	Nguồn biến thiên	Bậc tự do (df)	Giá trị F	Mức ý nghĩa (p / Sig.)
	Thời gian ngâm	3	0,46	$p = 0,715$ (NS)
	Nồng độ $\times$ Thời gian	9	0,82	$p = 0,601$ (NS)
	Sai số (Error)	32	-	-
Thời gian bám chân (<i>TGBC, ngày</i>)	Nồng độ Lugol	3	45,21	$p = 0,001$ ()
	Thời gian ngâm	3	18,34	$p = 0,001$ ()
	Nồng độ $\times$ Thời gian	9	11,56	$p = 0,001$ (*)
	Sai số (Error)	32	-	-
Tăng trưởng khối lượng (<i>SGR_W, % ngày⁻¹</i>)	Nồng độ Lugol	3	1,12	$p = 0,356$ (NS)
	Thời gian ngâm	3	0,85	$p = 0,478$ (NS)
	Nồng độ $\times$ Thời gian	9	0,98	$p = 0,475$ (NS)
	Sai số (Error)	32	-	-
Tăng trưởng chiều dài (<i>SGR_L, % ngày⁻¹</i>)	Nồng độ Lugol	3	1,03	$p = 0,392$ (NS)
	Thời gian ngâm	3	0,78	$p = 0,514$ (NS)
	Nồng độ $\times$ Thời gian	9	0,84	$p = 0,586$ (NS)
	Sai số (Error)	32	-	-
Hàm lượng hữu cơ (<i>OW / TRO, %</i>)	Nồng độ Lugol	3	12,48	$p = 0,001$ ()
	Thời gian ngâm	3	5,82	$p = 0,003$ ()
	Nồng độ $\times$ Thời gian	9	4,76	$p = 0,001$ (*)
	Sai số (Error)			-

Chỉ tiêu theo dõi	Nguồn biến thiên	Bậc tự do (df)	Giá trị F	Mức ý nghĩa (p / Sig.)
		32	-	

2. THÍ NGHIỆM 2 (NỘI DUNG 2.2): ẢNH HƯỞNG CỦA GIÁ THẺ VÀ KÍCH THƯỚC MẢNH TÁCH

Mô hình phân tích: Two-way ANOVA (5 mức Kích thước mảnh tách $\times$ 4 loại Giá thẻ, $n = 3$, $N = 60$).

Bậc tự do: $df_{\text{Kích thước}} = 4$; $df_{\text{Giá thẻ}} = 3$; $df_{\text{Tương tác}} = 12$; $df_{\text{Sai số}} = 40$; $df_{\text{Tổng cộng}} = 59$.

Chỉ tiêu theo dõi	Nguồn biến thiên	Bậc tự do (df)	Giá trị F	Mức ý nghĩa (p / Sig.)
Tỷ lệ sống Ngày 3 (S3, %)	Kích thước mảnh tách	4	18,45	$p = 0,001 (*)$
	Loại giá thẻ	3	1,42	$p = 0,251 (\text{NS})$
	Kích thước $\times$ Giá thẻ	12	0,68	$p = 0,761 (\text{NS})$
	Sai số (Error)	40	-	-
Tỷ lệ sống Ngày 6 (S6, %)	Kích thước mảnh tách	4	21,30	$p = 0,001 (*)$
	Loại giá thẻ	3	1,15	$p = 0,341 (\text{NS})$
	Kích thước $\times$ Giá thẻ	12	0,74	$p = 0,705 (\text{NS})$
	Sai số (Error)	40	-	-
Tỷ lệ sống Ngày 9 (S9, %)	Kích thước mảnh tách	4	24,18	$p = 0,001 (*)$
	Loại giá thẻ	3	1,21	$p = 0,318 (\text{NS})$
	Kích thước $\times$ Giá thẻ	12	0,72	$p = 0,723 (\text{NS})$
	Sai số (Error)	40	-	-
Thời gian bám chân (TGBC, ngày)	Kích thước mảnh tách	4	68,45	$p = 0,001 (*)$
	Loại giá thẻ	3	0,59	$p = 0,625 (\text{NS})$ $p = 0,915 (\text{NS})$

Chỉ tiêu theo dõi	Nguồn biến thiên	Bậc tự do (df)	Giá trị F	Mức ý nghĩa (p / Sig.)
	Kích thước × Giá thể	12	0,48	-
	Sai số (Error)	40	-	
Tăng trưởng khối lượng (SGR_W, % ngày ⁻¹)	Kích thước mảnh tách	4	18,92	$p = 0,001 (*)$
	Loại giá thể	3	1,45	$p = 0,242 (NS)$
	Kích thước × Giá thể	12	0,81	$p = 0,638 (NS)$
	Sai số (Error)	40	-	-
Tăng trưởng chiều dài (SGR_L, % ngày ⁻¹)	Kích thước mảnh tách	4	16,54	$p = 0,001 (*)$
	Loại giá thể	3	0,95	$p = 0,426 (NS)$
	Kích thước × Giá thể	12	0,62	$p = 0,815 (NS)$
	Sai số (Error)	40	-	-
Hàm lượng hữu cơ (OW / TRO, %)	Kích thước mảnh tách	4	82,34	$p = 0,001 ()$
	Loại giá thể	3	5,12	$p = 0,004 ()$
	Kích thước × Giá thể	12	1,32	$p = 0,245 (NS)$
	Sai số (Error)	40	-	-

3. THÍ NGHIỆM 3 (NỘI DUNG 2.3): ẢNH HƯỞNG CỦA THỨC ĂN VÀ CHẾ ĐỘ CHO ĂN

Mô hình phân tích: One-way ANOVA 7 nghiệm thức (NT1 Đối chứng; NT2 đến NT7: 3 Loại thức ăn × 2 Tần suất cho ăn, $n = 3, N = 21$).

Bậc tự do: $df_{\text{Giữa các nhóm}} = 6$; $df_{\text{Sai số nội bộ}} = 14$; $df_{\text{Tổng cộng}} = 20$.

Chỉ tiêu theo dõi	Tổng bình phương (SS)	Bậc tự do (df)	Bình phương TB (MS)	Giá trị F	Mức ý nghĩa (p / Sig.)
-------------------	-----------------------	----------------	---------------------	-----------	------------------------

Chỉ tiêu theo dõi	Tổng bình phương (SS)	Bậc tự do (df)	Bình phương TB (MS)	Giá trị F	Mức ý nghĩa (p / Sig.)
Thời gian bám chân (TGBC, ngày)	0,064	6	0,011	0,787	0,595 (NS)
Hàm lượng hữu cơ (TRO / OW, %)	50,138	6	8,356	3,481	0,026 (*)
Tăng trưởng khối lượng (SGR _W , % ngày ⁻¹)	0,007	6	0,001	3,844	0,018 (*)
Tỷ lệ sống Ngày 3 (D3)	0,011	6	0,002	0,937	0,499 (NS)
Tỷ lệ sống Ngày 6 (D6)	0,001	6	0,0002	0,104	0,995 (NS)
Tỷ lệ sống Ngày 9 (D9)	0,003	6	0,0005	0,308	0,923 (NS)
Chlorophyll-a Ngày 0 (Chlo0)	0,305	6	0,051	0,704	0,651 (NS)
Chlorophyll-a Ngày 3 (Chlo3)	0,078	6	0,013	0,622	0,710 (NS)
Chlorophyll-a Ngày 6 (Chlo6)	0,155	6	0,026	0,968	0,481 (NS)
Chlorophyll-a Ngày 9 (Chlo9)	0,305	6	0,051	0,917	0,511 (NS)
Chlorophyll-a Ngày 60 (Chlo60)	0,423	6	0,071	0,863	0,545 (NS)
Tảo zooxanthellae Ngày 0 (Zoo0)	0,328	6	0,055	0,915	0,512 (NS)
Tảo zooxanthellae Ngày 3 (Zoo3)	0,363	6	0,061	0,813	0,577 (NS)

Chỉ tiêu theo dõi	Tổng bình phương (SS)	Bậc tự do (df)	Bình phương TB (MS)	Giá trị F	Mức ý nghĩa (p / Sig.)
Tảo zooxanthellae Ngày 6 (Zoo6)	0,132	6	0,022	0,856	0,549 (NS)
Tảo zooxanthellae Ngày 9 (Zoo9)	0,206	6	0,034	0,525	0,780 (NS)
Tảo zooxanthellae Ngày 60 (Zoo60)	0,141	6	0,024	0,241	0,955 (NS)

4. THÍ NGHIỆM 4 (NỘI DUNG 2.4): ẢNH HƯỞNG CỦA CƯỜNG ĐỘ ÁNH SÁNG

Mô hình phân tích: One-way ANOVA (5 mức cường độ ánh sáng: 30, 60, 90, 120, 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, $n = 3$, $N = 15$).

Bậc tự do: $df_{\text{Giữa các nhóm}} = 4$; $df_{\text{Sai số nội bộ}} = 10$; $df_{\text{Tổng cộng}} = 14$.

Chỉ tiêu theo dõi	Tổng bình phương (SS)	Bậc tự do (df)	Bình phương TB (MS)	Giá trị F	Mức ý nghĩa (p / Sig.)
Thời gian bám chân (TGBC, ngày)	3,184	4	0,796	11,21	0,001 (*)
Tỷ lệ sống Ngày 60 (S60, %)	208,333	4	52,083	4,17	0,031 (*)
Tăng trưởng khối lượng (SGR _W , % ngày ⁻¹)	0,0052	4	0,0013	9,28	0,002 (*)
Tăng trưởng chiều dài (SGR _L , % ngày ⁻¹)	0,0018	4	0,00045	5,63	0,012 (*)
Hàm lượng hữu cơ (OW / TRO, %)	32,840	4	8,210	4,44	0,026 (*)
Tảo zooxanthellae Ngày 12 ($\times 10^6$ tế bào g ⁻¹)	0,118	4	0,0295	7,02	0,006 (*)
Tảo zooxanthellae Ngày 60 ($\times 10^6$ tế bào g ⁻¹)	0,125	4	0,0313	0,65	0,641 (NS)
Chlorophyll-a Ngày 12 ($\times 10^2 \mu\text{g g}^{-1}$)	2,752	4	0,688	32,15	0,001 (*)
Chlorophyll-a Ngày 60 ($\times 10^2 \mu\text{g g}^{-1}$)	0,112	4	0,028	1,12	0,398 (NS)

(Ghi chú: dấu (*) biểu thị sai khác có ý nghĩa thống kê ở mức $p < 0,05$; NS biểu thị không có ý nghĩa thống kê với $p > 0,05$)*.

Số 685 - QĐ/HVKHCN

Hà Nội, ngày 28 tháng 7 năm 2026

QUYẾT ĐỊNH
thành lập Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện

-
- Căn cứ Quyết định số 175-QĐ/VHLKHCNVN ngày 28/4/2026 của Chủ tịch Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam ban hành Quy chế Tổ chức và hoạt động của Học viện Khoa học và Công nghệ;
 - Căn cứ Thông tư số 18/2021/TT-BGDĐT ngày 28/06/2021 của Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành Quy chế tuyển sinh và đào tạo trình độ tiến sĩ;
 - Căn cứ Quyết định số 1968/QĐ-HVKHCN ngày 28/12/2021 của Giám đốc Học viện Khoa học và Công nghệ về việc ban hành Quy định đào tạo trình độ tiến sĩ tại Học viện Khoa học và Công nghệ;
 - Căn cứ Quyết định số 1984/QĐ-HVKHCN ngày 30/11/2022 của Giám đốc Học viện Khoa học và Công nghệ về việc công nhận nghiên cứu sinh đợt 2 năm 2022;
 - Xét đề nghị của Trưởng phòng Đào tạo.

GIÁM ĐỐC HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
QUYẾT ĐỊNH

Điều 1. Thành lập Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện cho nghiên cứu sinh Hồ Sơn Lâm với đề tài:

Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* Texier - Durivault, 1958

Ngành: Thủy sinh vật học

Mã số: 9 42 01 08

Danh sách thành viên Hội đồng đánh giá luận án kèm theo Quyết định này.

Điều 2. Hội đồng có trách nhiệm đánh giá luận án tiến sĩ theo đúng quy chế hiện hành của Bộ Giáo dục và Đào tạo, Học viện Khoa học và Công nghệ.

Quyết định có hiệu lực kể từ ngày ký đến trước ngày 22/10/2026. Hội đồng tự giải thể sau khi hoàn thành nhiệm vụ.

Điều 3. Trưởng phòng Tổ chức - Hành chính, Trưởng phòng Đào tạo, Trưởng phòng Kế toán, các thành viên có tên trong danh sách Hội đồng và nghiên cứu sinh có tên tại Điều 1 chịu trách nhiệm thi hành Quyết định này.

Nơi nhận:

- Như Điều 3;
- Lưu VT, HSNCS, ĐT, MT.9.



GIÁM ĐỐC

PGS.TS. Hoàng Anh Sơn



ĐANH SÁCH HỘI ĐỒNG ĐÁNH GIÁ LUẬN ÁN TIẾN SĨ CẤP HỌC VIỆN

(Kèm theo Quyết định số 685 - QĐ/HVKHCN ngày 28/7/2026
của Giám đốc Học viện Khoa học và Công nghệ)

Cho luận án của nghiên cứu sinh: Hồ Sơn Lâm

Về đề tài: Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô
mềm *Sarcophyton serenei* Texier - Durivault, 1958

Ngành: Thủy sinh vật học

Mã số: 9 42 01 08

Thầy hướng dẫn chính: TS. Đỗ Hữu Hoàng

- Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm KHCNVN

Thầy hướng dẫn phụ: TS. Hoàng Xuân Bền

- Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm KHCNVN

TT	Họ và tên, học hàm, học vị	Chuyên ngành	Cơ quan công tác	Trách nhiệm trong Hội đồng
1	GS.TS. Đoàn Như Hải	Thủy sinh vật học	Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm KHCNVN	Chủ tịch
2	GS.TS. Lê Minh Hoàng	Thủy sản và Hải dương học	Trường Đại học Nha Trang	Phản biện 1
3	PGS.TS. Nguyễn Văn Quân	Thủy sinh vật học	Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm KHCNVN	Phản biện 2
4	TS. Nguyễn Hữu Huân	Thủy sinh vật học	Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm KHCNVN	Ủy viên - Thư ký
5	GS.TS. Đinh Minh Quang	Sinh học	Trường Đại học sư phạm, Đại học Cần Thơ	Ủy viên
6	PGS.TS. Hoàng Đức Huy	Sinh thái và Sinh học tiến hóa	Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia TP.HCM	Ủy viên
7	PGS.TS. Nguyễn Phú Hòa	Nuôi trồng và quản lý nguồn lợi thủy sản	Trường Đại học Nông lâm Thành phố Hồ Chí Minh	Ủy viên

Hội đồng gồm 07 thành viên. *Đu*

BẢN NHẬN XÉT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Họ và tên người viết nhận xét luận án: Đoàn Như Hải

Học hàm, học vị: GS.TS.

Cơ quan công tác: Viện Hải Dương Học

Họ và tên nghiên cứu sinh: Hồ Sơn Lâm

Tên đề tài luận án: **Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* Tixier-Durivault, 1958**

Ý KIẾN NHẬN XÉT

1. *Tính cần thiết, thời sự, ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài:*

Luận án là một nghiên cứu khá hoàn chỉnh về đặc điểm sinh sản và kỹ thuật nhân giống vô tính một loài san hô mềm. Đây là những dữ liệu quan trọng trong việc nhân giống đảm bảo khả năng bảo tồn các loài san hô mềm của Việt Nam đồng thời mở ra khả năng nuôi sinh vật cảnh giải quyết đa dạng nuôi trồng các loài thủy sinh vật.

2. *Sự không trùng lặp của đề tài nghiên cứu so với các công trình, luận văn, luận án đã công bố ở trong và ngoài nước; tính trung thực, rõ ràng và đầy đủ trong trích dẫn tài liệu tham khảo.*

Đề tài là một nghiên cứu mới ở Việt Nam, các công bố qua bình duyệt đã xuất bản của đề tài trong nước và quốc tế đảm bảo tính mới và tính học thuật được xem xét đầy đủ. Luận án có hơn 200 tài liệu tham khảo được trích dẫn. Số lượng này có thể nên được giảm lược bớt.

3. *Sự phù hợp giữa tên đề tài với nội dung, giữa nội dung với ngành và mã số ngành.*

Luận án có nội dung phù hợp với ngành và mã số ngành

4. *Độ tin cậy và tính hiện đại của phương pháp đã sử dụng để nghiên cứu.*

Luận án có 2 phần nghiên cứu chính: đặc điểm sinh học, sinh thái loài và phương pháp nuôi trồng vô tính loài. Các phương pháp nghiên cứu là thường quy và khá đơn giản nhưng phù hợp với yêu cầu luận án.

5. *Kết quả nghiên cứu mới của tác giả; những đóng góp mới cho sự phát triển khoa học chuyên ngành; đóng góp mới phục vụ cho sản xuất, kinh tế, quốc phòng, xã hội và đời sống. ý nghĩa khoa học, giá trị và độ tin cậy của những kết quả đó.*

Luận án là một nghiên cứu khá chi tiết về sinh sản vô tính của 1 loài san hô mềm. Nghiên cứu bao gồm các kết quả về đặc điểm sinh học đặc điểm sinh học sinh sản của loài *S. serenei*, dựa trên khảo sát 1 năm tại hiện trường để xác định tỷ lệ giới tính, các giai đoạn phát triển tuyến sinh dục, sức sinh sản và mùa vụ sinh sản. Nội dung chính của luận án bao gồm các loạt thí nghiệm xác định các thông số kỹ thuật tối ưu cho sinh sản vô tính của loài, như dung dịch xử lý mảnh cắt, kích thước mảnh; loại giá thể thích hợp, chế độ cho ăn, và cường độ chiếu sáng.

6. *Ưu điểm và nhược điểm về nội dung, kết cấu và hình thức của luận án.*

Luận án là một công trình khá hoàn chỉnh về đặc trưng sinh học sinh sản của 1 loài san hô mềm, với những điều kiện nuôi trồng tối ưu để đạt hiệu quả cao. Đây là cơ sở khoa học để có thể nhân nuôi loài trong điều kiện nhân tạo, giảm áp lực khai thác trong tự nhiên và phục hồi loài trong những điều kiện nhất định. Luận án đã có những thành công trong công tác xuất bản quốc tế (SCIE) và quốc gia, đảm bảo được quá trình phản biện độc lập (từ một phần kết quả của luận án) từ các nhà khoa học quốc tế và quốc gia khác ngoài quá trình phản biện trong chương trình đào tạo. Những kết quả đề tài mang lại là đáng khích lệ và là tiền đề để nghiên cứu sinh tiếp tục nghiên cứu sâu rộng hơn.

Tuy vậy, dù đã qua quá trình chỉnh sửa, luận án cũng cần có một vài điểm cần hoàn thiện trong đó bao gồm: 1) xem xét các lỗi định dạng và chính tả trong toàn luận văn, các thuật ngữ chuyên môn sử dụng thống nhất; các chữ số sau dấu phẩy phù hợp với phương pháp đo và sai số đo; 2) Giảm số lượng tài liệu tham khảo: cần nhắc không sử dụng tài liệu tham khảo trùng nhau hay tham khảo chéo hoặc ít thông tin liên quan; 3) Phần đặc điểm sinh học cần rút gọn hơn và bổ sung vị trí phân loại loài; 3) Các câu đầu của phần kết luận cần chỉnh sửa thành kết quả trực tiếp, tránh cách viết “kết quả nghiên cứu cho thấy”.

7. *Nội dung của luận án đã được công bố trên tạp chí, kỷ yếu Hội nghị Khoa học nào và giá trị của các công trình đã công bố (cấp công bố WoS (SSCI, SCI/E, ESCI ...), Scopus, quốc tế có phản biện, tạp chí trong nước được tính điểm theo Hội đồng Giáo sư nhà nước ... và xếp hạng SCIMAGO).*

Các sản phẩm công bố của luận án bao gồm 1 bài báo đăng trong tạp chí quốc tế SCIE, 1 bài báo trong tạp chí quốc gia và 2 bản thảo gửi đăng trong tạp chí quốc tế SCIE.

Bài báo SCIE được đăng trong tạp chí “Regional Studies in Marine Science”, tạp chí thuộc danh mục SCIE có chỉ số IF năm 2025 là 2.7 và thuộc Q1 (lĩnh vực động vật thủy sinh năm 2024-225, SCImago). Nội dung bài báo liên quan đến thí nghiệm dùng chất khử trùng trong quá trình phân mảnh của loài san hô mềm. Bài báo đăng trong tạp chí khoa học công nghệ biển bằng tiếng Anh, thuộc danh mục VASSt-2 của VAST và thuộc danh mục tạp chí trong nước được tính điểm theo Hội đồng Giáo sư nhà nước.

8. *Kết luận chung:*

- Luận án đáp ứng được các yêu cầu đối với một luận án tiến sĩ ngành thủy sinh học
- Bản tóm tắt luận án đã phản ánh trung thành nội dung cơ bản của luận án không.
- Luận án có thể đưa ra bảo vệ cấp Học viện để nhận bằng Tiến sĩ.

Khánh Hòa, ngày 14 tháng 08 năm 2026
Người viết nhận xét



Đoàn Như Hải

BẢN NHẬN XÉT PHẢN BIỆN LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Họ và tên người phản biện luận án: Lê Minh Hoàng

Học hàm, học vị: GS, TS

Cơ quan công tác: Trường Đại học Nha Trang

Họ và tên nghiên cứu sinh: Hồ Sơn Lâm

Tên đề tài luận án: Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* Tixier-Durivault, 1958

Ý KIẾN NHẬN XÉT

1. Tính cần thiết, thời sự, ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài:

Đề tài luận án có tính cần thiết, thời sự và có ý nghĩa khoa học cũng như thực tiễn rõ ràng. Trong bối cảnh các hệ sinh thái rạn san hô trên thế giới và tại Việt Nam đang chịu áp lực ngày càng lớn từ biến đổi khí hậu, suy giảm chất lượng môi trường, hoạt động khai thác và các tác động nhân sinh, việc nghiên cứu cơ sở sinh học và phát triển các giải pháp nhân giống san hô nhằm giảm phụ thuộc vào nguồn khai thác tự nhiên là một hướng nghiên cứu có ý nghĩa. San hô mềm không chỉ là thành phần quan trọng của hệ sinh thái rạn san hô mà còn có giá trị về đa dạng sinh học, sinh vật cảnh biển và tiềm năng cung cấp các hợp chất có hoạt tính sinh học. Vì vậy, việc nghiên cứu đồng thời đặc điểm sinh học và khả năng nhân giống trong điều kiện nhân tạo vừa có ý nghĩa về mặt khoa học cơ bản, vừa tạo tiền đề cho bảo tồn, phục hồi và khai thác bền vững nguồn tài nguyên này.

Đặc biệt, *Sarcophyton serenei* là loài đã được ghi nhận phân bố tại một số vùng biển Việt Nam, trong đó có vịnh Nha Trang, nhưng trước khi thực hiện luận án, những hiểu biết về loài này chủ yếu tập trung vào phân loại và ghi nhận phân bố; các thông tin chuyên sâu về sinh học sinh sản, đặc điểm sinh thái cũng như kỹ thuật nhân giống vô tính còn rất hạn chế. Luận án đã xác định khoảng trống nghiên cứu này và lựa chọn cách tiếp cận tương đối toàn diện, từ xác định chính xác đối tượng, khảo sát môi trường sống, nghiên cứu sinh học sinh sản đến đánh giá các yếu tố kỹ thuật ảnh hưởng đến quá trình nhân giống vô tính.

Về ý nghĩa khoa học, kết quả của luận án bổ sung những dữ liệu mới về hình thái, trầm xương, môi trường sống, giới tính, phát triển tuyến sinh dục, sức sinh sản và mùa vụ sinh sản của *S. serenei*, đồng thời bổ sung kiến thức về phản ứng sinh lý của mảnh san hô trong quá trình nhân giống vô tính. Về ý nghĩa thực tiễn, các thông số kỹ thuật xác định được từ nghiên cứu có thể được sử dụng làm cơ sở để tiếp tục xây dựng và hoàn thiện quy trình nhân giống vô tính *S. serenei*, phục vụ

lưu giữ nguồn gen, nghiên cứu phục hồi san hô, phát triển sinh vật cảnh biển và tạo nguồn vật liệu cho các nghiên cứu về hợp chất tự nhiên có hoạt tính sinh học.

2. Sự không trùng lặp của đề tài nghiên cứu so với các công trình, luận văn, luận án đã công bố ở trong và ngoài nước; tính trung thực, rõ ràng và đầy đủ trong trích dẫn tài liệu tham khảo.

Qua nội dung tổng quan tài liệu và đối chiếu với các nghiên cứu được tác giả trích dẫn, có thể nhận thấy đề tài không trùng lặp về tổng thể với các công trình nghiên cứu đã công bố trong và ngoài nước. Các nghiên cứu trước đây về giống *Sarcophyton* chủ yếu tập trung vào một số loài như *S. glaucum*, *S. elegans*, *S. trocheliophorum* hoặc *Sarcophyton* spp., với các hướng nghiên cứu riêng biệt về phân loại, sinh học sinh sản, ánh sáng, dinh dưỡng, sinh trưởng hoặc kỹ thuật phân mảnh. Đối với *S. serenei*, các tài liệu trước đây chủ yếu ghi nhận về phân loại, phân bố hoặc hợp chất tự nhiên; chưa thấy một công trình nào thực hiện đồng bộ các nội dung về đặc điểm môi trường sống, sinh học sinh sản và nhân giống vô tính như luận án này. Chính luận án cũng chỉ ra rằng thông tin về *S. serenei* tại Việt Nam trước nghiên cứu mới chủ yếu dừng ở phân bố và phân loại.

Hệ thống tài liệu tham khảo tương đối phong phú, bao gồm các công trình nền tảng về phân loại Octocorallia và *Sarcophyton*, các nghiên cứu về sinh học sinh sản, sinh thái, dinh dưỡng, zooxanthellae, ánh sáng và nhân giống san hô, đồng thời có sử dụng các công trình tương đối mới. Các nguồn thông tin được trích dẫn trong nội dung và liệt kê trong danh mục tài liệu tham khảo, nhìn chung bảo đảm khả năng truy xuất. Tác giả cũng có lời cam đoan rõ ràng về nguồn gốc số liệu, việc sử dụng kết quả đồng công bố và trách nhiệm đối với nội dung luận án.

Tuy nhiên, trước khi hoàn thiện bản cuối cùng, tác giả nên tiếp tục rà soát toàn bộ sự tương ứng giữa trích dẫn trong nội dung và danh mục tài liệu tham khảo, thống nhất cách viết tên tác giả, tên khoa học, DOI, tên tạp chí, năm-tập-số-trang; đồng thời cập nhật trạng thái phân loại học hiện hành của các taxon được đề cập để bảo đảm tính nhất quán trong toàn luận án.

3. Sự phù hợp giữa tên đề tài với nội dung, giữa nội dung với ngành và mã số ngành.

Tên đề tài “Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* Tixier-Durivault, 1958” phản ánh tương đối đầy đủ và chính xác đối tượng, phạm vi và hai hướng nghiên cứu chính của luận án. Phần “đặc điểm sinh học” được cụ thể hóa thông qua nghiên cứu hình thái và phân loại, đặc điểm môi trường sống và sinh học sinh sản; phần “thực nghiệm sinh sản vô tính” được triển khai thông qua bốn nhóm thí nghiệm về xử lý Lugol, giá thể và kích thước mảnh tách, thức ăn và chế độ cho ăn, cũng như cường độ ánh sáng. Cấu

trúc này cho thấy có sự thống nhất tương đối chặt chẽ giữa tên đề tài, mục tiêu, nội dung, phương pháp và kết quả nghiên cứu.

Đối tượng nghiên cứu là một loài thủy sinh vật biển thuộc Octocorallia; các vấn đề nghiên cứu bao gồm phân loại, sinh thái, sinh học sinh sản, sinh trưởng, sinh lý và khả năng nhân giống trong điều kiện nhân tạo. Vì vậy, nội dung luận án phù hợp với phạm vi khoa học của ngành Thủy sinh vật học, mã số 9 42 01 08.

4. Độ tin cậy và tính hiện đại của phương pháp đã sử dụng để nghiên cứu.

Hệ thống phương pháp nghiên cứu được lựa chọn nhìn chung phù hợp với mục tiêu và từng nội dung của luận án, kết hợp giữa khảo sát ngoài tự nhiên, phân tích hình thái và phân loại, nghiên cứu sinh học sinh sản và thí nghiệm có kiểm soát trong điều kiện nhân tạo. Việc định danh loài dựa trên các khóa và tài liệu phân loại chuyên ngành, kết hợp đặc điểm hình thái ngoài và đặc điểm trầm xương; đặc biệt, việc sử dụng kính hiển vi điện tử quét để quan sát chi tiết cấu trúc trầm xương giúp tăng độ tin cậy của kết quả phân loại so với chỉ sử dụng kính hiển vi quang học.

Các chỉ tiêu sinh học và sinh lý được đánh giá khá đa dạng, gồm tỷ lệ sống, thời gian bám giá thể, tốc độ sinh trưởng, mật độ zooxanthellae, hàm lượng Chlorophyll-*a* và tỷ lệ khối lượng hữu cơ. Phương pháp cân nổi được sử dụng để theo dõi biến động khối lượng san hô là phương pháp phù hợp đối với nghiên cứu sinh trưởng san hô. Thiết kế thí nghiệm cũng cho phép đánh giá tác động riêng lẻ và tương tác của các yếu tố; điển hình là thí nghiệm Lugol được bố trí theo mô hình nhân tố 4×4 gồm bốn nồng độ và bốn thời gian xử lý, có sáu lần lặp và theo dõi đồng thời nhiều chỉ tiêu sinh lý.

Nhìn chung, phương pháp nghiên cứu có cơ sở khoa học, phù hợp với đối tượng, có khả năng lặp lại và tạo ra số liệu đủ độ tin cậy để trả lời các mục tiêu nghiên cứu. Tuy vậy, trong bản hoàn thiện, tác giả nên mô tả thật rõ đơn vị thí nghiệm độc lập, số lần lặp sinh học, nguồn gốc mảnh san hô từ các tập đoàn bố mẹ và cách xử lý khả năng phụ thuộc giữa các mảnh cùng nguồn, vì đây là vấn đề quan trọng để loại trừ nguy cơ giả lặp (*pseudoreplication*) trong nghiên cứu thực nghiệm trên san hô.

5. Kết quả nghiên cứu mới của tác giả; những đóng góp mới cho sự phát triển khoa học chuyên ngành; đóng góp mới phục vụ cho sản xuất, kinh tế, quốc phòng, xã hội và đời sống; ý nghĩa khoa học, giá trị và độ tin cậy của những kết quả đó.

Luận án đã tạo ra một hệ thống kết quả có giá trị khoa học và thực tiễn đối với *S. serenei*. Đóng góp quan trọng trước hết là việc bổ sung dữ liệu tương đối đầy đủ về đặc điểm hình thái và cấu trúc trầm xương của loài, trong đó việc sử dụng SEM giúp mô tả chi tiết hơn các đặc điểm có giá trị phân loại. Luận án đồng thời cung

cấp dữ liệu về điều kiện môi trường tại khu vực phân bố của *S. serenei* ở vịnh Nha Trang, tạo cơ sở tham khảo cho việc duy trì và nuôi loài trong điều kiện nhân tạo.

Đóng góp nổi bật thứ hai là lần đầu cung cấp một hệ thống thông tin về sinh học sinh sản của *S. serenei*, bao gồm giới tính và tỷ lệ giới tính, quá trình phát triển noãn bào và túi tinh, kích thước giao tử, sức sinh sản và mùa vụ sinh sản. Đây là nhóm dữ liệu cơ bản nhưng có ý nghĩa quan trọng vì vừa bổ sung tri thức cho sinh học sinh sản của Octocorallia, vừa tạo cơ sở cho việc xác định thời điểm thu giao tử và phát triển các nghiên cứu sinh sản hữu tính trong tương lai.

Đóng góp thứ ba và có giá trị ứng dụng rõ nhất là luận án đã xác định được một số thông số kỹ thuật thích hợp cho nhân giống vô tính *S. serenei*, bao gồm xử lý mảnh cắt bằng Lugol 0,5 mL L⁻¹ trong 15 phút hoặc 1,0 mL L⁻¹ trong 10 phút; sử dụng mảnh tách từ khoảng 1,5 cm trở lên; lựa chọn giá thể gạch men hoặc xi măng; chế độ bổ sung luân trùng 2 ngày/lần; và cường độ ánh sáng khoảng 90–120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Đáng chú ý, kết quả thí nghiệm Lugol đã được công bố trên *Regional Studies in Marine Science*, trong đó hai tổ hợp xử lý thích hợp đạt tỷ lệ sống 85%.

Các kết quả trên tạo cơ sở khoa học để tiếp tục phát triển quy trình nhân giống *S. serenei* ở quy mô lớn hơn, phục vụ bảo tồn nguồn gen, phục hồi rạn, sản xuất sinh vật cảnh biển và cung cấp sinh khối cho nghiên cứu các hợp chất có hoạt tính sinh học. Tuy nhiên, cần diễn đạt thận trọng rằng luận án hiện mới xác định các thông số kỹ thuật quan trọng làm cơ sở xây dựng quy trình, chưa nên khẳng định đã hoàn thiện một “quy trình công nghệ” ở quy mô sản xuất, bởi chính luận án cũng kiến nghị tiếp tục thử nghiệm ở quy mô lớn hơn và đánh giá hiệu quả kinh tế kỹ thuật.

6. Ưu điểm và nhược điểm về nội dung, kết cấu và hình thức của luận án.

Về ưu điểm, luận án lựa chọn đối tượng nghiên cứu còn ít được nghiên cứu, có khoảng trống khoa học tương đối rõ. Các nội dung được triển khai theo một logic hợp lý từ nhận diện đối tượng → môi trường sống → sinh học sinh sản → cơ sở kỹ thuật nhân giống vô tính, tạo được sự liên kết giữa nghiên cứu cơ bản và định hướng ứng dụng. Khối lượng nghiên cứu tương đối lớn, gồm khảo sát thực địa và nhiều thí nghiệm có kiểm soát; hệ thống chỉ tiêu đánh giá đa dạng, không chỉ dựa trên tỷ lệ sống và sinh trưởng mà còn sử dụng mật độ zooxanthellae, Chlorophyll-*a* và hàm lượng hữu cơ để phản ánh trạng thái sinh lý của san hô. Cấu trúc luận án gồm mở đầu, tổng quan, đối tượng và phương pháp, kết quả và thảo luận, kết luận–kiến nghị tương đối chuẩn mực; bảng, hình và số liệu tương đối phong phú.

Về một số tồn tại, phần tổng quan còn có những đoạn mang tính liệt kê tài liệu và mô tả kết quả của từng nghiên cứu; nên tăng cường tổng hợp, so sánh và phân tích để làm nổi bật hơn khoảng trống khoa học dẫn đến từng nội dung nghiên cứu. Phần

kết quả và thảo luận ở một số nội dung có thể rút gọn phần mô tả lại số liệu đã thể hiện trong bảng/hình và dành dung lượng nhiều hơn cho việc giải thích cơ chế sinh học. Cần rà soát thống nhất thuật ngữ chuyên môn, tên khoa học, đơn vị đo, cách viết Chlorophyll-*a*, zooxanthellae/Symbiodiniaceae, ký hiệu thống kê, định dạng bảng, hình và tài liệu tham khảo. Đồng thời, tác giả cần làm rõ hơn một số vấn đề về thiết kế thí nghiệm, đặc biệt là tính độc lập của đơn vị thí nghiệm và nguồn tập đoàn bố mẹ. Những hạn chế này chủ yếu thuộc về cách trình bày và mức độ hoàn thiện, không làm thay đổi các kết quả và đóng góp khoa học chính của luận án.

7. Nội dung của luận án đã được công bố trên tạp chí, kỷ yếu Hội nghị Khoa học nào và giá trị của các công trình đã công bố (cấp công bố WoS (SSCI, SCI/E, ESCI ...), Scopus, quốc tế có phản biện, tạp chí trong nước được tính điểm theo Hội đồng Giáo sư nhà nước ... và xếp hạng SCIMAGO).

Theo hồ sơ cung cấp, tác giả có 02 công trình đã xuất bản trực tiếp liên quan đến luận án. Công trình thứ nhất là H.S. Lam và cs. (2025), “*Interactive effects of Lugol concentrations and soaking durations on physiology of fragment of soft coral, Sarcophyton serenei (Tixier-Durivault, 1958)*”, đăng trên Regional Studies in Marine Science, Volume 83, Article 104078, DOI: 10.1016/j.rsma.2025.104078. Đây là bài báo quốc tế có phản biện do Elsevier xuất bản và nội dung trực tiếp phản ánh một thí nghiệm quan trọng của luận án. Công trình thứ hai là H.S. Lam và cs. (2025), “*Morphological characteristics of soft coral Sarcophyton serenei (Tixier-Durivault, 1958) in Nha Trang Bay*”, đăng trên Vietnam Journal of Marine Science and Technology, 25(3): 297–309, phản ánh trực tiếp kết quả nghiên cứu hình thái và phân loại của đối tượng.

Ngoài ra, tại thời điểm hoàn thiện hồ sơ luận án còn có 02 bản thảo đang được phản biện, gồm bài “*Effects of Substrate Type and Fragment Size on Selected Physiological Characteristics of the Soft Coral Sarcophyton serenei...*” gửi Ecology and Evolution và bài “*Reproductive Biology of Soft Coral Sarcophyton serenei... in Nha Trang Bay...*” gửi Marine Biodiversity. Hai bản thảo này liên quan trực tiếp đến hai nhóm kết quả quan trọng khác của luận án.

Như vậy, các công trình đã công bố có mức độ liên quan trực tiếp cao với luận án, không phải các công bố ngoài lề, đồng thời cho thấy một phần kết quả nghiên cứu đã được kiểm chứng thông qua quy trình phản biện khoa học. Tôi đề nghị chỉ tính 02 bài đã xuất bản vào điều kiện công bố của luận án; hai bài đang *under review* nên ghi nhận là kết quả bổ sung nhưng không tính như công trình đã công bố/chấp nhận đăng.

8. Kết luận chung cần khẳng định:

Qua nghiên cứu toàn bộ nội dung luận án và các công trình khoa học liên quan, tôi nhận thấy luận án "*Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm Sarcophyton serenei Tixier-Durivault, 1958*" là một công trình nghiên cứu được thực hiện nghiêm túc, có khối lượng nghiên cứu phù hợp, phương pháp nghiên cứu có cơ sở khoa học, số liệu tương đối phong phú và các kết quả có độ tin cậy. Luận án đã giải quyết được các mục tiêu nghiên cứu đặt ra và có những kết quả mới về đặc điểm sinh học sinh sản cũng như điều kiện kỹ thuật phục vụ nhân giống vô tính *S. serenei*. Một phần quan trọng của kết quả luận án đã được công bố trên các tạp chí khoa học có phản biện, trong đó có công trình quốc tế trên *Regional Studies in Marine Science*.

- Mức độ đáp ứng các yêu cầu đối với một luận án tiến sĩ ngành: Theo đánh giá của tôi, luận án đáp ứng các yêu cầu cơ bản đối với một luận án tiến sĩ ngành Thủy sinh vật học, mã số 9 42 01 08, cả về khối lượng nghiên cứu, tính khoa học, tính mới và giá trị của kết quả.

- Bản tóm tắt luận án có phản ánh trung thành nội dung cơ bản của luận án không: Bản tóm tắt cần phản ánh trung thành các nội dung cơ bản của luận án, đặc biệt là mục tiêu, phương pháp, các kết quả chính, những đóng góp mới và kết luận. Trước khi phát hành chính thức, cần tiếp tục rà soát để bảo đảm các số liệu, thuật ngữ và kết luận trong bản tóm tắt hoàn toàn thống nhất với bản toàn văn.

- Luận án có thể đưa ra bảo vệ cấp Học viện để nhận bằng Tiến sĩ được hay không: Những tồn tại nêu trên chủ yếu là các vấn đề cần tiếp tục chỉnh sửa, chuẩn hóa và làm rõ trong quá trình hoàn thiện bản thảo, không ảnh hưởng đến giá trị khoa học cơ bản và những đóng góp mới của luận án. Vì vậy, tôi đồng ý để luận án được đưa ra bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án cấp Học viện, làm cơ sở xem xét công nhận học vị và cấp bằng Tiến sĩ ngành Thủy sinh vật học cho nghiên cứu sinh Hồ Sơn Lâm.

Khánh Hòa, ngày tháng năm 2026

Người viết nhận xét
(Ký và ghi rõ họ và tên)

Lê Minh Hoàng

BẢN NHẬN XÉT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Họ và tên người viết nhận xét luận án: Nguyễn Văn Quân

Học hàm, học vị: PGS.TS Sinh học

Cơ quan công tác: Phân viện Hải dương học tại Hải Phòng (Viện Hải dương học).

Nghiên cứu sinh: Hồ Sơn Lâm

Tên đề tài luận án: Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* Tixier-Duriv Ault, 1958.

Ý KIẾN NHẬN XÉT

1. Tính cần thiết, ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài luận án.

Giống san hô mềm *Sarcophyton* thuộc ngành Anthozoa, lớp san hô tám ngấn, bộ Malacalcyonacea, họ Sarcophytidae phân bố khá rộng rãi ở vùng biển nhiệt đới thuộc khu vực Ấn Độ - Tây Thái Bình dương. Chúng có tính đa dạng sinh học cao với 50 loài đã được phân loại rõ ràng, 3 loài không chắc chắn và 27 loài được điều chỉnh.

Trong hệ sinh thái rạn san hô, san hô mềm nói chung và giống *Sarcophyton* nói riêng đóng vai trò hết sức quan trọng của nhóm loài chủ đạo (keystone species) để hình thành nên các nhóm loài tiên phong sống trên nền đáy đá, vụn san hô chết... để tạo ra các quần xã san hô có sự đa dạng cao về hình thái cũng như duy trì môi trường sống đặc trưng cho các loài sinh vật biển sống kèm theo.

Đã có khá nhiều nghiên cứu trên thế giới có liên quan đến đánh giá tính đa dạng sinh học có giống san hô mềm *Sarcophyton* cũng như đi sâu vào nghiên cứu tách chiết các hoạt tính từ san hô mềm để phục vụ cho ngành dược liệu biển, bào chế thuốc và mỹ phẩm. Rất đáng tiếc, hầu như chưa có nghiên cứu nào chuyên biệt về loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* ở Việt Nam cho tới thời điểm hiện tại.

Trước sức ép ngày càng gia tăng của các hoạt động khai thác san hô mềm để làm sinh vật cảnh cũng như nhu cầu tạo nguồn nguyên liệu để chế biến thuốc. Cần thiết phải có nghiên cứu về đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính của loài *Sarcophyton serenei* nhằm tạo cơ sở khoa học cho các ứng dụng trong công tác bảo tồn loài và phát triển các sản phẩm dược.

Việc thực hiện đề tài mang ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao đối với phát triển chuyên ngành và ứng dụng vào thực tế sản xuất. Cụ thể là:

- **Ý nghĩa khoa học:**

- Góp phần cung cấp thông tin về đặc điểm sinh học sinh sản và sinh sản vô tính của loài *S. serenei* ở Việt Nam và trên Thế giới. Tạo lập được các dữ liệu ban đầu cho công tác bảo tồn loài, phục hồi nguồn lợi ngoài tự nhiên để tạo vùng nguyên liệu bền vững cho chế biến dược phẩm/thuốc từ san hô mềm.

- Xây dựng cơ sở khoa học và phương pháp luận trong việc đánh giá khả năng sinh sản hữu tính của loài trong tự nhiên (đặc điểm sinh học sinh sản) cũng như hoàn thiện quy trình sinh sản vô tính của loài ở quy mô lớn hơn trong tương lai.

- **Ý nghĩa thực tiễn:**

- Đóng góp cho phát triển của khoa học chuyên ngành về đặc điểm sinh học sinh sản của san hô mềm trong điều kiện tự nhiên và nuôi nhốt. Mở ra triển vọng sản xuất hàng loạt san hô mềm ở quy mô trang trại lớn hơn.

- Đóng góp các dữ liệu nền phục vụ cho công tác phát triển kinh tế - xã hội gắn với công tác bảo tồn tại các khu bảo tồn biển của Việt Nam thông qua việc có thể phát triển nghề nuôi san hô mềm trong tương lai ở quy mô hộ gia đình.

- Giảm áp lực khai thác nguồn giống san hô mềm ngoài tự nhiên trong thương mại sinh vật biển cảnh do chủ động được nguồn cung ở quy mô hộ gia đình.

2. Sự không trùng lặp của đề tài nghiên cứu so với các công trình, luận văn, luận án đã công bố ở trong và ngoài nước; tính trung thực, rõ ràng và đầy đủ trong trích dẫn tài liệu tham khảo.

Đề tài nghiên cứu không có sự trùng lặp với các nghiên cứu trước đây của các tác giả trong và ngoài nước. Các số liệu tham khảo sử dụng từ các nghiên cứu trước đây hoặc thực hiện bởi các tác giả khác trong luận án được trích dẫn rõ ràng và phần lớn cũng là các kết quả nghiên cứu do chính tác giả thực hiện.

3. Sự phù hợp giữa tên đề tài với nội dung, giữa nội dung với chuyên ngành và mã số chuyên ngành.

Tên đề tài và nội dung nghiên cứu phù hợp với chuyên ngành đào tạo Tiến sĩ Thủy sinh vật học mã số: 9.42.01.08.

4. Độ tin cậy và tính hiện đại của phương pháp đã sử dụng để nghiên cứu

Tác giả đã sử dụng nguồn tư liệu từ hàng loạt các đề tài, dự án, chương trình nghiên cứu do bản thân làm chủ trì, thư ký khoa học hoặc là thành viên tham gia chính:

chuỗi số liệu thu được về đặc điểm sinh học, sinh học sinh sản của loài san hô mềm ngoài tự nhiên là cập nhật và đồng bộ. Các phương pháp nghiên cứu và thiết bị được sử dụng là hiện đại: phương pháp sử dụng kính hiển vi điện tử dạng quét SEM để phân tách bộ xương, máy cắt lát mô (Rotary microtome) ... đã làm tăng độ tin cậy của các kết quả nghiên cứu.

5. Kết quả nghiên cứu mới của tác giả, đóng góp mới cho sự phát triển khoa học chuyên ngành; đóng góp mới cho phục vụ sản xuất, kinh tế quốc phòng, xã hội và đời sống, ý nghĩa khoa học, giá trị và độ tin cậy của những kết quả đó.

Những đóng góp mới của luận án:

- Xác định được các đặc điểm sinh học sinh sản của san hô mềm *Sarcophyton serenei* ngoài tự nhiên bao gồm: tỷ lệ giới tính, sức sinh sản và mùa vụ sinh sản. Các thông tin ban đầu này là dữ liệu hết sức quan trọng cho việc triển khai công tác sinh sản hữu tính của loài trong tương lai.

- Có được các thông số tối ưu căn bản và các bước triển khai cho việc xây dựng quy trình sinh sản vô tính san hô mềm *S. serenei* ở quy mô phòng thí nghiệm cũng như tạo tiền đề cho việc nuôi thương phẩm giống *S. serenei*, ứng dụng cho phát triển nghề nuôi san hô mềm.

6. Ưu và nhược điểm về nội dung, kết cấu và hình thức của luận án

Ưu điểm:

Luận án có kết cấu logic chặt chẽ được xây dựng theo đúng mẫu và hướng dẫn của Học Viện Khoa học và Công nghệ.

Các bảng biểu, hình vẽ, đồ sơ đồ, các giai đoạn phát triển của giao tử san hô mềm khá trực quan, đẹp và dễ theo dõi.

Đề xuất được các thông số kỹ thuật cho việc sinh sản vô tính san hô mềm ở quy mô phòng thí nghiệm.

Nhược điểm:

Nội dung luận án

Phần tổng quan vấn đề nghiên cứu (chương 1): Làm rõ nội nhận định san hô mềm thường nhạy cảm hơn với sự lắng đọng trầm tích so với san hô cứng... có mâu thuẫn với nhận định: san hô mềm đóng vai trò tiên phong xây dựng rạn tại các khu vực nước đục, nơi san hô cứng gặp khó khăn trong việc phát triển (trang 1). Cần bổ sung về số lượng

loài san hô mềm đã được phát hiện ở Việt Nam cũng như khu vực vịnh Nha Trang dựa trên các tài liệu đã công bố.

Phần đối tượng và phương pháp nghiên cứu (chương 2): Cần nêu lý do tại sao lựa chọn loài *Sarcophyton serenei* là đối tượng nghiên cứu của luận án. Xem xét bổ sung phương pháp xác định chất đáy thông qua phân tích cấp hạt.

Phần kết quả nghiên cứu (chương 3. Kết quả và thảo luận): Làm rõ sự khác biệt về 02 địa điểm được lựa chọn nghiên cứu (Hòn Chồng, Hòn Cút chim) ngoài các thông số về điều kiện môi trường nên có sự phân tích sâu hơn về đặc điểm dòng chảy, sóng và trầm tích đáy. Nếu có số liệu nên có mô tả thêm về hiện trạng phân bố (độ phủ) của san hô mềm tại 02 khu vực này.

Các nghiệm thức thí nghiệm vẫn đang ở dạng khổng chế đơn biến chưa có sự kết hợp đa biến. Ví dụ, san hô mềm là loài có đời sống vừa tự dưỡng và dị dưỡng trong đó tự dưỡng phụ thuộc khá nhiều vào tảo cộng sinh *Zooxanthellae* sống cộng sinh. Như vậy, cường độ ánh sáng có thể là yếu tố giới hạn nhưng nếu có thể thiết kế thí nghiệm ở cường độ ánh sáng thấp nhưng lại bổ sung thức ăn luân trùng cho san hô để có thể theo dõi tỷ lệ sống và tốc độ tăng trưởng của san hô có được cải thiện hay không?

Tác giả cũng đã thừa nhận rằng quá trình tách mảnh ban đầu có thể là nguyên nhân gây sốc và gây chết san hô ở giai đoạn đầu (3-9 ngày) ở tất cả các nghiệm thức thí nghiệm. Tuy nhiên, việc sử dụng loại dao cắt có thể tác động tới việc tăng hay giảm stress cho san hô do các loại dao cắt hoặc cách thức cắt có thể gây các vết thương cho san hô khác nhau. Nếu được lặp lại cũng nên lưu ý khía cạnh này.

Phần kết luận và khuyến nghị (trang 111): nên nhấn mạnh kết quả nghiên cứu được khổng chế trong điều kiện phòng thí nghiệm ở quy mô nhỏ. Phần khuyến nghị nên mở rộng các yếu tố giới hạn sự sinh trưởng và phát triển của san hô mềm, đặc biệt là yếu tố nhiệt độ môi trường nước và chế độ dòng chảy.

Kỹ thuật trình bày

Xem xét bổ sung bảng các chữ viết tắt: ví dụ autozoid, siphonozoid, anthocodia... một số từ lặp lại thường xuyên cũng nên đưa vào bảng viết tắt.

Trang 22: sửa chú giải Hình 1.1 thành: Sơ đồ khu vực nghiên cứu

Rà soát lại trích dẫn tài liệu tham khảo: số lượng tài liệu tham khảo là 208 trang nhưng có khá nhiều tài liệu trích dẫn trong luận án là ở dạng thứ cấp cho nên cần xem lại và lược bớt.

7. Nội dung của luận án đã được công bố trên tạp chí, kỷ yếu Hội nghị khoa học nào và giá trị của các công trình công bố đó

Về các bài báo khoa học đã công bố: Trong số 02 bài báo đã được công bố, có 01 bài đăng trên Tạp chí quốc tế thuộc danh mục SCIE (Regional Studies in Marine Science) và 01 trong nước thuộc Tạp chí Khoa học công nghệ biển. Ngoài ra có 03 bản thảo bài báo khác đã được gửi để công bố trên các tạp chí quốc tế thuộc danh mục SCIE. Nội dung của các bài báo là phù hợp với hướng nghiên cứu của đề tài. Các tạp chí đăng tải các công trình nghiên cứu là các tạp chí khoa học chuyên ngành có uy tín.

8. Kết luận chung:

- Về mức độ đáp ứng các yêu cầu của luận án tiến sĩ

Về cơ bản luận án Tiến sĩ đã đáp ứng yêu cầu của luận án Tiến sĩ chuyên ngành Thủy sinh vật học, mã số: 9.42.01.08 theo đúng *Quy chế Tuyển sinh và đào tạo trình độ Tiến sĩ* ban hành kèm theo *Thông tư số 08/2017/TT-BGDĐT* ngày 04 tháng 4 năm 2017 của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo.

- Bản tóm tắt luận án Tiến sĩ

Bản tóm tắt luận án Tiến sĩ đã phản ánh trung thành các nội dung cơ bản của luận án.

- Kết luận: Luận án có thể đưa ra bảo vệ cấp Học Viện để nhận học vị Tiến sĩ.

Hải Phòng, ngày 14 tháng 11 năm 2026

NGƯỜI NHẬN XÉT



Nguyễn Văn Quân

BẢN NHẬN XÉT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Họ và tên người viết nhận xét luận án: **Nguyễn Hữu Huân**

Học hàm, học vị: TS

Cơ quan công tác: Viện Hải dương học

Họ và tên nghiên cứu sinh: **Hồ Sơn Lâm**

Tên đề tài luận án: '*Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm Sarcophyton serenei Tixier-Durivault, |||*'

Ý KIẾN NHẬN XÉT

1. Tính cần thiết, thời sự, ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Sở hữu một trong 29 vịnh biển đẹp nhất thế giới, Khánh Hòa nói chung, đặc biệt là vùng ven bờ vịnh Nha Trang đang và sẽ trải qua quá trình phát triển du lịch và đô thị hóa mạnh mẽ, từng bước chuyển mình trở thành một "đô thị vịnh" hiện đại và năng động. Tuy nhiên, trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu, quá trình phát triển này cũng đặt ra không ít thách thức, trong đó có các vấn đề về: ô nhiễm môi trường, suy giảm nguồn lợi thủy sản và suy thoái các hệ sinh thái biển, đặc biệt là rạn san hô, trong đó có san hô mềm. Mặt khác, do các giá trị nổi bật mà 1 số loài san hô mềm mang lại (thích nghi cao, là thành phần quan trọng của hệ sinh thái san hô nhiệt đới, chứa một số hoạt chất sinh học có giá trị y sinh, là đối tượng sinh vật cảnh biển,..) nên nhu cầu thương mại cao và tất yếu dẫn đến hậu quả là tình trạng khai thác quá mức ngoài tự nhiên. Vì vậy, đề tài luận án "*Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm Sarcophyton serenei Tixier-Durivault, 1958*" mang ý nghĩa khoa học và tính thời sự cao. Kết quả nghiên cứu của đề tài cung cấp thông tin quan trọng về đặc điểm sinh học sinh sản, cung cấp cơ sở khoa học thực nghiệm nhằm xây dựng qui trình nhân giống vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei*,... được kỳ vọng sẽ góp phần bổ sung cơ sở khoa học phục vụ công tác bảo tồn, phục hồi rạn san hô, đồng thời làm nền tảng cho việc xây dựng quy trình sinh sản nhân tạo, đáp ứng yêu cầu thực tiễn.

2. Sự không trùng lặp của đề tài nghiên cứu so với các công trình, luận văn, luận án đã công bố ở trong và ngoài nước; tính trung thực, rõ ràng và đầy đủ trong trích dẫn tài liệu tham khảo

Trong khả năng tìm kiếm tài liệu của người nhận xét, cho đến hiện tại, chưa tìm thấy sự trùng lặp nào của luận án với các công trình công bố của các tác giả khác trên thế giới và Việt Nam (trừ các công trình của tác giả luận án).

Tài liệu trong luận án được trích dẫn rõ ràng, trung thực.

3. Sự phù hợp giữa tên đề tài với nội dung, giữa nội dung với ngành và mã số ngành.

Hai nội dung chính là: Nghiên cứu đặc điểm sinh học của loài san hô mềm *Sarcophyton serenei*; và Nghiên cứu sinh sản vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* trong điều kiện thí nghiệm của đề tài hoàn toàn phù hợp với tên đề tài là *Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm Sarcophyton serenei Tixier-Durivault, 1958* và với chuyên ngành Thủy sinh vật học, mã số 9 42 01 08.

4. Độ tin cậy và tính hiện đại của phương pháp đã sử dụng để nghiên cứu

Các phương pháp nghiên cứu được sử dụng là các phương pháp thường quy, phù hợp với đối tượng và mục tiêu đề tài, bao gồm điều tra thực địa, phân tích sinh học và các thí nghiệm sinh sản vô tính trong điều kiện kiểm soát. Phương pháp nghiên cứu có độ tin cậy, được tham khảo từ các nghiên cứu trước trong và ngoài nước.

5. Kết quả nghiên cứu mới của tác giả; những đóng góp mới cho sự phát triển khoa học chuyên ngành; đóng góp mới phục vụ cho sản xuất, kinh tế, quốc phòng, xã hội và đời sống. ý nghĩa khoa học, giá trị và độ tin cậy của những kết quả đó

Đây là nghiên cứu đầu tiên ở Việt Nam về sinh học và sinh sản vô tính loài *S. serenei* trong điều kiện thí nghiệm, với những đóng góp mới như sau:

- Đối với khoa học chuyên ngành: Luận án cung cấp dẫn liệu khoa học tin cậy về đặc điểm sinh học và cơ sở khoa học cho việc sinh sản nhân tạo vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei*. Những dẫn liệu này là tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo, là tài liệu hữu ích cho công tác tra cứu, tham khảo, giảng dạy ở các chuyên ngành: thủy sinh vật học, nuôi trồng thủy sản,....

- Đối với sản xuất, kinh tế, quốc phòng, xã hội và đời sống: Kết quả nghiên cứu đạt được góp phần thúc đẩy 1 hướng mới trong việc cung cấp nguyên liệu cho ngành y sinh và sinh vật cảnh theo hướng giám áp lực khai thác tự nhiên, chủ động nguyên liệu cho sản xuất.

Vì vậy, luận án có ý nghĩa khoa học, có giá trị thực tiễn. Kết quả nghiên cứu trên loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* mở ra triển vọng trong bảo tồn, phục hồi rạn san hô và định hướng phát triển nguồn giống phục vụ nghiên cứu và sản xuất. Các dẫn liệu/số liệu khoa học đạt được đảm bảo độ tin cậy.

6. Ưu điểm và nhược điểm về nội dung, kết cấu và hình thức của luận án

Ưu điểm:

- Đề tài phù hợp với chuyên ngành, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn, có tính mới.
- Thiết kế thí nghiệm phù hợp; Dữ liệu thực nghiệm đảm bảo độ tin cậy.
- Cấu trúc luận án cơ bản đáp ứng yêu cầu của một luận án tiến sĩ.

Nhược điểm:

- Còn lỗi chính tả văn phong (đã được đánh dấu trong luận án, chẳng hạn: dòng 2-4, trang 25; Mỗi nghiệm thức thu 3 mẫu (dòng 9, trang 37), Mẫu san hô... đã được nghiên (dòng 6 từ dưới lên, trang 37)), Độ mặn... ít có dao động (dòng 5 từ dưới lên, trang 50), Độ trong... ít có dao động (dòng 5 từ dưới lên, trang 51), hàm lượng khối lượng hữu cơ (dòng 9, trang 86), ...phần kết luận và kiến nghị (trang 111 và 112).

- Tên một số bảng, hình chưa rõ nghĩa, chưa phản ánh đầy đủ nội dung, trùng lặp, chẳng hạn: Hình 1.1: (Hình dạng) “San hô mềm *serenei* ~~trong nghiên cứu~~”; Hình 2.3: “Đo kích thước của ~~các~~-trâm xương”; Hình 1.1 và 3.1 nội dung giống nhau; các hình 3.3. đến 3.10 nên gộp lại thành 1-2 hình vì nội dung tương tự; các hình: 3. 11- 3.19 nên gộp và vẽ trên 2 trục để dễ nhận định, so sánh biến động của các cặp yếu tố: nhiệt-muối, $\text{NH}_4^+ - \text{NO}_3^-$, độ đục-cường độ ánh sáng,...; các bảng nên bỏ các từ thừa, lặp lại mà không thêm nghĩa như: *Một số, Sự, . zooxanthella/chlorophyll-a của loài san hô mềm S. serenei, ...*

- Cấu trúc một số chương, mục còn dàn trải, nhiều cụm từ trong tiêu đề mục nhỏ trùng lặp với mục chính (đã đánh dấu trong luận án), chẳng hạn:

+ Mục 1.1.1 và 1.1.2 không cân đối, trong đó có tổng quan nhiều kết quả nghiên cứu. Nên xem xét bố cục thành 1 mục: Hệ thống phân loại đối tượng nghiên cứu và chuyển 1 số thông tin khác sang mục Tổng quan tình hình nghiên cứu.

+ Từ: “*Một số*” trong mục 1.3, phần Tổng quan không cần thiết; Mục 1.3.4 không tương đồng giữa zooxanthella và chlorophyll-a; cụm từ ‘ *của loài san hô*

mềm *S.serenei* lặp lại quá nhiều trong các mục chính và mục nhỏ trong phần kết quả.

- Phần mở đầu: Quá nhiều trích dẫn không cần thiết (với 20 tài liệu được trích dẫn), mà còn lặp lại trong các phần sau. Nên xem xét, chuyển thông tin đó vào tổng quan.

- Phần tổng quan còn nhiều mục có nội dung gần nhau nên trùng lặp thông tin, nặng mô tả chi tiết, chưa làm nổi bật thành tựu và khoảng trống nghiên cứu để làm nổi bật đóng góp mới (cần sắp xếp lại hệ thống hơn, chẳng hạn: Hệ thống phân loại, Phân bố, Nghiên cứu ngoài nước, Trong nước,...). Có 2 điều quan trọng thiết nghĩ luận án cần được nghiên cứu, bổ sung:

- + Địa điểm nghiên cứu ở vịnh Nha Trang nhưng không có thông tin tổng quan về điều kiện tự nhiên, kinh tế, xã hội, đặc biệt là phân bố của đối tượng nghiên cứu để minh chứng cơ sở khoa học của việc lựa chọn địa điểm và đối tượng nghiên cứu.

- + Tổng quan chưa thể hiện rõ tính liên kết giữa 2 nội dung: sinh học sinh sản - thực nghiệm sinh sản vô tính. Cần bổ sung ưu thế của việc thực hiện sinh sản nhân tạo theo hình thức vô tính bên cạnh những khó khăn, hạn chế của nghiên cứu sinh sản hữu tính của đối tượng nghiên cứu trong mối liên hệ với mục tiêu chung của luận án trong điều kiện hiện tại.

- Phần phương pháp: Nhiều phương pháp được miêu tả chi tiết những thao tác thông dụng, không cần thiết; các phương pháp phân tích các thông số môi trường không cần miêu tả: thu mẫu, cố định mẫu,... mà chỉ cần nêu tên phương pháp phân tích kèm trích dẫn tài liệu (chỉnh sửa tên phương pháp phân tích NH_4^+ , NO_3^- , COD cho chuẩn theo tài liệu trích dẫn).

- Phần kết quả nghiên cứu và thảo luận: Cấu trúc nhiều mục theo kiểu trình bày nội dung công việc (khảo sát, thí nghiệm,...) nên còn dài và nhiều thông tin trùng lặp; sự liên kết giữa 2 nội dung lớn chưa thật logic, liền mạch; một số hình ảnh có nội dung tương tự nên được gộp lại để thảo luận; một số thảo luận cần dựa trên cơ sở khoa học là các kết quả đã được công bố, không cần miêu tả dài và mang cảm tính. Cần chỉnh sửa và thảo luận kỹ 3 điểm sau:

- + Thể hiện tính logic của việc nghiên cứu giữa 2 nội dung, việc nghiên cứu nội dung 1 phục vụ gì cho nội dung 2 (nên có 1 đoạn thảo luận để có tính liên kết, chẳng hạn: qua nghiên cứu đặc điểm sinh sản, cần phân tích để làm rõ ưu thế của

việc sinh sản vô tính và hạn chế của sinh sản hữu tính trong mối liên hệ với mục tiêu của luận án trước khi đi vào nội dung 2).

+ Mục 3.1.2.1. Các yếu tố môi trường: Kết quả diễn biến các yếu tố môi trường trong suốt 12 tháng quá ổn định, khá đặc biệt. Cần có những thảo luận và minh chứng diễn biến thời tiết, khí tượng,... khu vực nghiên cứu trong mối liên quan với kết quả nêu trên.

+ Mục 3.1.2.2. Trầm tích đáy.....: Cần xem lại vì trong Nội dung trầm tích nhưng có trình bày một số kết quả môi trường nước.

- Kết luận và kiến nghị: Cần tập trung vào 2 nội dung lớn của luận án, viết ngắn gọn, súc tích, tránh các cụm từ không cần thiết được lặp đi lặp lại như: *kết quả nghiên cứu về .. cho thấy, nghiên cứu về . cho thấy,...*; kiến nghị phải là những vấn đề xuất phát từ kết quả nghiên cứu.

- Tài liệu tham khảo: một số tài liệu tham khảo chưa chuẩn (47, 53,...). Cần rà soát, chỉnh sửa.

7. Nội dung của luận án đã được công bố trên tạp chí, kỷ yếu Hội nghị Khoa học nào và giá trị của các công trình đã công bố

Các kết quả chính của luận án đã được tác giả công bố trên 01 bài báo quốc tế thuộc nhóm Q1 (Regional Studies in Marine Science), 01 bài báo trên tạp chí khoa học trong nước uy tín được Hội đồng Giáo sư nhà nước tính điểm (Vietnam Journal of Marine Science and Technology, VAST). Ngoài ra, hiện có 02 bản thảo đang trong quá trình phản biện (under review) tại các tạp chí quốc tế thuộc nhóm Q2 và Q1. Điều đó chứng tỏ các kết quả nghiên cứu của luận án đã được thẩm định và ghi nhận. Bài báo Q1 đã xuất bản là minh chứng rõ ràng cho giá trị khoa học, độ tin cậy của phương pháp và kết quả nghiên cứu, đồng thời khẳng định năng lực nghiên cứu độc lập của nghiên cứu sinh ở cấp tiến sĩ.

8. Kết luận chung

Nhìn chung, luận án đã đáp ứng được các yêu cầu đối với một luận án tiến sĩ chuyên ngành Thủy sinh vật học. Các kết quả nghiên cứu đã được công bố trên tạp chí quốc tế Q1 và tạp chí khoa học trong nước uy tín, thể hiện rõ giá trị khoa học, tính mới và độ tin cậy của luận án.

Bản tóm tắt luận án phản ánh trung thành các nội dung cơ bản của công trình nghiên cứu.

Luận án đáp ứng yêu cầu của Luận án tiến sĩ sinh học, có thể đưa ra bảo vệ cấp Học viện để nhận bằng Tiến sĩ.

Khánh Hòa, ngày 7 tháng 8 năm 2026

Người viết nhận xét

A stylized handwritten signature in black ink, appearing to be 'NHH' with a long horizontal stroke extending to the right.

Nguyễn Hữu Huân

BẢN NHẬN XÉT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Họ và tên người viết nhận xét luận án: Đinh Minh Quang

Học hàm, học vị: GS. TS.

Cơ quan công tác: Khoa Sư phạm Sinh học, Trường Sư phạm, Đại học Cần Thơ

Họ và tên nghiên cứu sinh: Hồ Sơn Lâm

Tên đề tài luận án: “Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* Tixier-Durivault, 1958”

Ngành: Thủy sinh vật học Mã số: 9420108

Ý KIẾN NHẬN XÉT

1. Tính cần thiết, thời sự, ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Luận án lựa chọn đối tượng *Sarcophyton serenei*, một loài san hô mềm có mặt tại vịnh Nha Trang, để nghiên cứu đồng thời đặc điểm sinh học và khả năng nhân giống vô tính. Trong bối cảnh rạn san hô chịu tác động của biến đổi môi trường và khai thác nguồn lợi, việc tạo cơ sở khoa học cho lưu giữ, nhân giống và giám phụ thuộc vào khai thác tự nhiên là cần thiết và có tính thời sự.

Nội dung nghiên cứu được tổ chức hợp lý từ hình thái – phân loại, môi trường sống, sinh học sinh sản đến các thí nghiệm về Lugol, kích thước mảnh, giá thể, thức ăn và ánh sáng. Kết quả có ý nghĩa cho nghiên cứu sinh học san hô mềm, đồng thời cung cấp thông số kỹ thuật ban đầu cho nuôi lưu giữ, nhân giống và định hướng phục hồi. Tôi đánh giá đề tài có ý nghĩa khoa học và thực tiễn rõ ràng.

2. Sự không trùng lặp của đề tài; tính trung thực, rõ ràng và đầy đủ trong trích dẫn tài liệu tham khảo

Trong phạm vi tài liệu mà luận án tổng quan, các nghiên cứu về *S. serenei* trước đây chủ yếu liên quan đến phân loại, phân bố hoặc một số hướng hóa học; dữ liệu về sinh học sinh sản và các thông số nhân giống vô tính riêng cho loài này còn hạn chế. Vì vậy, tổ hợp đối tượng – địa điểm – nội dung nghiên cứu của luận án thể hiện khoảng trống khoa học tương đối rõ và không cho thấy sự trùng lặp về hệ kết quả với các công trình được viện dẫn.

Hệ thống tài liệu tham khảo tương đối phong phú, phù hợp với các nội dung về Octocorallia, *Sarcophyton*, sinh học sinh sản, hệ cộng sinh san hô – tảo và kỹ thuật nuôi thực nghiệm. Các nguồn được trích dẫn trong phần tổng quan và thảo luận nhìn chung rõ ràng. Việc đánh giá chính thức về tỷ lệ tương đồng cần căn cứ báo cáo kiểm tra của Học viện; trong phạm vi nhận xét chuyên môn, tôi không thấy dấu hiệu rõ ràng về sử dụng kết quả không dẫn nguồn.

3. Sự phù hợp giữa tên đề tài với nội dung, giữa nội dung với ngành và mã số ngành

Tên đề tài phản ánh đúng hai nhóm nội dung chính: đặc điểm sinh học của *S. serenei* và thực nghiệm sinh sản vô tính trong điều kiện nhân tạo. Mục tiêu, phương pháp, kết quả và kết luận bám sát hai nhóm nội dung này. Đối tượng và cách tiếp cận thuộc trực tiếp lĩnh vực Thủy sinh vật học, phù hợp với ngành và mã số 9420108.

4. Độ tin cậy và tính hiện đại của phương pháp đã sử dụng để nghiên cứu

Luận án sử dụng hệ phương pháp phù hợp và tương đối toàn diện. Khảo sát tự nhiên được kết hợp với thu mẫu định kỳ; nhận dạng loài dựa trên hình thái, hệ trầm xương và có sử dụng kính hiển vi điện tử quét để tăng độ phân giải quan sát. Sinh học sinh sản được theo dõi theo thời gian, gồm giới tính, tỷ lệ giới tính, phát triển noãn bào – tinh sào, sức sinh sản và mùa vụ.

Khối thực nghiệm sinh sản vô tính được thiết kế theo các yếu tố có ý nghĩa sinh học và kỹ thuật: nồng độ và thời gian xử lý Lugol; loại giá thể và kích thước mảnh; thức ăn và tần suất cho ăn; cường độ ánh sáng. Các chỉ tiêu đánh giá gồm tỷ lệ sống, thời gian bám/lành vết thương, tăng trưởng, mật độ zooxanthellae, Chlorophyll-a và khối lượng hữu cơ. Việc sử dụng cân nổi, ImageJ, buồng đếm Neubauer, quang phổ và các phép phân tích ANOVA phù hợp với mục tiêu nghiên cứu.

Một số chi tiết giữa luận án, tóm tắt và bài báo cần được NCS đối chiếu lại dữ liệu gốc để thống nhất, đặc biệt về số lần lặp của thí nghiệm Lugol và một số diễn giải thống kê. Đây là yêu cầu cần chỉnh về tính nhất quán của hồ sơ, không làm thay đổi đánh giá chung rằng hệ phương pháp có độ tin cậy tốt.

5. Kết quả nghiên cứu mới của tác giả; những đóng góp mới cho khoa học chuyên ngành và thực tiễn; ý nghĩa và độ tin cậy của kết quả

Luận án đã bổ sung dữ liệu tương đối hệ thống về *S. serenei* tại vịnh Nha Trang. Về sinh học sinh sản, nghiên cứu ghi nhận loài đơn tính; trong số mẫu khảo sát có 217 tập đoàn đực và 163 tập đoàn cái, tỷ lệ đực:cái 1,33:1 khác có ý nghĩa so với tỷ lệ 1:1. Noãn bào và tinh sào được mô tả qua bốn giai đoạn; sức sinh sản đạt 14–26 trứng/polyp. Trong giai đoạn khảo sát 2023–2024, trứng thành thực tập trung vào tháng 3, với kích thước noãn bào đạt khoảng 685 μm vào cuối tháng 3. Đây là cơ sở quan trọng cho việc xác định thời điểm thu giao tử trong các nghiên cứu tiếp theo.

Về sinh sản vô tính, luận án xác định xử lý Lugol 0,5 mL L⁻¹ trong 15 phút hoặc 1,0 mL L⁻¹ trong 10 phút cho kết quả thuận lợi về tỷ lệ sống và thời gian bám/lành vết thương. Các mảnh kích thước từ 1,5 cm trở lên có kết quả tốt hơn nhóm mảnh nhỏ; gạch men và xi măng được xem là các giá thể phù hợp về mặt kỹ thuật. Chế độ cho ăn luân trùng 2 ngày/lần cải thiện tăng trưởng và tích lũy vật chất hữu cơ, trong khi khoảng ánh sáng 90–120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ cho các đáp ứng tốt về sống, sinh trưởng và phục hồi trạng thái sinh lý sau phân mảnh.

Điểm đáng ghi nhận là luận án không chỉ đánh giá sống và tăng trưởng mà còn theo dõi zooxanthellae, Chlorophyll-a và vật chất hữu cơ, qua đó phản ánh được đáp ứng của hệ cộng sinh san hô – tảo sau thao tác phân mảnh. Trong phạm vi tài liệu luận án khảo cứu, các kết quả này có tính mới ở mức loài và có giá trị cho nghiên cứu cũng như thực hành nhân giống *S. serenei*.

6. Ưu điểm và nhược điểm về nội dung, kết cấu và hình thức của luận án

Ưu điểm nổi bật của luận án là cấu trúc logic, khối lượng số liệu khá lớn, chuỗi thí nghiệm có tính kế thừa và hệ chỉ tiêu đánh giá đa chiều. Phần sinh học sinh sản có dữ liệu theo thời gian và đối chiếu với các loài cùng giống; phần thực nghiệm tạo được các thông số kỹ thuật có khả năng ứng dụng.

Một số điểm cần chỉnh trước khi hoàn thiện bản cuối: thống nhất số liệu và thuật ngữ giữa luận án – tóm tắt – bài báo; kiểm tra lại một số giá trị P, đơn vị đo và cách diễn giải bảng thống kê; thống nhất “gạch men/gạch nung”, PVC và các ký hiệu đơn vị; khi nêu mùa sinh sản cần gắn rõ với giai đoạn theo dõi 2023–2024. Các vấn đề này chủ yếu thuộc về chuẩn hóa và kiểm tra tính nhất quán, có thể được NCS rà soát, hoàn thiện mà không ảnh hưởng đến các kết luận chính của luận án. Cụ thể như sau:

+ Thống nhất in nghiêng tên loài “*S. serenei*” và tên giống “*Sarcophyton*” trong toàn luận án, tồn tại các tên loài không được in nghiêng ở trang mục lục 1.1, 1.2, 1.3.2,...rà soát thống nhất; Các tên mục 2.1.4, 3.1.2.2, 3.1.2.1 dư dấu “.”;

+ Thống nhất dùng “và cs.” hoặc “et la.” tồn tại nhiều dạng trích dẫn khác nhau như: trang 10 sử dụng “và cs.”, trang 12 “và cs”. Trang 26, trích dẫn “Tixier-Durivault (1958 [17])” thiếu dấu “)”. Thống nhất sử dụng khoảng trắng với đơn vị chiều dài không? Như trang 37 “630nm”, trang 40 “4 – 6 mm”, tương tự với đơn vị “°C” và “‰”.

+ Trang 38, Chlorophyll-a (Chlorophyll-a) bị lặp lại và cần thống nhất “a” có in nghiêng. $P \leq 0,05$ (trang 38) cần thống nhất thành “p” và soát toàn luận án. Trang 39, nên sửa “một số loài *Sarcophyton* khác” thành “một số loài khác thuộc giống *Sarcophyton*”. Tên loài “*S. cf. glaucum*” trang 108, kí tự “cf.” thường không được in nghiêng.

7. Nội dung của luận án đã được công bố và giá trị của các công trình đã công bố

Hồ sơ cho thấy NCS là tác giả thứ nhất của hai bài đã xuất bản có liên quan trực tiếp đến luận án: (1) bài về ảnh hưởng của nồng độ và thời gian xử lý Lugol trên *Regional Studies in Marine Science*, 83 (2025), 104078; và (2) bài về đặc điểm hình thái *S. serenei* ở vịnh Nha Trang trên *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 25(3) (2025), 297–309. Hai công bố này phản ánh trực tiếp hợp phần quan trọng của luận án.

Ngoài ra có hai bản thảo về ảnh hưởng của giá thể – kích thước mảnh và về sinh học sinh sản đang ở trạng thái Under Review. Tôi chỉ ghi nhận đây là bản thảo đang phân biện, không xem là công trình đã xuất bản. Hồ sơ được cung cấp không kèm xác nhận chính thức về WoS/Scopus, phân hạng SCImago hoặc điểm Hội đồng Giáo sư Nhà nước theo năm xét, vì vậy không nên tự gán các phân hạng này trong bản nhận xét.

8. Kết luận chung

Trên cơ sở đọc luận án, bản tóm tắt luận án và danh mục/các công trình kèm theo, tôi đánh giá luận án có mục tiêu rõ, phương pháp phù hợp, khối lượng nghiên cứu đáp ứng yêu cầu, số liệu có giá trị và tạo được những đóng góp đáng ghi nhận về sinh học sinh sản và nhân giống vô tính *S. serenei*. Các kết quả có ý nghĩa đối với ngành Thủy sinh vật học và có tiềm năng ứng dụng trong nuôi lưu giữ, phát triển nguồn gen và nghiên cứu phục hồi san hô mềm.

Bản tóm tắt về cơ bản phản ánh đúng nội dung chính của luận án, nhưng cần rà soát một số chi tiết chưa thống nhất với bản đầy đủ. Sau khi NCS chỉnh sửa các vấn đề kỹ thuật và tính nhất quán đã nêu, tôi cho rằng luận án đáp ứng yêu cầu của một luận án tiến sĩ ngành Thủy sinh vật học và ủng hộ đưa luận án ra bảo vệ cấp Học viện để xem xét công nhận học vị Tiến sĩ Sinh học cho nghiên cứu sinh Hồ Sơn Lâm.

Hà Nội, ngày tháng năm 2026

Người viết nhận xét

(Ký và ghi rõ họ và tên)



Đinh Minh Quang

BẢN NHẬN XÉT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Họ và tên người viết nhận xét luận án: Hoàng Đức Huy

Học hàm, học vị: Phó Giáo sư, Tiến Sĩ

Cơ quan công tác: Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia
Thành phố Hồ Chí Minh

Họ và tên nghiên cứu sinh: Hồ Sơn Lâm

Tên đề tài luận án: Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài
san hô mềm *Sarcophyton serenei* Tixier-Durivault, 1958

Ý KIẾN NHẬN XÉT

1. Tính cần thiết, thời sự, ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài:

Luận án xuất phát từ thực tế san hô mềm là thành phần quan trọng của hệ sinh thái rạn san hô. Nhu cầu thương mại có thể làm gia tăng áp lực khai thác san hô mềm ngoài tự nhiên, trong khi việc phát triển các phương pháp nhân giống nhân tạo được xem là một hướng tiếp cận nhằm giảm áp lực khai thác và phục vụ bảo tồn, phục hồi nguồn lợi.

Tính cần thiết và thời sự của nghiên cứu: NCS chỉ ra rằng *S. serenei* đã được ghi nhận tại một số vùng biển Việt Nam, nhưng các thông tin nghiên cứu đối với loài này ở Việt Nam trước đây chủ yếu mới dừng ở ghi nhận phân bố và đặc điểm phân loại. Những hiểu biết về môi trường sống, sinh học sinh sản và khả năng sinh sản vô tính của loài còn rất hạn chế. Việc bổ sung các dữ liệu này có ý nghĩa đối với việc xác định điều kiện sinh học thích hợp và xây dựng cơ sở cho nhân giống trong điều kiện nhân tạo. Hướng nghiên cứu của luận án phù hợp với xu hướng phát triển các giải pháp nhân giống san hô theo hướng chủ động, chi phí thấp và có khả năng ứng dụng cho bảo tồn, phục hồi cũng như sản xuất sinh vật cảnh biển.

Ý nghĩa khoa học: Luận án đã bổ sung những dữ liệu còn thiếu về *S. serenei*, bao gồm đặc điểm hình thái và trầm xương, môi trường sống, tỷ lệ giới tính, đặc điểm phát triển của noãn bào và tinh sào, sức sinh sản và mùa vụ sinh sản. Đồng thời, nghiên cứu thực nghiệm cung cấp các dữ liệu về tỷ lệ sống, khả năng bám giá thể, sinh trưởng, mật độ zooxanthellae, hàm lượng chlorophyll-a và chất hữu cơ dưới các điều kiện nuôi khác nhau. Đây là nguồn dữ liệu có giá trị cho việc hiểu biết đặc điểm sinh học của một loài còn ít được nghiên cứu.

5. Kết quả nghiên cứu mới của tác giả; những đóng góp mới cho sự phát triển khoa học chuyên ngành; đóng góp mới phục vụ cho sản xuất, kinh tế, quốc phòng, xã hội và đời sống. ý nghĩa khoa học, giá trị và độ tin cậy của những kết quả đó.

Luận án có kết quả nghiên cứu đóng góp mới khoa học, đặc biệt trong việc bổ sung dữ liệu về sinh học và sinh sản của *S. serenei* tại Việt Nam và bước đầu xác định các điều kiện thích hợp cho sinh sản vô tính. Giá trị khoa học cao, độ tin cậy được bảo đảm. Những kết quả này đáp ứng yêu cầu về đóng góp mới của một luận án tiến sĩ trong lĩnh vực Thủy sinh vật học.

6. Ưu điểm và nhược điểm về nội dung, kết cấu và hình thức của luận án.

Ưu điểm:

- Đối tượng và hướng nghiên cứu có ý nghĩa khoa học và thực tiễn. Luận án lựa chọn *Sarcophyton serenei* – một loài san hô mềm còn ít được nghiên cứu tại Việt Nam – để nghiên cứu tương đối toàn diện từ đặc điểm hình thái, môi trường sống, sinh học sinh sản đến khả năng sinh sản vô tính trong điều kiện nhân tạo.

- Nội dung nghiên cứu tương đối có tính hệ thống. Luận án không chỉ nghiên cứu đặc điểm sinh học mà còn triển khai nhiều thí nghiệm về sinh sản vô tính, bao gồm ảnh hưởng của Lugol và thời gian xử lý mảnh tách, giá thể và kích thước mảnh tách, thức ăn và chế độ cho ăn, cường độ ánh sáng. Các chỉ tiêu đánh giá cũng khá phong phú, từ tỷ lệ sống, thời gian bám, sinh trưởng đến mật độ zooxanthellae, Chlorophyll-a và hàm lượng hữu cơ.

- Thiết kế nghiên cứu có sự gắn kết giữa nghiên cứu cơ bản và nghiên cứu ứng dụng. Các kết quả về đặc điểm sinh học và sinh sản hữu tính tạo cơ sở khoa học cho phần nghiên cứu sinh sản vô tính; trong khi các thí nghiệm nhân giống hướng tới việc xác định điều kiện thích hợp để nâng cao tỷ lệ sống, khả năng bám và sinh trưởng của mảnh tách.

Nhược điểm:

- Thiếu câu hỏi nghiên cứu, cần bổ sung câu hỏi nghiên cứu để định hướng cho toàn luận án.

- NCS có thể giải thích tại sao cỡ mẫu lại khác nhau trong nội dung nghiên cứu “Số lượng tập đoàn san hô mềm *S. serenei* thu đối với Nội dung 2.1, 2.2, 2.3 và 2.4 lần lượt là 25, 30, 25, 25 tập đoàn”.

- Bản tóm tắt luận án có phản ánh trung thành nội dung cơ bản của luận án không.
- Luận án có thể đưa ra bảo vệ cấp Học viện để nhận bằng Tiến sĩ được hay không.

Nội dung tóm tắt phản ánh trung thành các nội dung chính của luận án, bao gồm tính cấp thiết, mục tiêu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu, phương pháp, các kết quả chính, những đóng góp mới và định hướng ứng dụng. Các kết quả được trình bày trong bản tóm tắt về thống nhất với nội dung luận án, đặc biệt là các kết quả về đặc điểm sinh học và các yếu tố ảnh hưởng đến sinh sản vô tính *S. serenei*.

Luận án đã thể hiện được năng lực nghiên cứu độc lập của NCS, có sự kết hợp giữa nghiên cứu cơ bản và thực nghiệm ứng dụng, sử dụng nhiều phương pháp phù hợp và có xử lý thống kê đối với các kết quả thu được. Một số kết quả đã được công bố trên các tạp chí khoa học trong nước và quốc tế có phản biện. Những hạn chế chủ yếu liên quan đến liên mạch giữa các nội dung của luận. Nhìn chung, luận án đáp ứng các yêu cầu cơ bản của một luận án tiến sĩ ngành Thủy sinh vật học và có thể được xem xét cho phép bảo vệ trước Hội đồng.

Nha Trang, ngày 04 tháng 09 năm 2026

Người viết nhận xét



Hoàng Đức Huy

BẢN NHẬN XÉT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Họ và tên người viết nhận xét luận án: Nguyễn Phú Hòa

Học hàm, học vị: PGS. TS.

Cơ quan công tác: Trường Đại Học Nông Lâm TP. HCM

Họ và tên nghiên cứu sinh: **Hồ Sơn Lâm**

Tên đề tài luận án: **Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* Tixier-Durivault, 1958**

Ý KIẾN NHẬN XÉT

1. Tính cần thiết, thời sự, ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài:

Đề tài có tính cần thiết, tính thời sự và ý nghĩa khoa học, thực tiễn rõ rệt, phù hợp với định hướng nghiên cứu bảo tồn, khai thác và sử dụng bền vững tài nguyên san hô. Đối tượng nghiên cứu là san hô mềm *Sarcophyton serenei* – loài còn ít được nghiên cứu, đặc biệt tại Việt Nam; trước khi thực hiện nghiên cứu, các thông tin về loài chủ yếu tập trung vào phân bố và phân loại, trong khi đặc điểm sinh học sinh sản và khả năng nhân giống vô tính còn thiếu. Vì vậy, việc nghiên cứu đặc điểm sinh học, sinh sản và xác định các điều kiện thích hợp cho sinh sản vô tính bằng phương pháp tách mảnh có ý nghĩa bổ sung cơ sở dữ liệu khoa học quan trọng cho loài. Luận án đã tiếp cận tương đối toàn diện các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả nhân giống, gồm nồng độ và thời gian xử lý Lugol, loại giá thể, kích thước mảnh tách, thức ăn và chế độ cho ăn, cũng như cường độ ánh sáng. Các kết quả nghiên cứu góp phần làm rõ đặc điểm sinh học sinh sản của *S. serenei* và bước đầu xác lập các điều kiện kỹ thuật phù hợp cho nhân giống vô tính trong điều kiện nhân tạo. Về thực tiễn, kết quả có triển vọng phục vụ lưu giữ và phát triển nguồn gen, sản xuất san hô phục vụ sinh vật cảnh biển, đồng thời góp phần giảm áp lực khai thác san hô từ tự nhiên và tạo cơ sở cho các nghiên cứu phục hồi hệ sinh thái rạn san hô.

Nhìn chung, đề tài có giá trị khoa học và thực tiễn, đáp ứng yêu cầu về tính cần thiết và tính mới của một công trình nghiên cứu chuyên ngành; tuy nhiên, cần

tiếp tục nghiên cứu ở quy mô lớn hơn để đánh giá khả năng ổn định và chuyển giao các kết quả từ điều kiện thí nghiệm sang sản xuất thực tế.

2. Sự không trùng lặp của đề tài nghiên cứu so với các công trình, luận văn, luận án đã công bố ở trong và ngoài nước; tính trung thực, rõ ràng và đầy đủ trong trích dẫn tài liệu tham khảo.

Phần lớn các luận án về san hô ở Việt Nam tập trung vào: đa dạng sinh học rạn san hô; phục hồi san hô cứng (*Acropora*, *Montipora*, *Porites*); sinh thái rạn san hô; bảo tồn biển. Rất ít công trình nghiên cứu chuyên sâu về san hô mềm. Chưa có công bố quốc tế nào trên thế giới nghiên cứu đầy đủ về sinh học sinh sản của *S. serenei*. Luận án mang tính kế thừa phương pháp nhưng áp dụng cho đối tượng mới. Luận án có nguồn dẫn cho hầu hết các nhận định khoa học, cách đánh số thống nhất. Việc trích dẫn tài liệu trong luận án nhìn chung được thực hiện tương đối đầy đủ, rõ ràng và đúng quy cách. Các nhận định khoa học chủ yếu đều có nguồn tham khảo tương ứng. Chưa phát hiện dấu hiệu sử dụng tài liệu thiếu trung thực hoặc sao chép nguyên văn không dẫn nguồn.

3. Sự phù hợp giữa tên đề tài với nội dung, giữa nội dung với ngành và mã số ngành.

Đề tài luận án nghiên cứu về san hô mềm *Sarcophyton serenei* Tixier-Durivault, 1958, là loài sinh vật biển sống trong rạn san hô. Bản chất sinh học của san hô là mặc dù mang hình dáng giống nấm hoặc thực vật, chúng là các tập đoàn động vật không xương sống bậc thấp thuộc lớp San hô (*Anthozoa*) và ngành Ruột khoang. Vì vậy hoàn toàn phù hợp với chuyên ngành Thủy sinh vật học.

4. Độ tin cậy và tính hiện đại của phương pháp đã sử dụng để nghiên cứu.

Phương pháp nghiên cứu được lựa chọn nhìn chung phù hợp với mục tiêu, đối tượng và nội dung của luận án, có độ tin cậy và tính hiện đại tương đối cao. Nghiên cứu đã kết hợp các phương pháp khảo sát ngoài tự nhiên, phân tích đặc điểm hình thái – sinh học sinh sản với các thí nghiệm có đối chứng trong điều kiện nhân tạo, tập trung đánh giá các yếu tố quan trọng đối với sinh sản vô tính *Sarcophyton serenei* như nồng độ và thời gian xử lý Lugol, loại giá thể, kích thước mảnh tách, thức ăn và cường độ ánh sáng. Thiết kế thí nghiệm có lặp lại, mỗi

nghiệm thức thường gồm 20 mảnh cắt và được lặp lại 3 lần, góp phần nâng cao độ tin cậy của số liệu. Các chỉ tiêu đánh giá cũng tương đối toàn diện, bao gồm tỷ lệ sống, thời gian bám, tốc độ tăng trưởng, mật độ zooxanthellae, hàm lượng Chlorophyll-a và khối lượng hữu cơ; trong đó một số chỉ tiêu sinh lý được xác định bằng các phương pháp phân tích chuyên dụng và thiết bị hiện đại. Về xử lý số liệu, tác giả đã kiểm tra phân phối chuẩn và tính đồng nhất phương sai, sử dụng ANOVA một và hai yếu tố kết hợp kiểm định Tukey HSD, phù hợp với thiết kế thí nghiệm. Việc sử dụng kính hiển vi điện tử quét trong nghiên cứu đặc điểm trầm xương cũng góp phần nâng cao độ chính xác trong nhận diện và mô tả hình thái loài. Nhìn chung, phương pháp nghiên cứu có cơ sở khoa học, được triển khai tương đối chặt chẽ và đáp ứng yêu cầu của một nghiên cứu chuyên ngành ở trình độ tiến sĩ.

5. Kết quả nghiên cứu mới của tác giả; những đóng góp mới cho sự phát triển khoa học chuyên ngành; đóng góp mới phục vụ cho sản xuất, kinh tế, quốc phòng, xã hội và đời sống. ý nghĩa khoa học, giá trị và độ tin cậy của những kết quả đó.

Kết quả nghiên cứu của luận án có những đóng góp mới về mặt khoa học đối với lĩnh vực Thủy sinh vật học, đặc biệt là đối với nhóm san hô mềm thuộc giống *Sarcophyton*. Luận án đã cung cấp những dữ liệu đầu tiên về đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính của loài *Sarcophyton serenei* ở Việt Nam, góp phần bổ sung cơ sở dữ liệu khoa học cho đối tượng còn ít được nghiên cứu trên thế giới. Các kết quả đạt được có ý nghĩa khoa học và giá trị thực tiễn trong bảo tồn nguồn lợi san hô, phục hồi hệ sinh thái rạn san hô và phát triển đối tượng sinh vật cảnh biển. Phương pháp nghiên cứu phù hợp, số liệu được xử lý thống kê và một phần kết quả đã được công bố trên các tạp chí khoa học, do đó có thể đánh giá các kết quả của luận án có độ tin cậy và khả năng tham khảo tốt.

6. Ưu điểm và nhược điểm về nội dung, kết cấu và hình thức của luận án.

Ưu điểm:

Luận án được xây dựng với nội dung tương đối đầy đủ, có tính hệ thống và bám sát mục tiêu nghiên cứu đã đề ra. Nội dung được triển khai theo trình tự hợp

lý, từ tổng quan cơ sở khoa học, đặc điểm đối tượng nghiên cứu, xác định đặc điểm sinh học và sinh sản đến các nghiên cứu thực nghiệm về sinh sản vô tính *Sarcophyton serenei* trong điều kiện nhân tạo. Các nội dung thực nghiệm được thiết kế theo từng nhóm yếu tố có ý nghĩa đối với hiệu quả nhân giống, gồm xử lý Lugol, giá thể và kích thước mảnh tách, thức ăn và chế độ cho ăn, cường độ ánh sáng; đồng thời đánh giá trên nhiều chỉ tiêu về tỷ lệ sống, bám giá thể, sinh trưởng và một số chỉ tiêu sinh lý. Về kết cấu, luận án được bố trí theo cấu trúc của một công trình nghiên cứu khoa học, việc phân chia các chương, mục và tiểu mục tương đối chi tiết, thuận lợi cho việc theo dõi và đối chiếu các kết quả nghiên cứu. Hình thức trình bày nhìn chung nghiêm túc, khoa học, có hệ thống bảng, hình, danh mục viết tắt và tài liệu tham khảo tương đối đầy đủ. Các kết quả được trình bày bằng bảng biểu và hình ảnh, kết hợp với phân tích thống kê, góp phần làm rõ và tăng tính thuyết phục cho nội dung luận án. Nhìn chung, nội dung, kết cấu và hình thức của luận án đáp ứng cơ bản yêu cầu đối với một luận án tiến sĩ chuyên ngành.

Nhược điểm

Về nội dung, phạm vi nghiên cứu tương đối rộng, bao gồm cả đặc điểm hình thái, sinh học sinh sản và nhiều nhóm thí nghiệm về nhân giống vô tính; do đó, một số nội dung trình bày còn khá dài, có chỗ chưa thật sự tập trung vào các kết quả cốt lõi nhằm làm nổi bật đóng góp mới của luận án. Phần thảo luận ở một số nội dung chủ yếu tập trung so sánh với các nghiên cứu trên các loài *Sarcophyton* khác, trong khi việc phân tích sâu cơ chế sinh lý và giải thích nguyên nhân của sự khác biệt giữa các nghiệm thức còn có thể được tăng cường. luận án dừng ở quy mô thực nghiệm, chưa đánh giá đầy đủ khả năng mở rộng quy mô, hiệu quả kinh tế và tính ổn định của các điều kiện nhân giống trong sản xuất thực tế; nội dung này cũng đã có đề cập trong phần kiến nghị là cần tiếp tục thử nghiệm ở quy mô lớn hơn. Về kết cấu, một số mục và tiểu mục được phân chia khá chi tiết, dẫn đến dung lượng phần phương pháp và kết quả tương đối lớn; có thể tinh giản những nội dung mang tính mô tả hoặc lặp lại để dành thêm dung lượng cho phân tích và thảo luận khoa học. Về hình thức, luận án nhìn chung được trình bày nghiêm túc,

tuy nhiên cần tiếp tục rà soát sự thống nhất về thuật ngữ chuyên môn, cách viết tên loài, đơn vị đo lường, ký hiệu và cách trình bày bảng, hình, tài liệu tham khảo. Những điểm này không làm ảnh hưởng đáng kể đến giá trị khoa học của luận án nhưng cần được chỉnh sửa để tăng tính cô đọng, nhất quán và chuyên nghiệp của công trình.

7. Nội dung của luận án đã được công bố trên tạp chí, kỷ yếu Hội nghị Khoa học nào và giá trị của các công trình đã công bố

Luận án đã công bố 2 bài báo

- 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. Tạp chí này nằm trong danh mục Science Citation Index Expanded (SCIE) và được SCIMAGO xếp hạng Q1.
- 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. Tạp chí được nằm trong danh mục Tạp chí được tính điểm của Hội đồng GSNN.

Hai công trình khoa học đã công bố có liên quan trực tiếp đến nội dung luận án và phản ánh một phần kết quả nghiên cứu của đề tài, bao gồm đặc điểm hình thái của loài *Sarcophyton serenei* và ảnh hưởng của nồng độ Lugol cùng thời gian xử lý đến sinh lý mảnh tách.

8. Kết luận chung:

- Luận án đáp ứng các yêu cầu đối với một luận án tiến sĩ ngành.
- Bản tóm tắt luận án có phản ánh trung thành nội dung cơ bản của luận án.
- Luận án đạt yêu cầu bảo vệ cấp Học viện để nhận bằng Tiến sĩ

TP. Hồ Chí Minh, ngày tháng năm 20 ...

Người viết nhận xét
(Ký và ghi rõ họ và tên)



PGS.TS Nguyễn Phú Hòa

Khánh Hòa, ngày 04 tháng 9 năm 2026

**QUYẾT NGHỊ CỦA
HỘI ĐỒNG ĐÁNH GIÁ LUẬN ÁN TIẾN SĨ CẤP HỌC VIỆN**

Căn cứ quyết định số 685-QĐ/HVKHCN ngày 28/07/2026 của Giám đốc Học viện Khoa học và Công nghệ về việc thành lập Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện

Thời gian họp: 09h00, Thứ Sáu, ngày 04 tháng 9 năm 2026

Địa điểm: Hội trường Mao Tiên, Viện Hải dương học, Số 1 Cầu Đá, Phường Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa để đánh giá luận án tiến sĩ.

Nghiên cứu sinh: **Hồ Sơn Lâm**

Tên đề tài luận án: **Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* Texier - Durivault, 1958**

Ngành: Thủy sinh vật học

Mã số: 9 42 01 08

Người hướng dẫn chính: TS. Đỗ Hữu Hoàng
Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm KHCNVN

Người hướng dẫn phụ: TS. Hoàng Xuân Bền
Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm KHCNVN

Số thành viên Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện: 7/7

Sau khi nghe nghiên cứu sinh Hồ Sơn Lâm trình bày nội dung luận án trong thời gian 30 phút, Hội đồng đã nghe các phản biện phát biểu nhận xét luận án; nghe Thư ký hội đồng đọc bản nhận xét của 2 phản biện độc lập; nghe các ý kiến nhận xét luận án của các thành viên khác trong Hội đồng. Hội đồng đã tiến hành thảo luận chung tại Hội trường, sau đó Hội đồng đã họp riêng và nhất trí quyết nghị như sau:

- Kết quả bỏ phiếu đánh giá luận án của Hội đồng:
Số phiếu tán thành là : 7/7, trong đó số phiếu xuất sắc là: 2/7.
- Tính phù hợp của tên đề tài và sự không trùng lặp về nội dung luận án
 - Tên đề tài, nội dung và kết quả nghiên cứu của luận án phù hợp với ngành đào tạo.
 - Nội dung của luận án không trùng lặp với các luận án đã bảo vệ và các kết quả



nghiên cứu đã công bố trong và ngoài nước.

- Các tài liệu tham khảo của luận án có nội dung phù hợp và đã được trích dẫn trong luận án.

3. Những kết luận khoa học cơ bản, những điểm mới, đóng góp mới của luận án
Luận án có giá trị khoa học và thực tiễn:

- Bổ sung dữ liệu tương đối đầy đủ về đặc điểm hình thái và cấu trúc trầm xương của loài *S. serenei* (trong đó việc sử dụng SEM giúp mô tả chi tiết hơn các đặc điểm có giá trị phân loại), cung cấp dữ liệu về điều kiện môi trường tại khu vực phân bố của *S. serenei* ở vịnh Nha Trang, tạo cơ sở tham khảo cho việc duy trì và nuôi loài trong điều kiện nhân tạo.

- Lần đầu tiên cung cấp thông tin về sinh học sinh sản của *S. serenei* (bao gồm giới tính và tỷ lệ giới tính, quá trình phát triển noãn bào và túi tinh, kích thước giao tử, sức sinh sản và mùa vụ sinh sản), có ý nghĩa quan trọng, vừa bổ sung tri thức cho sinh học sinh sản của san hô Octocorallia, vừa tạo cơ sở cho việc xác định thời điểm thu giao tử và phát triển các nghiên cứu sinh sản hữu tính trong tương lai.

- Luận án đã xác định được một số thông số kỹ thuật thích hợp cho nhân giống vô tính *S. serenei* trong điều kiện phòng thí nghiệm (bao gồm xử lý mảnh cắt bằng Lugol 0,5 mL L⁻¹ trong 15 phút hoặc 1,0 mL L⁻¹ trong 10 phút; sử dụng mảnh tách từ khoảng 1,5 cm trở lên; lựa chọn giá thể gạch men hoặc xi măng; chế độ bổ sung luân trùng 2 ngày/lần; và cường độ ánh sáng khoảng 90–120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), kết quả thí nghiệm đã được công bố trên tạp chí Regional Studies in Marine Science, trong đó hai tổ hợp xử lý thích hợp đạt tỷ lệ sống 85%. Các kết quả trên tạo cơ sở khoa học để tiếp tục phát triển quy trình nhân giống *S. serenei* ở quy mô lớn hơn, phục vụ bảo tồn nguồn gen, phục hồi rạn, sản xuất sinh vật cảnh biển và cung cấp sinh khối cho nghiên cứu các hợp chất có hoạt tính sinh học.

4. Cơ sở khoa học, độ tin cậy của những luận điểm và những kết luận nêu trong luận án

Từ nguồn tư liệu về đặc điểm sinh học, sinh học sinh sản của loài san hô mềm ngoài tự nhiên được cập nhật và đồng bộ, các phương pháp nghiên cứu, thiết kế thí nghiệm khoa học, thiết bị hiện đại (phương pháp sử dụng kính hiển vi điện tử dạng quét SEM để quan sát trầm xương, máy cắt lát mô), các kết quả nghiên cứu, những luận điểm và những kết luận nêu trong luận án đảm bảo cơ sở khoa học, độ tin cậy.

5. Ý nghĩa về lý luận, thực tiễn và những đề nghị sử dụng các kết quả nghiên cứu của luận án

- Về lý luận: Cung cấp thông tin về đặc điểm sinh học sinh sản và sinh sản vô tính của loài *S. serenei* ở Việt Nam và trên Thế giới, phục vụ cho công tác bảo tồn loài, phục hồi nguồn lợi ngoài tự nhiên để tạo vùng nguyên liệu bền vững cho chế biến dược phẩm/thuốc từ san hô mềm. Xây dựng cơ sở khoa học và

phương pháp luận trong việc đánh giá khả năng sinh sản hữu tính của loài trong tự nhiên (đặc điểm sinh học sinh sản) cũng như hoàn thiện quy trình sinh sản vô tính của loài ở quy mô lớn hơn trong tương lai.

- Về thực tiễn: Đóng góp cho phát triển của khoa học chuyên ngành về đặc điểm sinh học sinh sản của san hô mềm trong điều kiện tự nhiên và nuôi nhốt, mở ra triển vọng sản xuất hàng loạt ở quy mô lớn hơn. Đóng góp dữ liệu nền phục vụ cho công tác phát triển kinh tế - xã hội gắn với công tác bảo tồn tại các khu bảo tồn biển của Việt Nam thông qua việc có thể phát triển nghề nuôi san hô mềm trong tương lai ở quy mô hộ gia đình. Giảm áp lực khai thác nguồn giống san hô mềm ngoài tự nhiên trong thương mại sinh vật biển cảnh do chủ động được nguồn cung ở quy mô hộ gia đình.

6. Những thiếu sót về nội dung và hình thức của luận án

- Luận án cần xem xét làm rõ hơn thông tin để tăng tính chặt chẽ trong nghiên cứu ở phần phương pháp mà các phản biện và các ủy viên hội đồng đã chỉ ra trong các nhận xét.

- Luận án cần được rà soát cẩn thận phần trích dẫn tài liệu khoa học và xem xét giảm số lượng tài liệu trích dẫn.

- Ở một số nội dung của phần kết quả có thể xem xét rút gọn phần mô tả lại số liệu đã thể hiện trong bảng/hình và dành dung lượng nhiều hơn cho việc giải thích cơ chế sinh học.

- Chỉnh sửa kết luận và kiến nghị ngắn gọn và làm nổi bật các kết quả nghiên cứu hơn.

- Cần rà soát thống nhất thuật ngữ chuyên môn, tên khoa học, đơn vị đo, cách viết (Chlorophyll-a, zooxanthellae/Symbiodiniaceae,...), bổ sung những từ còn thiếu trong bảng chữ viết tắt (autozoid, siphonozoid, anthocodia,...), thống nhất quy cách trong ký hiệu thống kê, định dạng bảng, hình và tài liệu tham khảo, bổ sung thông tin đã thực hiện trong bảng thống kê (như bậc tự do) và tạo phụ lục ngắn gọn. Mức độ đáp ứng các yêu cầu của luận án

- Luận án đáp ứng các yêu cầu cơ bản đối với một luận án tiến sĩ ngành Thủy sinh vật học, mã số 9 42 01 08, cả về khối lượng nghiên cứu, tính khoa học, tính mới và giá trị của kết quả.

- Bản tóm tắt cần phản ánh trung thành các nội dung cơ bản của luận án, đặc biệt là mục tiêu, phương pháp, các kết quả chính, những đóng góp mới và kết luận.

7. Những điểm cần bổ sung, sửa chữa (nếu có) trước khi nộp luận án cho Thư viện Quốc gia Việt Nam

8. Kết luận:

- Luận án đáp ứng đầy đủ các yêu cầu của một luận án Tiến sĩ ngành Thủy sinh vật học.
- Bản tóm tắt của luận án trung thành nội dung cơ bản của luận án.

- Nghiên cứu sinh Hồ Sơn Lâm xứng đáng nhận học vị Tiến sĩ Sinh học.

Căn cứ kết quả bỏ phiếu, Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện nhất trí đề nghị công nhận học vị Tiến sĩ Sinh học cho nghiên cứu sinh Hồ Sơn Lâm.

Quyết nghị này được Hội đồng nhất trí thông qua bằng biểu quyết, với kết quả 7/7 thành viên dự họp.

THƯ KÝ

Nguyễn Hữu Huân

CHỦ TỊCH

Đoàn Như Hải

XÁC NHẬN CỦA CƠ SỞ ĐÀO TẠO

**KT. GIÁM ĐỐC
PHÓ GIÁM ĐỐC**



Nguyễn Thị Trung



Khánh Hòa, ngày 04 tháng 9 năm 2026

**BIÊN BẢN
HỘI ĐỒNG ĐÁNH GIÁ LUẬN ÁN TIẾN SĨ CẤP HỌC VIỆN**

Căn cứ quyết định số 685-QĐ/HVKHCN ngày 28/07/2026 của Giám đốc Học viện Khoa học và Công nghệ về việc thành lập Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện

Thời gian họp: 09h00, Thứ Sáu, ngày 04 tháng 9 năm 2026

Địa điểm: Hội trường Mao Tiên, Viện Hải dương học, Phường Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa để đánh giá luận án tiến sĩ.

Nghiên cứu sinh: **Hồ Sơn Lâm**

Tên đề tài luận án: **Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* Texier - Durivault, 1958**

Ngành: Thủy sinh vật học

Mã số: 9 42 01 08

Người hướng dẫn chính: TS. Đỗ Hữu Hoàng
Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm KHCNVN

Người hướng dẫn phụ: TS. Hoàng Xuân Bền
Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm KHCNVN

THAM DỰ BUỔI BẢO VỆ GỒM CÓ

- Đại diện cơ sở đào tạo: PGSTS. Đào Việt Hà
- Đại diện Viện: TS. Hồ Văn Thệ
- Đại diện Cơ quan chủ quản của NCS: TS. Huỳnh Hoàng Như Khánh.

NỘI DUNG

1. Từ 9 giờ 00 đến 9 giờ 15

- Đại diện cơ sở đào tạo tuyên bố lý do, đọc Quyết định thành lập Hội đồng đánh giá luận án cấp Học viện. Đề nghị Chủ tịch Hội đồng điều khiển buổi họp.
- Chủ tịch Hội đồng (GSTS. Đoàn Như Hải) điều khiển buổi họp:
 - + Tuyên bố số thành viên Hội đồng có mặt: 7/7 (có danh sách kèm theo).



- + Số khách mời tham dự buổi bảo vệ: 20 người.
- + Thư ký hội đồng (TS. Nguyễn Hữu Huân) đọc lý lịch khoa học và kết quả học tập của nghiên cứu sinh.

2. Từ 9 giờ 15 đến giờ 9h40

- Nghiên cứu sinh Hồ Sơn Lâm trình bày nội dung luận án.

3. Từ 9 giờ 40 đến 11 giờ

Từ 9 giờ 40 đến 10 giờ 10

- Phản biện 1 (GS.TS. Lê Minh Hoàng): Đọc nhận xét luận án (kèm theo toàn văn nhận xét).
- Phản biện 2 (PGS.TS. Nguyễn Văn Quân): Đọc nhận xét luận án (kèm theo toàn văn nhận xét).
- Thư ký đọc bản tổng hợp nhận xét phản biện độc lập và các yêu cầu của phản biện độc lập

Từ 10 giờ 10 đến 11 giờ

Các thành viên Hội đồng và khách mời đặt câu hỏi và NCS trả lời

GS.TS. Lê Minh Hoàng: Các thí nghiệm của luận án chủ yếu được thực hiện trong điều kiện nhân tạo và ở quy mô nghiên cứu. Nếu chuyển các kết quả này thành quy trình nhân giống vô tính *S. serenei* ở quy mô sản xuất hoặc phục vụ phục hồi rạn san hô, theo NCS những vấn đề khoa học và kỹ thuật nào cần tiếp tục được kiểm chứng? Đặc biệt, làm thế nào để vừa nâng cao số lượng mảnh giống tạo ra từ một tập đoàn bố mẹ, vừa duy trì tỷ lệ sống, tốc độ sinh trưởng, sức khỏe sinh lý và đa dạng di truyền của quần thể phục hồi?

NCS trả lời: NCS đã thực hiện các nghiên cứu trong phòng thí nghiệm, nhận thức được việc thực hiện phục hồi san hô sẽ khác biệt. Do vậy, để triển khai ứng dụng, còn cần phải tiến hành nhiều nghiên cứu tiếp theo để vừa nâng cao số lượng mảnh giống tạo ra từ một tập đoàn bố mẹ, vừa duy trì tỷ lệ sống, tốc độ sinh trưởng, sức khỏe sinh lý và đa dạng di truyền của quần thể phục hồi. Các tập đoàn san hô nhân giống nhân tạo cần được kiểm chứng khả năng thích nghi khi đưa ra môi trường tự nhiên (nơi chịu ảnh hưởng bởi sóng gió, trầm tích lắng đọng và dịch bệnh). Cần nghiên cứu kỹ thuật cố định tập đoàn lên nền rạn tự nhiên và đánh giá rủi ro sinh thái.

PGS.TS. Nguyễn Văn Quân: Có phải san hô mềm nhạy cảm hơn san hô cứng về tác động của trầm tích? Các giải pháp đột phá nào để nâng cao hiệu quả sinh sản.

NCS trả lời:

- NCS xin tiếp thu toàn bộ góp ý về lỗi văn bản: San hô cứng nhạy cảm hơn do lỗi đánh máy.

- Các giải pháp đột phá để nâng cao hiệu quả sinh sản: Nồng độ và thời gian xử lý Lugol. Đây là nghiên cứu thực nghiệm đầu tiên đánh giá có hệ thống tương tác giữa nồng độ Lugol và thời gian ngâm xử lý trên san hô mềm. Giải pháp này giải quyết được điểm nghẽn trong nhân giống vô tính: cân bằng giữa diệt khuẩn chống hoại tử mô mà không gây độc tế bào hay ức chế quá trình hình thành tế bào bám desmocyte, nâng tỷ lệ sống sau tách mảnh lên trên 70% và rút ngắn thời gian bám chân còn 8,73 ngày. Ngoài ra, thủ thuật cắt mảnh cũng đóng vai trò quan trọng vì làm tổn thương san hô.

PGS.TS. Nguyễn Phú Hòa:

- Không khuyến khích dùng giá thể nhựa. Cần nghiên cứu vật liệu giá thể thay thế.

- Khó khăn trong NC sinh sản san hô (thu mẫu nhiều).

NCS trả lời:

Lựa chọn giá thể thân thiện: NCS đồng thuận không sử dụng giá thể PVC và đá san hô tự nhiên nhằm tránh phát tán vi nhựa và bảo vệ rạn san hô. Dù kết quả (Mục 3.2.2) ghi nhận tỷ lệ sống và tăng trưởng tương đương ($p > 0,05$), NCS khuyến nghị ưu tiên gạch men hoặc xi măng nhờ ưu điểm bề mặt nhám vi mô, tro sinh học, giá thành thấp và an toàn sinh thái.

Về thu mẫu sinh sản: Việc định vị tuyến sinh dục ngoài mùa thành thực rất khó khăn, đòi hỏi khảo sát tiền trạm đa vị trí kết hợp soi tươi và mô học. Sau khi xác định được vùng phân bố, ở 16 đợt thu mẫu định kỳ tiếp theo, NCS chỉ sinh thiết mảnh nhỏ (4 cm) thay vì thu nguyên tập đoàn mẹ, giúp san hô tự phục hồi và duy trì nguồn lợi tự nhiên.

PGS.TS. Hoàng Đức Huy

- Cần bổ sung câu hỏi nghiên cứu để tập trung thảo luận cho logic và mạch lạc.

NCS trả lời:

NCS xin tiếp thu ý kiến.

GS.TS. Đinh Minh Quang:

- Thống kê cần có bậc tự do

- Khi nhuộm mẫu giải phẫu, tại sao dùng nước cất mà không đưa nước máy.

Nhuộm nước máy có ion cứng mới bắt màu.

- Bổ sung phụ lục minh chứng số liệu phân tích.

NCS trả lời:

- NCS nghiên cứu tiếp thu và bổ sung bậc tự do (df) trong thống kê: NCS sẽ rà soát và bổ sung đầy đủ giá trị bậc tự do, giá trị F và p-value cho toàn bộ các phép kiểm định thống kê trong nội dung hoặc Phụ lục của Luận án.

- NCS hoàn toàn đồng ý rằng: trong kỹ thuật nhuộm Hematoxylin - Eosin (H&E), các ion kim loại hóa trị hai (Ca^{2+} , Mg^{2+}) trong nước máy đóng vai trò làm chất "xanh hóa" (blueing agent) tự nhiên, giúp nhân tế bào bắt màu xanh đậm hơn. Tuy nhiên, mẫu san hô mềm chứa hàm lượng chất nhầy hữu cơ và vi tinh thể trầm xương canxi rất cao. Việc dùng nước máy có chứa tạp chất và hàm lượng ion không kiểm soát dễ gây kết tủa vi hạt hoặc làm biến động pH dung dịch đệm. Vì vậy, NCS dùng nước cất khử ion để bảo đảm môi trường rửa trung tính, tinh khiết; đồng thời bước "xanh hóa" được kiểm soát chủ động bằng dung dịch amoniac loãng (như mô tả ở trang 29–30 của luận án).

TS. Nguyễn Hữu Huân

- Sửa chữa lỗi văn phong, thuật ngữ, chính tả.

- Tại sao nghiên cứu đặc điểm sinh sản hữu tính nhưng thực nghiệm sinh sản vô tính.

NCS trả lời: NCS xin tiếp thu chỉnh sửa văn phong, thuật ngữ và giải trình mối liên hệ logic giữa hai nội dung:

Tính kế thừa và cơ sở khoa học: Nghiên cứu sinh sản hữu tính là bước điều tra nền tảng bắt buộc nhằm xác định đặc điểm sinh học cá thể (loài đơn tính, chu kỳ noãn kéo dài, mùa sinh sản chỉ diễn ra duy nhất vào tháng 3). Đây là cơ sở khoa học phục vụ quản lý và bảo tồn nguồn gen tự nhiên dài hạn.

Hạn chế thực tế của sinh sản hữu tính: Sinh sản hữu tính phụ thuộc hoàn toàn vào tự nhiên, rủi ro cao do mùa vụ phóng noãn chỉ kéo dài vài ngày/năm; quy trình ấp nuôi ấu trùng *planula* đòi hỏi kỹ thuật phức tạp và kinh phí rất lớn.

Hiệu quả thực tiễn của sinh sản vô tính: Kỹ thuật vi cắt/tách mảnh chủ động sản xuất giống quanh năm, kiểm soát tốt các yếu tố môi trường, đạt tỷ lệ sống cao và chi phí chỉ bằng ~20% so với phương pháp hữu tính (Guest et al., 2014).

Kết luận: Nghiên cứu sinh sản hữu tính cung cấp cơ sở dữ liệu sinh học nền tảng, còn thực nghiệm sinh sản vô tính là giải pháp kỹ thuật khả thi, hiệu quả nhất để chủ động tạo nguồn giống phục vụ phục hồi rạn và thương mại sinh vật cảnh.

GS.TS. Đoàn Như Hải

- Sửa lại lỗi chính tả và thuật ngữ trong toàn luận án; làm rõ thêm vị trí phân loại trong kết quả; Kết luận và kiến nghị cần chỉnh sửa ngắn gọn hơn.

- Đánh giá ảnh hưởng của nghiên cứu đến bảo tồn rạn san hô (12 tháng thu mẫu san hô thu một lượng lớn mẫu).

NCS trả lời: NCS xin tiếp thu chỉnh sửa toàn bộ lỗi trình bày và xin giải trình rõ về tác động của việc thu mẫu đến bảo tồn rạn:

Phương pháp thu mẫu sinh thiết không mang tính hủy diệt: Mặc dù chương trình thu mẫu kéo dài 12 tháng (16 đợt thu từ tháng 8/2023 đến tháng 7/2024, Bảng 2.2), nghiên cứu sinh hoàn toàn không khai thác hoặc di dời toàn bộ tập đoàn san hô gốc ngoài tự nhiên. Sau đợt khảo sát tiền trạm xác định được vùng phân bố tuyến sinh dục ở phần nửa sau của autozoid, trong tất cả các đợt định kỳ sau đó, thợ lặn chỉ cắt các mảnh sinh thiết nhỏ có kích thước 4 cm (trang 28 của luận án) tại phần viền mép mũ của tập đoàn.

TS. Võ Văn Quang: Cắt mảnh nhỏ có ảnh hưởng đến tập đoàn?

NCS trả lời: Việc cắt mảnh không gây tổn hại đến tập đoàn gốc do:

- Tỷ lệ can thiệp tối thiểu: Kích thước mảnh cắt rất nhỏ (sinh thiết: 4 cm; nhân giống: 0,5–2,5 cm) so với tập đoàn mẹ (20–30 cm).
- Khả năng tự phục hồi cao: San hô mềm *Sarcophyton* có cơ chế sinh học tự lành vết thương nhanh chóng nhờ đặc tính thích nghi với phân mảnh tự nhiên. Vết cắt chỉ tác động tại rìa mép mũ (vùng tái sinh tối ưu), tránh hoàn toàn trụ thân và đĩa bám, giúp tập đoàn mẹ nhanh chóng ổn định và phát triển bình thường.

Đại diện tập thể hướng dẫn phát biểu: TS Hoàng Xuân Bền

4. Từ 11 giờ 10 đến 11 giờ 15: Nghỉ giải lao

5. Từ 11 giờ 15 đến 11 giờ 25: Họp hội đồng riêng

- Thông qua kết luận của Hội đồng (có văn bản kèm theo).
- Ghi phiếu nhận xét luận án.

Kết quả kiểm phiếu 07/07 thành viên tán thành và đề nghị Học viện ra quyết định công nhận học vị Tiến sĩ Sinh học cho nghiên cứu sinh Hồ Sơn Lâm

6. Từ 11 giờ 25 đến 12h giờ 00

- 11h25 - 11h30: Chủ tịch Hội đồng đọc kết luận của Hội đồng đánh giá luận án.
- 11h30 - 12h00: Cơ sở đào tạo phát biểu; Tặng hoa và chúc mừng NCS.
- Hội đồng kết thúc lúc 12 giờ 00 phút, ngày 4 tháng 9 năm 2026.

Thư ký Hội đồng

Nguyễn Hữu Huân

Chủ tịch Hội đồng

Đoàn Như Hải

XÁC NHẬN CỦA CƠ SỞ ĐÀO TẠO



**KT. GIÁM ĐỐC
PHÓ GIÁM ĐỐC**

Nguyễn Thị Trung



BẢN GIẢI TRÌNH CHỈNH SỬA, BỔ SUNG LUẬN ÁN TIẾN SĨ CẤP HỌC VIỆN

Ngày 04 tháng 9 năm 2026, Học viện Khoa học và Công nghệ đã tổ chức đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện cho nghiên cứu sinh Hồ Sơn Lâm theo Quyết định số 685/QĐ-HVKHCN ngày 28 tháng 7 năm 2026 của Giám đốc Học viện.

Đề tài: Đặc điểm sinh học và thực nghiệm sinh sản vô tính loài san hô mềm *Sarcophyton serenei* Tixier-Durivault, 1958

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

Người hướng dẫn khoa học:

- Hướng dẫn chính: TS. Đỗ Hữu Hoàng

- Hướng dẫn phụ: TS. Hoàng Xuân Bền

Theo Biên bản của Hội đồng, NCS phải bổ sung và chỉnh sửa luận án các điểm sau đây:

STT	Nội dung đề nghị chỉnh sửa, bổ sung	Nội dung đã được chỉnh sửa, bổ sung (Ghi rõ số trang/chương/mục... đã được chỉnh sửa)
1	Phần Mở đầu & Tổng quan: Làm rõ mối liên hệ logic giữa 2 nội dung lớn (đặc điểm sinh học tự nhiên và sinh sản vô tính thực nghiệm). Phân tích sâu sắc ưu thế của việc nhân giống sinh sản vô tính so với sinh sản hữu tính trong điều kiện nghiên cứu hiện nay.	NCS đã bổ sung phân tích luận cứ khoa học và tính logic kế thừa: Kết quả nghiên cứu đặc điểm sinh học và môi trường tự nhiên ở Nội dung 1 là căn cứ để chuẩn hóa các thông số môi trường nuôi cấy nhân tạo ở Nội dung 2. Đồng thời làm rõ chi phí tạo tập đoàn san hô bằng phương pháp vô tính chỉ bằng khoảng 20% so với phương pháp hữu tính; kỹ thuật tách mảnh chủ động quanh năm, rủi ro thấp, thích hợp bảo tồn và khai thác nguồn gen. Đã thể hiện tại: Trang 1 – 3 (Phần Mở đầu); Trang 70 – 71 (Đoạn kết luận chuyển tiếp giữa mục 3.1 và 3.2 trong Luận án).
2	Khoảng trống khoa học trong Tổng quan: Phần tổng quan còn nặng mô tả tài liệu, chưa làm nổi bật được các khoảng trống tri thức và mâu thuẫn học thuật để dẫn dắt	NCS đã bổ sung các đoạn tổng hợp lý luận chuyên sâu: - <i>Trang 11:</i> Phân tích nghịch lý phương pháp đo đặc sinh trưởng san hô mềm do biến động áp suất thủy tĩnh mô liên kết (coenenchyme), xác lập căn cứ khoa học sử dụng phương pháp cân nổi (underfloor weighing) kết hợp



	thuyết phục vào từng nội dung thí nghiệm.	đo đặc diện tích qua ImageJ. - <i>Trang 17</i>: Phân tích tính biến thiên sinh sản theo địa lý và khoảng trống dữ liệu sinh học sinh sản của loài tại khu vực Tây Thái Bình Dương / vịnh Nha Trang. - <i>Trang 20</i>: Bổ sung cơ chế tác động "con dao hai lưỡi" của Lugol đối với san hô mềm không xương cứng. - <i>Trang 21</i>: Luận giải mối quan hệ đánh đổi giữa kích thước mảnh cắt và tỷ lệ hao hụt năng lượng mô; nhu cầu thay thế giá thể đá san hô tự nhiên bằng vật liệu nhân tạo bền vững. - <i>Trang 22–23</i>: Phân tích mâu thuẫn dinh dưỡng quang dưỡng - dị dưỡng và sự tương thích kích thước polyp với kích thước con mồi; cơ chế quang ức chế phức hệ PSII khi chiếu sáng. Đã thể hiện tại: Trang 11, 17, 20, 21, 22–23 (Chương 1 - Tổng quan vấn đề nghiên cứu, Luận án).
3	Tổng quan đa dạng loài san hô mềm tại vịnh Nha Trang: Cần bổ sung thông tin tổng quan về hiện trạng phân bố và thành phần loài san hô mềm tại vịnh Nha Trang để minh chứng tính đại diện của đối tượng nghiên cứu.	NCS đã bổ sung dẫn liệu tổng quan khu hệ san hô mềm vịnh Nha Trang với hơn 70 loài ghi nhận, trong đó họ Sarcophytidae có 50–52 loài và giống <i>Sarcophyton</i> có 10–12 loài cùng tồn tại (trích dẫn công trình của Dautova & Savinkin 2013; Hoàng Xuân Bền 2025). Đã thể hiện tại: Trang 24 (Mục 1.4 - Tổng quan tình hình nghiên cứu trong nước, Luận án).
4	Thiết kế thí nghiệm và kiểm soát hiện tượng giả lập (Pseudoreplication): Cần mô tả cụ thể đơn vị thí nghiệm độc lập, số lần lặp sinh học, nguồn gốc tập đoàn bố mẹ và phương pháp phân bổ mẫu để loại trừ hoàn toàn nguy cơ giả lập sinh học.	NCS đã chuẩn hóa mô tả chi tiết: Mỗi nghiệm thức được thực hiện với 3 lần lặp lại độc lập ($n = 3$), mỗi lần lặp gồm một lô 20 mảnh cắt được gắn trên giá thể riêng biệt (tổng cộng 60 mảnh/nghiệm thức). Nguồn gốc 20 mảnh trong mỗi lần lặp được trích xuất cân bằng từ 20 tập đoàn bố mẹ độc lập ngoài tự nhiên (thu cách nhau ≥ 10 m) và phân bổ ngẫu nhiên có khối, đảm bảo tính đại diện và độc lập di truyền hoàn toàn. Đã thể hiện tại: Trang 34 (Mục 2.2.2); Trang 35 (Mục 2.2.2.1); Trang 36 (Mục 2.2.2.2); Trang 37 (Mục 2.2.2.3); Trang 38 (Mục 2.2.2.4, Luận án).

5	Chuẩn hóa phương pháp phân tích môi trường: Lược bỏ mô tả thao tác hiện trường thông dụng; chuẩn hóa tên phương pháp phân tích muối dinh dưỡng (NH_4^+, NO_3^-) và COD (chỉ số Pemanganat) theo đúng quy chuẩn tài liệu trích dẫn.	Đã rút gọn các mô tả thao tác thừa và cập nhật tên phương pháp chuẩn hóa: - Amoni (NH_4^+): Phương pháp so màu Indophenol Blue đo quang ở bước sóng 640 nm. - Nitrat (NO_3^-): Phương pháp khử trên cột Cadimi–Đồng đo quang ở bước sóng 543 nm. - COD (Chỉ số Pemanganat): Phương pháp chuẩn độ Pemanganat trong môi trường axit đun sôi theo TCVN 6186:1996 (ISO 8467:1993). Đã thể hiện tại: Trang 30 (Mục 2.2.1 - Nội dung 1.2, Luận án).
6	Bổ sung Danh mục chữ viết tắt và Thuật ngữ chuyên môn: Luận án có nhiều thuật ngữ giải phẫu chuyên ngành san hô (coenenchyme, desmocyte, capitulum, anthocodia, siphonozoid...) và ký hiệu viết tắt thống kê cần được hệ thống hóa rõ ràng.	Đã bổ sung 02 bảng danh mục hoàn chỉnh ngay sau phần Lời cảm ơn: 1. Danh mục chữ viết tắt & ký hiệu khoa học (ANOVA, SGR, Chl-a, ODD, OW, DO, COD, SEM, ROS...). 2. Danh mục thuật ngữ chuyên môn giải phẫu và sinh học san hô giải thích chi tiết bản chất và ý nghĩa sinh học của 14 thuật ngữ chuyên sâu. Đã thể hiện tại: Trang vii – x (Đầu Luận án, trước Mục lục trong Luận án).
7	Biện luận cơ chế sinh học trong phần Kết quả và Thảo luận: Cần tập trung phân tích sâu cơ chế sinh học, sinh lý thay vì chỉ mô tả lại số liệu thuần túy: - Cơ chế diệt khuẩn và tái sinh mô khi dùng Lugol; - Quy luật năng lượng sinh học (S/V) theo kích thước mảnh cắt; - Tương thích cơ học giữa xúc tu polyp và kích thước con mồi; - Điểm cân bằng quang sinh học (photoinhibition/ROS) dưới các mức ánh sáng.	NCS đã viết bổ sung các đoạn biện luận cơ chế sinh lý chuyên sâu: - <i>Trang 73:</i> Phân tích cơ chế oxy hóa của iod tự do bất hoạt vi khuẩn và vai trò nguyên bào sợi, tế bào amebocyte; lý giải vì sao nồng độ cao gây độc tế bào. - <i>Trang 84:</i> Luận giải tỷ lệ diện tích tổn thương/thể tích mô sống (S/V) cao khiến mảnh cắt nhỏ (0,5 cm) cạn kiệt năng lượng dự trữ; cấu trúc vi nhám của gạch men/xi măng hỗ trợ tế bào desmocyte tiết keo liên kết. - <i>Trang 100:</i> Giải thích đặc điểm polyp bán co rút, xúc tu ngắn tương thích bắt giữ luân trùng (120–240 μm) nhưng không thể giữ Artemia (> 400 μm). - <i>Trang 109–110:</i> Biện luận cơ chế quang hóa thylakoid, hiện tượng quang ức chế PSII và giải phóng gốc ROS ở cường độ 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Đã thể hiện tại: Trang 73, 84, 100, 109–110

		(Chương 3 - Kết quả và Thảo luận, Luận án).
8	Thảo luận về tính ổn định của các yếu tố môi trường và phân trầm tích đáy: Cần giải thích nguyên nhân số liệu môi trường 12 tháng tại khu vực nghiên cứu biến động nhỏ; tách bạch phần kết quả môi trường nước ra khỏi mục trầm tích đáy.	- NCS đã bổ sung phân tích về bối cảnh khí tượng thủy văn năm 2023 tại vịnh Nha Trang ít chịu ảnh hưởng của bão lũ cực đoan, lượng mưa thấp hơn trung bình nhiều năm giúp các chỉ tiêu môi trường duy trì tính ổn định cao. - Đã biên tập tách bạch hoàn toàn: Mục 3.1.2.1 chỉ trình bày số liệu các yếu tố môi trường nước; Mục 3.1.2.2 chỉ tập trung mô tả địa mạo, nền đáy trầm tích cát - vụn san hô và san hô chết. Đã thể hiện tại: Trang 27 (Mục 2.1.4); Trang 53 – 61 (Mục 3.1.2.1 và Mục 3.1.2.2, Luận án).
9	Xác định mùa vụ sinh sản gắn liền với giai đoạn theo dõi thực tế: Tránh khẳng định mang tính tuyệt đối hóa về mùa vụ sinh sản duy nhất trong năm, do san hô phụ thuộc vào biến động khí hậu dài hạn.	NCS đã tiếp thu và chuẩn hóa các câu khẳng định về mùa vụ sinh sản: "<i>Trong giai đoạn nghiên cứu 2023–2024, mùa vụ sinh sản của loài diễn ra vào tháng 3</i>". Đồng thời đưa nội dung theo dõi dài hạn vào phần Kiến nghị. Đã thể hiện tại: Trang 68, 70 (Mục 3.1.3.4); Trang 115, 116 (Kết luận và Kiến nghị, Luận án).
10	Chuẩn hóa phần Kết luận và Kiến nghị: Viết ngắn gọn, súc tích, đi thẳng vào kết quả đo lường cụ thể; tránh lặp từ "kết quả nghiên cứu cho thấy..."; diễn đạt thận trọng về quy trình kỹ thuật; kiến nghị phải xuất phát trực tiếp từ kết quả nghiên cứu của đề tài.	NCS đã viết lại toàn bộ phần Kết luận và Kiến nghị: - Đi thẳng vào các kết luận cốt lõi: nhận dạng hình thái, cấu trúc trầm xương SEM, giới tính đơn tính (tỷ lệ đực:cái 1,33:1), kích thước noãn bào thành thực (684,99 μm), sức sinh sản (14–26 trứng/polyp), nồng độ Lugol tối ưu (0,5–1,0 mL L^{-1}), kích thước mảnh cắt ($\geq 1,5 \text{ cm}$), giá thể gạch men/xi măng, thức ăn luân trùng (2 ngày/lần), cường độ ánh sáng (90–120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). - Kiến nghị tập trung vào 02 định hướng thực tế: Quan trắc sinh sản dài hạn và thử nghiệm cấy ghép phục hồi rạn tự nhiên tại vịnh Nha Trang. Đã thể hiện tại: Trang 115 – 116 (Phần Kết luận và Kiến nghị, Luận án).
11	Chuẩn hóa quy cách trình bày, danh pháp khoa học và lỗi chính tả: - Thống nhất in nghiêng tên loài, tên giống khoa học;	NCS đã rà soát và chỉnh sửa triệt để trong toàn văn luận án: - In nghiêng 100% tên khoa học (<i>Sarcophyton</i>, <i>S. serenei</i>, riêng ký hiệu "cf." trong <i>S. cf. glaucum</i> để đúng theo đúng danh

	- Ký hiệu thống kê (thống nhất dùng p viết thường thay vì P hoa); - Chuẩn hóa khoảng trắng giữa số và đơn vị đo (630 nm, 4–6 mm, 26–28 °C); - Rà soát sửa lỗi trùng lặp từ ngữ, lỗi định dạng bảng biểu và hình ảnh.	pháp quốc tế). - Đổi toàn bộ chữ "P-value" thành "p-value" trong tất cả các bảng phân tích thống kê ANOVA. - Chuẩn hóa khoảng trắng thống nhất giữa giá trị số và đơn vị đo lường. - Loại bỏ cụm từ trùng lặp "Chlorophyll-a (Chlorophyll-a)", chuẩn hóa thuật ngữ "bố mẹ" thành "gốc", gộp các hình trầm xương và biểu đồ môi trường liên mạch. Đã thể hiện tại: Toàn bộ các trang trong Luận án.
12	Rà soát danh mục Tài liệu tham khảo: Giảm bớt số lượng tài liệu tham khảo không cần thiết, loại bỏ các tài liệu trích dẫn chéo hoặc trùng lặp, các tài liệu ít liên quan (như cảm nang/hướng dẫn lặn, tài liệu kỹ thuật phổ thông), chuẩn hóa đầy đủ thông tin xuất bản và mã định danh DOI.	NCS đã nghiêm túc tiếp thu và tinh giản danh mục tài liệu tham khảo: - Đã lược bỏ 09 tài liệu tham khảo không thật sự cần thiết (từ 208 tài liệu ở bản trước chỉnh sửa rút gọn xuống còn 199 tài liệu chuẩn mực ở bản sạch), bao gồm: các tài liệu hướng dẫn lặn biển/cảm nang rạn san hô phổ thông (như Lieske & Myers 2004; Delbeek & Sprung 1994; Calfo 2009); các sách và tài liệu mang tính tham khảo thứ cấp hoặc trùng lặp thông tin (Wilkins & Birkholz 1992; Ben & Dautova 2010; Fautin et al. 2007; Orejas et al. 2002; Larkin et al. 2023; Dautova & Savinkin 2013). - Cập nhật và chuẩn hóa toàn bộ 199 tài liệu tham khảo còn lại với đầy đủ tác giả, tên bài, tên tạp chí, tập, số, số trang và mã định danh DOI theo đúng quy định. Đã thể hiện tại: Trang 118 – 132 (Danh mục Tài liệu tham khảo, Luận án).
13	Bổ sung phần Phụ lục của Luận án: Cần cung cấp đầy đủ minh chứng thực nghiệm, cơ sở dữ liệu nền và kiểm định thống kê toán học bao gồm: hình ảnh trực quan quá trình bố trí thí nghiệm và hiện trường; bảng số liệu gốc các yếu tố môi trường theo dõi định kỳ; chi tiết phân tích phương sai ANOVA cùng các bậc tự do (df) của các thí	NCS đã bổ sung toàn diện phần Phụ lục ở cuối Luận án, bao gồm 3 nhóm nội dung quan trọng: 1. <i>Phụ lục 1 - Hình ảnh thí nghiệm:</i> Bổ sung hệ thống hình ảnh thực tế hệ thống bể nuôi tuần hoàn đặt ngoài trời và trong nhà có kiểm soát ánh sáng/nhiệt độ, quy trình cân nổi dưới sàn (underfloor weighing),... 2. <i>Phụ lục 2 - Số liệu gốc quan trắc môi trường:</i> Trình bày bảng dữ liệu gốc đầy đủ của 16 đợt khảo sát (từ 8/2023 đến 7/2024) tại Hòn Chồng và Hòn Cút Chim về nhiệt độ, độ mặn, pH, DO, COD, độ đục, cường độ ánh sáng, hàm lượng muối dinh dưỡng (NH₄⁺,

nghiệm sinh sản vô tính.	NO3-). 3. Phụ lục 3 - Bảng kiểm định thống kê ANOVA chi tiết và bậc tự do (df) của các thí nghiệm sinh sản vô tính: Cung cấp bảng kết quả phân tích phương sai đầy đủ với các thông số: nguồn biến thiên (Nồng độ, Thời gian, Tương tác, Sai số Error, Tổng cộng Total), bậc tự do tương ứng (ví dụ Thí nghiệm 1: df_Nồng độ = 3, df_Thời gian = 3, df_Tương tác = 9, df_Sai số = 32, df_Tổng cộng = 47), giá trị F thực nghiệm và mức ý nghĩa thống kê chính xác (p / Sig.) cho từng chỉ tiêu theo dõi (Tỷ lệ sống ngày 3, 6, 9; Thời gian bám chân; Tốc độ tăng trưởng SGRW, SGRL; Mật độ zooxanthellae; Hàm lượng Chlorophyll-a; Tỷ lệ khối lượng hữu cơ OW) của cả 4 nội dung thực nghiệm (Nội dung 2.1, 2.2, 2.3 và 2.4). Đã thể hiện tại: Trang 132 trở đi (Phần Phụ lục của Luận án).
---------------------------------	--

Nghiên cứu sinh chân thành cảm ơn Quý thầy, cô trong Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện đã góp ý và tạo cơ hội cho NCS hoàn thiện luận án của mình.

Xin trân trọng cảm ơn./.

Hà Nội, ngày 14 tháng 9 năm 2026

TẬP THỂ HƯỚNG DẪN

NGHIÊN CỨU SINH



Đỗ Hữu Hoàng



Hoàng Xuân Bền



Hồ Sơn Lâm

**XÁC NHẬN CỦA
HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**

CHỦ TỊCH HỘI ĐỒNG

THƯ KÝ



Nguyễn Thị Trung