

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NHA TRANG**

NGUYỄN THỊ THỦY

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG KẾT HỢP CỦA NHIỆT ĐỘ VỚI MỘT SỐ YẾU
TỐ SINH THÁI LÊN GIÁP XÁC CHÂN CHÈO (COPEPODA)**

**Ngành đào tạo: Nuôi trồng Thủy sản
Mã ngành: 9620301**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

KHÁNH HÒA – 2023

TÓM TẮT NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

Đề tài luận án: “Nghiên cứu ảnh hưởng kết hợp của nhiệt độ với một số yếu tố sinh thái lên giáp xác chân chèo (copepoda)”

Chuyên ngành:	Nuôi trồng thủy sản
Mã số:	9620301
Họ và tên nghiên cứu sinh:	Nguyễn Thị Thủy
Khóa:	2015
Họ và tên người hướng dẫn:	1. PGS.TS. Lê Minh Hoàng 2. TS. Đinh Văn Khương
Cơ sở đào tạo	Trường Đại học Nha Trang

Nội dung đóng góp mới của luận án:

1. Nghiên cứu đã cung cấp thông tin mới về tác động của các yếu tố sinh thái quan trọng như độ mặn, chu kỳ quang, tia cực tím kết hợp với nhiệt độ đến sinh trưởng và sinh sản của hai loài copepoda nhiệt đới *Pseudodiaptomus incisus* và *Oithona rigida*. Kết quả của nghiên cứu có độ phân giải lớn thể hiện ở sự tác động của các yếu tố trên đến tất cả các giai đoạn của *P. incisus* và *O. rigida* và trên các thông số về hiệu quả sinh sản (sức sinh sản; tỷ lệ nở thành công; khả năng sản xuất nauplius). Kết quả của nghiên cứu là những thông tin quan trọng trong kỹ thuật nuôi sinh khối hai loài copepoda *P. incisus* và *O. rigida*.

2. Loài *P. incisus* sinh trưởng tốt nhất trong điều kiện nhiệt độ 26 – 30°C, độ mặn 15 – 20 ppt; chu kỳ quang 12L:12D và 18L:6D. Hiệu quả sinh sản của *P. incisus* cao nhất trong điều kiện nhiệt độ 30°C, độ mặn 20ppt, chu kỳ quang 12L:12D và 18L:6D và UV0 (không có tia cực tím), UVA (bước sóng trong khoảng 350 – 400 nm).

3. Loài *O. rigida* trưởng tốt nhất trong điều kiện nhiệt độ 26 – 30°C, độ mặn 25 – 30 ppt; chu kỳ quang 12L:12D và 18L:6D. Hiệu quả sinh sản của *O. rigida* cao nhất trong điều kiện sinh thái với nhiệt độ 30°C, độ mặn 30ppt, chu kỳ quang 12L:12D và 18L:6D và UV0, UVA.

4. Nghiên cứu đã quan sát tác động của ba loài tảo (*Chaetoceros muelleri*, *Isochrysis galbana* và *Tetraselmis chui*) với 3 mức mật độ cho mỗi loài tảo (160; 800 và 1.600 µg carbon/L) lên sinh trưởng và hiệu quả sinh sản của hai loài copepoda nhiệt đới *P. incisus* và *O. rigida*. Thông tin về nội dung này có ý nghĩa với việc nuôi sinh khối hai loài copepoda *P. incisus* và *O. rigida*. Loài *P. incisus* và *O. rigida* sinh trưởng và sinh sản tốt hơn khi được ăn tảo *Isochrysis galbana* và *Chaetoceros muelleri* với mật độ trong khoảng 800 – 1600 µgC/L.

Người hướng dẫn khoa học

Nghiên cứu sinh




PGS. TS. Lê Minh Hoàng TS. Đinh Văn Khương

Nguyễn Thị Thủy

**DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ
CÓ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN**

1. Nguyen Thuy T., Minh-Hoang Le, Doan Nam X., Nguyen Sy T., Truong Trinh S. H., Vu Minh T. T., Dinh Khuong V., 2020. Salinity and temperature effects on productivity of a tropical calanoid copepod *Pseudodiaptomus incisus*. *Aquaculture Research* 00: pp. 1–12. (Q2, impact factor: 2.184).
2. Nguyễn Thị Thủy, Lê Minh Hoàng, Đoàn Xuân Nam, Bùi Văn Cảnh, Nguyễn Thị Thành, Đinh Văn Khuong, 2021. Ảnh hưởng của mật độ vi tảo *Isochrysis galbana* làm thức ăn đến sức sinh sản và tỷ lệ nở của loài copepoda *Apocyclops royi*. *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản* số 3/2021.

MỞ ĐẦU

Trong nhiều thập kỷ qua, copepoda được lựa chọn làm thức ăn cho ấu trùng nhiều loài cá biển có giá trị kinh tế (Burbano và ctv., 2020; Thuong & Hoang, 2015). Copepoda hội đủ các yêu cầu của thức ăn tốt cho ấu trùng cá biển: giá trị dinh dưỡng cao hơn luân trùng và artemia (Rasdi và Qin, 2016; Rayner và ctv., 2017), có phổ kích thước rộng (Golez và ctv., 2004); tập tính bơi zic – zắc làm tăng tính hấp dẫn với ấu trùng các loài cá (Ajiboye và ctv., 2011). Tuy nhiên, copepoda đang phải điều chỉnh trước biến đổi khí hậu. Hệ sinh thái biển nhiệt đới, nhiệt độ bề mặt nước biển đã tăng hơn 1°C trong 100 năm qua và được dự đoán tăng gấp ba hoặc bốn lần trong thế kỷ 21 (IPCC, 2013). Sự tương tác giữa biến đổi khí hậu với các yếu tố ô nhiễm khác đã tăng cường ảnh hưởng đến sinh vật (Dinh ctv., 2016). Copepoda nhiệt đới sẽ phản ứng với sự tăng lên của nhiệt độ kết hợp cùng các yếu tố như độ mặn, ánh sáng, tia cực tím và thức ăn vẫn còn rất hạn chế thông tin. Hai loài *Pseudodiaptomus incisus* và *Oithona rigida* phân bố nhiều ở các ao nuôi thủy sản và vùng biển ven bờ miền Trung. Luận án “*Nghiên cứu ảnh hưởng kết hợp của nhiệt độ với một số yếu tố sinh thái lên giáp xác chân chèo (copepoda)*” là rất cần thiết, cung cấp dữ liệu khoa học phục vụ nuôi sinh khối nguồn thức ăn quan trọng cho nghề sản xuất giống các loài thủy sản có giá trị cao và cơ sở của các chính sách quản lý ở khu dân cư ven biển.

Mục tiêu nghiên cứu

Làm rõ sự tác động của các yếu tố sinh thái quan trọng và thức ăn đến sinh trưởng và sinh sản của copepoda nhiệt đới, làm cơ sở nuôi sinh khối hai loài *P. incisus* và *O. rigida*.

Ý nghĩa khoa học của nghiên cứu: Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học và làm sáng tỏ hơn sự thích nghi của copepoda trước những thay đổi của điều kiện sinh thái trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Ý nghĩa thực tiễn của nghiên cứu: Kết quả nghiên cứu về những điều kiện sinh trưởng và sinh sản tốt hơn của hai loài copepoda *P. incisus* và *O. rigida* là cơ sở cho thiết lập kỹ thuật nuôi sinh khối hai loài copepoda này.

Kết cấu của luận án

Luận án bao gồm 151 trang, trong đó có 3 trang mở đầu, 34 trang tổng quan, 18 trang phương pháp nghiên cứu, 94 trang kết quả nghiên cứu, kết luận 2 trang, 12 bảng, 69 hình, 389 tài liệu tham khảo, 15 phụ lục (tiếng Việt 3 tài liệu, tiếng Anh 386 tài liệu).

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN TÀI LIỆU

1.1. Vai trò của Copepoda trong nuôi trồng thủy sản

Copepoda hội đủ tương đối đầy đủ các yêu cầu của thức ăn tự nhiên cho ấu trùng cá biển. Thành phần sinh hóa của copepoda đáp ứng nhu cầu của ấu trùng cá biển; phổ kích thước rất rộng, đủ nhỏ để phù hợp với cỡ miệng của ấu trùng cá biển; đặc điểm bơi ziczắc của copepoda đã kích thích ấu trùng bắt mồi. Đặc tính vượt trội của copepoda là khả năng tổng hợp các acid béo không no mạch dài (HUFA), hàm lượng và tỷ lệ của chúng đáp ứng được nhu cầu của ấu trùng. Các thành phần vi lượng như vitamin, carotenoids, chitin, enzyme của copepoda đã giúp ấu trùng cá biển tăng khả năng chống chịu với các yếu tố bất lợi, nâng cao tỷ lệ sống.

Giá trị của copepoda đã được chứng minh trong thực tế và các nghiên cứu. Theo Ananthi và ctv. (2011), ấu trùng tôm sú (*Penaeus monodon*) cho tốc độ tăng trưởng nhanh hơn khi ăn copepoda so với nauplius artemia. Nghiên cứu cũng cho thấy hàm lượng sắc tố astaxanthin của ấu trùng tôm sú khi ăn copepoda cao hơn gần 3 lần so với ăn nauplius artemia (tương ứng là 9.282µg/g và 3.5649µg/g tính theo vật chất khô). Tương tự vậy, ấu trùng Trochophora của trai xanh (*Mytilus edulis*) cải thiện tăng trưởng, tỷ lệ sống và hệ sắc tố khi ăn copepoda (Nanton và Castell 1999). Ấu trùng cá det (*Hippoglossus hippoglossus*) cũng được cải thiện hệ sắc tố khi ăn copepoda so với artemia (Næss & Lie 1998). Tỷ lệ sống và tăng trưởng của ấu trùng cá bơn

(*Psetta maxima*) tăng khi ăn copepoda kết hợp với luân trùng (Støttrup & Norsker 1997). Tốc độ tăng trưởng, tỷ lệ sống và thành phần sinh hóa acid béo của cơ thể của ấu trùng cá chẽm (*Lates calcarifer* Bloch) 14 ngày tuổi cao hơn khi ăn copepoda *Acartia clausi* so với artemia và luân trùng; Tỷ lệ sống lần lượt là 58,13%; 41,62% và 33,94% (Rajkumar và Vasagam, 2006) Nghiên cứu trong 10 năm của Glenn (2006) đã cho thấy ấu trùng loài cá hồng (*Lutjanus johnii*), cá mú chấm lam (*Cephalopholis argus*), cá thán tiên (*Centropyge loricula*) cho tăng trưởng và tỷ lệ sống cao hơn khi ăn copepoda.

1.2. Một số đặc điểm của copepoda

Copepoda là nhóm giáp xác nhỏ với 11.500 loài đã được mô tả gồm 200 họ, 1.650 giống, thuộc ngành chân khớp (Arthropoda), lớp giáp xác (Crustacea) gồm 10 bộ, trong đó ba bộ Calanoida, Cyclopoida và Harpacticoida sống tự do (Humes 1994). Copepoda phân bố rộng khắp các thủy vực nước ngọt, nước lợ mặn. Giống *Pseudodiaptomus* phân bố với mật độ cao ở các vùng cửa sông và vùng biển. Chúng phân bố từ vĩ độ 40°N đến 40°S (Walter, 1989). Giống *Oithona* phân bố rộng ở các vùng biển trên thế giới (Almeda và ctv., 2011); vùng biển ôn đới (Castellani và ctv., 2007); vùng biển nhiệt đới (Dahms và ctv., 2015); vùng biển Nam Trung Quốc (Wang và ctv., 2017); vùng biển Nha Trang (Trương Sĩ Hải Trình và Nguyễn Tâm Vinh, 2015).

Thân gồm hai phần là giáp đầu ngực (metasome) và phần bụng (urosoma). Phần đầu (cephalosome) gắn liền với giáp đầu ngực có mắt đơn, râu và các phần phụ để bơi và ăn. Phần đầu và ngực được gọi là prosoma. Phần bụng hẹp và không có các phần phụ ngoại trừ chạc đuôi. Lỗ sinh dục nằm ở đốt bụng đầu tiên và lỗ hậu môn ở đốt bụng cuối. Râu của copepoda rất khác nhau về độ dài ở 3 bộ, dài nhất ở calanoida và ngắn nhất ở Harpacticoida. Copepoda sinh trưởng và phát triển qua 6 giai đoạn ấu trùng (nauplius - N1-6); 5 giai đoạn con non (copepodit - C1 - 5) và trưởng thành (Golez và ctv., 2004). Đặc điểm hình thái khác biệt của các giai đoạn tập trung vào hình dáng, chiều dài thân, số đốt ở phần bụng, hình dáng chân bơi 5 và các phần phụ.

Copepoda ăn tạp, chủ động bắt mồi và có một số đặc điểm khác nhau ở 3 bộ Calanoida, Cyclopoida và Harpacticoida. Nauplius 1 chưa có miệng, dinh dưỡng từ noãn hoàng, không vận động (Dussart & Defaye, 2001). Copepoda bắt đầu ăn thức ăn ngoài từ N3 (số ít có thể ăn ngoài từ N1, N2). Thức ăn ưa thích của hầu hết các loài copepoda vẫn là tảo. Tăng trưởng của Copepoda thể hiện qua chiều dài cơ thể, trọng lượng khô. Trọng lượng khô tỷ lệ thuận với chiều dài cơ thể (Mauchline, 1998). Khi trưởng thành đạt đến kích thước của loài thì sự tăng trưởng của con cái tính thông qua số lượng trứng (Kiørboe và ctv., 1985). Tốc độ phát triển phụ thuộc nhiệt độ, số lượng và chất lượng thức ăn (Mauchline 1998), độ mặn (Hagiwara và ctv. 1995) và các yếu tố sinh thái khác.

Copepoda phân tính đực cái. Các đặc điểm khác nhau giữa con đực và cái ở Copepoda thường là râu A1, phình to ở đốt bụng 1 và 2; kích thước và độ thon của phần thân. Các đặc điểm sinh dục bên ngoài để phân biệt đực, cái chỉ được biểu hiện từ giai đoạn copepodit IV. Copepoda sinh sản hữu tính (Gilbert và Williamson, 1998) và thụ tinh ngoài. Hoạt động kết cặp và giao phối ở Copepoda gồm các giai đoạn: Tìm kiếm bạn tình, Tiếp cận con cái của con đực; Đuôi và bắt giữ con cái của con đực và giao phối (Dur và ctv., 2011). Con đực chủ động tìm kiếm bạn tình nhờ chất hóa học hoặc cơ học do hoạt động bơi lội của con cái (Bagøien và Kiørboe, 2005). Tùy theo loài Copepoda, con cái có thể đẻ trứng theo bọc hoặc đẻ trứng tự do. Số lượng trứng/con cái của mỗi loài cũng khác nhau. Sinh sản của Copepoda chịu ảnh hưởng của các yếu tố thủy lý, thủy hóa và thủy sinh.

1.3. Tình hình nghiên cứu về Copepoda

Nuôi sinh khối Copepoda vẫn là thách thức lớn. Nghiên cứu về Copepoda bắt đầu từ những 1980s. Nghiên cứu về thành phần sinh hóa của copepoda đã tập trung về lipid và acid béo (Gatten và ctv. 1983; Norsker và Støttrup 1994; Evjemo and Olsen 1997; Morehead và ctv. 2005); một số ít về amino acid và protein (Fyhn và ctv. 1993, 1995; Helland và ctv. 2003); sắc tố (Rønnestad và ctv., 1998) và vitamin (Maeland và ctv., 2000).

Các nghiên cứu đã cho những hiểu biết cơ bản về đặc tính của Copepoda như thành phần loài, đặc điểm phân bố; hình thái cấu tạo, thành phần sinh hóa – giá trị dinh dưỡng, đặc biệt là các thành phần vi lượng quan trọng như astraxanthin, vitamin, cơ chế tự tổng hợp acid béo không no thiết yếu (Rayner và ctv., 2017); ảnh hưởng của một số yếu tố (nhiệt độ; độ mặn; ánh sáng; độc tố; kim loại nặng; thức ăn) đơn lẻ đến sinh trưởng và sinh sản của Copepoda.

Thông tin về phát triển và sinh sản của các loài copepoda nhiệt đới trong điều kiện khác nhau của nhiệt độ, độ mặn còn ít. Hiện tượng này có thể là do mỗi nghiên cứu chọn riêng lẻ hai yếu tố trên với những mức thử nghiệm trong các điều kiện khác nhau. Kích thước cơ thể của copepoda có thay đổi dưới tác động của nhiệt độ và độ mặn hay không? Trả lời câu hỏi này có ý nghĩa lớn trong việc nuôi copepoda làm thức cho ấu trùng cá biển. các nghiên cứu trước đây tập trung vào đánh giá ảnh hưởng của chế độ chiếu sáng (chu kỳ quang) đến sinh sản của vài loài copepoda. Kết quả cho thấy có sự ảnh hưởng theo chiều hướng khác nhau ở các nghiên cứu và chỉ tập trung ở các loài copepoda ôn đới. Vì vậy, thông tin về kích thước cơ thể qua các giai đoạn và sinh sản, số naupli/con cái với các loài copepoda nhiệt đới dưới các chu kỳ quang khác nhau vẫn chưa được biết. các quan sát đã cho thấy khả năng chống chịu với điều kiện môi trường có tia cực tím (280 – 400 nm) của copepoda. Tuy nhiên, các loài copepoda được nghiên cứu chủ yếu ở vùng ôn đới; hai loài copepoda nhiệt đới *P. incisus* và *O. rigida* chưa có báo cáo về phản ứng với tia cực tím. Trong hoàn cảnh khí hậu biến động mạnh theo hướng bức xạ mặt trời có tia cực tím xuống Trái Đất khó lường thì copepoda được kì vọng có khả năng thích ứng tốt hơn. Nghiên cứu của chúng tôi muốn đánh giá khả năng tác động của nhiệt độ cao đến 34°C cùng với tác động của tia cực tím đến hai loài copepoda nhiệt đới (*P. incisus*; *O. rigida*) theo hướng mới.

CHƯƠNG 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thời gian, địa điểm và đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Thời gian phát triển, kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất naupli của loài *Pseudodiaptomus incisus*, *Oithona rigida*

Thời gian, địa điểm nghiên cứu:

+ **Thời gian:** Từ 5/2019 – 12/2021

+ **Địa điểm:**

- Địa điểm thu mẫu và bố trí thí nghiệm: Trại nghiên cứu nuôi trồng hải sản Cam Ranh, Trường Đại học Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa (11°49'25.59"N, 109°07'29.73"E)

2.2. Nội dung nghiên cứu:

Thí nghiệm 1: Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn đến thời gian phát triển, kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất naupli của *Pseudodiaptomus incisus*, *Oithona rigida*

Thí nghiệm 2: Ảnh hưởng của nhiệt độ và chu kỳ quang đến thời gian phát triển, kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất naupli của *Pseudodiaptomus incisus*, *Oithona rigida*

Thí nghiệm 3: Ảnh hưởng của nhiệt độ và tia cực tím đến thời gian phát triển, kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất naupli của *Pseudodiaptomus incisus*, *Oithona rigida*

Thí nghiệm 4: Ảnh hưởng của nhiệt độ và thức ăn đến thời gian phát triển, kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất naupli của *Pseudodiaptomus incisus*, *Oithona rigida*

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Nước thí nghiệm

Nước dùng cho thí nghiệm được lắng lọc cơ học và pha độ mặn theo thiết kế. Nước biển từ vịnh Cam Ranh được bơm vào ao lắng với thể tích 3000 m³, rồi được lọc qua cát trong bể có thể tích 200 m³ và tiếp tục được lọc qua lõi lọc có kích thước 0,5 µm. Nước ngọt dùng để pha độ

mặn là nước máy đã được phơi và có sục khí ít nhất 48h trước khi sử dụng. Độ mặn được pha theo công thức đường chéo. Độ mặn được đo bằng tỷ trọng kế.

2.3.2. Tảo làm thức ăn cho copepoda

Tảo *Isochloropsis galbana* làm thức ăn cho copepoda có nguồn gốc từ phòng tảo Công Ty TNHH Toàn Hưng, Nha Trang. Tảo được nuôi theo phương pháp bán liên tục trong điều kiện phòng thí nghiệm ở nhiệt độ 25°C (điều khiển bằng điều hòa nhiệt độ). Tảo được nuôi trong bình thủy tinh 5 lít. Ánh sáng sử dụng nuôi tảo từ 2 đèn led 60W (dài 1,2 m) với chế độ chiếu sáng liên tục 24/24 giờ. Môi trường sử dụng nuôi tảo là môi trường F/2. Nguồn nước được sử dụng để nuôi tảo cũng được xử lý như nước nuôi Copepoda nhưng với độ mặn 25 ppt. Tảo được xác định mật độ trước khi cho Copepoda ăn. Các thí nghiệm thuộc nội dung 1, 2 và 3 cho Copepoda ăn tảo *I. galbana* với mật độ 30 000 – 35 000 tế bào/ml theo Doan và ctv. (2018). Thí nghiệm 4 sử dụng 3 loài tảo *Isochloropsis galbana*, *Chaetoceros muelleri* và *Tetraselmis chui* với thiết kế thí nghiệm tại mục 2.4.4.

Phương pháp xác định mật độ tảo

Sử dụng phương pháp đếm dưới kính hiển vi với buồng đếm hồng cầu.

Lấy 100 ml nước tảo cho ra cốc thủy tinh và cố định bằng 1 giọt Lugol, rồi dùng pipet hút 10 μ L cho vào buồng đếm hồng cầu và đếm ở vật kính 4 -10, lặp lại 5 lần.

Công thức: Mật độ tảo = N (tổng số tế bào ở 5 ô đếm) $\times 5 \times 10^4$

Công thức quy đổi mật độ tảo từ tế bào/ml sang μ gC/L: Mật độ (tế bào/ml) = [mật độ cho ăn (μ gC/L) $\times 1.000.000$]/khối lượng tế bào tảo.

2.3.3. Hệ thống thí nghiệm

Thiết kế gồm 3 hệ thống thí nghiệm riêng biệt tương ứng với 3 mức nhiệt độ 26°C, 30°C và 34°C. Hệ thống thí nghiệm của nhiệt độ 26°C, gồm 8 bể composít (40 x 80 x 50cm) bố trí thành 2 hàng trong phòng kín được điều chỉnh nhiệt độ bằng máy điều hòa. Hệ thống thí nghiệm của nhiệt độ 30 và 34°C là 2 hệ thống tuần hoàn với 8 bể composít (40 x 80 x 50cm) và 1 bể tổng cho mỗi hệ thống; nhiệt độ được điều chỉnh bằng heater ở bể tổng và nước đã đạt nhiệt độ thí nghiệm được bơm tuần hoàn đến các bể của hệ thống bằng máy bơm. Hệ thống nuôi được vận hành ổn định hai ngày trước khi tiến hành thí nghiệm. Hệ thống thí nghiệm và các dụng cụ sử dụng trong thí nghiệm đều được vệ sinh sạch, dán nhãn đầy đủ thông tin về nghiệm thức, số thứ tự lần lặp.

2.3.4. Phương pháp thu thập các thông số

2.3.4.1. Giải thích nội hàm các thông số sử dụng trong nghiên cứu

- Sức sinh sản (Clutch size): Số trứng có trong bọc trứng (với *P. incisus*) hay 2 túi trứng (với loài *O. rigida*) của một con cái.

- Tỷ lệ nở thành công (Hatching success): Là thông số thể hiện kết quả con cái có trứng nở thành nauplius. Thông số này đánh giá tỷ lệ con cái có trứng nở thành nauplius của các nghiệm thức.

- Số nauplii/con cái sau 30h (Nauplii production): Số lượng nauplii trung bình thu được của con cái sau 30 giờ (30h) từ khi bố trí cho con cái mang trứng đẻ đẻ và ấp nở.

- Khả năng sản xuất nauplii (thông số thu ở thí nghiệm 4): Là tổng số trứng mà con cái sản sinh trong vòng đời.

2.3.4.2. Tổng thời gian phát triển và kích thước các giai đoạn

Phương pháp lấy mẫu Copepoda: Mẫu Copepoda được thu định kỳ 24h/lần, mỗi lần thu 30 ml mẫu ở mỗi đơn vị thí nghiệm sau khi đã khuấy đều. Lượng Copepoda được lọc bằng lưới có mắt lưới 50 μ m và chuyển vào đĩa petri (đã có dán nhãn về nghiệm thức, thứ tự lặp và thứ tự ly), được cố định bằng formalin 4%. Như vậy, tất cả các giai đoạn của Copepoda trong 30 ml mẫu được cố định để xác định tỷ lệ (qua đó xác định tổng thời gian phát triển của giai đoạn nauplius, copepodite của quần đàn) và đo kích thước các giai đoạn.

Phương pháp xác định:

- **Tổng thời gian phát triển các giai đoạn của quần đàn:** Được xác định thông qua tỷ lệ các giai đoạn nauplius, copepodite và trưởng thành có trong mẫu thu hàng ngày. Trong quần đàn của từng nghiệm thức, xác định được tổng thời gian phát triển của các cá thể Copepoda ở giai đoạn nauplius, copepodite và thời gian 100% Copepoda trưởng thành. Tổng thời gian phát triển của giai đoạn nauplius, copepodite là thời gian chúng chuyển 100% sang giai đoạn copepodite và 100% trưởng thành. Xác định các giai đoạn dựa vào quan sát dưới kính soi nổi (SZ51, Olympus, Nhật) và đối sánh qua mô tả của Mulyadi (2004), Golez và ctv. (2004) với loài *P.incisus*; Radhika và ctv. (2016) với loài *O.rigida*.

- **Kích thước các giai đoạn:** Tất cả cá thể Copepoda của các giai đoạn trong các mẫu được đo chiều dài bằng kính soi nổi (SZ51, Olympus, Nhật) có gắn thước đo trên thị kính. Chiều dài của nauplius được đo từ phần đầu đến phần gai đuôi (Golez và ctv., 2004). Chiều dài của copepodite và con trưởng thành được đo từ phần đầu đến hết phần đầu ngực (Prosome length) (Doan và ctv., 2019; Grønning và ctv., 2019) (Hình 2.). Sau đó, kích thước đo (số vạch trên thước) được quy đổi ra kích thước thực tế (độ chính xác 10 μm) thông qua phép tính: Chiều dài (μm) = $n * 1000 / N$ (trong đó: n là số vạch trên thước; N là số vạch tương ứng với 1 mm trên thước, xác định n và N ở cùng độ phóng đại).

2.3.4.3. Sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái sau 30h

Điều kiện để xác định các thông số: Sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái sau 30h là khi 100% Copepoda trưởng thành ở các đơn vị thí nghiệm.

Thông số sức sinh sản

Phương pháp lấy mẫu Copepoda: Mỗi nghiệm thức thu ít nhất 30 cá thể cái mang trứng, được để ở đĩa petri và cố định bằng formalin 4%.

Phương pháp xác định: Sử dụng kim để tách và đếm số trứng trong túi trứng dưới kính soi nổi SZ51, ghi nhận kết quả.

Thông số tỷ lệ nở thành công

Phương pháp lấy mẫu Copepoda: Tiến hành bố trí thí nghiệm để xác định tỷ lệ con cái có trứng nở thành nauplius. Ở mỗi đơn vị thí nghiệm, thu ngẫu nhiên 10 con cái mang trứng. Mỗi con cái được chuyển đến một giếng trong đĩa 12 giếng, mỗi giếng chứa 3 ml nước có độ mặn tương ứng với nghiệm thức và tảo *I. galbana*. Các đĩa được đặt vào đúng điều kiện thí nghiệm của các nghiệm thức trong 30h.

Phương pháp xác định: Sau 30h bố trí thí nghiệm, thu các đĩa và nhỏ vào mỗi giếng 1 giọt lugol 4%. Sau đó, quan sát sự xuất hiện nauplii ở mỗi giếng dưới kính soi nổi SZ51 (Doan và ctv., 2019; Grønning và ctv., 2019), ghi nhận kết quả.

Thông số số nauplii/con cái sau 30h

Phương pháp lấy mẫu Copepoda: Tiến hành bố trí thí nghiệm để xác định số lượng nauplii/con cái sau 30h. Ở mỗi đơn vị thí nghiệm, thu ngẫu nhiên 4 – 15 con cái mang trứng. Copepoda được chuyển đến ly có nước (720 ml) tương ứng với điều kiện thí nghiệm của từng nghiệm thức đã được cấp tảo *I. galbana*. Số lần lặp của mỗi nghiệm thức là 10 (trừ thí nghiệm 1.1 là 5 lần). Các ly được đặt vào đúng điều kiện thí nghiệm của các nghiệm thức.

2.4. Bố trí thí nghiệm

2.4.1. Thí nghiệm 1

Thí nghiệm 1.1. Thực nghiệm với loài *P.incisus*

Loài Copepoda: Tiến hành thu copepoda trong ao nuôi tôm tại Cam Ranh (+11°49'N; +109°07'E) bằng lưới có kích thước mắt lưới 200 μm , vào tháng 7 năm 2019, gồm hỗn hợp 3 loài *Pseudodiaptomus incisus*, *Oithona rigida* và *Eudactylopus latipes*. Điều kiện môi trường ao thu copepoda: nhiệt độ 28 – 29°C, độ mặn 30 ppt. Copepoda được chuyển đến phòng thí nghiệm ươm của Trung tâm nghiên cứu nuôi trồng hải sản Cam Ranh. Tại đây, Copepoda được thuần về 3 mức nhiệt độ 26, 30 và 34°C theo mô tả của Doan và ctv. (2019). Copepoda được nuôi trong điều kiện oxy hòa tan duy trì ở mức 5 – 6 mg/L; chế độ chiếu sáng là 12 giờ sáng: 12 giờ tối. Thức ăn của Copepoda là tảo *I. galbana* (30 000 – 35 000 tế bào/ml, theo Doan và ctv. (2018)). Đồng thời tiến hành thuần độ mặn đến các mức thí nghiệm (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 và 40 ppt).

Biên độ dao động của độ mặn trong quá trình thuần từ 2 – 3 ppt/lần, với khoảng cách giữa 2 lần là 2h. Sau đó, những con cái mang trứng (3 600 cá thể) loài *P. incisus* đã được tuyển chọn dựa trên mô tả của Mulyadi (2004) và chúng sản xuất nauplius dùng cho thí nghiệm tương ứng với các nghiệm thức.

Bố trí thí nghiệm

Đánh giá ảnh hưởng kết hợp giữa độ mặn và nhiệt độ đến sinh trưởng và sinh sản của *P. incisus*, chúng tôi đã tiến hành thí nghiệm với 8 mức độ mặn (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 và 40 ppt) và 3 mức nhiệt độ 26°C, 30°C và 34°C. Số nghiệm thức là 24, với 5 lần lặp lại cho mỗi nghiệm thức, tổng số đơn vị thí nghiệm là 120. Mỗi đơn vị thí nghiệm là 1 ly nhựa (polyetylen) 1L. Các mức nhiệt độ (Doan và ctv., 2018) và độ mặn (Lund-Hansen và ctv., 2018) đã thể hiện được khoảng dao động ở khu vực ven biển có sự phân bố nhiều của *P. incisus*.

Khởi đầu thí nghiệm, 3.600 con cái *P. incisus* mang trứng được bố trí ngẫu nhiên vào 120 ly nhựa 1L (30 con cái/ly). Mỗi ly được cấp 800ml nước biển theo 8 mức độ mặn và 3 mức nhiệt độ. Chúng được cho ấp nở trong 30h theo các nghiệm thức (Doan và ctv., 2018, 2019; Grønning và ctv., 2019). Sau đó, khoảng 600 – 700 nauplius/ly được thu để tiến hành thí nghiệm, con cái được loại bằng lưới lọc có mắt lưới 200 µm. Nauplius được bố trí vào các ly có chứa nước biển sạch, có cùng nhiệt độ và độ mặn theo từng nghiệm thức và thí nghiệm bắt đầu.

Trong cả quá trình nuôi, *P. incisus* được ăn cùng loại tảo và mật độ như thời gian thuần; ngày cho copepoda ăn 3 lần vào lúc 6, 14 và 22 giờ. Hàng ngày, nước được cấp thêm hoặc thay mới để đảm bảo về độ mặn. Nhiệt độ và độ mặn được kiểm tra hàng ngày vào lúc cho copepoda ăn. Tất cả các ly được sục khí nhẹ để giữ tảo lơ lửng và duy trì oxy hòa tan 5 – 6 mg/L.

Phương pháp thu thập các thông số: trình bày tại mục 2.3.4

Thí nghiệm 1.2. Thực nghiệm với loài *O. rigida*

Tiến hành thu Copepoda tương tự như loài *P. incisus* nhưng khác vị trí ao nuôi tôm vào tháng 11 năm 2019. Điều kiện môi trường ao thu Copepoda: nhiệt độ 28 – 29°C, độ mặn 30 ppt. Tuyển chọn các cá thể cái loài *O. rigida* được chọn theo mô tả của Radhika và ctv. (2016) để sản xuất nauplii cho thí nghiệm.

Bố trí thí nghiệm: Tương tự như thí nghiệm 1.1. Điểm khác so với thí nghiệm 1.1 là số con cái mang trứng/ly (đơn vị thí nghiệm) là 50 và số lần lặp lại của mỗi nghiệm thức là 10. Để đảm bảo lượng nauplii/đơn vị thí nghiệm từ 600 – 700 cá thể và dựa vào thí nghiệm thăm dò nên số lượng con cái mang trứng bố trí có khác so với thí nghiệm của *P. incisus*.

Quản lý và chăm sóc: tương tự thí nghiệm 1.1

2.4.2. Thí nghiệm 2

Nước thí nghiệm: Nước dùng để nuôi copepoda được pha và duy trì ở độ mặn 20 ppt với thí nghiệm 2.1 và 30 ppt với thí nghiệm 2.2 trong suốt thời gian thí nghiệm.

Thí nghiệm 2.1. Thực nghiệm với loài *P. incisus*

Loài Copepoda: Tiến hành thu và thuần copepoda tương tự thí nghiệm 1.1. Điều kiện môi trường ao thu copepoda: nhiệt độ 28 – 29°C, độ mặn 30 ppt. Tiến hành thuần *P. incisus* về độ mặn 20 ppt. Tiến hành sản xuất nauplius cho thí nghiệm tương tự thí nghiệm 1.1.

Bố trí thí nghiệm

Đánh giá ảnh hưởng của từng yếu tố và kết hợp giữa chu kỳ quang và nhiệt độ đến sinh trưởng và sinh sản của *P. incisus*, chúng tôi đã tiến hành thí nghiệm với 4 chế độ chu kỳ quang (0L:24D, 12L:12D, 18L:6D và 24L:0D) và 3 mức nhiệt độ 26°C, 30°C và 34°C. Số nghiệm thức là 12, với 10 lần lặp lại cho mỗi nghiệm thức, tổng số đơn vị thí nghiệm là 120. Mỗi đơn vị thí nghiệm là 1 ly nhựa (polyetylen) 1L. Các chế độ chu kỳ quang được chọn để mô phỏng các chế độ chiếu sáng khác nhau vào ban đêm ở vùng ven biển từ các hoạt động của con người. Để quan sát đầy đủ sự nhạy cảm của copepoda với ánh sáng và nhiệt độ, chúng tôi cũng đưa vào nghiệm thức 0L:24D, tức là không có ánh sáng trong suốt quá trình thử nghiệm. Mô phỏng ô nhiễm ánh sáng bằng cách sử dụng 12 đèn Led (Model 12150079E, 220V/50 Hz và 20 W, EUROSUPER Inc., Vietnam), lắp đèn cách mặt nước 30 cm. Đây là loại đèn được sử dụng phổ biến ở các trang

trại nuôi thủy sản ở Việt Nam. Chúng có bước sóng cực đại là 455 nm, trong khoảng 430 – 630 nm (theo thông số kỹ thuật của đèn led), tương tự phạm vi bước sóng của Kim và ctv. (2019).

Khởi đầu thí nghiệm, 3.600 con cái *P. incisus* mang trứng được bố trí ngẫu nhiên vào 120 ly nhựa 1L (30 con cái/ly). Mỗi ly được cấp 720ml nước biển có độ mặn 30 ppt. Chúng được cho ấp nở ở nhiệt độ 26°C, 30°C và 34°C và điều kiện chiếu sáng 12L: 12D trong 30h (Doan và ctv., 2018, 2019; Grønning và ctv., 2019). Sau đó, khoảng 1.000 nauplius/ly được thu để tiến hành thí nghiệm, con cái được loại bằng lưới lọc có mắt lưới 200 μ m. Nauplius được bố trí vào các ly có chứa nước biển sạch, có cùng nhiệt độ và độ mặn theo từng nghiệm thức và thí nghiệm bắt đầu.

Trong cả quá trình nuôi, *P. incisus* được chăm sóc và quản lý tương tự thí nghiệm 1.1.

Phương pháp thu thập các thông số: Tiến hành tương tự thí nghiệm 1.

Thí nghiệm 2.2. Thực nghiệm với loài *O. rigida*

Tiến hành thu Copepoda tương tự như loài *P. incisus* vào tháng 2 năm 2020, gồm hỗn hợp 3 loài *Oithona rigida*, *Apocyclop royi* và *Eudactylopus latipes*. Điều kiện môi trường ao thu copepoda: nhiệt độ 28 – 29°C, độ mặn 30 ppt. Quá trình thuần nhiệt độ tương tự loài *P. incisus*. Các cá thể cái loài *O. rigida* được chọn theo mô tả của Radhika và ctv. (2016) để sản xuất nauplius cho thí nghiệm.

Bố trí thí nghiệm: Tương tự như thí nghiệm 2.1. Điểm khác so với thí nghiệm 2.1 là bố trí số con cái mang trứng/ly (đơn vị thí nghiệm) là 50.

Phương pháp thu thập các thông số: Tương tự như thí nghiệm 2.1

2.4.3. Thí nghiệm 3: Ảnh hưởng của nhiệt độ và tia cực tím đến thời gian phát triển, kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất naupli của *Pseudodiaptomus incisus*, *Oithona rigida*

Nước thí nghiệm: Nước dùng để nuôi copepoda được pha và duy trì ở độ mặn 20 ppt với thí nghiệm 3.1 và 30 ppt với thí nghiệm 3.2 trong suốt thời gian thí nghiệm.

Thí nghiệm 3.1. Thực nghiệm với loài *P. incisus*

Loài Copepoda: Tiến hành thu copepoda trong ao nuôi tôm tại Cam Ranh (+11°49'24.74 N; +109°07'25.34 E)) bằng lưới có kích thước mắt lưới 200 μ m, vào tháng 5 năm 2020, gồm hỗn hợp 3 loài *Pseudodiaptomus incisus*, *Oithona rigida* và *Eudactylopus latipes*. Điều kiện môi trường ao thu copepoda: nhiệt độ 28 – 29°C, độ mặn 30 ppt. Copepoda được thuần và chăm sóc tương tự thí nghiệm 2.1.

Bố trí thí nghiệm: Đánh giá ảnh hưởng của từng yếu tố và kết hợp giữa tia cực tím và nhiệt độ đến sinh trưởng và sinh sản của *P. incisus*, chúng tôi đã tiến hành thí nghiệm với 2 chế độ tia UV và nghiệm thức đối chứng (UV0; UVA và UVB) và 3 mức nhiệt độ 26°C, 30°C và 34°C. Số nghiệm thức là 9, với 10 lần lặp lại cho mỗi nghiệm thức, tổng số đơn vị thí nghiệm là 90. Mỗi đơn vị thí nghiệm là 1 ly nhựa (polyetylen) 1L. Các chế độ tia cực tím được chọn để mô phỏng các tình huống về tia cực tím có trong thực tế biến đổi khí hậu ở vùng ven biển Việt Nam. Để quan sát đầy đủ sự nhạy cảm của copepoda với tia cực tím và nhiệt độ, chúng tôi cũng đưa vào nghiệm thức UV0, tức là không có tia cực tím trong suốt quá trình thử nghiệm. Mô phỏng ô nhiễm tia cực tím bằng cách sử dụng đèn Led phát tia UVA (Model TL-K 40W/10R ACTINIC BL, PHILIPS), UVB (Model PL-S9W/01/2P, PHILIPS), lắp đèn cách mặt nước 30 cm, thời gian bật đèn là 8h, từ 8h – 16h hàng ngày (phản ánh thời gian chiếu sáng thực tế của thời tiết). Đây là loại đèn phát tia cực tím được sử dụng phổ biến ở Việt Nam. Đèn phát UVA có bước sóng cực đại là 370 nm, trong khoảng 350 – 400 nm (theo thông số kỹ thuật của đèn), đèn phát UVB có bước sóng 311 nm.

Khởi đầu thí nghiệm, 3.600 con cái *P. incisus* mang trứng được bố trí ngẫu nhiên vào 90 ly nhựa 1L (30 con cái/ly). Mỗi ly được cấp 720ml nước biển có độ mặn 20 ppt. Chúng được cho ấp nở ở nhiệt độ 26°C, 30°C và 34°C và điều kiện chiếu sáng 12L: 12D trong 30h (Doan và ctv., 2018, 2019; Grønning và ctv., 2019). Sau đó, khoảng 1.000 nauplius/ly được thu để tiến hành thí nghiệm, con cái được loại bằng lưới lọc có mắt lưới 200 μ m. Nauplius được bố trí vào các ly có chứa nước biển sạch, có cùng nhiệt độ và độ mặn theo từng nghiệm thức và thí nghiệm bắt đầu.

Trong cả quá trình nuôi, *P. incisus* được chăm sóc và quản lý tương tự thí nghiệm 1.1.

Phương pháp thu thập các thông số

Xác định thời gian phát triển và kích thước các giai đoạn: Định kì 24h, chúng tôi tiến hành thu 30 ml mẫu ở mỗi đơn vị thí nghiệm (90 mẫu/ngày) để xác định thời gian phát triển và kích thước các giai đoạn. Phương pháp lấy mẫu và bảo quản mẫu tương tự thí nghiệm 1.1.

Các thông số được thu, bảo quản và quan sát tương tự thí nghiệm 1.1.

Thí nghiệm 3.2. Thực nghiệm với loài *O. rigida*

Tiến hành thu copepoda tương tự như loài *P. incisus* nhưng khác vị trí ao nuôi tôm (+11°49'N; +109°07'E) và vào tháng 7 năm 2020, gồm hỗn hợp 3 loài *Oithona rigida*, *Apocyclop royi* và *Eudactylopus latipes*. Điều kiện môi trường ao thu copepoda: nhiệt độ 28 – 29°C, độ mặn 30 ppt. Quá trình thuần nhiệt độ tương tự loài *P. incisus*. Các cá thể cái loài *O. rigida* được chọn theo mô tả của Radhika và ctv. (2016) để sản xuất nauplius cho thí nghiệm.

Bố trí thí nghiệm: Tương tự như thí nghiệm 3.1. Điểm khác so với thí nghiệm 3.1 là bố trí số con cái mang trứng/ly (đơn vị thí nghiệm) là 50.

Phương pháp thu thập các thông số: Tương tự như thí nghiệm 3.1

2.4.4. Thí nghiệm 4: Ảnh hưởng của nhiệt độ và thức ăn đến thời gian phát triển, kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất naupli của *Pseudodiaptomus incisus*, *Oithona rigida*

Nước thí nghiệm: Nước dùng để nuôi copepoda được pha và duy trì ở độ mặn 20 ppt với thí nghiệm 4.1 và 30 ppt với thí nghiệm 4.2 trong suốt thời gian thí nghiệm.

Thí nghiệm 4.1. Thực nghiệm với loài *P. incisus*

Loài Copepoda: Tiến hành thu copepoda trong ao nuôi tôm tại Cam Ranh (+11°49'24.74 N; +109°07'25.34 E) tương tự thí nghiệm 1.1. Điều kiện môi trường ao thu copepoda: nhiệt độ 28 – 29°C, độ mặn 30 ppt. *P. incisus* được chăm sóc và thuần tương tự thí nghiệm 1.1. Sau khi thuần nhiệt độ và độ mặn, *P. incisus* không được cho ăn 1 ngày (nhằm hạn chế ảnh hưởng của nghiệm thức tảo *I. galbana* so với hai loài tảo còn lại). Sau đó, những con cái mang trứng (3 600 cá thể) loài *P. incisus* đã được tuyển chọn dựa trên mô tả của Mulyadi (2004) và chúng sản xuất nauplius dùng cho thí nghiệm tương ứng với các nghiệm thức.

Bố trí thí nghiệm

Đánh giá ảnh hưởng của từng yếu tố và kết hợp giữa thức ăn và nhiệt độ đến sinh trưởng và sinh sản của *P. incisus*, chúng tôi đã tiến hành thí nghiệm với 3 loài tảo (*Chaetoceros muelleri*, *Isochrysis galbana* và *Tetraselmis chui*), 3 mức mật độ cho mỗi loài tảo (160; 800 và 1.600 µC/L) và 3 mức nhiệt độ 26°C, 30°C và 34°C. Số nghiệm thức là 27, với 10 lần lặp lại cho mỗi nghiệm thức, tổng số đơn vị thí nghiệm là 270. Mỗi đơn vị thí nghiệm là 1 ly nhựa (polyetylen) 1L. Ba loài tảo được chọn là những loài tảo được sử dụng phổ biến trong các trang trại nuôi thủy sản ở Việt Nam.

Khởi đầu thí nghiệm, 8.100 con cái *P. incisus* mang trứng được bố trí ngẫu nhiên vào 270 ly nhựa 1L (30 con cái/ly). Mỗi ly được cấp 720ml nước biển có độ mặn 20 ppt. Chúng được cho ấp nở ở nhiệt độ 26°C, 30°C và 34°C và điều kiện chiếu sáng 12L: 12D trong 30h (Doan và ctv., 2018, 2019; Grønning và ctv., 2019). Sau đó, khoảng 900 - 1.000 nauplius/ly được thu để tiến hành thí nghiệm, con cái được loại bằng lưới lọc có mắt lưới 200 µm. Nauplius được bố trí vào các ly có chứa nước biển sạch, có cùng nhiệt độ và mật độ tảo theo từng nghiệm thức và thí nghiệm bắt đầu.

Trong cả quá trình nuôi, *P. incisus* được chăm sóc và quản lý tương tự thí nghiệm 1.1.

Phương pháp thu thập các thông số: Xác định thời gian phát triển và kích thước các giai đoạn; Kích thước các giai đoạn; sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công tương tự thí nghiệm 1.1.

- **Số lượng nauplius/con cái:** 10 con cái mang trứng được thu ngẫu nhiên ở mỗi đơn vị thí nghiệm, chuyển đến ly có nước biển và tảo tương ứng với điều kiện thí nghiệm của từng nghiệm thức. Số lần lặp của mỗi nghiệm thức là 10. Theo dõi số lượng nauplius của cả vòng đời con Copepoda cái. Hàng ngày, thu nauplius và đếm dưới kính soi nổi (SZ51, Olympus, Nhật) (Doan và ctv., 2019); con copepoda cái được chăm sóc tương tự như trong quá trình thí nghiệm.

Quá trình theo dõi dừng lại khi con cái chết; nếu con đực chết sẽ thay con đực khác. Số lượng nauplius/con cái là tổng số nauplius trung bình của từng con cái theo nghiệm thức.

Thí nghiệm 4.2. Thực nghiệm với loài *O. rigida*

Loài Copepoda: Tiến hành thu copepoda trong ao nuôi tôm tại Cam Ranh (+11°49'24.74 N; +109°07'25.34 E) bằng lưới có kích thước mắt lưới 200 μm , vào tháng 2 năm 2021. Phương pháp thu và thuần *O. rigida* tương tự thí nghiệm 1.2; thuần *O. rigida* về độ mặn 30 ppt. Sau khi thuần nhiệt độ và độ mặn, *O. rigida* không được cho ăn 1 ngày (nhằm hạn chế ảnh hưởng của nghiệm thức tảo *I. galbana* so với hai loài tảo còn lại). Sau đó, những con cái mang trứng (13.500 cá thể) loài *O. rigida* đã được tuyển chọn dựa trên mô tả của Radhika và ctv. (2016) và chúng sản xuất nauplius dùng cho thí nghiệm tương ứng với các nghiệm thức.

Bố trí thí nghiệm: tương tự thí nghiệm 4.1, chỉ khác ở số lượng *O. rigida*: 13.500 con cái mang trứng được bố trí ngẫu nhiên vào 270 ly nhựa 1L (50 con cái/ly). Mỗi ly được cấp 720ml nước biển có độ mặn 30 ppt. Trong cả quá trình nuôi, *P. incisus* được chăm sóc và quản lý tương tự thí nghiệm 1.1.

Phương pháp thu thập các thông số: Tương tự như thí nghiệm 4.1. Các giai đoạn của *O. rigida* dựa vào mô tả của Takahashi và Uchiyama (2007); Santhanam và Perumal (2013).

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu được lưu trữ và biên tập ban đầu bằng Microsoft Excel 2016. Số liệu được kiểm tra phân phối chuẩn và sự đồng nhất của phương sai. Phân tích mô hình tuyến tính (GLM) để đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ cùng với hoặc độ mặn hoặc chu kỳ quang hoặc tia UV hoặc thức ăn và sự tương tác giữa chúng đến thời gian phát triển, kích thước các giai đoạn và sức sinh sản. Số liệu về tỷ lệ nở thành công và số nauplius sản xuất/cái sau 30h ở thí nghiệm 1, 2 được chuyển đổi sang dạng $\log(x+1)$ trước khi phân tích ANOVA. Trong tất cả các mô hình xử lý, nhiệt độ cùng với hoặc độ mặn hoặc chu kỳ quang hoặc tia UV hoặc thức ăn là hai yếu tố ảnh hưởng chính. Mức ý nghĩa thống kê là $p < 0,05$. Số liệu của thí nghiệm 1.1 và 2.1 được phân tích trên Statistica v12 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, Mỹ). Tất cả các thí nghiệm còn lại được phân tích trên Minitab®19 (Minitab Inc, Mỹ). Các biểu đồ được vẽ với phần mềm SigmaPlot 14 for Windows (Systat Software, Inc, Đức). Số liệu được biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ sai số chuẩn (SE) cho 10 lần lặp lại của 1 nghiệm thức (với thí nghiệm 1 là 5 lần lặp lại cho 1 nghiệm thức).

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn lên copepoda

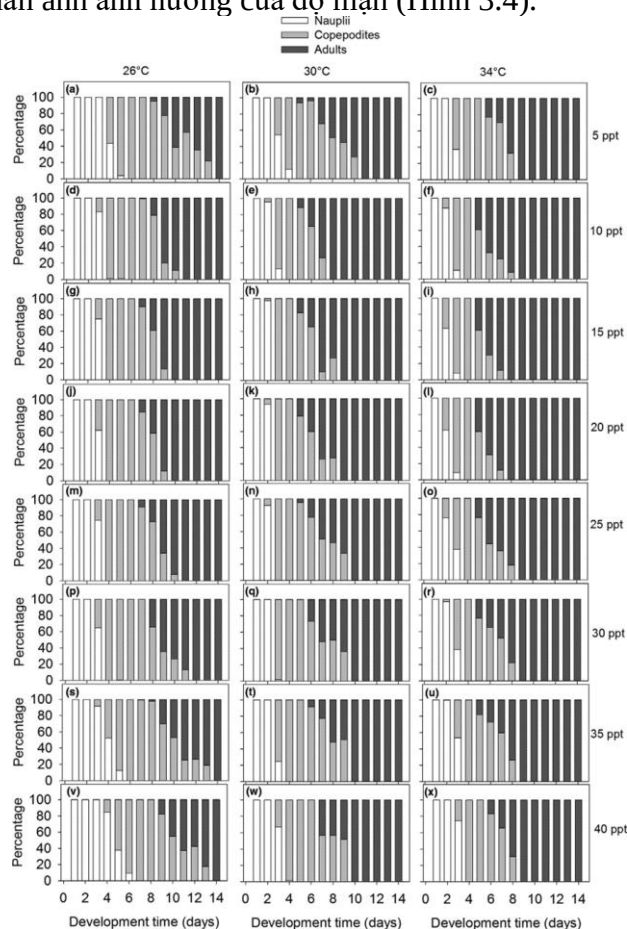
3.1.1. Loài *Pseudodiaptomus incisus*

Thời gian phát triển của các giai đoạn: Thời gian phát triển giai đoạn nauplius và copepodit ngắn hơn ở nhiệt độ cao ($P < 0,001$), tác động của nhiệt độ phụ thuộc vào độ mặn ($P < 0,001$), kết quả thể hiện rõ ở nghiệm thức độ mặn 15 và 20 ppt ($P < 0,001$). Hai nghiệm thức độ mặn 15 và 20 ppt có 100% copepodit chuyển sang giai đoạn trưởng thành ở ngày thứ 8, 9 và 10 tương ứng ở các nhiệt độ 34°C, 30°C và 26°C. Thời gian phát triển giai đoạn copepodit dài nhất ở nghiệm thức độ mặn thấp (5ppt) và cao (35ppt, 40 ppt) ở nhiệt độ 26°C, 100% copepodit trưởng thành vào ngày thứ 14 (Hình 3.1).

Sinh khối của các giai đoạn: N2 -N6 có sinh khối lớn nhất ở nghiệm thức nhiệt độ 26°C và độ mặn 15 ppt. Giai đoạn C3 và C5 có sinh khối cao nhất ở độ mặn 15 – 20 ppt, nhỏ hơn ở cả độ mặn thấp và cao. Ở các độ mặn, sinh khối của C3 và C5 nhỏ hơn ở nhiệt độ cao hơn (Hình 3.2). Sinh khối của con đực và cái lớn nhất ở các nghiệm thức nhiệt độ 26°C và độ mặn 15 – 20 ppt (có sự tương tác giữa nhiệt độ và độ mặn, Hình 3.3) ($P < 0,001$).

Sức sinh sản: Nghiệm thức 26°C và 10 ppt cho thấy *P. incisus* có sức sinh sản lớn nhất, thông số này giảm 10% ở nghiệm thức có độ mặn 5 ppt (Hình 3.4). Ở 30°C, sức sinh sản lớn nhất ở nghiệm thức có độ mặn 5 – 15 ppt và giảm khi độ mặn tăng. Ở 34°C, sức sinh sản của *P. incisus* giảm từ 10 – 20% ở độ mặn 5 – 15 ppt so với độ mặn 20 ppt và nhỏ hơn 30% đối với nghiệm thức cùng độ mặn ở 26°C và 30°C (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ, Hình 3.4). Trong khoảng độ mặn 25 – 40 ppt, sức sinh sản giảm khi độ mặn tăng được quan sát ở cả 3 mức nhiệt độ thí

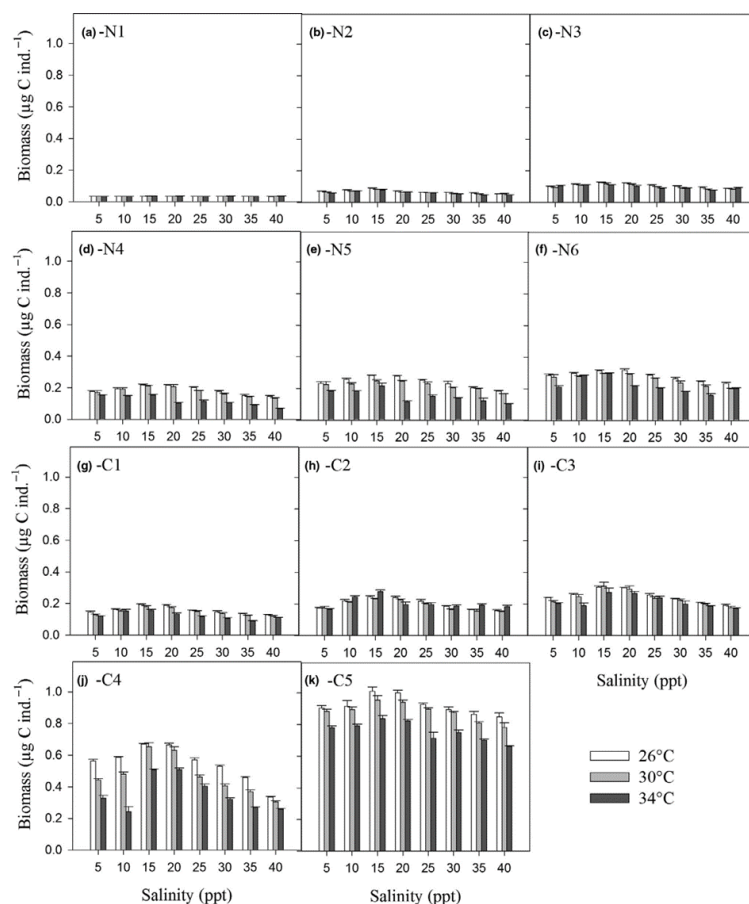
nghiệm. Nghiệm thức có độ mặn 40 ppt cho thấy sức sinh sản của *P. incisus* giảm 45% so với nghiệm thức 20 ppt (phản ánh ảnh hưởng của độ mặn (Hình 3.4).



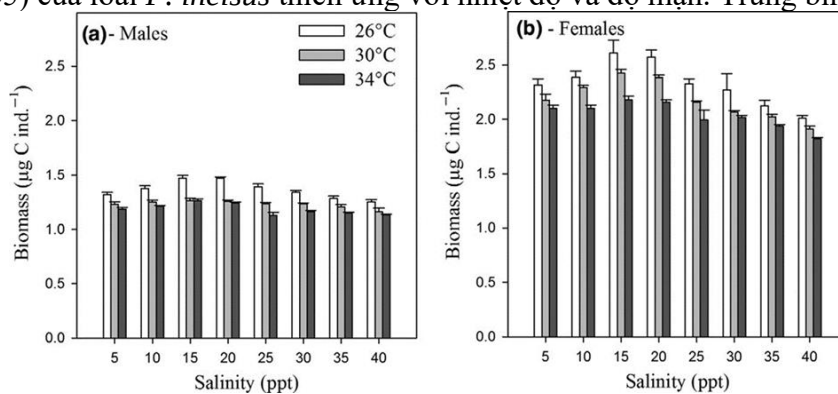
Hình 3.1. Thời gian phát triển các giai đoạn nauplius, copepodit và trưởng thành của *P. incisus* trong thí nghiệm nhiệt độ và độ mặn

Tỷ lệ nở thành công: Ở tất cả các độ mặn thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công cao hơn khi nhiệt độ tăng ($P < 0,001$) (Phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ; Hình 3.4). Trên 90% con cái có trứng nở và không khác nhau về mặt thống kê ở các nghiệm thức có độ mặn từ 5 – 25 ppt. Tỷ lệ nở thành công giảm khi độ độ mặn tăng cao, quan sát thấy biểu hiện rõ ở độ mặn 35 – 40 ppt và rõ hơn ở nhiệt độ thấp ($P < 0,001$) (phản ánh sự tương tác của nhiệt độ và độ mặn; Hình 3.4). Thông số này thấp nhất (22%) ở nghiệm thức nhiệt độ 26°C và độ mặn 40 ppt.

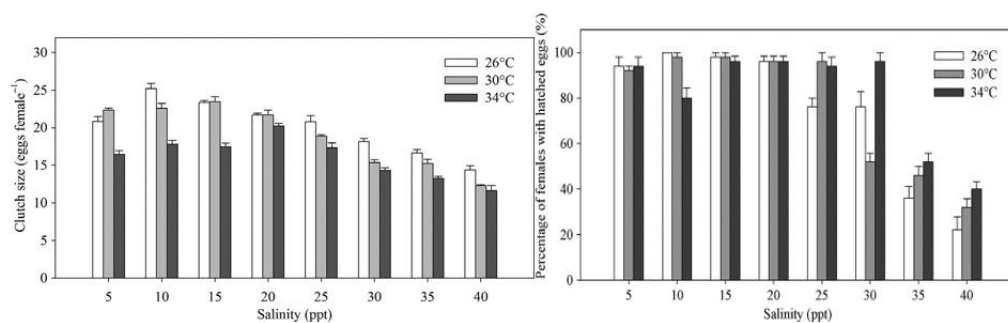
Khả năng sản xuất naupli sau 30h: Ở cả 3 nhiệt độ, khả năng sản xuất nauplius của *P. incisus* cao nhất ở độ mặn 20 ppt ($P < 0,001$). Khả năng sản xuất nauplius của *P. incisus* thấp hơn ở cả độ mặn thấp và cao (Hình 3.5).



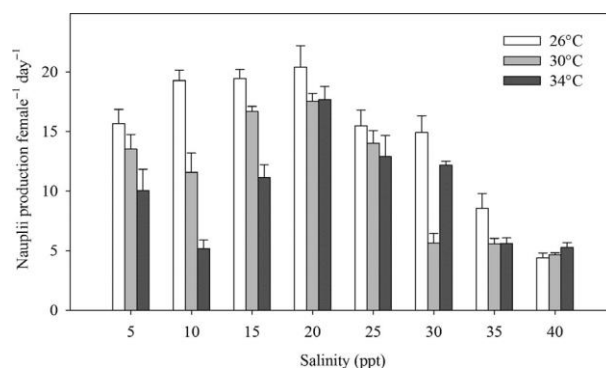
Hình 3.2. Sinh khối (μg carbon) của giai đoạn nauplius I-VI (N1-N6) và giai đoạn copepodit I-V (C1-C5) của loài *P. incisus* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn. Trung bình + 1 SE.



Hình 3.3. Sinh khối (μg carbon) của con đực và con cái của loài *P. incisus* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn. Trung bình + 1 SE.



Hình 3.4. Sức sinh sản (số trứng/con cái) và tỷ lệ nở thành công của loài *P. incisus* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn. Trung bình + 1 SEs.



Hình 3.5. Khả năng sản xuất nauplius của loài *P. incisus* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn. Trung bình + 1 SEs.

3.1.2. Loài *O. rigida*

Thời gian phát triển của các giai đoạn: Thời gian phát triển ở giai đoạn nauplius và copepodit nhanh hơn ở nhiệt độ 30°C, kết quả thể hiện rõ ở hai nghiệm thức độ mặn 25 và 30 ppt ($P < 0,001$). Thời gian phát triển giai đoạn copepodit dài nhất ở nghiệm thức độ mặn thấp (5ppt và 10ppt) ở nhiệt độ 26°C, 100% copepodit trưởng thành vào ngày thứ 13 và 12.

Kích thước cơ thể: Kích thước cơ thể của *O. rigida* nhỏ hơn ở nhiệt độ cao hơn (ảnh hưởng chính của nhiệt độ). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước cơ thể của *O. rigida* mạnh nhất ở nghiệm thức 34°C và 15 và 40 ppt. Theo đó, *O. rigida* có kích thước cơ thể nhỏ nhất ở nghiệm thức 34°C và độ mặn 15 và 40 ppt (tương tác giữa nhiệt độ và độ mặn).

Sức sinh sản: Ở nhóm 1, sức sinh sản của *O. rigida* không khác nhau giữa các độ mặn nhưng *O. rigida* có sức sinh sản lớn nhất ở 30°C. Ở nhóm 2, nghiệm thức 30°C và 25 – 30 ppt cho sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất.

Tỷ lệ nở thành công: Ở nhóm 1, tỷ lệ nở thành công của *O. rigida* không khác nhau giữa các độ mặn nhưng *O. rigida* có tỷ lệ nở thành công lớn nhất ở 30°C. Ở nhóm 2, tất cả các độ mặn thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công cao hơn ở nhiệt độ 26 và 30°C và thấp nhất ở 34°C ($P < 0,001$). Tỷ lệ nở thành công tăng khi độ độ mặn tăng cao, quan sát thấy biểu hiện rõ ở độ mặn 25 – 35 ppt và rõ hơn ở nhiệt độ thấp ($P < 0,001$) (phản ánh sự tương tác của nhiệt độ và độ mặn). Thông số này thấp nhất ở nghiệm thức nhiệt độ 34°C và độ mặn 15 - 20 ppt.

Khả năng sản xuất naupli sau 30h: Ở nhóm 1, thông số nauplius/cái sau 30h của *O. rigida* không khác nhau giữa các nhiệt độ nhưng *O. rigida* có nauplius/cái sau 30h lớn nhất ở 10ppt. Ở nhóm 2, ở cả 3 nhiệt độ, khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* cao nhất ở độ mặn 30 ppt ($P < 0,001$). Khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* thấp hơn ở cả độ mặn thấp và cao. khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* cao nhất ở 26°C, thấp hơn ở 30°C và thấp nhất ở 34°C (ảnh hưởng của nhiệt độ).

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và chu kì quang đến copepoda

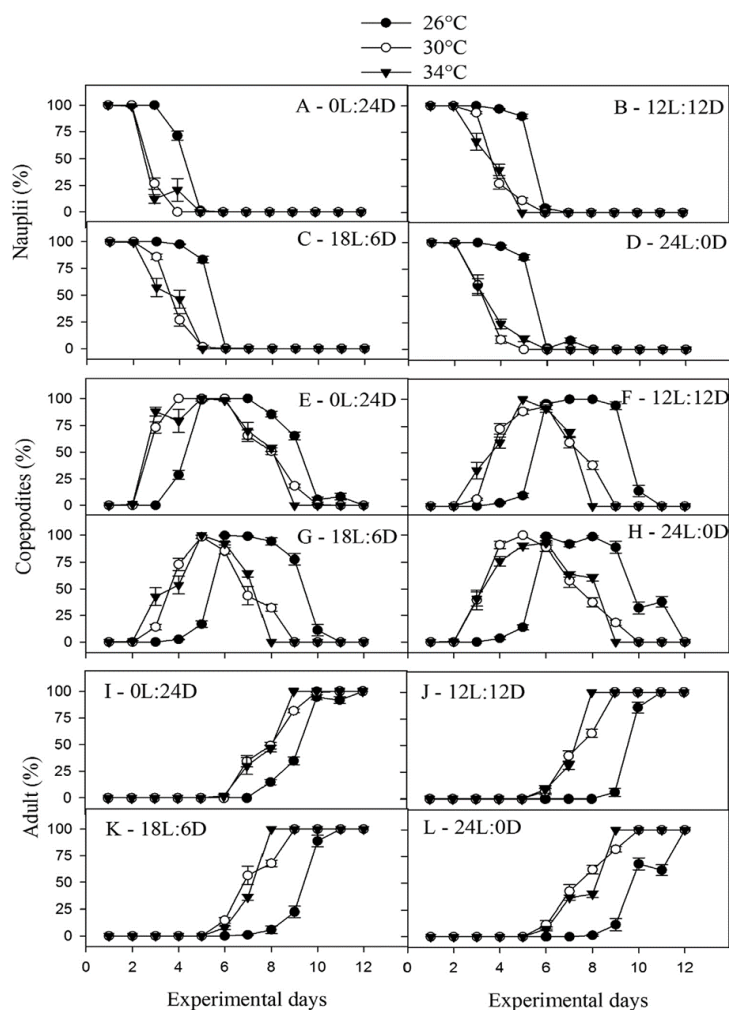
3.2.1. Loài *P. incisus*

Thời gian phát triển các

giai đoạn: Thời gian phát triển giai đoạn nauplius của *P. incisus* nhanh hơn ở chế độ không có ánh sáng (0L:24D) và nhiệt độ cao (30 và 34°C). Nauplius (100%) chuyển sang giai đoạn copepodit vào ngày thứ 6 ở tất cả các nghiệm thức. Giai đoạn copepodit phát triển nhanh hơn ở điều kiện ánh sáng 12L: 12D và 18L: 6D so với điều kiện không có ánh sáng và 24L:0D. Trong điều kiện chiếu sáng liên tục (24L:0D), thời gian phát triển của nauplius của *P. incisus* không tăng nhưng ở kéo dài hơn ở giai đoạn copepodit. Thời gian phát triển của *P. incisus* ngắn nhất ở 34°C, tiếp đến là 30°C và chậm nhất ở 26°C. Thời gian phát triển từ nauplius đến trưởng thành của *P. incisus* lâu nhất ở nghiệm thức 24L:0D (Hình 3.6).

Kích thước cơ thể: Kích thước cơ thể của *P. incisus* giai đoạn từ nauplius 2, copepodit và con trưởng thành lớn hơn ở chế độ 12L:12D và 18L:6D, nhỏ nhất ở nghiệm thức 24L:0D. Thông số này nhỏ hơn ở nhiệt độ cao, biểu hiện rõ nhất ở nghiệm thức 24L:0D và 34°C (Hình 3.7).

Sức sinh sản: Thông số này của *P. incisus* lớn nhất ở 26°C, nhỏ hơn ở 30°C và thấp nhất ở 34°C.

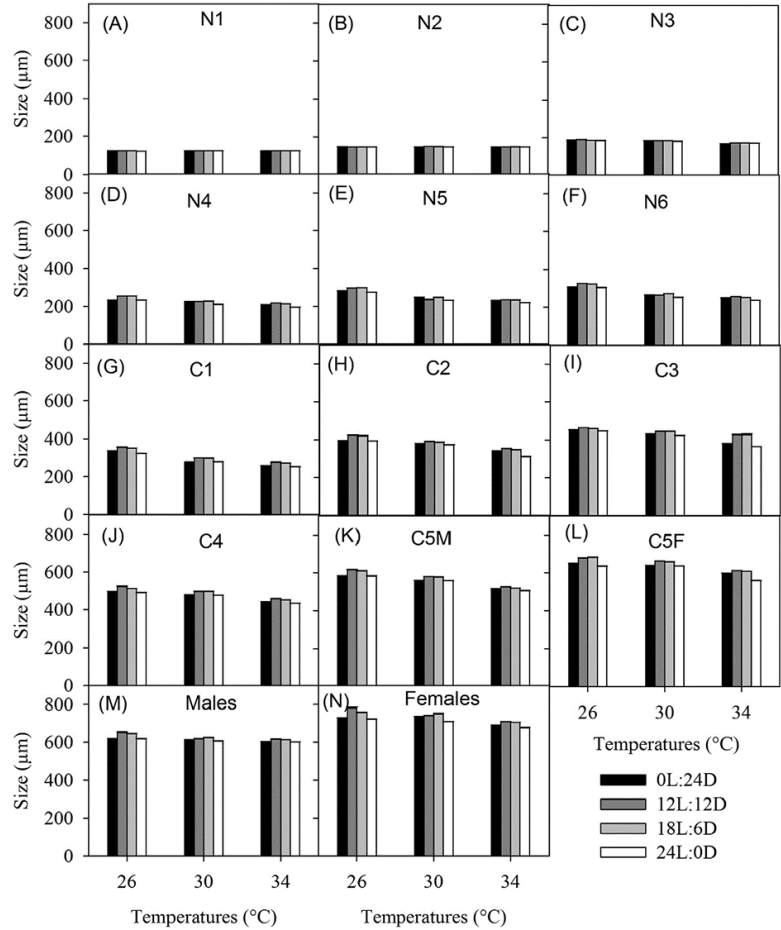


Hình 3.6. Phát triển của giai đoạn nauplius, copepodit và trưởng thành của *P. incisus* trong thí nghiệm chu kì quang và nhiệt độ

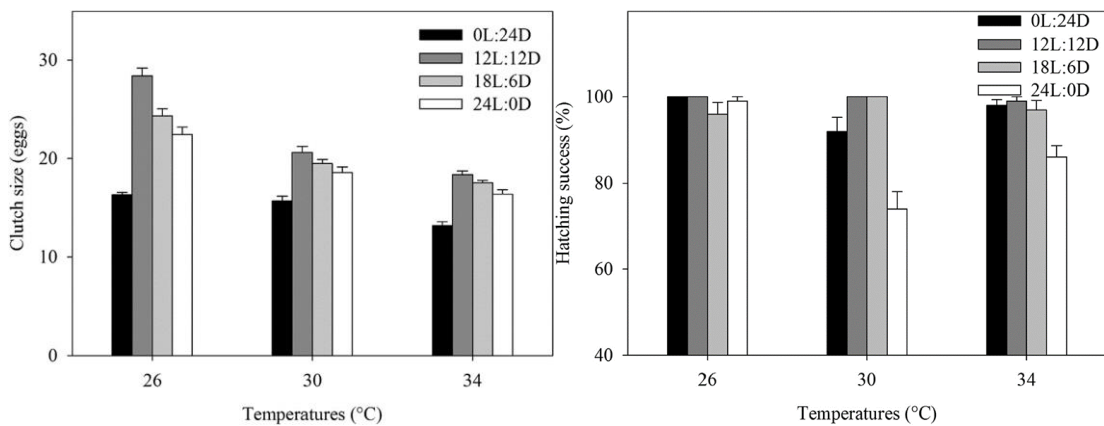
Sức sinh sản thấp nhất ở nghiệm thức 0L:24D và cao nhất trong điều kiện 12L:12D ở 26°C (Hình 3.8).

Tỷ lệ nở thành công: Tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* cao (98,75%) ở nhiệt độ 26°C và không khác nhau giữa các chế độ chu kỳ quang (Hình 3.13). Tỷ lệ nở thành công tương tự ở nhiệt độ 30°C và 34°C ở 3 chế độ chu kỳ quang 0L:24D, 12L:12D, 18L:6D. Tuy nhiên, tỷ lệ nở thành công giảm mạnh ở chế độ 24L:0D, cụ thể là 74% và 86% tương ứng ở nhiệt độ 30°C và 34°C. Điều này đã phản ánh sự tác động của nhiệt độ, chu kỳ quang và sự tương tác của 2 yếu tố này ($P < 0,001$, Hình 3.13).

Khả năng sản xuất nauplius sau 30h: Khả năng sản xuất nauplius sau 30h giảm 12% và 30% tương ứng ở nhiệt độ 30°C và 34°C so với 26°C và cao hơn ở chế độ 12L:12D và 18L:6D. Nhiệt độ tăng đã làm giảm khả năng sản xuất nauplius của *P. incisus* và biểu hiện mạnh hơn ở chế độ 24L:0D và 0L:24D so với chế độ 12L:12D (Hình 3.9).



Hình 3.7. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *P. incisus* thích ứng với chu kỳ quang và nhiệt độ. N1-N6: giai đoạn nauplius I – VI; C1-C4 = copepodit giai đoạn I – IV; C5M = giai đoạn copepodit của con đực; C5F = giai đoạn copepodit của con cái.



Hình 3.8. Sức sinh sản (trứng/con cái) và tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* trong thí nghiệm chu kỳ quang và nhiệt độ

3.2.2. Loài *O. rigida*

Thời gian phát triển các giai đoạn: Phát triển của giai đoạn nauplius nhanh hơn ở các nghiệm thức độ mặn ở nhiệt độ cao (30 và 34°C), thời gian phát triển giai đoạn nauplius khoảng 4 ngày; khoảng 6 – 7 ngày ở nhiệt độ 26°C ở cả 4 mức chu kỳ quang. *O. rigida* chuyển 100% sang copepodit chậm nhất ở nhiệt độ 26°C (ngày thứ 8) và ngày thứ 5 ở nhiệt độ cao (30 và 34°C). *O. rigida* trưởng thành 100% vào ngày thứ 8, 9 và 10

tương ứng với nhiệt độ 34 °C, 30 °C và 26°C. Phát triển ở các giai đoạn của *O. rigida* nhanh hơn ở chế độ chu kỳ quang 0L:24D; 12L:12D và 18L:6D.

Kích thước cơ thể: Giai đoạn N3 – N6, copepodit và con trưởng thành có kích thước cơ thể lớn nhất ở nghiệm thức 12L:12D và nhỏ nhất ở nghiệm thức 24L:0D. Kích thước cơ thể của *O. rigida* nhỏ hơn ở nhiệt độ cao hơn (ảnh hưởng chính của nhiệt độ).

Sức sinh sản: Sức sinh sản của *O. rigida* giảm khi nhiệt độ tăng từ 26 – 34°C. Sức sinh sản lớn nhất ở nghiệm thức 26°C và 18L:6D, nhỏ hơn là nghiệm thức 24L:0D và 0L:24D, thấp nhất ở nghiệm thức 12L:12D.

Tỷ lệ nở thành công: Tỷ lệ nở thành công của *O. rigida* cao (90,75%) ở nhiệt độ 30°C và khác nhau giữa các chế độ chu kỳ quang (Hình 3.17). Tỷ lệ nở thành công tương tự ở nhiệt độ 30°C và 34°C

ở 3 chế độ chu kỳ quang 0L:24D, 12L:12D, 18L:6D. Tuy nhiên, tỷ lệ nở thành công giảm mạnh ở chế độ 24L:0D, cụ thể là 82,25% và 71,75% tương ứng ở nhiệt độ 26°C và 34°C. Điều này đã phản ánh sự tác động của nhiệt độ, chu kỳ quang và sự tương tác của 2 yếu tố này đến tỷ lệ nở thành công ($P < 0,001$, Hình 3.17).

Khả năng sản xuất nauplius sau 30h: Sản xuất nauplius sau 30h cao hơn ở chế độ 0L:24D, nhỏ hơn ở chu kỳ quang 12L:12D và 18L:6D, nhỏ nhất ở nghiệm thức 24L:0D và cho kết quả cao nhất ở nhiệt độ 30°C.

3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ và tia cực tím đến copepoda

3.3.1. Loài *P. incisus*

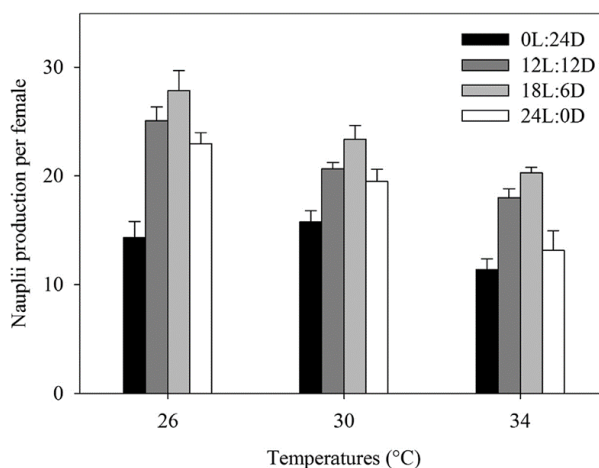
Thời gian phát triển các giai đoạn: Thời gian phát triển giai đoạn nauplius của *P. incisus* nhanh hơn khi nhiệt độ cao (34°C). *P. incisus* chuyển 100% sang giai đoạn trưởng thành vào ngày thứ 9 và 10 tương ứng với nhiệt độ 34 và 30°C của nghiệm thức UVB; ở nghiệm thức 26°C và UVB 100% copepodit bị chết.

Kích thước cơ thể: Thông số này chưa biểu hiện sự khác nhau rõ giữa các nghiệm thức ở giai đoạn nauplius nhưng đến copepodit và con trưởng thành có kích thước cơ thể lớn hơn ở nhiệt độ 26°C, cao nhất ở UVA, nhỏ hơn rất ít ở nghiệm thức UV0, thấp nhất ở nghiệm thức UVB (Hình 3.11).

Sức sinh sản: Nghiệm thức 26°C và UV0 cho sức sinh sản của *P. incisus* lớn nhất, thông số này giảm 12 và 34% ở nghiệm thức UVA và UVB so với UV0 (ảnh hưởng của tia UV, Hình 3.12). Sức sinh sản của *P. incisus* lớn nhất ở 26°C, nhỏ hơn ở 30°C và 34°C, thông số này cùng giảm 34% ở 30 và 34°C so với 26°C (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ, Hình 3.21).

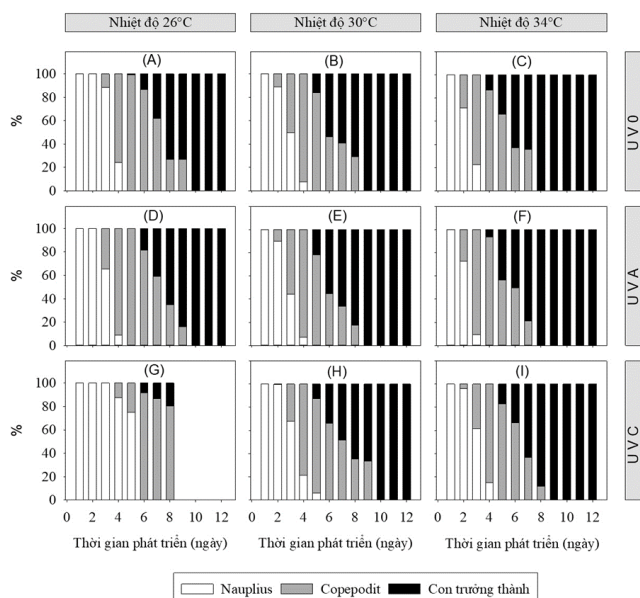
Tỷ lệ nở thành công: Ở tất cả 3 chế độ UV thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công giảm khi nhiệt độ tăng từ 30 đến 34°C và ở nhiệt độ thấp (26°C) ($P < 0,001$). Tỷ lệ nở thành công cao nhất ở nghiệm thức UV0, nhỏ hơn ở UVA và thấp nhất ở UVB ($P < 0,001$) (Hình 3.21).

Khả năng sản xuất nauplius sau 30h: Ở cả 3 nhiệt độ, khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *P. incisus* cao nhất ở nhiệt độ 26°C ($P < 0,001$). Khả năng sản xuất nauplius sau 30h của

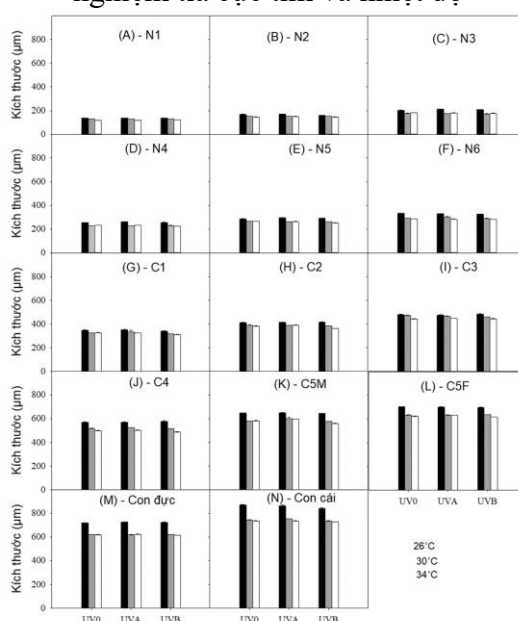


Hình 3.9. Sản xuất nauplius (số nauplius/con cái) của *P. incisus* trong thí nghiệm chu kỳ quang và nhiệt độ

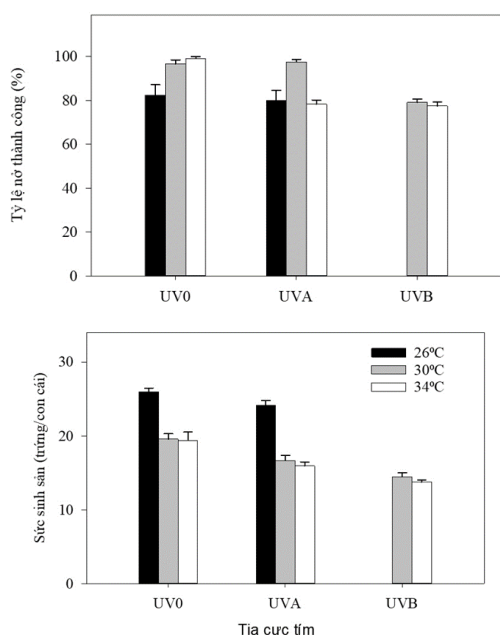
P. incisus thấp hơn ở nhiệt độ cao. ảnh hưởng của nhiệt độ đến khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *P. incisus* phụ thuộc vào UV. Kết quả cho thấy khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *P. incisus* khác nhau giữa các nhiệt độ và biểu hiện rõ ở chế độ UVB và nhiệt độ 34°C. Ở nhiệt độ 26°C, khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *P. incisus* chỉ thu được số liệu của UV0 và UVA, ở nghiệm thức UVB *P. incisus* bị chết, biểu hiện mạnh nhất của sự tương tác giữa nhiệt độ và UV (Hình 3.13).



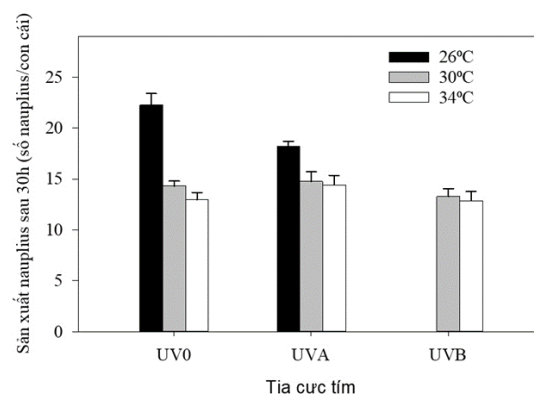
Hình 3.10. Tỷ lệ phần trăm của nauplii, copepodit và trưởng thành của *P. incisus* trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ



Hình 3.11. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *P. incisus* trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ. N1-N6: giai đoạn nauplius I – VI; C1-C4 = copepodit giai đoạn I – IV; C5M = giai đoạn copepodit của con đực; C5F = giai đoạn copepodit của con cái.



Hình 3.12. Sức sinh sản (trứng/con cái) và tỷ lệ nở thành công (%) của của *P. incisus* trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ



Hình 3.13. Sản xuất nauplius (số nauplius/con cái) của *P. incisus* trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ

3.3.2. Loài *O. rigida*

Thời gian phát triển các giai đoạn: Thời gian phát triển giai đoạn nauplius của *O. rigida* nhanh hơn ở nghiệm thức UVA ở nhiệt độ 30 và 34°C. Thông số này có sự khác biệt rõ ở nghiệm thức UVB so với UVA và đối chứng (UV0), cụ thể là *O. rigida* chuyển sang giai đoạn copepodit sớm hơn 2-3 ngày ở nghiệm thức UV0 và UVA so với UVB. *O. rigida* chuyển 100% sang giai đoạn trưởng thành vào ngày thứ 8, 10 và 11 tương ứng với nhiệt độ 34, 30°C và 26°C của nghiệm thức UVB.

Kích thước cơ thể: kích thước cơ thể của *O. rigida* ở giai đoạn N4 – N6, copepodit và con trưởng thành giảm khi nhiệt độ tăng và biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 34°C và UVB. Thông số này cao nhất ở UV0, nhỏ hơn rất ít ở nghiệm thức UVA, thấp nhất ở nghiệm thức UVB ($P < 0,001$).

Sức sinh sản: Nghiệm thức 26°C và UV0 cho sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất, thông số này giảm 10 và 35% ở nghiệm thức UVA và UVB so với UV0 (ảnh hưởng của tia UV). Sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất ở 26°C, nhỏ hơn ở 30°C và 34°C. Nhiệt độ đã tác động làm giảm sức sinh sản của *O. rigida*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức UVB và 34°C, kết quả cho thấy sức sinh sản ở điều kiện này, số trứng/con cái là 26 ở UV0, 23 trứng/cái ở UVA so với 16 trứng/cái ở UVB (tương tác giữa nhiệt độ và UV).

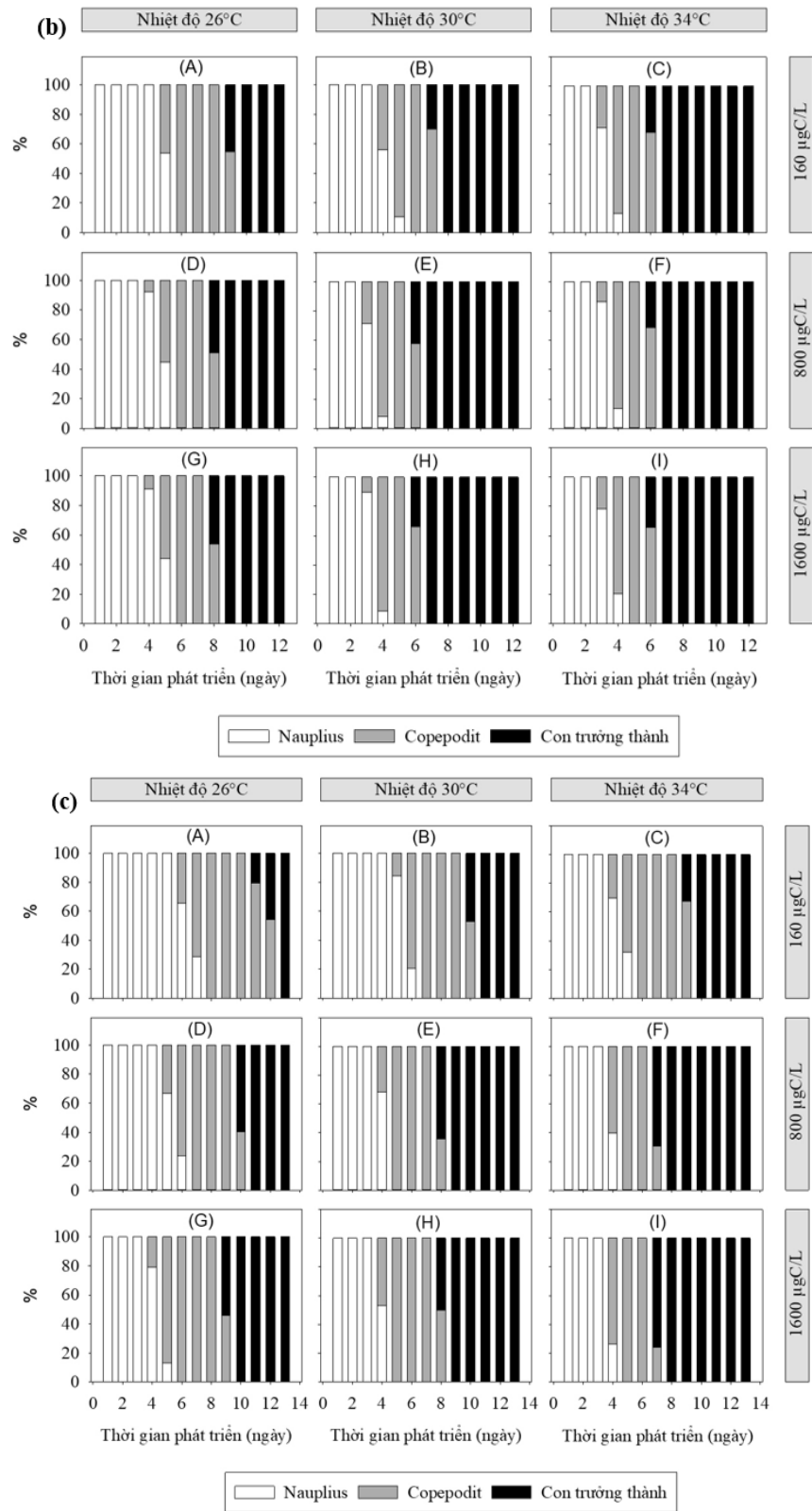
Tỷ lệ nở thành công: Ở tất cả 3 chế độ UV thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công giảm khi nhiệt độ tăng từ 26 đến 34°C ($P < 0,001$) và cao nhất ở nghiệm thức UV0, nhỏ hơn ở UVA và thấp nhất ở UVB ($P < 0,001$).

Khả năng sản xuất nauplius sau 30h: Ở cả 3 chế độ UV, khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* cao nhất ở nhiệt độ 26°C ($P < 0,001$). Kết quả cho thấy số nauplius/cái cao nhất ở nghiệm thức UV0, nhỏ hơn ở UVA và nhỏ nhất ở UVB.

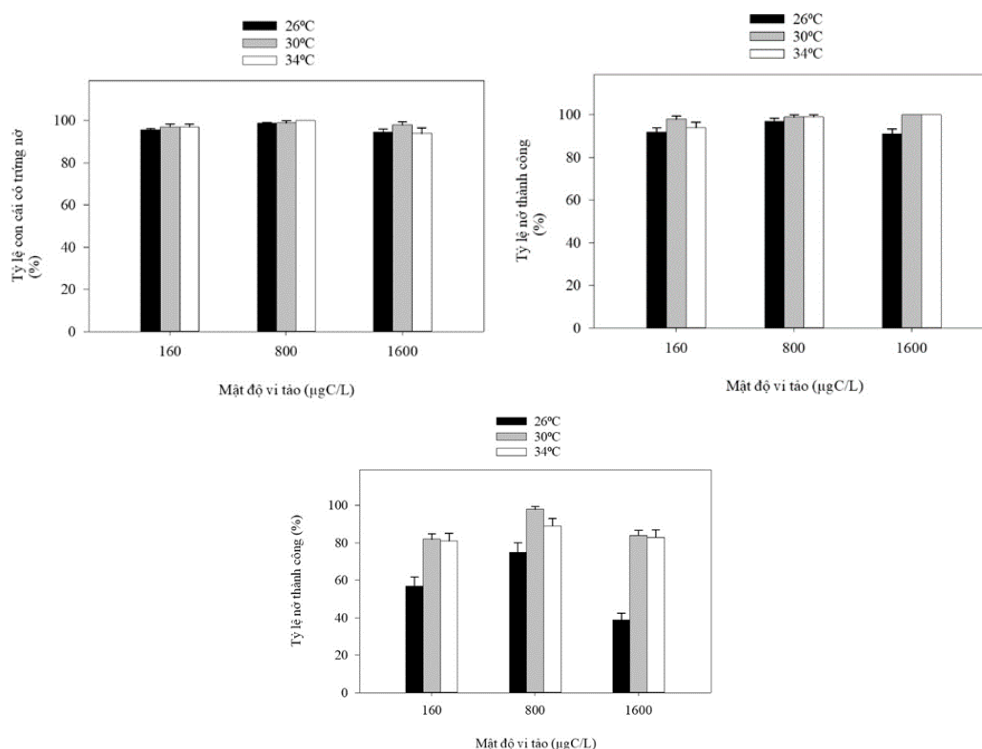
3.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thức ăn đến copepoda

3.4.1. Loài *P. incisus*

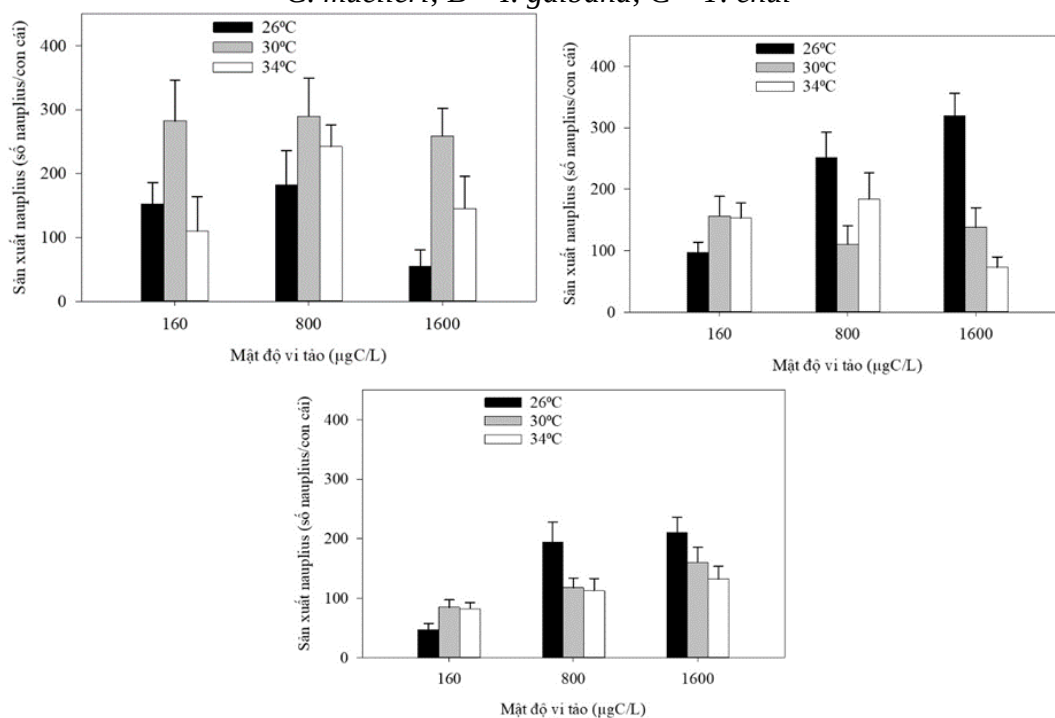
Thời gian phát triển các giai đoạn: Ở cả 3 loài tảo thí nghiệm (*C.muelleri*, *I. galbana*, *T. chui*), thời gian phát triển giai đoạn nauplius, copepodit của *P. incisus* nhanh hơn 1 - 3 ngày ở mật độ tảo 800 và 1600 $\mu\text{gC/L}$ so với mật độ 160 ở cả 3 nhiệt độ 26, 30 và 34°C. *P. incisus* có tỷ lệ 100% trưởng thành nhanh nhất ở nghiệm thức 34°C và mật độ tảo 800, 1600 $\mu\text{gC/L}$, chậm nhất ở nghiệm thức 26°C và mật độ tảo 160 $\mu\text{gC/L}$ (Hình 3. 14).



Hình 3.14. Tỷ lệ phần trăm của nauplii, copepodit và trưởng thành của *P. incisus* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ (a) – *C. muelleri*; (b) – *I. galbana*; (c) – *T. chui*



Hình 3.15. Tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ A – *C. muelleri*; B – *I. galbana*; C – *T. chui*



Hình 3.16. Khả năng sản xuất naupli của con cái của *P. incisus* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ A – *C. muelleri*; B – *I. galbana*; C – *T. chui*

3.4.2. Loài *O. rigida*

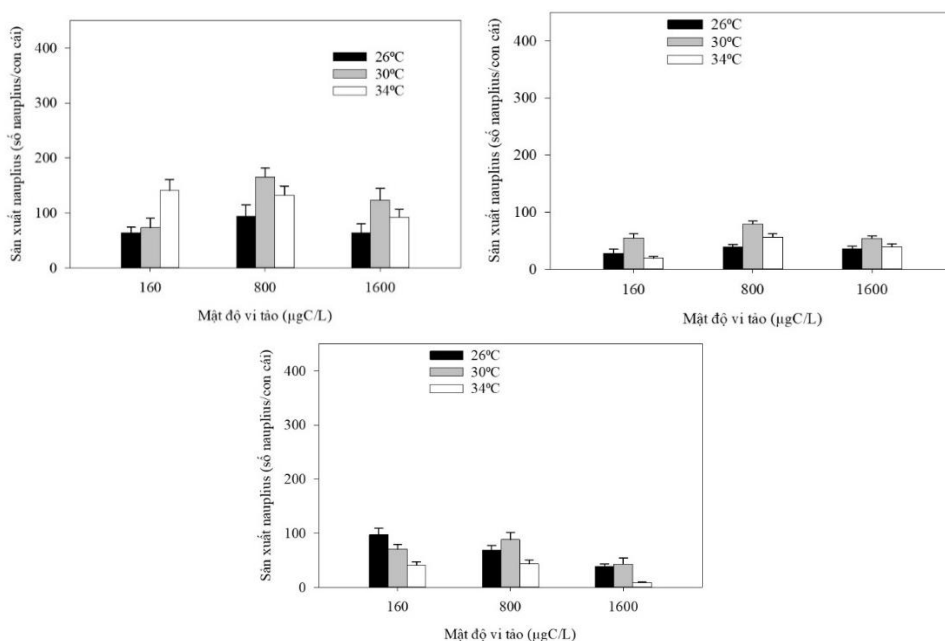
Thời gian phát triển các giai đoạn: Ở cả 3 loài tảo thí nghiệm (*C. muelleri*, *I. galbana*, *T. chui*), thời gian phát triển giai đoạn nauplius, copepodit của *O. rigida* nhanh hơn 1 - 2 ngày ở mật độ tảo 800 và 1600 µgC/L so với mật độ 160 ở cả 3 nhiệt độ 26, 30 và 34°C. *O. rigida* có tỷ lệ 100% trưởng thành nhanh nhất ở nghiệm thức 34°C và mật độ tảo 800, 1600 µgC/L, chậm nhất ở nghiệm thức 26°C và mật độ tảo 160 µgC/L.

Kích thước cơ thể: Ở cả 3 loài tảo thí nghiệm, kích thước cơ thể các giai đoạn của *O. rigida* giảm khi tăng nhiệt độ từ 26 lên 34°C và lớn hơn ở mật độ thức ăn 800 và 1600 $\mu\text{gC/L}$.

Sức sinh sản: Sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất ở nghiệm thức 26°C và 1600 $\mu\text{gC/L}$ (quan sát trên tảo *C.muelleri*), nghiệm thức 30°C và 1600 $\mu\text{gC/L}$ (quan sát trên tảo *I. galbana*), nghiệm thức 26°C và 800 $\mu\text{gC/L}$ (quan sát trên tảo *T. chui*). Nhìn chung, sức sinh sản của *O. rigida* lớn hơn ở nhiệt độ thấp (26 - 30°C) và thấp nhất ở 34°C.

Tỷ lệ nở thành công: Ở cả 3 loài tảo thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công cao nhất ở nghiệm thức 800 – 1600 $\mu\text{gC/L}$. Thông số này cao nhất ở nhiệt độ 30°C và thấp nhất ở 26°C khi quan sát *O. rigida* ăn tảo *C.muelleri* và *T. chui*, kết quả tương ứng ở nhiệt độ 34°C và 30°C khi quan sát với tảo *I. galbana*.

Khả năng sản xuất nauplius: Khả năng sản xuất nauplius của *O. rigida* cao nhất ở 26°C và mật độ 160 - 800 $\mu\text{gC/L}$ khi ăn tảo *T. chui* nhưng cao nhất ở 30°C và mật độ 800 $\mu\text{gC/L}$ khi quan sát với tảo *C.muelleri* và *I. galbana* (Hình 3.17).



Hình 3.17. Khả năng sản xuất nauplius của *O. rigida* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ A – *C. muelleri*; B – *I. galbana*; C – *T. chui*

3.5. Ảnh hưởng của nhiệt độ, loài tảo và mật độ đến *P. incisus* và *O. rigida*

Kích thước cơ thể: Kích thước giai đoạn nauplius, copepodit và trưởng thành của cả *P. incisus* và *O. rigida* đều lớn hơn ở mật độ 800 và 1600 $\mu\text{gC/L}$, với cả ba loài tảo *C. muelleri*, *T. chui* và *I. galbana*. Kết quả cho thấy thông số này cao nhất ở nhiệt độ 26°C, thấp nhất ở 34°C. Với loài *P. incisus*, thông số này cao hơn ở nhiệt độ thấp (26°C) với nghiệm thức tảo *C. muelleri* và *I. galbana* và ở nhiệt độ cao với loài tảo *T. chui*, trong khi loài *O. rigida* lại cho kết quả ở các nghiệm thức này cao hơn ở nhiệt độ cao (30 và 34°C) và nhiệt độ thấp (26°C) với tảo *T. chui*.

Sức sinh sản: Sức sinh sản của *P. incisus* và *O. rigida* trong nghiên cứu này đều cho kết quả cao nhất ở mật độ tảo 1600 $\mu\text{gC/L}$ ở cả ba loài tảo (trừ trường hợp tảo *T. chui* trên loài *O. rigida* ở mức 800 $\mu\text{gC/L}$). Sức sinh sản của *P. incisus* và *O. rigida* cho kết quả tốt nhất khi được ăn tảo *T. chui*.

Tỷ lệ nở thành công: Tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* và *O. rigida* trong nghiên cứu này đều cho kết quả cao nhất ở mật độ tảo 800 $\mu\text{gC/L}$ ở cả ba loài tảo (trừ trường hợp tảo *T. chui* trên loài *O. rigida* ở mức 1600 $\mu\text{gC/L}$). Tỷ lệ nở của *P. incisus* và *O. rigida* cho kết quả tốt nhất khi được ăn tảo *C. muelleri*.

Khả năng sản xuất nauplius: Khả năng sản xuất nauplius của một thế hệ con cái của loài *P. incisus* và *O. rigida* trong nghiên cứu này đều cho kết quả cao nhất ở mật độ tảo 800 $\mu\text{gC/L}$ ở cả ba loài tảo (trừ trường hợp tảo *I. galbana* trên loài *P. incisus* ở mức 1600 $\mu\text{gC/L}$).

Khả năng sản xuất nauplius có sự khác nhau ở *P. incisus* và *O. rigida*; hiệu quả sản xuất nauplius cao nhất với loài *P. incisus* khi ăn tảo *T. chui*, trong khi *O. rigida* ăn tảo *C. muelleri*.

Khảo sát của chúng tôi có ba phát hiện quan trọng trong việc cung cấp thông tin để nuôi sinh khối hai loài copepoda nhiệt đới *P. incisus* và *O. rigida*. Thứ nhất, mật độ tảo cho ăn tốt nhất trong khoảng từ 800 - 1600 $\mu\text{gC/L}$. Thứ hai, về loài tảo phù hợp để nuôi sinh khối cả hai loài copepoda này là *I. galbana*. Thứ ba, nhìn chung về hiệu quả sinh sản thì loài *P. incisus* phù hợp với loài tảo *T. chui* hơn, trong khi *O. rigida* lại thích hợp với loài tảo *C. muelleri* hơn.

KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

1. KẾT LUẬN

Độ mặn và nhiệt độ đã có những tác động không tốt với sinh trưởng và sinh sản của *P. incisus* và *O. rigida* nếu quá cao hoặc quá thấp. Độ mặn thích hợp nhất để nuôi *P. incisus* trong khoảng 15 – 20ppt và 25 – 30ppt đối với *O. rigida*. Nhiệt độ thích hợp cho cả hai loài copepoda sinh trưởng và sinh sản trong khoảng 26 – 30°C.

Chu kỳ quang và nhiệt độ đã có những tác động không tốt với sinh trưởng và sinh sản của *P. incisus* và *O. rigida* nếu thời gian chiếu sáng liên tục 24h/ngày. Chu kỳ quang thích hợp nhất để nuôi *P. incisus* ở chế độ 12L:12D và 18L:6D. Nhiệt độ thích hợp cho cả hai loài copepoda sinh trưởng và sinh sản trong khoảng 26 – 30°C.

Tất cả 5 thông số khảo sát gồm thời gian phát triển, kích thước các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất nauplius sau 30h ở cả hai loài *P. incisus* và *O. rigida* cao nhất ở chế độ UV0 và UVA. UVB tác động mạnh đến sinh trưởng và sinh sản của *P. incisus* và *O. rigida*. Sự tương tác giữa nhiệt độ và tia cực tím rất rõ nét trên *P. incisus* (100% *P. incisus* chết ở nghiệm thức 26°C và UVB).

Mật độ tảo cho ăn tốt nhất với *P. incisus* và *O. rigida* trong khoảng từ 800 - 1600 $\mu\text{gC/L}$. Loài tảo phù hợp để nuôi sinh khối cả hai loài copepoda này là *I. galbana*. Nhìn chung, hiệu quả sinh sản thì loài *P. incisus* phù hợp với loài tảo *T. chui* và *O. rigida* lại thích hợp với loài tảo *C. muelleri*. Cơ bản có sự tương tác giữa nhiệt độ, mật độ và loài tảo trong các thông số khảo sát.

Kích thước các giai đoạn của cả hai loài copepoda thí nghiệm đều lớn nhất ở nhiệt độ 26°C và giảm khi nhiệt độ tăng.

Sức sinh sản của cả hai loài *P. incisus* và *O. rigida* cao nhất ở nghiệm thức 26°C và mật độ tảo 1600 $\mu\text{gC/L}$ và nhỏ hơn ở nhiệt độ cao.

Tỷ lệ nở ở cả hai loài copepoda có xu hướng tăng khi nhiệt độ tăng (trong khoảng 26 – 34°C).

Khả năng sản xuất nauplius cũng có xu hướng giảm khi nhiệt độ tăng (trong khoảng 26 – 34°C).

2. ĐỀ XUẤT

Các yếu tố sinh thái như độ mặn, chu kỳ quang, tia cực tím có tác động đến sinh trưởng và sinh sản của *P. incisus* và *O. rigida*. Vì vậy, cần tiến hành nghiên cứu ứng dụng trong nuôi sinh khối *P. incisus* và *O. rigida*.

Thức ăn đã ảnh hưởng đến sinh trưởng và sinh sản của *P. incisus* và *O. rigida*. Vì vậy, cần tiến hành nghiên cứu để phát hiện các thức ăn thay thế cho tảo và mang tính chủ động hơn. Hoặc tiến hành khảo sát hiệu quả của thức ăn kết hợp của nhiều loài tảo lên copepoda. Để chủ động trong nuôi sinh khối copepoda, cần thử nghiệm thức ăn khô trong nuôi copepoda.