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)

LUẬN ÁN TIẾN SĨ

KHÁNH HÒA - 2023

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)

Chuyên ngành đào tạo: Nuôi trồng thủy sản

Mã số: 9620301

LUẬN ÁN TIẾN SĨ

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

1. PGS.TS. LÊ MINH HOÀNG
2. TS. ĐINH VĂN KHƯƠNG

Phản biện 1: GS. TS. ĐỖ THỊ THANH HƯƠNG

Phản biện 2: TS. NGUYỄN VĂN HUY

Phản biện 3: TS. ĐINH THẾ NHÂN

KHÁNH HÒA - 2023

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan mọi kết quả của đề tài: *"Nghiên cứu ảnh hưởng kết hợp của nhiệt độ với một số yếu tố sinh thái lên giáp xác chân chèo (Copepoda)"* là công trình nghiên cứu của cá nhân tôi và chưa từng được công bố trong bất cứ công trình khoa học nào khác cho tới thời điểm này.

Nha Trang, ngày 25 tháng 8 năm 2022

Tác giả luận án

Nguyễn Thị Thủy

LỜI CẢM ƠN

Trong suốt thời gian học tập, tôi đã nhận được sự giúp đỡ của Quý phòng ban Trường Đại học Nha Trang, đã tạo điều kiện tốt nhất cho tôi hoàn thành khóa học. Tôi xin gửi lời cảm ơn đến Quý Thầy/Cô Viện Nuôi trồng thủy sản; Bộ môn Quản lý sức khỏe động vật thủy sản, Đại học Nha Trang đã tạo điều kiện, giúp đỡ tận tình để tôi hoàn thành khóa học.

Lời cảm ơn đặc biệt và chân thành nhất tôi muốn giành cho hai người thầy đáng kính PGS. TS. Lê Minh Hoàng và TS. Đinh Văn Khương đã cho tôi cơ hội nghiên cứu và học tập, luôn định hướng và hỗ trợ về chuyên môn và tạo mọi điều kiện thuận lợi nhất để tôi hoàn thành luận án. Tôi gửi lời cảm ơn sâu sắc đến TS. Trương Sỹ Hải Trình, bạn Đoàn Xuân Nam, các em Nguyễn Thị Kim Hoàng, Bùi Văn Cảnh, Nguyễn Thị Hà, Trần Thị Hằng, Cao Huỳnh Gia Thịnh, Nguyễn Thành Trọng, Võ Trần Trình đã hỗ trợ và giúp tôi trong quá trình thực hiện đề tài. Cuối cùng tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành đến gia đình và tất cả bạn bè, đồng nghiệp đã giúp đỡ, động viên tôi trong suốt quá trình học tập và thực hiện đề tài.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

Nha Trang, ngày 25 tháng 8 năm 2022

Tác giả luận án

Nguyễn Thị Thủy

TÓM TẮT

Đề tài "Nghiên cứu ảnh hưởng kết hợp của nhiệt độ với một số yếu tố sinh thái lên giáp xác chân chèo (Copepoda)" được tiến hành tại Trại nghiên cứu nuôi trồng hải sản Cam Ranh - Trường Đại học Nha Trang, thời gian từ tháng 5/2019 đến tháng 12/2021. Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá được tác động kết hợp của nhiệt độ với các yếu tố sinh thái (độ mặn, chế độ chiếu sáng, tia cực tím và thức ăn) lên các đặc điểm sinh học và sinh sản cơ bản của *Pseudodiaptomus incisus* và *Oithona rigida*. Xác định được khoảng nhiệt độ và độ mặn, chế độ chiếu sáng, tia cực tím, loài tảo và mật độ tảo để *P. incisus* và *O. rigida* sinh trưởng và sinh sản tốt.

Nghiên cứu gồm 4 thí nghiệm: Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn (1); nhiệt độ và chế độ chiếu sáng (2); nhiệt độ và tia cực tím (3); nhiệt độ và thức ăn (4) đến thời gian phát triển, kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus, O. rigida.*

P. incisus và *O. rigida* đực và cái trưởng thành được thu từ ao bằng lưới có kích thước mắt lưới 200 µm tại Cam Ranh. Copepoda được thuần về 3 mức nhiệt độ 26, 30 và 34°C và độ mặn theo từng thí nghiệm. Trong thời gian thuần và ở các thí nghiệm 1,2,3, *P. incisus* và *O. rigida* được cho ăn tảo *Isochloropsis galbana* (30.000 – 35.000 tế bào/ml, tương ứng với 800 µgC/L) trong điều kiện ánh sáng 12L:12D. Mỗi thí nghiệm đều được tiến hành ở 3 hệ thống nhiệt độ 26, 30 và 34°C riêng biệt. Thí nghiệm (1) gồm 24 nghiệm thức của 3 mức nhiệt độ kết hợp 8 mức độ mặn (5 – 40 ppt) với 5 lần lặp/nghiệm thức với loài *P. incisus* và 10 lần lặp/nghiệm thức với loài *O. rigida* . Thí nghiệm (2) gồm 12 nghiệm thức của 3 mức nhiệt độ kết hợp 4 chế độ chiếu sáng với 10 lần lặp. Thí nghiệm (3) gồm 9 nghiệm thức của 3 mức nhiệt độ kết hợp 3 chế độ tia cực tím với 10 lần lặp. Thí nghiệm (4) xem xét về ảnh hưởng của 3 mức nhiệt độ với 3 loài tảo (*I. galbana*, *C. muelleri* và *T. chui*) và 3 mật độ (160, 800 và 1.600 µgC/L) ở mỗi loài, số lần lặp là 10, tổng số nghiệm thức là 27 cho mỗi loài tảo. Các thông số thu thập gồm: thời gian phát triển và kích thước các giai đoạn; sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái sau 30h, riêng thí nghiệm 4 thu thông số khả năng sản xuất nauplii.

Kết quả cho thấy kích thước (µm) của hai loài Copepoda *P. incisus* và *O. rigida* đều lớn nhất ở nhiệt độ 26°C. Về tác động của độ mặn, *P. incisus* cho sinh khối (µgC/cá thể)

lớn nhất ở điều kiện 15 – 20 ppt và có sự khác biệt về mặt thống kê (P < 0,05) so với các mức độ mặn còn lại. Loài *O. rigida* có kích thước lớn nhất ở độ mặn 25 – 30 ppt. Nghiệm thức cho kết quả về kích thước tốt nhất với loài *P. incisus* và *O. rigida* lần lượt là 26ºC và 15, 20 ppt; 26ºC và 25, 30 ppt. Sức sinh sản của *P. incisus, O. rigida* cao nhất ở nhiệt độ tương ứng là 26ºC và 30ºC; nghiệm thức cho kết quả tốt nhất ở hai loài lần lượt là 26ºC và 10, 15, 20 ppt; 30ºC và 35ppt, 26ºC và 30 ppt. Tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* cao hơn ở nhiệt độ 34ºC, trong khi ở *O. rigida* là 26; 30ºC. Nghiệm thức có tỷ lệ nở thành công cao nhất ở *P. incisus* là 26, 30ºC và 10, 15, 20 ppt; ở *O. rigida* là nghiệm thức 26ºC và 25, 35ppt, 26, 30ºC và 30 ppt. Số nauplii/cái sau 30h của *P. incisus, O. rigida* cao nhất đều ở nhiệt độ 26ºC, nghiệm thức cho kết quả cao nhất ở *P. incisus* là 26ºC và 20 ppt và với *O. rigida* là hai nghiệm thức 26ºC và 35ppt, 30ºC và 30 ppt. Sức sinh sản của *P. incisus* cao nhất ở nghiệm thức 26ºC và chế độ chiếu sáng 12L:12D; nghiệm thức cho kết quả tốt nhất với *O. rigida* là 30ºC và 18L:6D; 24L:0D. Tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* cao nhất ở nghiệm thức 26ºC và chế độ chiếu sáng 12L:12D;; tương ứng ở loài *O. rigida,* nghiệm thức cho kết quả tốt nhất là 30ºC và 12L:12D. Số nauplii/cái sau 30h của *P. incisus* cao nhất ở nghiệm thức 26ºC và chế độ chiếu sáng 18L:6D và 12L:12D; nghiệm thức cho kết quả tốt nhất với *O. rigida* là 30ºC và 18L:6D; 26ºC và 0L:24D. Kích thước con đực và cái; sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* cho kết quả tốt cả ở nghiệm thức UVA và UV0. Sức sinh sản và số nauplii/cái sau 30h lớn nhất ở nghiệm thức đối chứng và có sự thấp hơn ở nghiệm thức UVA, UVB (P < 0,05) với loài *O. rigida.* Kích thước cơ thể của con đực và cái của hai loài *P. incisus* và *O. rigida* đều có kết quả lớn nhất ở nghiệm thức 26ºC và UV0, UVA. *P. incisus* và *O. rigida* đều cho kích thước cơ thể lớn nhất ở nghiệm thức nhiệt độ 26ºC, chế độ ăn là tảo *I. galbana* ở mật độ 800, 1.600 µgC/L. Về các thông số sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/cái của *O. rigida* cho kết quả tốt hơn ở chế độ ăn tảo *T. chui* và *C. muelleri* với mật độ 800, 1.600 µgC/L. Trong khi loài *P. incisus* kết quả về các thông số sinh sản không rõ bằng *O. rigida* nhưng số nauplii/ vẫn cao hơn ở nghiệm thức tảo *T. chui, C. muelleri* ở mật độ 800, 1.600 µgC/L.

Kết quả của nghiên cứu cho thấy nhiệt độ, độ mặn, chế độ chiếu sáng, tia cực tím và thức ăn đã tác động đến hai loài *P. incisus* và *O. rigida*. Thông tin về các thông số sinh trưởng và sinh sản là cơ sở quan trọng cho việc nuôi sinh khối loài *P. incisus* và *O. rigida*.

ABSTRACT

"Combined effects of temperature and some ecological factors on tropical copepods" was conducted at Cam Ranh Aquaculture Research Farm - Nha Trang University, from May 2019 to December 2021. The objective of the study was to determine the performance of *Pseudodiaptomus incisus* and *Oithona rigida* under the combined effect of temperature and ecological factors (salinity, photo periods, ultraviolet and food). The temperature and salinity range, lighting regime, ultraviolet, algae species and density were determined for the growth, development and reproduction of *P. incisus* and *O. rigida* .

The study consisted of 4 experiments: Effects of temperature and salinity (1); temperature and light condions (2); temperature and ultraviolet (3); temperature and food availability (4) to development time, body size of all stages, fecundity, hatching rate and success and number of nauplii/female after 30h of *P. incisus*, *O. rigida*.

Adult male and female *P. incisus* and *O. rigida* were collected from a pond in Cam Ranh using a 200 µm mesh net. Copepods were acclimated to 3 temperatures 26, 30 and 34°C and salinity according to each experiment. During the acclimation period and in experiments 1, 2 ,3, *P. incisus* and *O. rigida* were fed with *Isochloropsis galbana* (30,000 – 35,000 cells/ml, corresponding to 800 µgC/L) under light conditions 12L:12D.. Experiment (1) consisted of 24 treatments including 3 temperatures combined with 8 salinity levels (5 – 40 ppt) with 5 - 10 replicates. Experiment (2) consisted of 12 treatments including 3 temperatures combined with 4 photo periods, each had 10 replicates. Experiment (3) consisted of 9 treatments including 3 temperatures combined with 3 UV conditions (UV0, UVA, UVB) with 10 replicates each. Experiment (4) examined the effect of 3 temperatures on 3 algae species (*I. galbana*, *C. muelleri* and *T. chui*) and 3 densities (160, 800 and 1,600 µgC/L) in each species. The number of replicates was 10, the total number of treatments was 27 for each algae species. The response variables were development time and size of stages, fecundity, hatching rate and success and number of nauplii/female after 30h.

The results showed that the size (µm) of two species of copepod species *P. incisus* and *O. rigida* were largest at 26°C. Regarding the effect of salinity, *P. incisus* had greatest biomass (µgC/individual) at 15 - 20 ppt and there was statistical difference ($P < 0.05$) compared with other salinity levels. *O. rigida* was had largest size at salinity of 25 – 30 ppt. The treatment with the best size results for *P. incisus* and *O. rigida* species

was 26ºC and 15 - 20 ppt, and 26ºC and 25 - 30 ppt, respectively. The fecundity of *P. incisus*, *O. rigida* was highest at 26ºC and 10, 15, 20 ppt and 30ºC and 35ppt, 26ºC and 30 ppt respectively.The hatching success of *P. incisus*, *O. rigida* was highest at 34ºC and 26ºC,30ºC respectively. The treatment with the highest hatching success in *P. incisus* was 26, 30ºC and 10, 15, 20 ppt; at 26ºC and 25, 35ppt, 26, 30ºC and 30 ppt for *O. rigida*. The number of nauplii/female after 30h of *P. incisus*, *O. rigida* was highest at 26ºC, the treatments with the highest results in *P. incisus* were 26ºC and 20 ppt and with *O. rigida* two treatments at 26ºC and 35ppt, 30ºC and 30 ppt.The fertility of *P. incisus* was highest in the treatment of 26ºC and a photo period of 12L:12D. The results showed the highest fertility at 30ºC and 18L:6D; 24L:0D for *O. rigida*. The hatching success of *P. incisus* was highest in the 26ºC treatment and a photo period of 12L:12D .The best treatment with *O. rigida* was 30ºC and 18L:6D; 24L:0D. The number of nauplii/female after 30h of *P. incisus* was highest in the treatment of 26ºC and the photo period of 18L:6D a 12L:12D. The best treatment with *O. rigida* was 30ºC and 18L:6D; 26ºC and 0L:24D Male and female sizes; fertility, hatching success of *P. incisus* show no difference between UVA and UV0 treatments. In *O. rigida,* fertility and number of nauplii/female after 30h were highest in the control treatment and were lower in the UVA and UVB treatments ($P < 0.05$). Body size of males and females of two species *P. incisus* and *O. rigida* showed the greatest results in the treatment of 26ºC and UV0, UVA. *P. incisus* and *O. rigida* both showed the largest body size in the treatment at 26ºC, the diet was *I. galbana* at the density of 800, 1,600 µgC/L. In terms of fertility parameters, hatching success and number of nauplii/female of *O. rigida* gave better results in the diets of *T. chui* and *C. muelleri* with the density of 800, 1,600 µgC/L. While *P. incisus* exhibited this trait not as clearly as *O. rigida*, the number of nauplii/female was still higher in *T. chui*, *C. muelleri* treatment at 800; 1,600 µgC/L.

The results of this study show that salinity, photo periods, ultraviolet and food had an impact on the growth and reproduction for two species of copepods P. incisus and *O. rigida*. This information is an important basis for the biomass culture of these two copepods species.

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN i
LỜI CẢM ƠN ii
TÓM TẮT iii
ABSTRACT v
DANH MỤC HÌNH xi
DANH MỤC BẢNG xiv
DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT xv
TÓM TẮT NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN xvi
MỞ ĐẦU 1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN 4
1.1. Xu hướng nuôi trồng thủy sản ở Việt Nam và thế giới 4
1.2. Vai trò của Copepoda trong nuôi trồng thủy sản 6
1.3. Đặc điểm sinh học của Copepoda 11
1.3.1. Vị trí phân loại 11
1.3.2. Đặc điểm phân bố và sinh thái 12
1.3.3. Đặc điểm hình thái, cấu tạo 13
1.3.4. Đặc điểm dinh dưỡng 17
1.3.5. Đặc điểm sinh trưởng 19
1.3.6. Đặc điểm sinh sản 20
1.4. Tình hình nghiên cứu về Copepoda 25
1.5. Tình hình nuôi Copepoda 33
CHƯƠNG 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU 38
2.1. Đối tượng, thời gian và địa điểm nghiên cứu 38
2.1.1. Đối tượng nghiên cứu 38
2.1.2. Thời gian nghiên cứu 38
2.1.3. Địa điểm nghiên cứu 38
2.2. Nội dung nghiên cứu 38
2.3. Phương pháp nghiên cứu 40
2.3.1. Phương pháp thu mẫu *P. incisus, O. rigida* 40
2.3.2. Nước thí nghiệm 40
2.3.3. Tảo 41

2.3.4. Hệ thống thí nghiệm 42
2.3.5. Phương pháp thu thập các thông số 42
2.3.5.1. Giải thích nội hàm các thông số sử dụng trong nghiên cứu 42
2.3.5.2. Tổng thời gian phát triển và kích thước các giai đoạn 43
2.3.5.3. Sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái sau 30h.....44
2.4. Bố trí thí nghiệm.....45
2.4.1. Thí nghiệm 1.....45
2.4.2. Thí nghiệm 2.....48
2.4.3. Thí nghiệm 3.....50
2.4.4. Thí nghiệm 4.....51
2.5. Phương pháp xử lý số liệu 53
CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN 55
3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn lên Copepoda 55
3.1.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn đến thời gian phát triển của loài *P. incisus* 55
3.1.1.1. Thời gian phát triển của các giai đoạn.....55
3.1.1.2. Sinh khối của các giai đoạn 57
3.1.1.3. Sức sinh sản 59
3.1.1.4. Tỷ lệ nở thành công 60
3.1.1.5. Số nauplii/con cái sau 30h 60
3.1.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn đến thời gian phát triển của loài *O. rigida* .61
3.1.2.1. Thời gian phát triển 61
3.1.2.2. Kích thước cơ thể 63
3.1.2.3. Sức sinh sản 66
3.1.2.4. Tỷ lệ nở thành công 67
3.1.2.5. Số nauplii/con cái sau 30h 68
3.1.3. Thảo luận 70
3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng đến Copepoda 76
3.2.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng đến loài *P. incisus*.....76
3.2.1.1. Thời gian phát triển các giai đoạn của *P. incisus* 76
3.2.1.2. Kích thước cơ thể của *P. incisus* 78
3.2.1.3. Sức sinh sản của *P. incisus*.....80
3.2.1.4. Tỷ lệ nở thành công của *P. incisus*.....80
3.2.1.5. Số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus*.....81

3.2.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng đến loài *O. rigida* 82
3.2.2.1. Thời gian phát triển 82
3.2.2.2. Kích thước cơ thể 83
3.2.2.3. Sức sinh sản 85
3.2.2.4. Tỷ lệ nở thành công 85
3.2.2.5. Số nauplii/con cái sau 30h 86
3.2.3. Thảo luận 87
3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ và tia cực tím đến Copepoda 92
3.3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và tia cực tím đến thời gian phát triển loài *P. incisus*..92
3.3.1.1. Thời gian phát triển 92
3.3.1.2. Kích thước cơ thể của *P. incisus* 93
3.3.1.3. Sức sinh sản 95
3.3.1.4. Tỷ lệ nở thành công 96
3.3.1.5. Số nauplii/con cái sau 30h 97
3.3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và tia cực tím đến thời gian phát triển loài *O. rigida* ..98
3.3.2.1. Thời gian phát triển 98
3.3.2.2. Kích thước cơ thể 99
3.3.2.3. Sức sinh sản 101
3.3.2.4. Tỷ lệ nở thành công 102
3.3.2.5. Số nauplii/con cái sau 30h 102
3.3.3. Thảo luận 103
3.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thức ăn đến Copepoda.....108
3.4.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thức ăn đến thời gian phát triển loài *P. incisus*.....108
3.4.1.1. Thời gian phát triển 108
3.4.1.2. Kích thước cơ thể 111
3.4.1.3. Sức sinh sản 117
3.4.1.4. Tỷ lệ nở thành công 119
3.4.1.5. Khả năng sản xuất nauplius của con cái 120
3.4.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thức ăn đến thời gian phát triển loài *O. rigida*.....122
3.4.2.1. Thời gian phát triển 122
3.4.2.2. Kích thước cơ thể 126
3.4.2.3. Sức sinh sản 132
3.4.2.4. Tỷ lệ nở thành công 133

3.4.2.5. Số nauplii/con cái 135
3.4.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ, loài tảo và mật độ đến loài *P. incisus* 136
3.4.3.1. Kích thước cơ thể 136
3.4.3.2. Sức sinh sản 138
3.4.3.3. Tỷ lệ nở thành công 138
3.4.3.4. Khả năng sản xuất nauplius của con cái 139
3.4.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ, loài tảo và mật độ đến loài *O. rigida* 139
3.4.4.1. Kích thước cơ thể 139
3.4.4.2. Sức sinh sản 141
3.4.4.3. Tỷ lệ nở thành công 141
3.4.4.4. Khả năng sản xuất nauplius của con cái 142
3.4.5. Thảo luận 142
3.5. Tổng kết các thí nghiệm 145
3.5.1. Thí nghiệm 1 (Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn) 145
3.5.2. Thí nghiệm 2 (Ảnh hưởng của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng).....146
3.5.3. Thí nghiệm 3 (Ảnh hưởng của nhiệt độ và tia cực tím) 147
3.5.4. Thí nghiệm 4 (Ảnh hưởng của nhiệt độ và thức ăn) 147
CHƯƠNG 4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT.....151
4.1. Kết luận.....151
4.1.1. Tác động của nhiệt độ và độ mặn đến sinh trưởng và phát triển của *P. incisus, O. rigida* 151
4.1.2. Tác động của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng đến sinh trưởng và phát triển của *P. incisus, O. rigida* 151
4.1.3. Tác động của nhiệt độ và tia cực tím đến sinh trưởng và phát triển của *P. incisus, O. rigida* 151
4.1.4. Tác động của nhiệt độ và thức ăn đến sinh trưởng và phát triển của *P. incisus, O. rigida* 151
4.2. Đề xuất.....152
TÀI LIỆU THAM KHẢO 154
PHỤ LỤC 190

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Sản lượng thủy sản khai thác và nuôi trồng của thế giới đến 2018.....4
Hình 1.2. Tỷ trọng đóng góp của nuôi trồng (màu xanh) và khai thác (màu vàng).....5
Hình 1.3. Sản lượng nuôi trồng và khai thác thủy sản của các khu vực trên thế giới.....5
Hình 1.4. Mối quan hệ của Copepoda 11
Hình 1.5. Cấu tạo ngoài của Copepoda 14
Hình 1.6. Hình dạng ngoài của Calanoida, Cyclopoida và Harpacticoida.....15
Hình 1.7. Kích thước các giai đoạn của 4 loài Copepoda 19
Hình 1.8. Đặc điểm phân biệt Copepoda đực và cái. 21
Hình 1.9. Hình ảnh loài *O. rigida* (Cyclopoida) 21
Hình 1.10. Các vấn đề nghiên cứu về Copepoda 26
Hình 1.11. Con đường sinh tổng hợp acid béo.....27
Hình 1.12. Mô phỏng kỹ thuật nuôi sinh khối *T. japonicus*.....34
Hình 1.13. Mối tương quan giữa tỷ lệ thu hoạch hàng ngày và năng suất.....35
Hình 2.1. *P. incisus* (a) và *O. rigida* (b).....38
Hình 2.2. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu.....39
Hình 2.3. Mô phỏng đo chiều dài Copepoda.....44
Hình 2.4. Sơ đồ bố trí thí nghiệm 1 46
Hình 2.5. Sơ đồ bố trí thí nghiệm 2 48
Hình 2.6. Sơ đồ bố trí thí nghiệm 3 50
Hình 2.7. Sơ đồ bố trí thí nghiệm 4 52
Hình 3.1. Thời gian phát triển các giai đoạn nauplius, coppepodit của *P. incisus*.....56
Hình 3.2. Sinh khối (µg carbon) của giai đoạn nauplius I-VI (N1-N6) loài *P. incisus* 58
Hình 3.3. Sinh khối (µg carbon) của con đực và con cái của loài *P. incisus* 59
Hình 3.4. Sức sinh sản (số trứng/con cái) của loài *P. incisus* thích ứng với nhiệt độ...59
Hình 3.5. Tỷ lệ nở thành công của loài *P. incisus* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn...60
Hình 3.6. Số nauplii/con cái sau 30h của loài *P. incisus* thích ứng với nhiệt độ 61
Hình 3.7. Tỷ lệ phần trăm của nauplii, copepodite và trưởng thành của *O. rigida*.....62
Hình 3.8. Kích thước các giai đoạn của loài *O. rigida* trong thí nghiệm nhiệt độ 64
Hình 3.9. Kích thước các giai đoạn của loài *O. rigida* trong thí nghiệm nhiệt độ.....65
Hình 3.10. Sức sinh sản (số trứng/con cái) của loài *O. rigida* thích ứng với nhiệt độ..66
Hình 3.11. Sức sinh sản (số trứng/con cái) của loài *O. rigida* thích ứng với nhiệt độ..67

Hình 3.12. Tỷ lệ nở thành công của loài *O. rigida* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn..67
Hình 3.13. Tỷ lệ nở thành công của loài *O. rigida* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn..68
Hình 3.14. Số nauplii/con cái sau 30h của loài *O. rigida* thích ứng với nhiệt độ. 69
Hình 3.15. Số nauplii/con cái sau 30h của loài *O. rigida* thích ứng với nhiệt độ. 69
Hình 3.16. Phát triển của giai đoạn nauplius, copepodite của *P. incisus* 78
Hình 3.17. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *P. incisus*. 79
Hình 3.18. Sức sinh sản (trứng/con cái) của *P. incisus*. 80
Hình 3.19. Tỷ lệ nở thành công (%) của của *P. incisus* 81
Hình 3.20. Số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus* 82
Hình 3.21. Tỷ lệ phần trăm của nauplii, copepodite và trưởng thành của *O. rigida* 83
Hình 3.22. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *O. rigida* 84
Hình 3.23. Sức sinh sản (trứng/con cái) của *O.* rigida 85
Hình 3.24. Tỷ lệ nở thành công (%) của của *O. rigida* 86
Hình 3.25. Số nauplii/con cái sau 30h của *O. rigida*.....86
Hình 3.26. Tỷ lệ phần trăm của nauplii, copepodite và trưởng thành của *P. incisus*....93
Hình 3.27. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *P. incisus*. 95
Hình 3.28. Sức sinh sản (trứng/con cái) của *P.* incisus trong thí nghiệm tia cực tím ...96
Hình 3.29. Tỷ lệ nở thành công (%) của của *P. incisus* trong thí nghiệm tia cực tím ..97
Hình 3.30. Số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus* trong thí nghiệm tia cực tím.....98
Hình 3.31. Tỷ lệ phần trăm của nauplii, copepodite và trưởng thành của *O. rigida* trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ. 99
Hình 3.32. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *O. rigida* 101
Hình 3.33. Sức sinh sản (trứng/con cái) của *O. rigida* trong thí nghiệm tia cực tím. .102
Hình 3.34. Tỷ lệ nở thành công (%) của của *O. rigida* trong thí nghiệm tia cực tím .102
Hình 3.35. Sản xuất nauplius (số nauplii/con cái) của *O. rigida* trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ. 103
Hình 3.36. Tỷ lệ các giai đoạn phát triển (%) của nauplii, copepodite và trưởng thành của *P. incisus* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ.....111
Hình 3.37. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *P. incisus* trong thí nghiệm tảo *C. muelleri* và nhiệt độ 113
Hình 3.38. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *P. incisus* trong thí nghiệm tảo *I. galbana* và nhiệt độ. 115
Hình 3.39. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *P. incisus* trong thí nghiệm tảo *T. chui* và nhiệt độ 117

Hình 3.40. Sức sinh sản của *P. incisus* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ 118

Hình 3.41. Tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ 120

Hình 3.42. Số nauplii/con cái của con cái của *P. incisus* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ. 121

Hình 3.43. Tỷ lệ các giai đoạn (%)của nauplii, copepodite và trưởng thành của *O. rigida* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ 125

Hình 3.44. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *O. rigida* trong thí nghiệm tảo *C. muelleri* và nhiệt độ 127

Hình 3.45. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *O. rigida* trong thí nghiệm tảo *I. galbana* và nhiệt độ. 129

Hình 3.46. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *O. rigida* trong thí nghiệm tảo *T. chui* và nhiệt độ 131

Hình 3.47. Sức sinh sản của *O. rigida* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ. 132

Hình 3.48. Tỷ lệ nở thành công của *O. rigida* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ. 134

Hình 3.49. Khả năng sản xuất nauplius của *O. rigida* trong thí nghiệm thức ăn.....135

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. Thành phần sinh hóa của Copepoda. 7
Bảng 1.2. Tóm tắt thuận lợi và khó khăn khi sử dụng Copepoda, Artemia 9
Bảng 1.3. So sánh một số đặc điểm giữa Copepoda, Artemia và luân trùng 10
Bảng 1.4. Phân bố của Calanoida, Cyclopoida và Harpacticoida 12
Bảng 1.5. So sánh đặc điểm hình thái 3 bộ Calanoida, Cyclopoida và Harpacticoida .14
Bảng 1.6. Đặc điểm hình thái các giai đoạn của *P. annandalei* 15
Bảng 1.7. Đặc điểm hình thái các giai đoạn của *O. rigida*.....16
Bảng 1.8. Các tín hiệu hóa học hay pheromone để tìm kiếm bạn tình của Copepoda ..22
Bảng 1.9. Hình thức đẻ trứng của các loài Copepoda phổ biến ở cửa biển Nha Phu ...23
Bảng 2.1. Kết quả chuyển đổi giữa tế bào/ml và µgC/L 42
Bảng 2.2. Hệ số a,b trong phương trình C (µg) = a*L^b 47
Bảng 3.1. Bảng tóm tắt kết quả nghiên cứu chính của đề tài về ảnh hưởng của nhiệt độ, độ mặn, chu kì chiếu sáng, tia cực tím, thức ăn và điều kiện tối ưu cho từng thông số sinh trưởng, sinh sản của *P. incisus* và *O. rigida* 149

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

Viết tắt	Viết đầy đủ	Tiếng Việt (nếu có)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	Tổ chức Nông Lương Liên Hợp Quốc
HUFA	Highly Unsaturated Fatty Acids	Acid béo không no với nhiều nối đôi
DHA	Docosa Hexaenoic Acid	
EPA	Eicosapentaenoic Acid	
ARA	Arachidonic Acid	
N1-6		Nauplius giai đoạn 1 đến giai đoạn 6
C1-5		Copepodite giai đoạn 1 đến 5
FS		Đẻ tự do
EGG		Mang trứng
%DW	% Dry Weight	% trọng lượng khô
aa	Amino acid	Axít amin
TNHH		Trách nhiệm hữu hạn
TN		Thí nghiệm
UV	Ultraviolet	Tia cực tím
L:D	Light:Dark	Sáng: Tối
h	Hour	Giờ
ppt	Past per thousand	Phần nghìn

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, chế độ chiếu sáng, tia cực tím kết hợp với nhiệt độ đến sinh trưởng và sinh sản của hai loài copepda 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; chế độ chiếu sáng 12L:12D và 18L:6D. Hiệu quả sinh sản của *P. incisus* cao nhất trong điều kiện nhiệt độ 30°C, độ mặn 20 ppt, chế độ chiếu sáng 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; chế độ chiếu sáng 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 30 ppt, chế độ chiếu sáng 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 µg C/L.

Người hướng dẫn khoa học		**Nghiên cứu sinh**
PGS. TS. Lê Minh Hoàng	**TS. Đinh Văn Khương**	**Nguyễn Thị Thủy**

KEY FINDINGS

Thesis title: "*Combined effects of temperature and some ecological factors on tropical copepods*"

Major:	Aquaculture
Major code:	9620301
PhD Student:	Nguyen Thi Thuy
Period of time:	2015
Science instructor:	1. Assoc. Prof. Dr. Le Minh Hoang 2. Dr. Dinh Van Khuong
Institution:	Nha Trang University

Key findings:

1. This study provided novel information on the impact of important ecological factors such as salinity, photoperiod, UV combined with temperature on the growth and reproduction of two tropical copepdo species *Pseudodiaptomus incisus* and *Oithona rigida*. The results of the study are important for optimizing biomass culture techniques for two copepod species *P. incisus* and *O. rigida*

2. *P. incisus* had a highest growth rate at a range of temperatures 26 – 30°C, salinity 15-20 ppt; photoperiods 12L:12D and 18L:6D. The reproductive efficiency of *P. incisus* was highest at temperature of 30°C, salinity 20 ppt, photoperiod 12L:12D and 18L:6D and UV0 (no ultraviolet rays), UVA (wavelength in the range 350-400 nm).

3. *O. rigida* showed the highest growth rate at temperatures 26 – 30°C, salinity 25-30 ppt; photoperiods 12L:12D and 18L:6D. The reproductive efficiency of *O. rigida* was highest at temperature 30°C, salinity 30 ppt, photoperiod 12L:12D and 18L:6D and UV0, UVA

4. The study observed the effects of three algae species (*Chaetoceros muelleri*, *Isochrysis galbana* and *Tetraselmis chui*) at three density levels for each algae species (160; 800 and 1,600 µgC/L) on the growth and reproductive efficiency of two tropical copepod species *P. incisus* and *O. rigida*. Information on this content is important for the biomass culture of two copepod species *P. incisus* and *O. rigida*. *P. incisus* and *O. rigida* species grew and reproduced better when fed with *Isochrysis galbana* and *Chaetoceros muelleri* with the density in the range of 800 - 1600 µgC/L.

Supervisors		**Student Ph.D.**
Assoc. Prof. Dr. Le Minh Hoang	**Dr. Dinh Văn Khuong**	**Nguyen Thi Thuy**

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 như cá hồng (*Lutjanus guttatus*) (Burbano và ctv., 2020), cá bớp (*Rachycentron canadum*) (Lee và ctv., 2010) và cá ngựa (*Hippocampus sp.*) (Thuong và Hoang, 2015). Ưu việt của Copepoda gồm: giá trị dinh dưỡng cao hơn luân trùng và Artemia (Rasdi và Qin, 2016; Rayner và ctv., 2017); phổ kích thước cơ thể rộng (Golez và ctv., 2004), tập tính bơi zic – zắc cũng làm tăng tính hấp dẫn với ấu trùng các loài cá (Ajiboye và ctv., 2011; Støttrup và McEvoy, 2003). Tuy nhiên, Copepoda thích ứng với sự thay đổi các yếu tố sinh thái trong thực tế biến đổi khí hậu vẫn rất thiếu thông tin.

Biến đổi khí hậu là nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến đa dạng sinh học toàn cầu với tốc độ nhanh (Walther và ctv., 2002; Parmesan 2006; Poloczanska và ctv., 2013; Urban 2015; Hughes và ctv., 2017; Hughes và ctv., 2018; Smale và ctv., 2019). Các nước ở Đông Nam Á nằm trong nhóm 10 khu vực chịu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu (Germanwatch 2018; Bộ Tài nguyên và Môi trường Việt Nam, 2009). Với 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 kỉ 21 (IPCC, 2013). Sự tương tác giữa biến đổi khí hậu với các các yếu tố ô nhiễm khác đã tăng cường ảnh hưởng đến sinh vật (Crain và ctv., 2008; Dinh Van và ctv., 2013; Dinh Van và ctv., 2014; Dinh và ctv., 2016) – đây là nguyên nhân gây chết tỷ lệ lớn của sinh vật biển (Dinh và ctv., 2016). Dẫu vậy, sự kết hợp giữa nhiệt độ và ô nhiễm ánh sáng, độ mặn hay tia cực tím ảnh hưởng đến Copepoda vẫn chưa được biết.

Tại sao cần nghiên cứu tác động của nhiệt độ với các yếu tố sinh thái đến sinh trưởng và sinh sản Copepoda? Copepoda có vai trò lớn trong sản xuất giống thủy sản và là mắt xích quan trọng trong hệ sinh thái. Nếu số lượng cá thể Copepoda suy giảm sẽ ảnh hưởng mạnh đến rất nhiều loài thủy sản ở nhóm sinh vật tiêu thụ của lưới thức ăn trong hệ sinh thái. Ảnh hưởng đến sự phát triển của Copepoda có rất nhiều yếu tố trong đó các yếu tố sinh thái có vai trò quan trọng. Trong điều kiện biến đổi khí hậu, cùng với nhiệt độ tăng cao thì độ mặn, chu kỳ ánh sáng và đặc biệt là tia cực tím (hậu quả của hiệu ứng nhà kính, chịu tác động của ánh sáng có bước sóng ngắn) cũng thay

đổi theo hướng bất lợi cho sinh vật, trong đó có Copepoda. Hiểu biết toàn diện về Copepoda là yêu cần cần thiết khi làm chủ kỹ thuật nuôi chúng.

Trong điều kiện các yếu tố sinh thái thay đổi, chúng ta chưa biết Copepoda đã điều chỉnh như thế nào để tồn tại và phát triển. Các kết quả nghiên cứu đã cho thấy sự thích ứng của các sinh vật có thể là thay đổi nơi phân bố (Reygondeau và ctv., 2011; Chust và ctv., 2014), đặc tính sinh lý (Brown, 2016) hay là giảm kích thước cơ thể (Ohlberger, 2013).

Chúng tôi chọn hai loài Copepoda (*P. incisus*và *O. rigida*) để nghiên cứu bởi sự phân bố tự nhiên ở các ao nuôi thủy sản, vùng cửa sông tại Cam Ranh. Nghiên cứu đã đánh giá ảnh hưởng của sự kết hợp giữa nhiệt độ và các yếu tố sinh thái gồm độ mặn, chế độ chiếu sáng, tia cực tím 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 nauplius đến hai loài Copepoda này. Trong bối cảnh đó, đề tài "Nghiên cứu ảnh hưởng kết hợp của nhiệt độ với một số yếu tố sinh thái lên giáp xác chân chèo (Copepoda)" được thực hiện.

Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu tổng quát:

Đánh giá sự tác động của các yếu tố sinh thái quan trọng và thức ăn đến sinh trưởng, sinh sản của Copepoda nhiệt đới, làm cơ sở nuôi sinh khối Copepoda

Mục tiêu cụ thể:

(1) Đánh giá được biểu hiện của *P. incisus* và *O. rigida* dưới tác động kết hợp của nhiệt độ và độ mặn. Xác định được khoảng nhiệt độ và độ mặn để *P. incisus* và *O. rigida* sinh trưởng và sinh sản của tốt.

(2) Đánh giá được biểu hiện của *P. incisus* và *O. rigida* dưới tác động kết hợp của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng. Xác định được khoảng nhiệt độ và chế độ chiếu sáng để *P. incisus* và *O. rigida* sinh trưởng và sinh sản của tốt.

(3) Đánh giá được biểu hiện của *P. incisus* và *O. rigida* dưới tác động kết hợp của nhiệt độ và tia cực tím. Xác định được khoảng nhiệt độ và tia cực tím để *P. incisus* và *O. rigida* sinh trưởng và sinh sản của tốt.

(4) Đánh giá được biểu hiện của *P. incisus* và *O. rigida* dưới tác động kết hợp của nhiệt độ và thức ăn. Xác định được khoảng nhiệt độ và loài tảo, mật độ tảo để *P. incisus* và *O. rigida* sinh trưởng và sinh sản của tốt.

Nội dung nghiên cứu

Nội dung 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 số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus*, *O. rigida*.

Nội dung 2: Ảnh hưởng của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng đến thời gian phát triển, kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus*, *O. rigida*.

Nội dung 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 số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus*, *O. rigida*.

Nội dung 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 số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus*, *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.

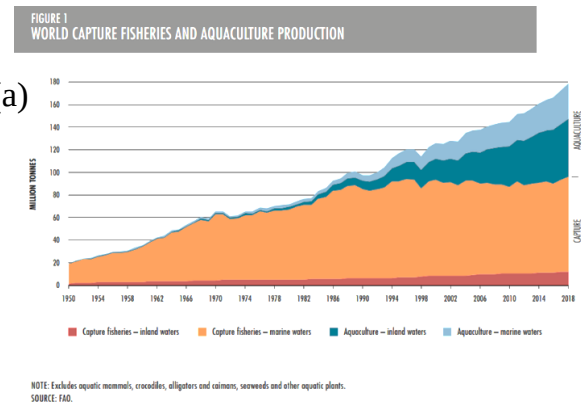
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

1.1. Xu hướng nuôi trồng thủy sản ở Việt Nam và thế giới

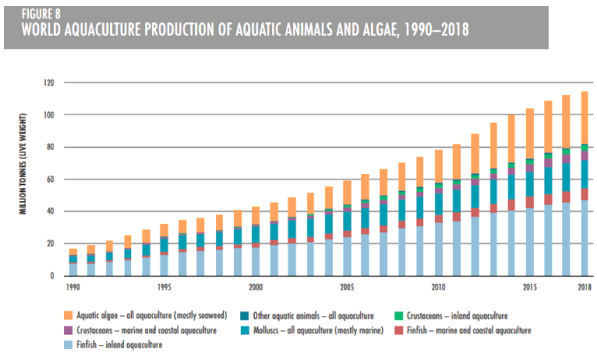
Xu hướng đẩy mạnh nuôi trồng thủy sản, đặc biệt là nuôi hải sản

Lịch sử phát triển của ngành thủy sản đã ghi nhận sự tăng trưởng liên tục và có sự thay đổi tỷ trọng giữa khai thác và nuôi trồng thủy sản. Theo đó, tốc độ tăng trưởng của ngành thể hiện ở cả sản lượng và giá trị xuất khẩu tăng mạnh qua các năm (59,6 tỷ USD vào giai đoạn 1996 – 2005 thì đến 2018 là 164,1 tỷ USD) (FAO, 2020). Năm 2018, sản lượng và giá trị thủy sản toàn cầu lần lượt là 179 triệu tấn; 401 tỷ USD và dự tính con số này là 204 triệu tấn vào năm 2030 (FAO, 2020). Theo FAO (2020), tốc độ tăng trưởng của nuôi trồng thủy sản thế giới đạt 27% trong giai đoạn 2007 – 2018 và 32% giai đoạn 2018 – 2030. Trong khi đó, khai thác thủy sản không tăng lên được nữa từ những năm 1990.

(a)



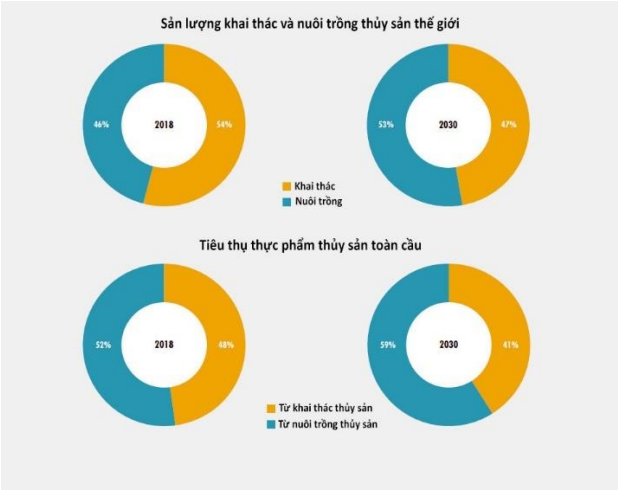
(b)



Hình 1.1. (a). Sản lượng thủy sản khai thác và nuôi trồng của thế giới đến 2018; (b) Sản lượng của các nhóm thủy sản nuôi của thế giới đến 2018 (FAO, 2020).

Châu Á luôn là khu vực nuôi trồng thủy sản lớn nhất thế giới (34% không tính Trung Quốc), tiếp đến là châu Mỹ (14%), châu Âu (10%); Châu Phi (7%); châu Đại Dương (1%) vào năm 2018 (FAO, 2020). Sản lượng nuôi hải sản ở châu Á tăng gấp hơn 2 lần vào năm 2018 so với 2009; các khu vực khác cũng có xu hướng tương tự (Hình 1.3).

Tóm lại, bức tranh toàn cảnh về thủy sản thế giới đến năm 2018 cho thấy hai xu hướng lớn là (1) sản lượng nuôi trồng thủy sản tăng, sản lượng thủy sản khai thác không tăng; (2) Nuôi hải sản được phát triển, nuôi thủy sản nước ngọt khó tăng.



Hình 1.2. Tỷ trọng đóng góp của nuôi trồng (màu xanh) và khai thác (màu vàng) thủy sản năm 2018 và dự báo năm 2030 (FAO, 2020)

Nuôi trồng thủy sản thế giới được dự báo sẽ tiếp tục phát triển theo các hướng:

(1). Đa dạng đối tượng nuôi, phát triển các loài có giá trị kinh tế cao

(2). Thâm canh kỹ thuật nuôi – tăng năng suất

(3). Coi trọng khả năng thích nghi với biến đổi khí hậu của các đối tượng nuôi

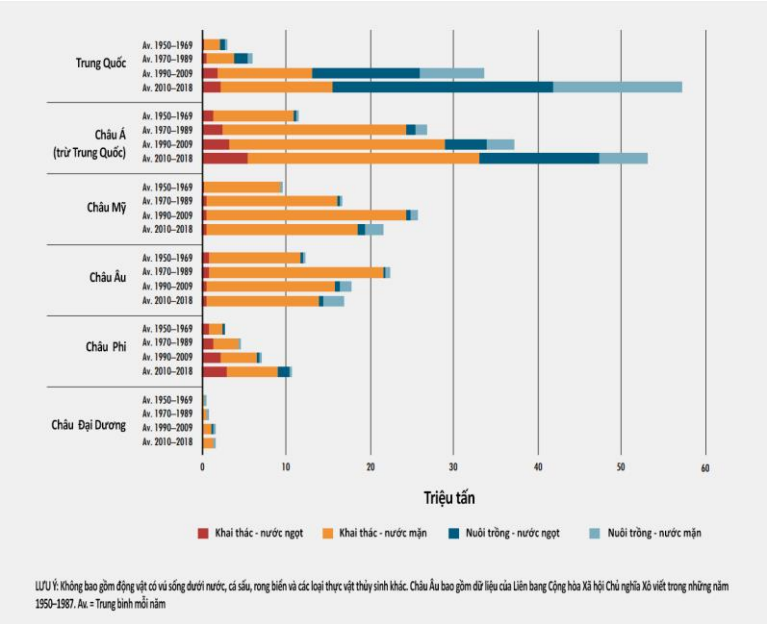
(4). Cải cách hệ thống nuôi trồng thủy sản

(5). Đẩy mạnh tiêu thụ và thương mại thủy sản thế giới

(6). Tăng cường hợp tác giữa các khu vực

(7). Thúc đẩy sự hài hòa giữa mục tiêu kinh tế và bảo vệ môi trường, an ninh lương thực

(8). Tăng cường hiệu quả quản lý của các chính sách và pháp luật



Hình 1.3. Sản lượng nuôi trồng và khai thác thủy sản của các khu vực trên thế giới qua các giai đoạn đến năm 2018 (FAO, 2020)

Nuôi trồng thủy sản Việt Nam được định hướng là phát triển nuôi các loài hải sản có giá trị kinh tế cao. Về mặt kỹ thuật, sản xuất giống các loài hải sản gặp một số khó khăn trong khâu ương nuôi ấu trùng:

- Đặc điểm ấu trùng các loài cá biển là khả năng vận động và thị giác chưa phát triển; hệ tiêu hóa chưa hoàn chỉnh – kích thước miệng nhỏ, chưa có dạ dày, ống tiêu hóa chỉ là một ống thẳng, ngắn, enzyme tiêu hóa chưa có đầy đủ (Govoni và ctv., 1986).

- Nhu cầu dinh dưỡng của ấu trùng cá biển cao, đặc biệt là các acid béo không no mạch dài (HUFA). Tuy nhiên, giai đoạn ấu trùng cá biển không tự tổng hợp được HUFA mà phụ thuộc vào thức ăn. HUFA ảnh hưởng đến tỷ lệ sống, tăng trưởng và khả năng chống chịu với bất lợi của môi trường của ấu trùng (Toledo và ctv., 1999; Shields, 2001; Wilcox và ctv., 2006).

Lựa chọn thức ăn phù hợp cho giai đoạn ấu trùng cá biển rất quan trọng trong kỹ thuật ương nuôi (Nanton và Castell 1998). Thức ăn tự nhiên truyền thống như tảo, luân trùng, Artemia. Tuy nhiên, cả ba loại thức ăn trên đều thiếu hụt hoặc không có tỷ lệ cân đối giữa các acid béo không no nên cần phải làm giàu trước khi cho ấu trùng ăn (Barclay và Zeller, 1996; Sargent và ctv., 1997; Anderson và Pond, 2000; Drillet và ctv., 2008; Hamre và Harboe 2008; Conceição và ctv., 2009).

Copepoda có đặc điểm vượt trội so với tảo, luân trùng và Artemia là có khả năng tổng hợp các acid béo không no mạch dài (Rainuzzo và ctv., 1994; Norsker và Støttrup, 1994; Evjemo và ctv., 1997; Desvilettes và ctv., 1997; Nanton và Castell,1998; Bell và ctv., 2003; Lee và ctv., 2006; Rayner và ctv., 2015; Rayner và ctv., 2017; Nielsen và ctv., 2019). Vì vậy, nghiên cứu về khả năng thích nghi của Copepoda dưới tác động bất lợi của môi trường sống là tiền đề quan trọng trong nuôi sinh khối chúng.

1.2. Vai trò của Copepoda trong nuôi trồng thủy sản

Nuôi trồng thủy sản thành công cần giải quyết được các thách thức trong toàn bộ chu kì sản xuất và đổi mới kỹ thuật nhằm nâng cao hiệu suất sản xuất. Ương nuôi ấu trùng là khởi đầu của quy trình sản xuất giống. Thành công của việc ương nuôi ấu trùng phụ thuộc lớn vào thức ăn. Thức ăn công nghiệp chưa phát triển đầy đủ để đáp ứng nhu cầu và phù hợp với ấu trùng thì thức ăn tự nhiên rất quan trọng (Dhert và ctv., 2001; Turingan và ctv., 2005). Copepoda có nhiều ưu điểm vượt trội so với luân trùng hay Artemia (Hình 1.4; Bảng 1.1). Copepoda được sử dụng làm thức ăn tốt cho ấu trùng cá biển từ những năm 1980 (Kleppel và Hazzard, 2002; Lee và ctv., 2005; Schipp, 2006).

Copepoda hội đủ tương đối 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 (Bảng 1.1); 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) (Rayner và ctv., 2015; 2017), hàm lượng và tỷ lệ của chúng đáp ứng được nhu cầu của ấu trùng. Các thành phần như vitamin, carotenoids, chitin, enzyme của coppeoda đã giúp ấu trùng cá biển tăng khả năng chống chịu với các yếu tố bất lợi, nâng cao tỷ lệ sống.

Bảng 1.1. Thành phần sinh hóa của Copepoda.

Thành phần	**Hàm lượng (%/DW)**	**Thông tin điển hình**
Protein	24 – 82 (Båmstedt 1986) 68 – 74 (Perumal và ctv., 2009)	71% ở *Tisbe holothuriae* (Miliou và ctv., 1992) AA tự do trong 100 g ướt nauplius của coppepoda gấp 2 lần Artemia (Lindney và ctv., 2011) aa tự do 4,3 – 8,9%/DW (Van der Meeren, 2003)
Cácbon	28 – 68 (TB: 40 – 46) (Båmstedt 1986)	40% ở con cái loài *T. holothuriae* (Zhang và Uhlig 1993)
Lipid	2 – 61 (TB: 8 -12) (Båmstedt 1986) 6,9 – 22,5 (Van der Meeren, 2003) 13 -17 (Perumal và ctv., 2009)	DHA trong Copepoda cao hơn gấp 10 lần artemi đã được làm giàu (McEvoy và ctv., 1998) HUFA họ ω – 6 ở *Pseudodiaptomus* sp. và *Acartia* sp. cao gấp 2 -3 lần so với luân trùng (Toledo và ctv.,1999) DHA và EPA chiếm tới 60% hàm lượng lipid (Evjemo and Olsen 1997) Tỷ lệ so với lipid tổng: 20:5n-3 (EPA, 8.3–24.6%), 22:6n-3 (DHA, 13.9–42.3%); EPA/ARA (7,5 – 49,5); DHA/EPA (1,0 – 4,9) (Van der Meeren, 2003)
Vitamin C	38–1232 µg/g DW (Van der Meeren, 2003)	201 – 235 µg/g nauplius ở *Acartia clausi* và *Temora longicornis* (Støttrup, 2003)
Vitamin E	23–209 µg/g DW (Van der Meeren, 2003)	
Carotenoids	Vi lượng đến 1.133 µg/g khối lượng ướt (Fisher và ctv., 1964)	Chủ yếu là astaxanthinvà các este của nó (Fisher và ctv., 1964) Astaxanthin: 413–1422 µg/g DW (Van der Meeren, 2003)
Chitin	2,1 – 9,3 (Båmstedt, 1986)	
Enzyme		Hàm lượng cao của các enzyme endoproteases, exoproteases, amylase, esterase , phosphodiesterase (Munilla-Moran và ctv., 1990)

Chú thích: aa: acid amin; DW: khối lượng khô

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 DW). Tương tự vậy, ấu trùng Trochophora của trai xanh (*Mytilus edulis*) cải thiện tăng trưởng, tỷ lệ sống và hệ sắc tố khi sử dụng Copepoda làm thức ăn (Nanton và Castell 1999). Ấu trùng cá dẹt (*Hippoglossus hippoglossus*) cũng được cải thiện hệ sắc tố khi ăn Copepoda so với Artemia (Næss và 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 và 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 thần tiên (*Centropyge loricula*) cho tăng trưởng và tỷ lệ sống cao hơn khi ăn Copepoda.

Ấu trùng cá biển được ăn Copepoda cho tỷ lệ sống, tăng trưởng rất tốt bởi sự thích hợp về thành phần sinh hóa, đặc biệt là hàm lượng và tỷ lệ các acid béo không no thiết yếu (Toledo và ctv., 1999; Shields, 2001; Wilcox và ctv., 2006), cụ thể về hàm lượng DHA, EPA, ARA (Reitan và ctv., 1994; Zheng và ctv., 1996; Sargent và ctv., 1997), tỷ lệ DHA:EPA (Sargent và ctv., 1997; Nanton và Castell 1998); EPA:ARA trong thức ăn (Sargent và ctv., 1997; Estevez và ctv., 1999). DHA trong Copepoda tự nhiên cao hơn gấp 10 lần Artemi đã được làm giàu (McEvoy và ctv., 1998). Làm giàu Artemia và luân trùng có thể đạt được hàm lượng trong Copepoda nhưng đến khi ấu trùng cá biển ăn được thì DHA có thể đã giảm (Reitan và ctv., 1994). DHA có vai trò quan trọng trong cấu trúc và chức năng của tế bào màng não, hệ thần kinh, phát triển thị lực (Bell và Sargent 1996). ARA và EPA tham gia vào chức năng sinh lý phản ứng với căng thẳng, tỷ lệ ARA/EPA hợp lý ở Copepoda giúp ấu trùng cá biển thích ứng tốt với điều kiện không thuận lợi (Kraul và ctv., 1993; McEvoy và Sargent 1998). Astaxanthin là sắc tố với hàm lượng cao trong Copepoda, là chất chống oxy hóa mạnh nhất trong tự nhiên (Edge và ctv., 1997). Ngoài ra, Copepoda cung cấp cho ấu trùng cá biển nguồn enzyme ngoại sinh, hỗ trợ tiêu hóa thức ăn (Munilla-Moran và ctv., 1990).

Copepoda là thức ăn tự nhiên vượt trội về dinh dưỡng cho các loài thủy sản có giá trị kinh tế, chúng cung cấp protein, lipid (đặc biệt là HUFA, 20:5n-3 và 22:6n-3), carbohydrat và enzym (amylase, protease, exonuclease và esterase) - Chúng rất cần cho sự sống, tiêu hóa và biến thái của ấu trùng (Schipp và Marshall, 1999; Stottrup, 2000; Hernandez và Alvarez-Lajonchere, 2003; Glenn, 2006; Ananth và Santhanam, 2011). Ngoài ra, Copepoda không chỉ có tập tính bơi zíc zắc (kích hoạt phản ứng ăn mạnh ở ấu trùng cá) mà còn có phổ kích thước rộng và thực tế chúng là một phần của chuỗi thức ăn của cá ngoài tự nhiên. Mặc dù chi phí để nuôi Copepoda cao hơn luân trùng nhưng một số loài cá biển có giá trị cao cần phải ăn Copepoda.

Bảng 1.2. Tóm tắt thuận lợi và khó khăn khi sử dụng Copepoda, Artemia và luân trùng làm thức ăn trong thủy sản (Theo tổng hợp của Hill và ctv., 2020)

Thức ăn tươi sống	Thuận lợi	Khó khăn
Naupli Artemia	Chủ động: có dạng trứng bào xác (Ruebhart và ctv., 2008)	Kích thước lớn: nauplius 1 từ 400 – 500 µm (Conceição và ctv., 2010)
	Ấp nở dễ dàng: chỉ cần sục khí và có ánh sáng là nở ra naupli (Bengtson và ctv., 1991)	Dinh dưỡng chưa đáp ứng nhu cầu của ấu trùng: cần làm giàu EPA (Kenari và Mirzakhani, 2005), phụ thuộc vào dòng Artemia
	Tăng giá trị dinh dưỡng nhờ kỹ thuật làm giàu (Sorgeloos và ctv., 2001)	Thời gian làm giàu: nauplius tăng kích thước (Bengtson và ctv., 1991)
	Thức ăn chuyển tiếp: đóng vai trò là thức ăn chuyển tiếp (DiMaggio và ctv., 2017).	Nguồn cung cấp: trứng được thu từ tự nhiên (Bengtson và ctv., 1991)
Luân trùng	Mật độ nuôi sinh khối: rất cao (Yoshimura và ctv., 2003)	Cần được giữ sống nên cần chuẩn bị thiết bị và có thể bị ô nhiễm (Reguera, 1984)
	Kích thước: phù hợp với ấu trùng của nhiều loài (Olivotto và ctv., 2017)	Định danh loài gặp khó khăn (Le và ctv., 2017)
	Kích thước có thể nhỏ hơn 100 µm (Hagiwara và ctv., 2014)	Dinh dưỡng chưa đáp ứng nhu cầu của ấu trùng: cần làm giàu (Hamre, 2016)
	Tăng giá trị dinh dưỡng nhờ kỹ thuật làm giàu (Lawrence và ctv., 2012)	Kích thước: không đủ nhỏ cho ấu trùng một số loài (Olivotto và ctv., 2017)
Copepoda	Là con mồi tự nhiên, thức ăn đầu tiên của ấu trùng nhiều loài cá (Hunter, 1981)	Nuôi giữ sống: chỉ có một số loài đẻ trứng nghỉ, nên phải nuôi giữ sống có thể bị ô nhiễm (Ajiboye và ctv., 2010)
	Tính hấp dẫn và kích thích bắt mồi với ấu trùng bởi tập tính bơi zic zac (Barroso và ctv., 2013)	Mật độ thấp: lưu giữ với mật độ thấp nên chi phí cao hơn (Ajiboye và ctv., 2010)

	Dinh dưỡng đáp ứng nhu cầu của ấu trùng cá, đặc biệt tỷ lệ DHA và EPA (Siqwepu và ctv., 2017) và các vi lượng khác (Alajmi và Zeng, 2013) Tính chủ động: có một số loài sản xuất trứng nghỉ (Marcus và Murray, 2001) Kích thước: phổ rất rộng, có thể nhỏ đến 68 µm (Burgess và Callan, 2018)	Thức ăn của Copepoda là tảo nên chi phí sản xuất cao hơn (Conceição và ctv., 2010) Thu hoạch: cần phải lọc để thu được kích thước phù hợp trong tổng thể (Støttrup, 2006)

Bảng 1.3. So sánh một số đặc điểm giữa Copepoda, Artemia và luân trùng

Chỉ tiêu	Copepoda	Artemia	Luân trùng	Tham khảo
Giá trị dinh dưỡng - HUFA's (DHA, EPA, ARA)	- HUFA trong lipid và tự do - của chính cơ thể	- Chủ yếu HUFA trong lipid - chủ yếu do làm giàu	- Chủ yếu HUFA trong lipid - chủ yếu do làm giàu	Støttrup và Jensen 1990 Bell và ctv., 2003 Nanton và Castell 1999 McKinnon và ctv., 2003
Khả năng tiêu hóa	Dễ dàng và hoàn toàn hơn	Không bằng Copepoda	Không bằng Copepoda	Pederson 1984
Các hoạt chất sinh học	Nguồn tự nhiên của: - Chất chống oxi hóa - bảo vệ HUFA's, chống lại quá trình peroxít - Sắc tố astaxanthin -Vitamins C và E			Van der Meeren 2003 McKinnon và ctv., 2003
Kích hoạt phản ứng ăn mạnh ở ấu trùng cá	Nhờ hoạt động bơi "giật lùi" của hầu hết Copepoda			Marcus 2005
Tỷ lệ dị hình và sắc tố	Giảm tỷ lệ dị hình Cải thiện hệ sắc tố			Bell 1998 Støttrup 2000 Hamre và ctv. (2005)
Phổ kích thước rộng	< 100 µm > 1000 µm			McKinnon và ctv., 2003

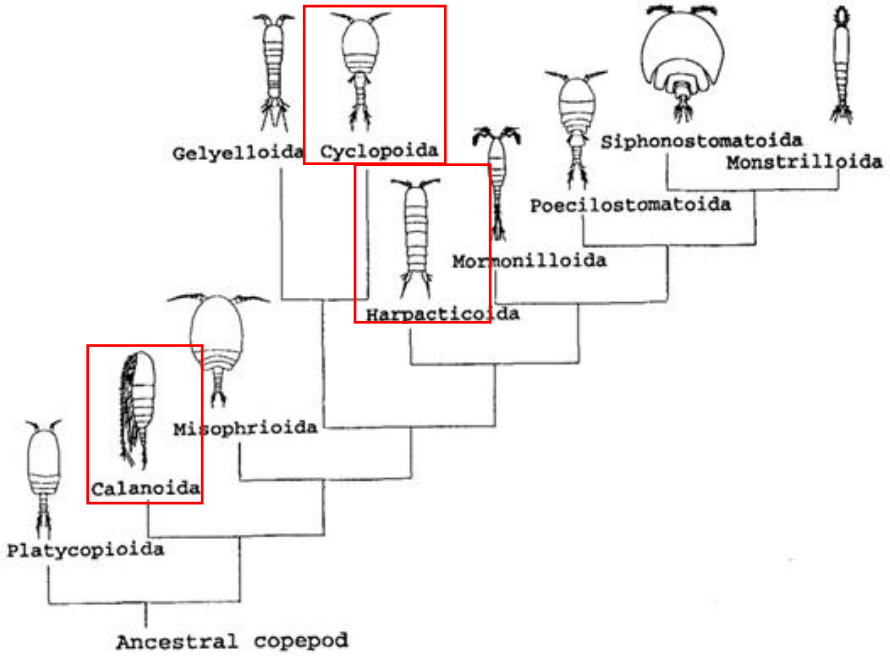
Tuy nhiên, Copepoda cũng có hạn chế là khó nuôi với mật độ cao như luân trùng (> 2.000 cá thể/L) và Artemia (Mckinnon và ctv., 2003). Hơn nữa, sự phong phú Copepoda phụ thuộc vào mùa (Helland và ctv., 2003).

1.3. Đặc điểm sinh học của Copepoda

Copepoda có nguồn gốc từ tiếng Hy Lạp, "Kope" nghĩa là "mái chèo" và podos nghĩa là "chân". Đặc điểm sinh học của hai loài nghiên cứu *P. incisus* và *O. rigida* được trình bày kết hợp với đặc điểm chung của Copepoda.

1.3.1. Vị trí phân loại

Copepoda là nhóm giáp xác nhỏ với 14.000 loài đã được mô tả gồm 200 họ, 1.650 giống, thuộc ngành chân khớp (Arthroproda), lớp giáp xác (Crustacea) gồm 10 bộ, trong đó ba bộ Calanoida, Cyclopoida và Harpacticoida sống tự do (Humes 1994) (Hình 1.6).



(vị trí ba bộ Calanoida, Cyclopoida và Harpacticoida
được chú thích bởi khung viền màu đỏ)

Hình 1.4. Mối quan hệ của Copepoda (Huy và Boxshall, 1991; Ho, 1994)

Vị trí phân loại của *P. incisus* Shen và Lee, 1963 và *O. rigida* Giesbrecht, 1896 (Theo Worms).

Loài *Pseudodiaptomus incisus*

Ngành: Arthropoda

Ngành phụ: Crustacea

Lớp: Maxillopoda

Lớp phụ: Copepoda

Bộ: Calanoida

Họ: Pseudodiaptomidae

Giống: *Pseudodiaptomus*

Loài: *P. incisus*

Hiện nay, giống *Pseudodiaptomus* xác định được 77 loài, trong đó có *P. incisus* (Walter và ctv., 2006).

Loài *Oithona rigida*

Ngành: Arthropoda

Ngành phụ: Crustacea

Lớp: Maxillopoda

Lớp phụ: Copepoda

Bộ: Cyclopoida

Họ: Oithonidae

Giống: *Oithona*

Loài: *O. rigida* Giesbrecht, 1896

1.3.2. Đặc điểm phân bố và sinh thái

Copepoda phân bố rộng khắp các thủy vực nước ngọt, nước lợ mặn. Thông tin cơ bản về sự phân bố của 3 bộ Calanoida, Cyclopoida và Harpacticoida tại bảng 1.4.

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, 1986, 1987, 1989).

Giống *Oithona* phân bố rộng ở các vùng biển trên thế giới (Paffenhöfer, 1993; Turner, 2004; Almeda và ctv., 2011); vùng biển ôn đới (Gallienne và Robins, 2001; Hopcroft và ctv., 2005; Castellani và ctv., 2007); vùng biển nhiệt đới (Hopcroft và ctv., 1998; Satapoomin và ctv., 2004; 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).

Bảng 1.4. Phân bố của Calanoida, Cyclopoida và Harpacticoida (Mauchline, 1998)

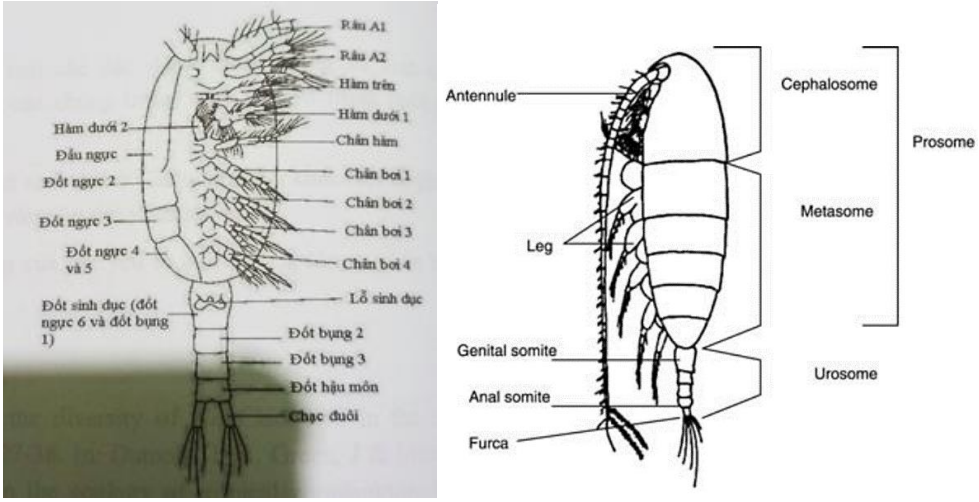
Bộ	**Thủy vực**		**Tập tính sống**
	Nước ngọt	**Nước lợ mặn**	
Calanoida	25%	75%	Sống nổi
Cyclopoida	Phân bố ở cả nước ngọt và mặn		Sống nổi, đáy hoặc kí sinh
Harpacticoida	10%	90%	Đa số sống đáy, số ít sống nổi

Phân bố của Copepoda theo không gian (vĩ độ, thủy vực, tầng nước); theo thời gian (mùa). Bản chất của sự biến động thành phần loài cũng như mật độ của từng loài là do các yếu tố lý, hóa, sinh trong hệ sinh thái. Các yếu tố tác động lớn đến phân bố của copepoda là nhiệt độ (Beyrend - Dur và ctv., 2011; Lehette và ctv., 2016; Blanda và ctv., 2017; Doan và ctv., 2019; Nguyen và ctv., 2020), độ mặn (Chen và ctv., 2006; Blanda và ctv., 2017), ánh sáng (Stearns và Forward, 1984).

1.3.3. Đặc điểm hình thái, cấu tạo

Hình thái Copepoda

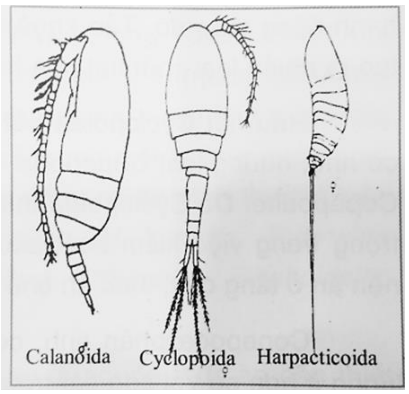
Thân gồm hai phần là giáp đầu ngực (metasome) và phần bụng (urosome). Phần đầu (cephalosome) gắn liền với giáp đầu ngực có mắt đơn, râu và các phần phụ để bơi và ăn. Phần đầu và ngực được gọi là prosome. Phần bụng hẹp và không có các phần phụ ngoại trừ chạc đuôi. Lỗ sinh dục nằm ở đốt bụng đầu tiên và 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 (Hình 1.4). Râu có chức năng cảm nhận hóa học và cơ học tùy vào tập tính sống của Copepoda là sống nổi, đáy hay ven bờ (Dussart và Defaye, 2001). Ở Calanoida, râu còn giúp chúng chìm chậm hơn khi các râu xòe ra (Mauchline 1998), ít khi thấy ở Harpacticoida và Cyclopoida, ngoại trừ các loài thuộc *Oithona*. Các loài Copepoda sống đáy thì râu giúp bám vào vật bám. Phần giáp đầu ngực có 4 hoặc 5 đôi chân bơi, trên đó có lông hoặc gai. Calanoida và một số loài trong bộ Harpacticoida đôi chân bơi cuối cùng bị biến đổi, tiêu giảm ở con cái; phình to và không đối xứng ở con đực. Ở Cyclopoida, đôi chân cuối cùng giống nhau ở cả 2 giới và thường tiêu giảm (Dussart và Defaye 2001). Ở Calanoida, con đực có đôi chân bơi thứ 5 biến đổi để một chân giữ con cái, một chân chuyển túi tinh cho con cái; con cái sinh túi trứng thì phần phụ này cũng bị biến đổi (Støttrup, 2003).



Hình 1.5. Cấu tạo ngoài của Copepoda ((a) Corkett và McLaren, 1978 được trích bởi Vũ Ngọc Út và ctv., 2019); (b) Støttrup, 2003)

Bảng 1.5. So sánh đặc điểm hình thái 3 bộ Calanoida, Cyclopoida và Harpacticoida

STT	Đặc điểm	Calanoida	Harpacticoida	Cyclopoida	Tài liệu tham khảo
1	Chiều dài của ăngten (râu A1)	Dài bằng hoặc hơn chiều dài thân (dài nhất)	Ngắn hơn chiều dài thân (ngắn nhất)	Ngắn hơn calanoida, hiếm dài quá giáp đầu ngực	Huys và Boxshall 1991; Dussart và Defaye 2001
2	Số râu	Râu đôi	Râu đôi	Râu đơn	
3	Số đốt	27	Nhỏ hơn 10	6 - 17	
4	Vị trí khớp giữa prosome–urosome	Giữa đốt bụng thứu 5 và 6	Giữa đốt bụng thứ 4 và 5	Giữa đốt bụng thứ 4 và 5	Mauchline 1998; Dussart và Defaye 2001
5	Tập tính sống	Sống nổi	Đa số sống đáy	Đa dạng: nổi, đáy, kí sinh	Støttrup, 2003
6	Phân bố	Chủ yếu ở nước lợ mặn	Chủ yếu ở nước mặn	Có cả ở nước ngọt và nước mặn, nhiều hơn ở nước ngọt	Støttrup, 2003
7	Chiều dài phần thân trước so với thân sau	Dài hơn	Dài hơn	Không dài hơn	
8	Chạc đuôi	Tương tự chiều dài đốt bụng	Ngắn	Tương tự chiều dài đốt bụng	
9	Tơ chạc đuôi	Bình thường	Rất dài	Bình thường	



Hình 1.6. Hình dạng ngoài của Calanoida, Cyclopoida và Harpacticoida (trích theo Vũ Ngọc Út và ctv., 2019)

Hình thái các giai đoạn

Copepoda sinh trưởng và phát triển qua 6 giai đoạn ấu trùng (nauplius - N1-6); 5 giai đoạn con non (Copepodite – C1-5) và trưởng thành. Giai đoạn nauplius, cơ thể Copepoda hình trứng, chưa phân đốt, có mắt đơn. Nauplius của Cyclopoida hình quả lê (Dussart và Defaye 2001). Hình thái các giai đoạn của loài *Pseudodiaptomus annandalei* đã được Golez và ctv. (2004) mô tả tại Bảng 1.6. *P. annandalei* là loài được mô tả kỹ về hình thái các giai đoạn trong giống *Pseudodiaptomus*. Hình thái các giai đoạn của *O. rigida* được mô tả bởi Santhanam và Perumal (2013) tại Bảng 1.7.

Bảng 1.6. Đặc điểm hình thái các giai đoạn của *P. annandalei* (Golez và ctv., 2004)
(*Chú thích: N1 – N6: nauplius giai đoạn 1 đến 6; C1 – C5: copepodite giai đoạn 1 đến 5*)

Giai đoạn	Đặc điểm
N1	- Cơ thể đối xứng - Hình trứng, chưa phân đốt - 2 lông tơ ở đuôi bằng nhau - Râu có 2 đốt - Có mắt đơn - Chiều dài trung bình 0,1 ± 0,018 mm
N2	- Cơ thể dài hơn N1 - Phần đuôi có 2 chạc với 1 gai thô và 1 dạng lông với chiều dài bằng nhau - Râu gồm 3 đốt - Chiều dài trung bình 0,17 ± 0,11 mm
N3	- Phần đuôi phát triển có dạng hình mũi tên - Chạc đuôi có 2 nhánh: 1 nhánh có 1 gai nhỏ và 1 lông nhỏ, nhánh còn lại trơn nhẵn - Chiều dài trung bình 0,19 ± 0,01 mm
N4	- Cơ thể dài hơn N3 - 2 nhánh chạc đuôi đối xứng - Chiều dài trung bình 0,22 ± 0,01 mm
N5	- Cơ thể dài hơn N4 - Hàm trên 1 có 2 đốt

	- Chiều dài trung bình 0,28 ± 0,004 mm
N6	- Cơ thể dài hơn N5 - Phần phụ của chân bơi 1 và 2 (P1, P2) đã bắt đầu xuất hiện - Chiều dài trung bình 0,31 ± 0,11 mm
C1	- Hai cặp chân bơi và 4 cặp lông trên mỗi chạc đuôi đã bắt đầu xuất hiện - Phần bụng có 2 đốt - Chiều dài trung bình 0,44 ± 0,01 mm
C2	- Có 3 cặp chân bơi, - Mỗi chạc đuôi có 2 cặp lông - Phần bụng gồm 2 đốt - Chiều dài trung bình 0,56 ± 0,01 mm
C3	- Có 4 cặp chân bơi - Mỗi chạc đuôi có 3 cặp lông - Bụng vẫn 2 đốt - Chiều dài trung bình 0,65 ± 0,004 mm
C4	- Có 5 cặp chân bơi, - Bụng đã có 3 đốt - Chân bơi thứ 5 không đối xứng dày và dạng chốt ở phía bên ở con đực - Chân bơi thứ 5 là đối xứng, mỏng hơn so với của con đực và giống như móc ở phía bên ở con cái - Chiều dài trung bình 0,1 ± 0,018 mm
C5	- Phần bụng chỉ có 3 đốt, chân bơi 5 dày hơn so với giai đoạn C4 - Chiều dài trung bình 1,00±0,04 mm
Con đực	- Phần bụng con đực có 5 đốt - Chân bơi 5 không đối xứng - Chiều dài trung bình 1,10 ± 0,04 mm
Con cái	- Phần bụng có 4 đốt, chân 5 có dạng đối xứng - Chiều dài trung bình 1,10 ± 0,02 mm

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. Phân định các giai đoạn cần quan sát các đặc điểm trên dưới kính soi nổi hoặc kính hiển vi. Để phân biệt cá thể đực hoặc cái trưởng thành dựa trên sự khác biệt hình dạng râu A1 và hình dáng chân bơi 5. Con đực trưởng thành của *P. annadalei*, *P. incisus* thuộc bộ Calanoida đều có râu A1 bên phải phình to ở các đốt 12 đến 17. Con cái của loài *P. anadalei* có chân ngực 5 dạng hình mỏ chim. Con đực của loài *O. rigida* thuộc bộ Cyclopoida lại có râu A1 cong như sừng trâu và phần thân thon hơn con cái.

Bảng 1.7. Đặc điểm hình thái các giai đoạn của *O. rigida* (Santhanam và Perumal, 2013)

Giai đoạn	**Đặc điểm**
N1	- Cơ thể đối xứng - Hình trứng, chưa phân đốt - 2 lông tơ ở đuôi bằng nhau - Râu có 3 đốt

	- Chiều dài trung bình 0,105 ± 0,001 mm
N2	- Cơ thể dài hơn N1 - Phần đuôi có 2 chạc với 2 lông tơ ở đuôi bằng nhau - Râu gồm 3 đốt, đốt thứ 3 có 4 lông cứng - Chiều dài trung bình 0,108 ± 0,005 mm
N3	- Chạc đuôi có 2 nhánh: - 2 lông tơ ở đuôi bằng nhau - - Râu gồm 3 đốt, đốt thứ 3 có 4 lông cứng - Chiều dài trung bình 0,129 ± 0,0015 mm
N4	- Cơ thể dài hơn N3 - 2 nhánh chạc đuôi không bằng nhau, xuất hiện các lông nhỏ - Chiều dài trung bình 0,152 ± 0,002 mm
N5	- Cơ thể dài hơn N4 - Chiều dài trung bình 0,161 ± 0,0015 mm
N6	- Cơ thể thon về phần đuôi - Phần phụ của chân bơi 1 và 2 (P1, P2) đã xuất hiện - Chiều dài trung bình 0,193 ± 0,003 mm
C1	- Hai cặp chân bơi - Phần đầu ngực có 4 đốt - Phần bụng chưa phân đốt - Chiều dài trung bình 0,314 ± 0,002 mm
C2	- Có 3 cặp chân bơi, - Phần bụng gồm 2 đốt; đầu ngực có 4 đốt - Chiều dài trung bình 0,362 ± 0,024 mm
C3	- Có 4 cặp chân bơi - Bụng có 4 đốt - Chiều dài trung bình 0,65 ± 0,004 mm
C4	- Có 5 cặp chân bơi, - Bụng đã có 5 đốt - Chiều dài trung bình 0,506 – 0,520 mm
C5	- Phần đầu ngực có 5 đốt - Phần bụng có 5 đốt ở con cái và 6 đốt ở con đực, chân bơi 5 dày hơn so với giai đoạn C4 - Chiều dài trung bình 0,608 – 0,620 mm
Con đực	- Phần bụng con đực có 6 đốt - Phần đầu ngực có 5 đốt - Chiều dài trung bình 0,686 – 0,747 mm
Con cái	- Phần bụng có 5 đốt - Phần đầu ngực có 5 đốt - Chiều dài trung bình 0,72 - 0,84 mm

1.3.4. Đặc điểm dinh dưỡng

Cấu tạo hệ tiêu hóa của Copepoda

Hệ tiêu hóa của Copepoda gồm ống tiêu hóa và tuyến tiêu hóa. Ống tiêu hóa gồm miệng, thực quản, ruột giữa, ruột sau và hậu môn. Tuyến tiêu hóa đơn giản có ở miệng với lớp thành chứa các tuyến – tiết ra các chất để kết dính thức ăn và bước đầu tiêu hóa

thức ăn. Thành phần của chất tiết chưa rõ nhưng gồm glucids, glycoproteins và mucopolysaccharides. (Dussart và Defaye, 2001).

Cấu tạo ống tiêu hóa: Miệng được cấu tạo bởi thành phía trước và phía sau. Thực quản nối từ khoang ngực đến ruột giữa. Thực quản được lót bằng chitin và thành của nó có các nếp gấp dọc và mô cơ chắc khỏe. Ở một số loài Calanoida và Harpacticoida, một phần mở rộng từ phần đầu giữa ở lưng và phía trước, được gọi là túi đệm giữa, có chức năng như gan tụy. Túi đệm giữa này tạo thành một phần của phần đầu tiên của ống giữa, cùng với phần giữa tham gia vào quá trình tiêu hóa. Sự hấp thụ và tạo phân diễn ra ở phần sau của ruột giữa – có chức năng như quả thận sơ khai. Dự trữ lipid tại phần sau của ruột giữa và phân bố thành các giọt dầu ở khắp phần lưng dọc theo ống tiêu hóa. Phân được thải ra ngoài qua lỗ hậu môn sau khi đi qua ruột sau (Mauchline, 1998; Dussart và Defaye, 2001). Hợp chất nitơ được thải ra ở dạng amoniac (Le Borgne, 1986). Photphat, ure và acid amin cũng có thể được thải ra ngoài (Dussart và Defaye, 2001).

Tập tính ăn

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 (Dahms, 1993; Dussart và Defaye, 2001). Copepoda bắt đầu ăn thức ăn ngoài từ N3 (số ít có thể ăn ngoài từ N2). Thức ăn ưa thích của hầu hết các loài Copepoda là tảo.

Calanoida

Calanoida ăn chủ yếu là tảo, lựa chọn thức ăn dựa vào kích thước và mùi vị (Huntley và ctv., 1986). Tốc độ tiêu hóa của Calanoida phụ thuộc vào kích thước, số lượng và chất lượng tảo (Støttrup và Jensen 1990; Kiørboe và ctv., 1996). Kích thước của tảo quan trọng vì liên quan đến miệng Calanoida, chúng khó giữ lại các tảo nhỏ, minh chứng như *A. tonsa* ăn tảo *Isochrysis galbana* cần nuôi với mật độ cao hơn để tăng tỷ lệ nuốt (Støttrup và Jensen, 1990). Calanoida chủ động bắt mồi với nhiều loài động vật khác (Tiselius và Jonsson 1990), ví dụ như ấu trùng cá tuyết *Euchaeta norvegica* (Yen 1987). *Acartia tonsa* có thể vừa ăn thực vật vừa ăn động vật (Kiørboe và ctv., 1996). Calanoida tạo ra dòng để cuốn thức ăn như trứng và nauplius (Yen và Fields 1992). Mặc dù Calanoida ăn được nauplius của Artemia (0,11 – 11 nauplius/ngày/con Copepoda với các chi *Acartia*, *Centropages* và *Temora*) nhưng vẫn ưa thích tảo hơn (Dan và ctv.,1988). Khẩu phần ăn của Calanoida trung bình từ 2 – 360% so với trọng lượng khô của cơ thể (Mauchline, 1998).

Harpacticoida

Harpacticoida sử dụng hiệu quả nhiều loại thức ăn như: vi khuẩn (Rieper, 1978); tảo, rong, tảo cát, giun nhiều tơ và ngũ cốc (Guidi 1984); tôm khô (Norsker và Støttrup, 1994) và thức ăn công nghiệp (Guérin và Gaudy, 1976). Chúng có tập tính ăn thịt nhau, đặc biệt giai đoạn nauplius (Lazzaretto và Salvato, 1992). Mặc dù Harpacticoida ăn tạp nhưng cũng chọn lọc thức ăn và chất lượng thức ăn ảnh hưởng đến sinh sản của chúng.

Cyclopoida

Cyclopoida ăn tạp, từ sinh vật phù du đến động vật đáy, thậm chí ăn lẫn nhau ở giai đoạn nauplius và copepodite (Støttrup, 2003). Chang và Lei (1993) chỉ ra rằng *Apocyclops royi* ăn tảo trong các giai đoạn nauplius và có thể ăn thịt ở giai đoạn copepodite, chúng ăn nauplius Artemia (< 1mm).

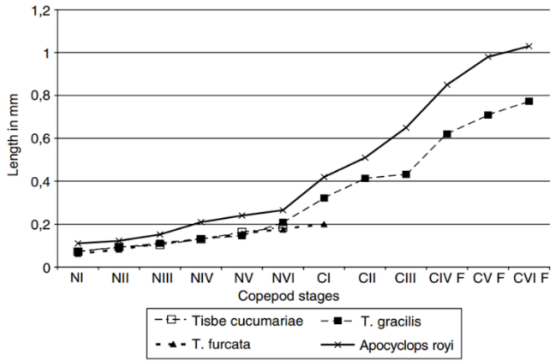
Khả năng bắt mồi và tiêu hóa của Copepoda phụ thuộc vào đặc tính của loài, các yếu tố thủy lý, thủy hóa và thủy sinh. Trong đó các yếu tố ảnh hưởng lớn là nhiệt độ, mật độ thức ăn, độ mặn.

1.3.5. Đặc điểm sinh trưởng

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 (Williams và Jones 1994; Mauchline, 1998) và độ mặn. Khi độ mặn tăng thì thời gian phát triển của *Tigriopus japonicus* ngắn hơn (Hagiwara và ctv., 1995).

Kích thước của các loài Copepoda khác nhau, nauplius 1 có chiều dài cơ thể trong khoảng 100 – 220 µm (Hình 1.6) (Mauchline, 1998).



Hình 1.7. Kích thước các giai đoạn của 4 loài Copepoda *Tisbe cucumariae*; *T. gracilis*; *T. furcata* và *Apocyclops royi* (được trích bởi Støttrup, 2003)

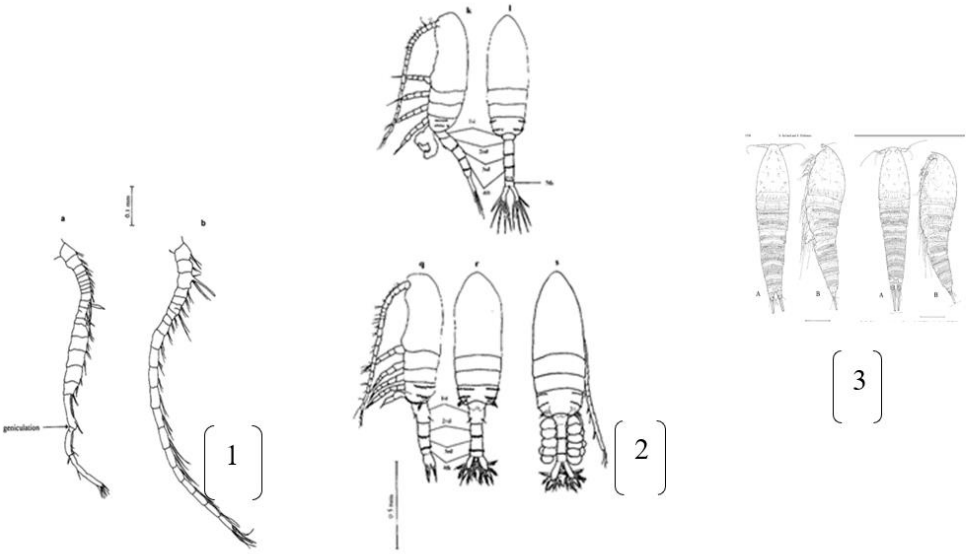
Thời gian phát triển của các giai đoạn khác nhau, tuy nhiên một số họ của Calanoida như *Acartia*, *Calanus* và *Pseudocalanus* hay ở Harpacticoid có *Euterpina acutifrons* khoảng thời gian của các giai đoạn tương tự nhau (Corkett và ctv., 1986). Thời gian phát triển giai đoạn nauplius ngắn hơn giai đoạn copepodite ở *O. rigida* (Santhanam và Perumal, 2013).

Thời gian thế hệ là khoảng thời gian từ khi trứng nở đến lúc con của chúng được nở ra, khác nhau giữa các loài và tương quan thuận với nhiệt độ. Nghiên cứu trên 34 loài thuộc bộ Harpacticoida cho thấy thời gian thế hệ là 7 ngày với loài *Tisbe holothuriae* ở 22ºC nhưng lên đến 42 ngày với loài *Robertgurnenya* sp. ở 17ºC. Với Calanoida, nuôi ở các nhiệt độ khác nhau thì thời gian thế hệ từ khoảng 7 – 30 ngày (Mauchline, 1998), (*Acartia* spp.: *A. sinjiensis* 5–6 ngày ở 28–30°C; *A. tonsa* 7 ngày tại 25°C). Ở nhiệt độ 27 – 29ºC, thời gian thế hệ của *O. rigida* là 12 ngày (Santhanam và Perumal, 2013).

1.3.6. Đặc điểm sinh sản

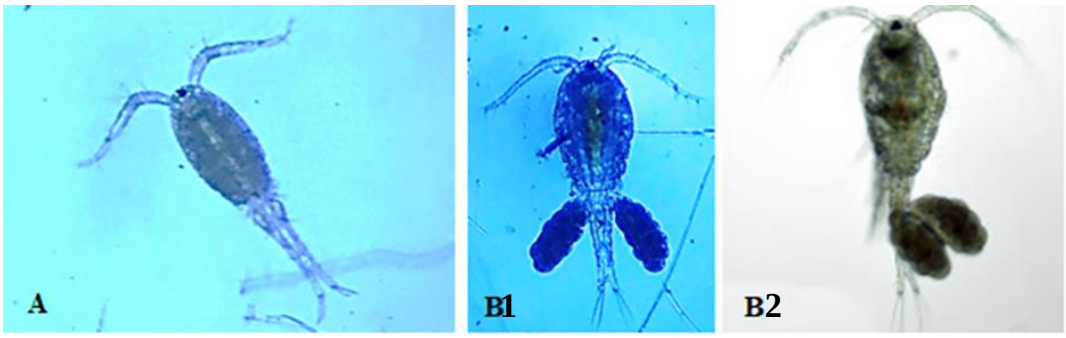
Phân biệt Copepoda đực và cái

Copepoda phân tính đực cái. Đặc điểm hình thái là một trong những căn cứ xác định giới tính của Copepoda. 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 Copepodite IV (Hình 1.8.(2)). Các loài Copepoda sẽ có những đặc điểm phân biệt đực cái khác nhau. Tuy nhiên, các loài trong cùng bộ thường có những đặc điểm đặc trưng. Con đực trưởng thành của *P. annadalei*, *P. incisus* thuộc bộ Calanoida đều có râu A1 bên phải phình to ở các đốt 12 đến 17 (Hình 1.8 (1)), râu A2 phải của con đực có thể gập lại ở đốt 18; chân ngực 5 biến đổi thành cơ quan giao phối có dạng kìm như hình 3.10. Con cái của loài *P. anadalei* có chân ngực 5 dạng hình mỏ chim (Hình 1.8 (1)). Con đực của loài *O. rigida* thuộc bộ Cyclopoida lại có râu A1 cong như sừng trâu và phân thân thon hơn con cái (Hình 1.9). Các loài Copepoda trong bộ Harpacticoida được phân biệt đực cái dựa vào đặc điểm của ăngten, độ thon của phần thân (Hình 1.8 (3)). Phần thân của con đực thon hơn con cái. Các nghiên cứu về đặc điểm sinh sản của Harpacticoida và Cyclopoida ít hơn Calanoida. Trong cùng một loài Copepoda thì con đực thường có kích thước nhỏ hơn con cái (Mauchline, 1998; Nguyễn Văn Khôi, 2001; Vũ Ngọc Út và ctv., 2019).



(1) Râu A1 bên phải của con đực (a) và cái (b) của *P. annadalei* (Golez và ctv., 2004).
(2) Giai đoạn copepodite và trưởng thành của *P. anandalei* (Calanoida) (Golez và ctv., 2004).
k – l: con đực; q – r: con cái; s: con cái mang trứng.
(3) Hình ảnh *Ectinosoma carnivora* (Harpacticoida) (Seifried và Duèrbaum, 2000)
A – Con cái; B – Con đực

Hình 1.8. Đặc điểm phân biệt Copepoda đực và cái.



A – Con đực; B1,2 – Con cái
(B1 - Nguyễn Thị Thủy, 2020; B2 – Trương Sỹ Hải Trình)

Hình 1.9. Hình ảnh loài *O. rigida* (Cyclopoida)

Tập tính sinh sản

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; Đuổi 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 (Doall và ctv., 1998; Bagøien và Kiørboe, 2005) (Bảng 1.8). Con đực dựa vào tín hiệu hóa học hay pheromone do con cái tiết ra nhờ có hệ thống cảm ứng hóa học ở các râu A1 (được tăng cường ở lần lột xác cuối). Hiện tượng này biểu hiện rất rõ

ở bộ Calanoida (Susumu và Rony, 2001). Tỷ lệ bắt cặp và dẫn đến giao phối khác nhau tùy loài Copepoda. Các cuộc truy tìm của con đực thường đến giai đoạn phát hiện con cái nhưng chỉ 50% dẫn đến giao phối ở loài *P. annandalei* (Dur và ctv., 2011).

Bảng 1.8. Các tín hiệu hóa học hay pheromone để tìm kiếm bạn tình của Copepoda bao gồm cả giai đoạn trước khi tiếp xúc (Được trích dẫn từ Bagøien và Kiørboe, 2005)

Loài	**Tín hiệu**	**Phân nhóm**	**Tài liệu tham khảo**
Acarti hudsonica	H	H	Colin (1995)
Acartia tonsa	H	H	Bagøien và Kiørboe (2005)
Acartia tonsa	H	H	Doall và ctv. (2001)
Calanus marshallae	C	CT	Tsuda và Miller (1998)
Calanus pacificus	C	-	Griffiths và Frost (1976)
Centropages typicus	C	CT	Bagøien và Kiørboe (2005)
Centropages typicus	C	CT	Colin (1995)
Centropages hamatus	C	CT	Colin (1995)
Cyclops fimbriatus	R[a]	-	Holmes (1903)
Cyclops scutifer	H	H	Strickler (1998)
Diaptomus leptopus	C	-	van Leeuwen và Maly (1991)
Diaptomus leptopus	C[b]	-	Watras (1983)
Eurytemora affinis	C	-	Katona (1973)
Eurytemora herdmani	C	-	Katona (1973)
Eudiaptomus gracilis	C[c]	-	Wolf (1905)
Labidocera aestiva	C	-	Parker (1902)
Leptodiaptomus ashlandi	C	CD	Nihongi và ctv. (2004)
Limnocalanus macrurus	C[b]	-	Roff (1972)
Pseudocalanus elongatus	C	CD	Kiørboe và ctv. (2005)
Pseudocalanus sp.	C	-	Griffiths và Frost (1976)
Pseudodiaptomus acutus	C	-	Jacoby và Youngbluth (1983)
Pseudodiaptomus cokeri	C	-	Jacoby và Youngbluth (1983)
Pseudodiaptomus coronatus	C	-	Jacoby và Youngbluth (1983)
Pseudodiaptomus coronatus	C	-	Katona (1973)
Pseudodiaptomus coronatus	-	-	Jacobs (1961)
Oithona davisae	C	-	Uchima và Murano (1988)
Oithona davisae	C	-	Uchima và Murano (1988)
Temora longicornis	C	CT (+CD)[d]	Doall at al. (1998), Yen và ctv. (1998), Weissburg và ctv. (1998)
Tigriopus fulvus	C	-	Lazzaretto và ctv. (1994)
Tigriopus fulvus	C	-	Lazzaretto và ctv. (1990)
Tortanus sp.	H	H	Colin (1995)

Chú thích:
a: Gặp gỡ ngẫu nhiên nhưng có thể do tín hiệu thủy cơ
b: Phát hiện nhờ dấu hiệu hóa học mặc dù bài báo chưa thể hiện rõ ràng
c: Phát hiện nhờ tín hiệu hóa học theo Roff (1972)
d: Phát hiện do hoạt động bơi của con cái kết hợp với tín hiệu hóa học khi con cái bơi
Các loại tín hiệu phát hiện từ xa:
C : Tín hiệu hóa học; H : Tín hiệu thủy lực; R : Ngẫu nhiên gặp gỡ
Chiến lược tìm kiếm gồm 3 nhóm:
CT : Theo dấu vết hóa học; CD : Theo khuyếch tán hóa học; H : Thủy lực; - : Không rõ

Ở bộ Cyclopoida, hành vi giao phối có đặc điểm khác hai bộ Calanoida và Harpacticoida. Đó là ở giai đoạn tiếp cận con cái, con đực đã chuyển động xoắn ốc. Đặc điểm chú ý nữa là con cái có thể mang hai túi tinh của hai con đực. Calanoida thường phải giao phối mỗi lần sinh sản trong khi Cyclopoida thì một lần giao phối cho nhiều lần đẻ.

Tùy theo loài Copepoda, con cái có thể đẻ trứng theo bọc hoặc đẻ trứng tự do (Bảng 1.9). Số lượng trứng/con cái của mỗi loài cũng khác nhau. Con cái có thể mang một hoặc hai bọc trứng hoặc không mang bọc trứng. Theo quan sát thực tế, *P. incisus* cái có thể mang từ 16 – 28 trứng tùy thuộc vào điều kiện sống. Tần số sinh sản của Copepoda khoảng 24 – 30 giờ (Gerhard, 1995; Golez và ctv., 2004; Vũ Ngọc Út và ctv., 2019). Copepoda có thể đẻ các loại trứng như trứng bào xác, trứng thường.

Bảng 1.9. Hình thức đẻ trứng của các loài Copepoda phổ biến ở cửa biển Nha Phu (Truong và ctv., 2014)

STT	Loài	Hình thức đẻ trứng
1	*Bestiola sp*[3]	FS
2	*Paracalanus crassirostris* F. Dahl, 1894[1]	FS
3	*Euterpina acutifrons* (Dana, 1847)[4]	EGG
4	*Acartia pacifica* Steuer, 1915[1]	FS
5	*Pseudodiaptomus incisus* Shen và Lee, 1963[1]	EGG
6	*Paracalanus parvus* Claus, 1863[1]	FS
7	*Acartia erythraea* Giesbrecht, 1889[1]	FS
8	*Paracalanus gracilis* Chen và Zhang, 1965[1]	FS
9	*Acrocalanus gibber* Giesbrecht, 1888[1]	FS
10	*Subeucalanus subcrassus* Giesbrecht, 1888[1]	FS
11	*Oithona rigida* Giesbrecht, 1896[2]	EGG
12	*Corycaeus andrewsi* Farran, 1911[5]	EGG
13	*Oithona plumifera* Baird, 1843[2]	EGG

Chú thích: Hình thức sinh sản; FS đẻ trứng tự do; EGG: mang trứng.
[1] Mauchline (1998); [2] Hopcroft và Roff (1996); [3] Camus và ctv. (2009); [4] Zurlini và ctv. (1978); [5] Wiggert và ctv. (2005)

Tuổi và kích thước thành thục đặc trưng cho từng loài Copepoda và bị ảnh hưởng bởi các yếu tố thủy lý, thủy hóa của môi trường sống. Theo dữ liệu tổng hợp, tuổi thành thục của hầu hết các loài Copepoda dao động trong khoảng mười ngày. Loài *P. incisus* thành thục sau 7 – 13 ngày kể từ khi trứng nở. Loài *P. cokeri*, *P. coronatus*, *P. acutus* có tuổi thành thục lần lượt là 10, 12 và 15 ngày (Jacoby và Youngbluth, 1983). Kích thước thành thục của con đực thường nhỏ hơn con cái ở các loài Copepoda.

Sinh sản của Copepoda chịu ảnh hưởng của các yếu tố thủy lý, thủy hóa và thủy sinh. Copepoda có hiện tượng di chuyển xuống tầng nước dưới vào ban ngày và nổi lên tầng mặt vào ban đêm (Kouassi và ctv., 2001). Hiện tượng này cho thấy ánh sáng có tác

động đến sinh lý của Copepoda. Các nghiên cứu đã minh chứng chế độ chiếu sáng ảnh hưởng đến sinh sản của Copepoda *P. incisus* (Nguyen và ctv., 2020b). Theo đó, *P. incisus* có sức sinh sản và sản xuất nauplius cao hơn ở chế độ chiếu sáng 12L:12D và 18L:6D (L:D – sáng : tối). Việc chiếu sáng liên tục đã tăng sức sinh sản và tỷ lệ nở thành công của Calanoid Copepoda như *Acartia sinjiensis* (Camus và Zeng, 2008). *A. tonsa* tăng tỷ lệ nở thành công khi chế độ chiếu sáng tăng trong khoảng thích hợp (Peck và Holste, 2006). Như vậy, việc tăng hay giảm chế độ chiếu sáng ảnh hưởng đến sức sinh sản và tỷ lệ nở thành công của Copepoda.

Nhiệt độ là một yếu tố sinh thái tác động mạnh đến tất cả sinh vật (Sagarin và ctv., 1999), trong đó có khả năng sinh sản của Copepoda. Nhiệt độ cao (34ºC) đã làm giảm sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất nauplius ở loài Copepoda *P. annandalei* ở ba thế hệ (Doan và ctv., 2019) và *Acanthochromis polyacanthus* (Donelson và ctv., 2010). Theo Doan và ctv. (2019) thì sức sinh sản của *P. annandalei* ở thế hệ 1 cao hơn ở thế hệ 2 và 3 ở nhiệt độ 30 và 34ºC. Các nghiên cứu khác cũng cho thấy tăng nhiệt độ làm giảm sức sinh sản ở các loài Copepoda như *Pseudodiaptomus pelagicus* (Rhyne và ctv., 2009) và *Tigriopus californicus* (Kelly và ctv., 2016). Nguyen và ctv. (2020a,b) đã xem xét tác động của nhiệt độ đến sinh sản của *P. incisus* và cho kết quả tương tự các nghiên cứu trên. Theo đó, sức sinh sản của *P. incisus* thấp hơn ở nhiệt độ 34ºC so với nhiệt độ 30 và 26ºC. Điều này cho thấy quá trình hình thành và phát triển của trứng Copepoda đã bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ.

Độ mặn là một trong số các yếu tố tác động mạnh đến sự phân bố của Copepoda. Calanoida *P. incisus* có thể sinh sản được ở độ mặn từ 5 đến 40 ppt. Tuy nhiên, *P. incisus* có khả năng sinh sản sản tốt nhất ở độ mặn trong khoảng 15 – 20 ppt thông qua các chỉ số như sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplius tạo ra/con cái (Nguyen và ctv., 2020a). Kết quả này cũng phản ánh thực tế loài *P. incisus* phân bố ở vùng cửa sông (Truong và ctv., 2014). Độ mặn thấp hay cao hơn khoảng thích hợp thì Copepoda cũng giảm khả năng sinh sản, ví dụ như loài *P. annandalei* (Beyrend-Dur và ctv., 2011; Chen và ctv., 2006), *Apocyclops royi* (Pan và ctv., 2016). Hiện tượng này có thể là do Copepoda cần một lượng năng lượng để điều hòa áp suất thẩm thấu (Gonzalez và Bradley, 1995).

Hiệu quả sinh sản của Copepoda khác nhau khi được ăn các loài tảo khác nhau (Farhadian và ctv., 2008; Pan và ctv., 2018). Kết quả nghiên cứu của Pan và ctv. (2018) cho biết *A. royi* có sức sinh sản cao nhất (22 trứng/con cái) khi ăn hỗn hợp vi tảo

Isochrysis galbana + *Nannochloropsis oculata* và chỉ là 18 trứng/con cái khi chế độ ăn là vi tảo *Tetraselmis chui*. Loài vi tảo được lựa chọn làm thức ăn cho Copepoda phải có kích thước vừa cỡ miệng của chúng (Li và ctv., 2008). Kích thước vi tảo *I. galbana* (3 – 6 µm) phù hợp với *A. royi* (Pan và ctv., 2018) và *Apocyclops dengizicus* (Farhadian và ctv., 2008). Loài vi tảo *I. galbana* là lựa chọn làm thức ăn rất phù hợp cho nhiều loài Copepoda.

Hiệu quả sinh sản của Copepoda phụ thuộc lớn vào thành phần và tỷ lệ các axít béo không no trong thức ăn (Wang và ctv., 2017; Pan và ctv., 2018; Vũ Ngọc Út và ctv., 2019). Một số nghiên cứu cho biết loài vi tảo có thành phần và tỷ lệ các acid béo không no họ ω3 và ω6 thấp làm giảm tỷ lệ nở của trứng Copepoda (Müller-Navarra và ctv., 2000; Shin và ctv., 2003), ví dụ với loài *Apocyclops borneoensis* (Wang và ctv., 2017). Nghiên cứu của Arendt và ctv. (2005) cũng cho thấy thành phần axít béo không no mạch dài ảnh hưởng đến tỷ lệ nở của trứng loài Copepoda *Temora longicornis*.

Ngoài thành phần dinh dưỡng thì mật độ của thức ăn cũng ảnh hưởng đến sinh sản của Copepoda. Ianora và ctv. (2003) đã cho biết tỷ lệ nở của loài *Calanus helgolandicus* giảm và gần như không nở vào ngày thứ 9 khi ăn tảo *Skeletonema costatum* với mật độ 105 tế bào/ml trong 15 ngày. Dutz và ctv. (2008) cũng báo cáo tỷ lệ nở ở loài *Temora longicornis* giảm còn 30% khi ăn tảo *S. costatum* với mật độ > 0,5 µgC/L.

Sinh học sinh sản của Copepoda được xem xét ở cấu tạo cơ quan sinh sản; tập tính sinh sản; tuổi và kích thước thành thục; sức sinh sản; quá trình phát triển phôi; số nauplius sản xuất/con cái. Tất cả các đặc điểm trên đều chịu tác động tổng hợp của các yếu tố của môi trường sinh thái và kích thước cơ thể. Sức sinh sản của Copepoda phụ thuộc vào kích thước cơ thể con cái. Theo Doan và ctv. (2019) thì số trứng của loài *P. annadalei* nhiều hơn ở những con cái có kích thước lớn hơn.

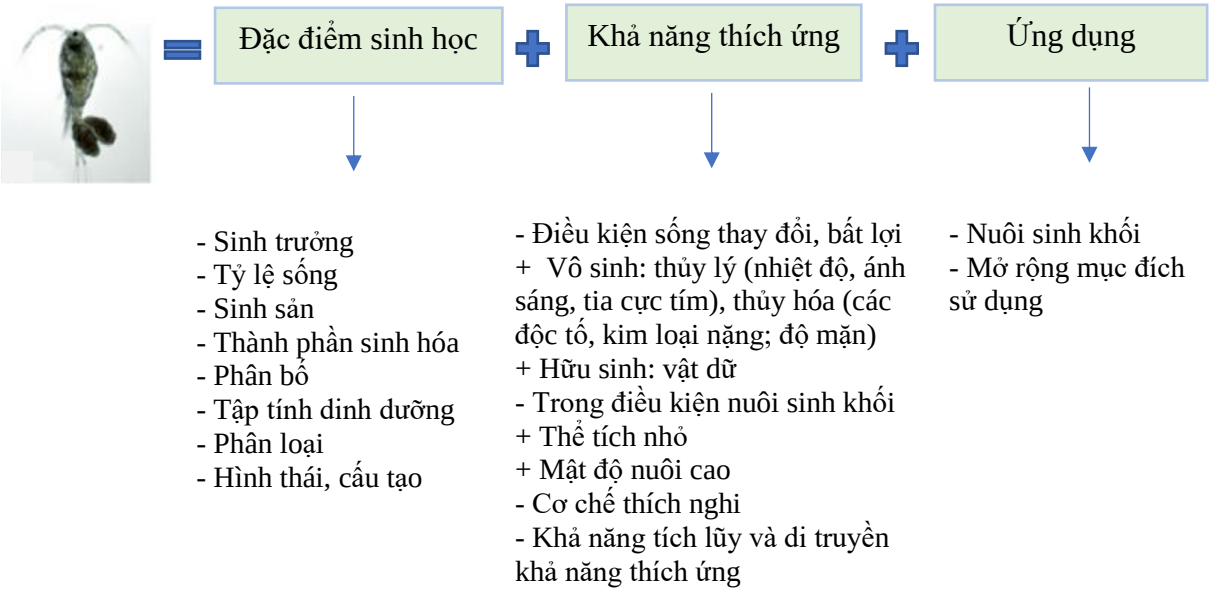
1.4. Tình hình nghiên cứu về Copepoda

Nhận xét chung

Copepoda có vai trò quan trọng trong ương nuôi ấu trùng cá biển. Nuôi sinh khối Copepoda vẫn là thách thức lớn. Nghiên cứu về Copepoda bắt đầu từ những 1980s. Các hướng nghiên cứu về Copepoda được tóm tắt tại Hình 1.10. Nghiên cứu về thành phần sinh hóa của Copepoda đã tập trung về lipid và acid béo (Gatten và ctv., 1983; Watanabe và ctv., 1983; Witt và ctv., 1984; Sargent và Henderson 1986; Fraser và Sargent 1989; Klungsøyr và ctv., 1989; Olsen và ctv., 1991; Van der Meeren và ctv., 1993; Norsker và

Støttrup 1994; Evjemo and Olsen 1997; Evjemo và ctv., 2003; Morehead và ctv., 2005); một số ít về amino acid và protein (Fyhn và ctv., 1993, 1995; Helland và ctv., 2003a, b, c); 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 lên Copepoda.



(Hình Copepoda theo Trương Sỹ Hải Trình, 2020)

Hình 1.10. Các vấn đề nghiên cứu về Copepoda

Giá trị đặc biệt của Copepoda

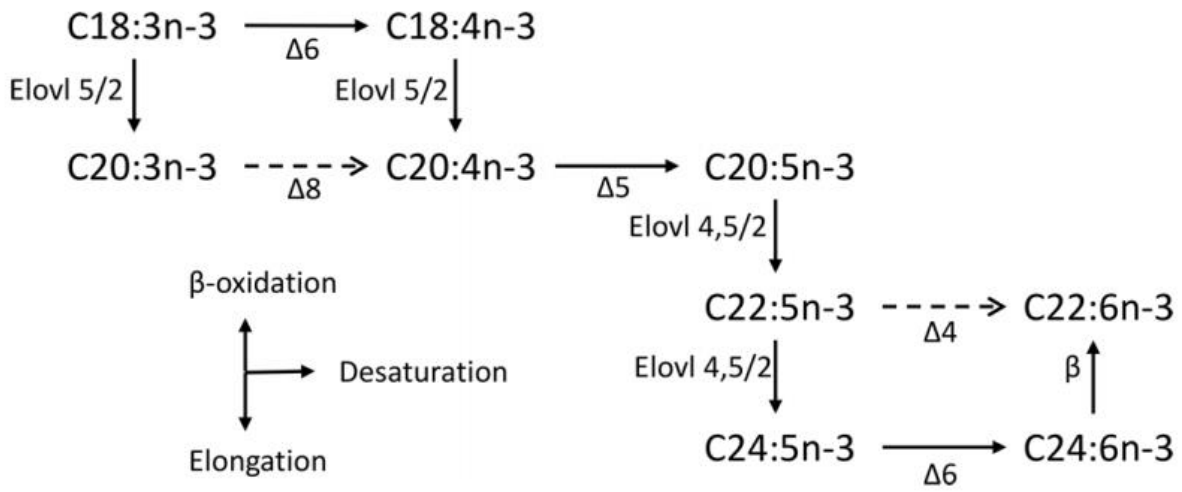
Apocyclops royi có khả năng tổng hợp acid béo không no họ n-3 và đã chỉ ra các enzyme tham gia vào quá trình này là Elovl4, Elovl5, Fad Δ5 và Fad Δ6 (Pan và ctv., 2017; Nielsen và ctv., 2019). Khả năng sinh tổng hợp acid béo không no họ n -3 được phát hiện ở calanoids *Calanus finmarchicus* (Bell và ctv., 2007) và *Paracalanus parvus* (Moreno và ctv., 1979), Harpacticoida *Tisbe holothuriae* (Norsker and Støttrup, 1994), Cyclopoida *Eucyclops serrulatus* (Desvilettes và ctv., 1997); *Tisbe sp* (Nanton và Castell,1998); *Paracyclopina nana* (Lee và ctv., 2006).

Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố sinh thái đến Copepoda

Nhiệt độ, độ mặn

Về ảnh hưởng của nhiệt độ, nghiên cứu mới đây của Doan và ctv. (2019) cho thấy *P. annandalei* bị tác động mạnh bởi nhiệt độ cao, cụ thể là làm giảm kích thước trưởng thành, buồng trứng nhỏ hơn, tỷ lệ nở thành công giảm, lượng naupli thu được

giảm và kết quả là giảm sự phong phú của loài. Khoảng nhiệt độ tối ưu cho quá trình hô hấp của *P. annandalei* là 26 – 32ºC (Lehette và ctv., 2016), thực tế loài này cũng phát triển quanh năm ở ao ngoài trời tại Đài Loan trong khoảng nhiệt độ từ 20 – 32ºC (Blanda và ctv., 2017). Theo công bố của Beyrend-Dur và ctv. (2011) thì loài này có tỷ lệ sống thấp nhất và tuổi thọ ngắn nhất ở 32ºC.



Hình 1.11. Con đường sinh tổng hợp acid béo theo Sprecher (2000) trong trường hợp của *A. royi* (Nielsen và ctv., 2019)

Trong quan sát của Chen và ctv. (2006) cho thấy *P. annandalei* có khả năng sống trong khoảng độ mặn rộng, cho tỷ lệ sống cao (đạt 98%) trong khoảng 5 – 15 ppt, tỷ lệ sống thấp nhất ở 35 ppt. Trong một quan sát khác khi kết hợp hai yếu tố nhiệt độ và độ mặn có ảnh hưởng đến kích thước cơ thể (Beyrend-Dur và ctv., 2011; Blanda và ctv., 2017). Theo đó, ở nghiệm thức 25ºC và 5 hay 15 ppt thì con cái có kích thước nhỏ hơn so với nghiệm thức 25 ppt và 25ºC.

Về sinh sản của *P. annandalei*, tuổi thành thục sinh sản lần đầu phụ thuộc nhiệt độ: khi nhiệt độ tăng thì thời gian đạt tuổi tuổi thành thục giảm. Nếu sống môi trường có nhiệt độ 18ºC thì tuổi thành thục lần đầu từ 20 đến 28 ngày, tương ứng ở 20ºC là 20 ngày, 25 – 33ºC là 7 đến 13 ngày (Beyrend-Dur và ctv., 2011; Chen và ctv., 2006). Khoảng thời gian sinh sản của con cái trong cả vòng đời khác nhau trong điều kiện nhiệt độ và độ mặn khác nhau. Ở độ mặn 10 và 20 ppt con cái có thời gian sinh sản dài nhất. Khoảng cách giữa hai lần đẻ giảm khi nhiệt độ tăng (Beyrend-Dur và ctv., 2011). Theo Chen và ctv. (2006) thì con cái sẽ dừng sinh sản ở 45 ngày tuổi nếu sống trong nhiệt độ 25 – 28ºC và thời gian sinh sản dài nhất (13 – 38 ngày), kéo dài hơn 10 ngày so với sống trong độ mặn 5, 10, 20 ppt. Golez và ctv. (2004) cho biết con cái đẻ trứng ít hơn ở nhiệt độ thấp so với nhiệt độ cao trong thí nghiệm có 4 mức (15, 20, 25, 33ºC. Sức sinh sản

của con cái cũng nhiều nhất ở độ mặn 15 ppt thể hiện có nhiều bọc trứng và thấp nhất ở 35 ppt (Chen và ctv., 2006). Theo nghiên cứu này thì số naupli nở ra đạt nhất ở 15 ppt và có xu hướng tăng dần từ 5 ppt, giảm khi độ mặn tăng cao hơn 15 ppt, cho kết quả thấp nhất ở 35 ppt. Beyrend-Dur và ctv. (2011) cho biết con cái trưởng thành được nuôi trong môi trường 30 ppt có sức sinh sản thấp hơn so với so với ở môi trường 10 và 20 ppt. Grønning và ctv. (2019) đã công bố về điều kiện môi trường ao nuôi ảnh hưởng đến khả năng sinh sản của *P. annandalei* tại Việt Nam.

Về thụ tinh và phát triển phôi của *P. annandalei*, độ mặn ảnh hưởng đến khả năng thụ tinh của trứng. Ở độ mặn 15 ppt, con cái đẻ các bọc trứng được thụ tinh cao hơn ở 5 và 25 ppt và ở nghiệm thức độ mặn 15 ppt và nhiệt độ 25°C cho tỷ lệ thụ tinh 100% (Beyrend-Dur và ctv., 2011). Phát triển phôi bị ảnh hưởng cả nhiệt độ và độ mặn. Khi nhiệt độ tăng thì thời gian phát triển phôi giảm (Beyrend-Dur và ctv., 2011). Theo quan sát của Golez và ctv. (2004) thì ở nhiệt độ 20 – 33°C trứng nở ra ấu trùng trong 24 giờ trong khi nghiệm thức 15°C thì không. Tỷ lệ nở ở độ mặn 15 ppt cao hơn so với 5 và 25 ppt (Beyrend-Dur và ctv., 2011). Công bố kết quả tương tự, Chen và ctv. (2006) cho biết tỷ lệ nở 100% ở độ mặn 15, 20 ppt trong khi phôi bị chết và trứng hỏng nhiều ở độ mặn 35 ppt. Tuổi con cái càng cao thì đẻ ra các bọc trứng hỏng nhiều, tức là ảnh hưởng đến chất lượng trứng (Beyrend-Dur và ctv., 2011).

Về khả năng thích ứng của *E. affinis*, Cailleaud và ctv. (2007) cho biết nhiệt độ và độ mặn ảnh hưởng đến hoạt động của enzyme acetylcholinesterase (AChE) và glutathione S-transferase (GST) của *E. affinis*. Theo công bố của nhóm tác giả này thì độ mặn thích hợp cho loài là 5 – 15 ppt. Độ mặn có ảnh hưởng đến hoạt động của AChE hơn so với nhiệt độ. Nếu AChE có vai trò xúc tác sự chấm dứt truyền tin qua synap thì GST có chức năng thúc đẩy quá trình giải độc các hợp chất nội sinh, liên kết với độc tố và hoạt động như một protein vận chuyển. Nghiên cứu của Devreker và ctv. (2004) với *E. affinis* cho thấy độ mặn thích hợp cho ấu trùng N1 trong khoảng 5 – 15 ppt. Kết quả cho thấy nghiệm thức cho tỷ lệ sống cao nhất là 15°C và 15 ppt. Độ mặn 35 ppt ảnh hưởng tiêu cực đến tỷ lệ sống của N1. Ban (1994) cho biết khi tăng nhiệt độ từ 10°C lên 20°C thì chiều dài cơ thể của *E. affinis* giảm 10%. Theo Beyrend-Dur và ctv. (2009) thì *E. affinis* có khả năng chịu mặn khác nhau ở các khu vực địa lý khác nhau. Nếu *E. affinis* ở sông Sein (Pháp) cho tỷ lệ chết cao ở 25 ppt thì bọn ở St. Lawrence (Canada) có thể chịu được độ mặn rộng. Ở độ mặn 5 ppt, quần thể *E. affinis* ở St. Lawrence có thời gian phát triển dài hơn so với ở sông Sein đã cho thấy quần thể ở đây thích nghi với độ mặn

thấp. Một nghiên cứu khác, trong điều kiện thức ăn thiếu, *E. affinis* giảm khả năng thích ứng với độ mặn nhưng với nhiệt độ thì không (Hammock và ctv., 2016). Một thực nghiệm của Posavi và ctv. (2014) cho thấy F1 của *E. affinis* có thể sống ở môi trường nước ngọt và chứng tỏ khả năng thích nghi tốt của chúng. Năm 2016, Rahlff và ctv. (2016) đã báo cáo cơ chế thích ứng với nhiệt độ của *E. affinis* là do biểu hiện của gen hsp90, grp78 (mRNA) và HSP70 (protein).

Về phát triển của *E. affinis*, Beyrend-Dur và ctv. (2007) cho biết khi nuôi ở nhiệt độ 10°C và 15°C thì thời gian phát triển tương ứng là 24 và 17 ngày. Nagaraj (1992) đã cho rằng phát triển của *E. affinis* chậm lại khi độ mặn 15 và 30 ppt. Theo tác giả này thì tác động đồng thời của cả nhiệt độ và độ mặn đến tỷ lệ chết cao hơn riêng lẻ từng yếu tố. Theo kết quả này giai đoạn naupli, copepodit có tỷ lệ sống cao nhất ở nghiệm thức nhiệt độ 15°C x độ mặn 20 ppt và 20°C x 15 ppt. Souissi và ctv. (2014) đã thực hiện lựa chọn kiểu gen qua 5 thế hệ có biểu hiện những đặc điểm sinh lý như kích thước cơ thể, mang trứng và tích lũy lipid dựa vào nhiệt độ. Nhóm nghiên cứu đã chọn hai dòng *E. affinis* nuôi ở 7°C và 20°C trong thời gian dài rồi đưa đến 24°C. Kết quả cho thấy F1 – F2 ở nhiệt độ thấp (7°C) có kích thước cơ thể và buồng trứng giảm trong khi tỷ lệ sống vẫn cao, trong khi F3 cho tỷ lệ sống rất thấp. Nếu so sánh hướng nuôi ở 7°C và 20°C thì ở nhiệt độ thấp vẫn cho các thông số trên tốt hơn.

Về sinh sản của *E. affinis*, Devreker và ctv. (2009) cho thấy thời gian phát triển phôi, thời gian trứng chín, kích thước túi trứng bị ảnh hưởng tiêu cực bởi nhiệt độ thấp (10°C) và độ mặn cao (25 ppt); ở nghiệm thức tổ hợp của 10°C và 25 ppt tỷ lệ chết của phôi lên đến 85%. Số lượng trứng trung bình của cá thể mẹ là 38 và 22 tương ứng ở độ mặn 15 ppt và 10 ppt. Nhóm nghiên cứu cũng khẳng định loài này phát triển tốt nhất ở 15 ^{o}C và đó là lý do chúng có mật độ cao trong mùa xuân và đầu mùa hè. Điều tra của Dur và Souissi (2017) cũng báo cáo 15°C là nhiệt độ thích hợp nhất với *E. affinis* ở sông Sein. Quan sát của Devreker và ctv. (2010) cho thấy mật độ của *E. affinis* cao (>200 x 103/m^{3}) vào tháng 3, 4 và giảm (<25 x 103/m^{3}) trong các tháng từ 5 đến 9 do nhiệt độ và độ mặn tăng ở sông Seine (Pháp). *E. affinis* là loài rộng muối, chúng vẫn sinh sản trong môi trường nước 5 ppt (Devreker và ctv., 2012). Nhiệt độ là yếu tố ảnh hưởng mạnh đến sinh sản của *E. affinis* Dur và ctv. (2009).

Một vài nghiên cứu về cách mà *E. affinis* có thể chịu được những thay đổi của nhiệt độ, độ mặn. Theo Kimmel và Bradley (2001) thì đó là do sự có mặt hoặc không có của một số protein, chúng có thể liên quan đến điều hòa axít amin không thiết yếu tự

do và tương tác trực tiếp với ion kim loại. Lee (1999) cũng cho biết *E. affinis* có thể sống được trong các độ mặn khác nhau (thậm chí trong môi trường nước ngọt) là do gen quyết định. Theo đó khi cho chúng vào nước có độ mặn 0 ppt thì tỷ lệ chết rất cao nhưng có một số con sống sót, phát triển qua thế hệ thứ hai. Lee (2016) chỉ ra cơ chế của *E. affinis* thích ứng với các độ mặn là do khả năng điều hòa các chất lỏng trong cơ thể, thay đổi khả năng vận chuyển các ion trong cơ thể (V-type H^+ ATPase, Na^+, K^+-ATPase).

Tỷ lệ sống và sức sinh sản của *Oithona similis* có tương quan thuận với nhiệt độ (trong khoảng 6 – 22°C) (Dvoretsky and Dvoretsky, 2009; Dvoretsky, 2012) và tỷ lệ nghịch với độ mặn vào mùa nước lạnh (Dvoretsky and Dvoretsky, 2015). Một vài nghiên cứu về thức ăn cho *Oithona* sp., theo Chilmawati và Suminto (2016) thì khi ăn tảo *Chaetoceros calcitrans, Isochrysis galbana* cho tăng trưởng (6,963 ± 0,38 cá thể/ml; (0,121 ± 0,003 cá thể/ngày), sức sinh sản tốt nhất (16,50 ± 2,74 trứng/cá thể). Theo Sabatini và Kiørboe (1994) thì *O. similis* tăng trưởng tốt ở 15°C.

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.

Ánh sáng

Ánh sáng là yếu tố kích thích, ảnh hưởng đến sinh sản, di chuyển lên bề mặt nước hay xuống tầng nước sâu hơn của Copepoda và hiện tượng ngủ đông của các loài Copepoda ôn đới (*Calanus* spp.; *Labidocera aesti*) (Marcus, 1986). So với các yếu tố sinh thái khác như nhiệt độ, độ mặn thì ánh sáng ít được quan tâm hơn. Một vài công trình công bố nhưng tập trung vào giải thích các hiện tượng thực tế mà chưa rõ cơ chế tác động. Ở Copepoda, hiện tượng tập trung ở bề mặt nước nhiều vào buổi tối và ngược lại – được chấp nhận là do tác động bởi ánh sáng, trường hợp cụ thể với *Acartia tonsa* (Stearns và Forward, 1984a,b).

Chu kỳ quang ảnh hưởng lớn đến khả năng sinh sản của Copepoda (Marcus, 1986). Marcus (1980, 1982) đã quan sát khả năng đẻ trứng của *L. aesti* và cho biết thời gian chiếu sáng ít hơn 12h/ngày thì chúng đẻ trứng và nếu thời gian chiếu sáng là 18h thì đẻ trứng bào xác. Nghiên cứu về chu kỳ quang trên loài Copepoda nhiệt đới - *Acartia sinjiensis* của nhóm tác giả Camus và Zeng (2008) cho thấy sức sinh sản có xu hướng

cao hơn ở nghiệm thức được chiếu sáng nhiều hơn. Tuy nhiên, trong điều kiện tối thì lượng trứng sinh ra tăng theo các ngày trong 8 ngày theo dõi. Kết quả cho biết số trứng/ngày cao nhất ở chế độ chiếu sáng 18L:6D và 24L:0D lần lượt là 17,6±1,7 và 17,6±1,8 trứng/cá thể cái/ngày. Tỷ lệ nở thành công sau 48 giờ cũng cao hơn ở chế độ chiếu sáng nhiều hơn. Thực nghiệm cho thấy tỷ lệ nở thành công cao nhất ở chế độ 24L:0D (87,2±1,4%), tiếp đến là 85,3±2,6% của chế độ 18L:6D.

Acartia sinjiensis được thí nghiệm với các chế độ chiếu sáng khác nhau và kết quả cho thấy sự phát triển của naupli, copepodit nhanh hơn ở chế độ chiếu sáng nhiều hơn. Ở chế độ 24L:0D, thời gian phát triển từ trứng đến trưởng thành là 6,00±0,33 ngày, con số này là 6,24±0,24 ngày chế độ 18L:6D. Trong khi tuổi thọ của loài này ở chế độ 24L:0D là 9,4±0,4 ngày và ngắn hơn các chế độ chiếu sáng ít hơn. Nghiên cứu này chưa phát hiện chu kỳ quang ảnh hưởng đến tỷ lệ đực cái. Qua đó, Camus và Zeng (2008) đã khuyến nghị nên nuôi *A. sinjiensis* ở chế độ 18L:6D để tối đa năng suất.

Glippa và ctv. (2013) cho biết chế độ chiếu sáng ảnh hưởng đến chất lượng trứng của *E. affinis*. Theo đó, chế độ chiếu sáng bằng hoặc ít hơn 12 giờ/ngày ở cả hai nhiệt độ 12 và 16°C cho tỷ lệ trứng bào xác thấp hơn ở chế độ tối. Farhadian và ctv. (2014) đã báo cáo ở chế độ 24L:0D và 12L:12D cho tăng trưởng, sinh sản cũng như tỷ lệ sống tốt nhất với loài *Apocyclops dengizicus*. Tuy nhiên, một quan sát khác cho thấy tỷ lệ nở thành công ở loài *Acartia grani* lại thấp hơn ở chế độ chiếu sáng nhiều hơn (16,7% ở 24L:0D; 20,8% ở 18L:6D và 52,6% ở 6L:18D; 50,0% ở 0L:24D) (Nogueira và ctv., 2017). Peck và Holste (2006) chỉ ra tỷ nở thành công của loài *Acartia tonsa* bị ảnh hưởng đáng kể bởi thời gian chiếu sáng, cụ thể là 27, 55, 85 và 78% tại số giờ chiếu sáng là 8, 12, 16 và 20h, tương ứng. Theo nhóm nghiên cứu này thì số trứng sinh ra không bị ảnh hưởng nhiều bởi thời gian chiếu sáng.

Phân tích ở trên cho thấy 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 chế độ chiếu sáng khác nhau vẫn chưa được biết.

Tia cực tím

Các quan sát trước đây cho thấy tia cực tím (280–400 nm) làm giảm sức sinh sản và tỷ lệ sống của Copepoda nước mặn (Karanas và ctv., 1981; Dey và ctv., 1988; Skreslet và ctv., 2005). Rodriguez và ctv. (2000) báo cáo tia cực tím làm giảm tỷ lệ nở của trứng loài *Calanus finmarchicus*, UVB tác động mạnh hơn UVA. Theo Naganuma và ctv. (1997) thì tia cực tím làm hỏng quá trình phát triển phôi của *Calanus sinicus*. Tuy nhiên, Cabrera và ctv. (1997) cho biết loài *Boeckella graalipes* ở hồ Andean (Chile) không bị ảnh hưởng bởi UVB trong mùa hè các năm từ 1991 – 1994. Tương tự, Garci´a và ctv. (2008) cũng đã cho biết nồng độ carotenoids và mycosporine không khác nhau ở *Boeckella graalipes* giữa mùa xuân và hè. Tuy nhiên, theo nghiên cứu này thì khi chịu tác động của UVB cùng với tăng nhiệt độ thì có thể bị kích thích bởi hai hiện tượng hấp thu và loại bỏ. Aarseth và Schram (2002) cho biết khi bị tác động của UVB (313 nm) thì hai loài Copepoda *Calanus finmarchicus*, *Lepeophtheirus salmonis* có phản ứng như tăng cường sắc tố, di chuyển xuống tầng nước sâu. Chúng được bảo vệ dưới tác động của UVB nếu ở dưới sâu hơn 1m so với tầng mặt. Dưới tác động của tia cực tím từ mặt trời thì Copepoda có thể hồi phục sau khoảng 150 phút (Overholt và ctv., 2016). Một quan sát khác của Tartarotti và ctv. (1999) cho thấy tỷ lệ sống giảm 5 lần khi *Boeckella gracilipes* chịu tác động của UVB của ánh nắng mặt trời so với chỉ chiếu trong 70h.

Cơ chế tác động của tia cực tím đến động vật phù du đã được Zagarese và Williamson (1994) báo cáo. Theo đó, động vật phù du dưới tác động của UVB sẽ gây tổn hại DNA, cụ thể là làm giảm pyrimidine dimers. Động vật phù du cũng có 3 phản ứng tích cực để chống lại tác động đó: thứ nhất là tiết ra enzyme photolase để sử dụng năng lượng từ UVA và ánh sáng bình thường (Shick và ctv., 1996); cách thứ hai là chúng tăng cường tiết các chất và sắc tố để hấp thụ tia cực tím – mycosporine có thể hấp thụ mạnh bước sóng 310–360 nm (Karentz và ctv., 1991; Adams và Shick, 1996), các hợp chất có sắt (Kumar và ctv., 1996), các sắc tố (carotenoids) (Ceradà-Olmedo và ctv., 1996; Speekmann và ctv., 2000), melanin cũng có tác dụng bảo vệ cơ thể dưới tác động của tia cực tím (Hessen và ctv., 1999) và cuối cùng là di chuyển xuống tầng nước sâu hơn (Zagarese và ctv., 1997; Leach và ctv., 2015). Một quan sát gần đây cho biết Copepoda sống ở hồ nước trong chịu ảnh hưởng của tia cực tím hơn ở ao nước đục, thực nghiệm cho thấy hàm lượng mycosporine, chất chống oxi hóa cao hơn ở chúng (Tartarotti và ctv., 2014). Thí nghiệm này xem xét tác động của tia cực tím đến Copepoda bằng cách sử dụng đèn để phát ra UVA (340 nm), gắn đèn cao 25 cm so với

đĩa petri có 100 cá thể Copepoda với 30 ml nước trong 4h. Venkataramana và ctv. (2017) cho biết loài *Pontella valida* (Dana, 1852) có màu xanh sáng và cho rằng đây là cách để bảo vệ tác động của tia cực tím ở Ấn Độ Dương.

Nhìn chung, 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. Theo đó, chúng tôi xem xét sự thay đổi kích thước cơ thể, sức sinh sản và số naupli/con cái của hai loài trên với mục đích lâu dài là tìm đối tượng có khả năng chống chịu với nhiệt độ cao trong mùa nắng nóng với sự tác động của tia cực tím cho các vùng sản xuất giống cá biển.

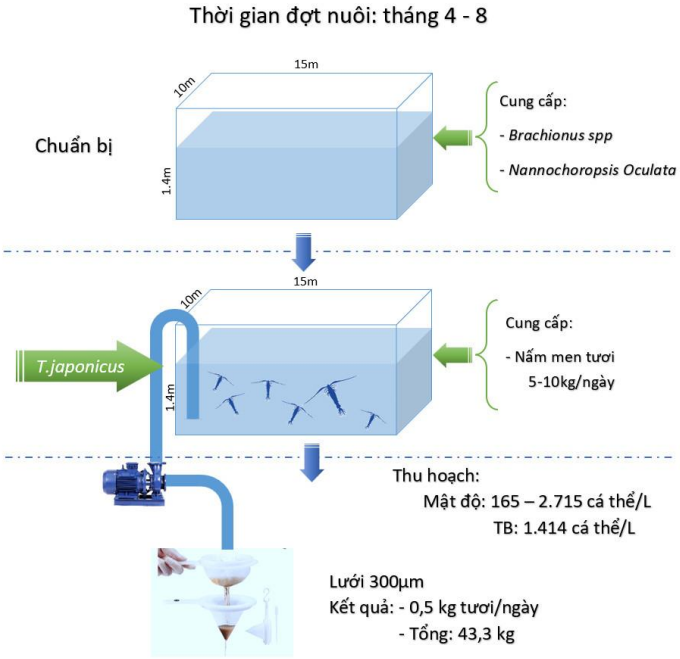
Đề tài nghiên cứu này là bước phát triển mới trên cơ sở kế thừa các kết quả nghiên cứu trước đây trên hai loài Copepoda nhiệt đới *P. incisus* và *O. rigida*. Nội dung của đề tài là các nghiên cứu cơ bản tác động của các yếu tố vật lý, hóa học và thức ăn cùng nhiệt độ cao của môi trường đến Copepoda trong điều kiện biến đổi khí hậu. Đề tài tập trung nghiên cứu về kích thước cơ thể qua các giai đoạn trong vòng đời, sinh sản trong điều kiện thí nghiệm có tác động đồng thời của nhiệt độ với tia cực tím; với chế độ chiếu sáng, với độ mặn, với thức ăn. Trong khi các nội dung nghiên cứu trên *O. rigida* hứa hẹn những phát hiện mới thì phần nghiên cứu về *P. incisus* là sự bổ sung cần thiết, giúp cung cấp đầy đủ thông tin hơn cho nuôi sinh khối.

1.5. Tình hình nuôi Copepoda

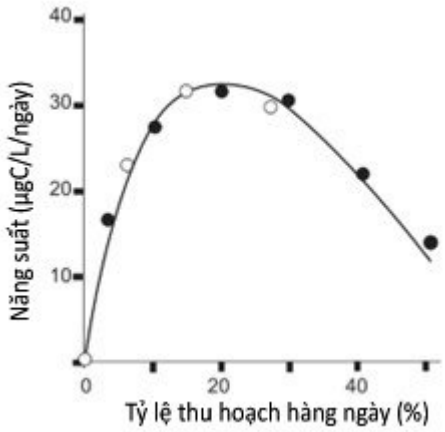
Nuôi sinh khối Copepoda bắt đầu từ những năm 1960s. Kỹ thuật nuôi Copepoda đã đạt được những bước tiến: từ việc nuôi quảng canh đến quảng canh cải tiến và thâm canh; từ quy mô nhỏ đến quy mô lớn. Tuy nhiên, nuôi Copepoda vẫn còn rất nhiều vấn đề về con giống (chịu được mật độ nuôi cao); sản xuất trứng bào xác; tăng năng suất; lây bệnh cho đối tượng nuôi; nâng cao chất lượng dinh dưỡng ở Copepoda. Nuôi copepoda gặp ba vấn đề sau: Thách thức về di truyền, cạnh tranh giữa các loài; thách thức về kỹ thuật nuôi và thương mại (Drillet và ctv., 2011). Trong phần này, kỹ thuật nuôi sinh khối Copepoda được thảo luận.

Nuôi sinh khối Copepoda bắt đầu được nghiên cứu vào năm 1972 ở Nhật Bản, với mục đích làm thức ăn cho ấu trùng cá biển. Ban đầu, 13 loài Copepoda được tập trung nghiên cứu gồm: *Acartia clausi, A. longiremis, Eurytemora pacifica, Euterpina acutifrons, Microsetella norvegica, Oithona brevicornis* (*O. davisae), O. nana, O. similis, Pseudodiaptomusinopinus, P. marinus*, và *Tigriopus japonicus.* Tuy nhiên, chỉ có *T. japonicus, Acartia tsuensis* được nuôi đại trà và làm thức ăn trong các trại sản xuất giống cá biển. Nuôi sinh khối Copepoda đã gặp những khó khăn như phát triển quần thể không ổn định và chậm; cần lượng tảo lớn, thay nước thường xuyên và nhiều.

Nuôi sinh khối *T. japonicus* đã được thực hiện thành công ở Nhật Bản vào năm 1976 – 1978. Nuôi *T. japonicus* có thể ở các bể có thể tích khác nhau. Một mô hình nuôi cụ thể như sau: nuôi trong bể 200 m^3 (15m x 10m x 1,4m); cung cấp luân trùng *Brachionus* spp. và tảo *Nannochloropsis oculata* vào bể trước khi thả Copepoda; trong quá trình nuôi cung cấp 5 – 10 kg nấm men tươi hàng ngày. Kết quả cho thấy mật độ *T. japonicus* đạt từ 165 – 2.715 cá thể/L (trung bình 1.414 cá thể/L) – tương đương 0,5 kg *T. japonicus* tươi/ngày, tổng khối lượng cả đợt nuôi là 43,2 kg (Fukusho và ctv., 1977). Đợt nuôi này được tiến hành trong tháng 4 - 8; kỹ thuật nuôi tương tự được thực hiện từ tháng 10 năm trước – tháng 1 năm sau thì thu được 1,6 kg/ngày, với tổng khối lượng của đợt nuôi là 65,5 kg (Fukusho và ctv., 1978) (Hình 1.12). Kết quả này cho thấy hiệu quả nuôi *T. japonicus* có tính mùa vụ - tức là ảnh hưởng của các yếu tố sinh thái.



Hình 1.12. Mô phỏng kỹ thuật nuôi sinh khối *T. japonicus* (theo nghiên cứu của Fukusho và ctv., 1977)



Hình 1.13. Mối tương quan giữa tỷ lệ thu hoạch hàng ngày và năng suất ngày (µgC/L/ngày) của *A. tsuensis* nuôi trong bể 24 m^3 (Ohno, 1991)

Theo Ohno (1991), nuôi *A. tsuensis* trong bể 24 m^3 với thức ăn là tảo *N. oculata*, có bón phân chuồng và phân hóa học dùng trong nông nghiệp. Tác giả theo dõi 50 ngày, kết quả về mật độ đạt ở các giai đoạn nauplius, copepodite và trưởng thành lần lượt là 1.300, 590 và 280 cá thể/L. *A. tsuensis* có hiện tượng ăn nhau nên phương án thu hoạch hàng ngày rất quan trọng (Hình 1.13).

Nuôi sinh khối *Acaritia spp.* trong bể có thể tích 100 và 1000 L, thức ăn là hỗn hợp tảo *Rhodomonas* sp., *Tetraselmis* sp. và *Isochrysis* sp. với mật độ là 20.000 tế bào/ml, trong điều kiện độ mặn 30 – 34 ppt và nhiệt độ 28 – 32°C. Tiến hành thu tỉa cá thể trưởng thành và phiêu sinh vật tạp (ví dụ luân trùng) 8 ngày một lần, một đợt nuôi trong 6 tháng (Schipp và ctv., 1999).

Nuôi sinh khối copepoda ngoài ao kết hợp với nuôi cá biển và tôm thẻ chân trắng ở Đài Loan. Hai yếu tố giới hạn năng suất copepoda là địch hại và sự đầy đủ của thức ăn. Phơi ao tầm 1 – 2 tuần rồi cấp nước vào ao, sử dụng saponin và hóa chất để diệt tạp ao trước khi nuôi copepoda. Khi cần tăng sinh số lượng copepoda, cá được thả vào ao với mật độ 1.000 con/0,6 ha. Khi nuôi copepoda là phụ, mật độ cá thả cao hơn – 35.000 cá bơn (*Scatophagus argus*) và 300.000 tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*)/0,7 ha. Để duy trì đủ thức ăn cho copepoda cần tập trung quản lý tảo trong ao. Thu copepoda hàng ngày trong khoảng 7 – 15 ngày với mắt lưới 100 – 200 µm, năng suất khoảng 20 – 200 kg/ha, trung bình 40 – 80 kg/ha (Su và ctv., 2005).

Đặc điểm của một loài Copepoda được chọn để nuôi gồm chu kì sinh sản nhanh, tỷ lệ sống cao, thành phần sinh hóa và hành vi bơi (Drillet và ctv., 2011). Harpacticoida có ưu điểm là sống đáy và nuôi ở mật độ cao (10.000 – 40.000 cá thể/L, Støttrup, 2003). Tuy nhiên nhược điểm của Harpacticoida là hầu hết các loài đều mang trứng nên khó

trong khâu thu hoạch nauplii trong các hệ thống lớn và hiện nay đã khắc phục được trong hình thức nuôi bán tự động với năng suất 1 – 2 triệu nauplii/ngày/600 L (Steenfeldt, 2008). Rhodes (2003) đã nuôi *Nitokra lacustris* đạt 8,2 triệu nauplii/ngày trong hệ thống 266 L.Cyclopoida được nuôi với mật độ khoảng 5.000 cá thể/L (Su và ctv., 2005), phù hợp với các loài cá ăn nổi. Cyclopoida có tiềm năng lớn nhưng chưa được nghiên cứu sâu, có thể do khó thu nauplii (Støttrup, 2006) và thiếu phương án bảo quản trứng. Calanoida phân bố rộng, ở mọi tầng nước nên là thức ăn tự nhiên của rất nhiều loài cá. Các loài được nuôi thường ở các giống *Acartia*, *Eurytemora*, *Gladioferens*, *Parvocalanus* và *Centropages* (O'Bryen và Lee, 2005). Ưu điểm của Calanoida là có thể lưu giữ trứng nhưng khó nuôi với mật độ cao vì ảnh hưởng đến tỷ lệ nở thành công và tỷ lệ sống (Peck và Holste, 2006), mật độ nuôi thường trong khoảng 100 – 1.000 cá thể/L, gần đây là 4.000 cá thể/L ở loài *A. tonsa* (Drillet và ctv., 2006).

Kỹ thuật bảo quản nauplii của loài *Gladioferens imparites* trong 12 ngày ở 8°C với tỷ lệ sống 99% nhưng 100% bị chết vào ngày thứ 36 (Payne và Rippingale, 2001). Lưu trữ trứng nghỉ của loài *Centropages hamatus* được 17 tháng với tỷ lệ nở >80% (Marcus và Murray, 2001).

Nuôi *Oithona colcarva* trong điều kiện nhiệt độ 30°C, độ mặn 30 ppt và ăn hỗn hợp tảo *Isochrysis lutea* (5–6 µm), *Chaetoceros gracilis* (5–15 µm) và *Tetraselmis chuii* (9–12 µm) với tỷ lệ 1:1:1 (mật độ tảo trong khoảng 281. 333 ± 50. 404 tế bào/ml); mật độ 8 cá thể/ml cho kết quả tốt nhất (Broach và ctv., 2017).

Theo Franco và ctv. (2017), nuôi *Acartia tonsa* với mật độ trong khoảng 100 – 6.000 cá thể/L, mật độ nuôi cao không ảnh hưởng đến tăng trưởng nhưng làm tăng tỷ lệ chết (từ 2.5%/ngày ở mật độ <1000 cá thể/L lên 3,5 – 4%/ngày ở mật độ 3.000 – 6.000 cá thể/L). Tuy nhiên, tổng năng suất *Acartia tonsa* vẫn cao hơn khi nuôi ở mật độ cao.

Ananth và Santhanam (2019) đã tiến hành nuôi *Tisbe* sp. trong phòng thí nghiệm và bể ngoài trời. Điều kiện nuôi của hai hình thức như nhau với nhiệt độ 28°C, độ mặn 28 ppt, pH 8,2, thức ăn là tảo *I. galbana* với mật độ 25.000 tế bào/ml/ngày. Nuôi *Tisbe* sp. trong phòng thí nghiệm: 20 – 30 cá thể copepoda được nuôi 15 ngày trong bình 500 ml; kết quả thu được 18.984 cá thể/L. Trong khi nuôi *Tisbe* sp. ngoài trời được thực hiện trong bể 100 L (0,54 m x 0,81 m) với 150 – 200 cá thể trong 45 ngày, kết quả thu được là 120. 262 cá thể/L.

Nuôi sinh khối copepoda phụ thuộc vào mục đích và điều kiện thực tế. Harpacticoida và Cyclopoida được chọn nuôi với mật độ cao, sản lượng lớn tại bất kì

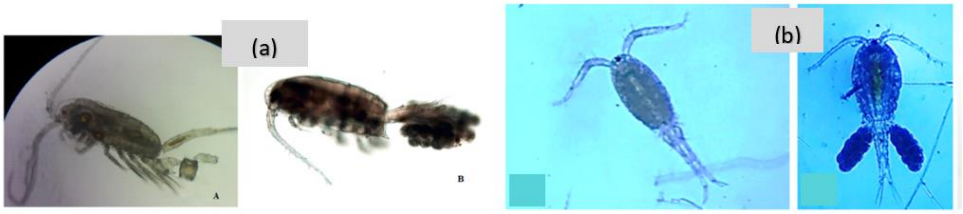
thời điểm nào. Trong khi đó, Calanoida được nuôi trong bối cảnh bị giới hạn về thời gian hay để sản xuất trứng. Trong nuôi công nghiệp Copepoda, kỹ thuật cho ăn nên tự động để đảm bảo mật độ thức ăn thay vì cho ăn 1 – 2 lần/ngày. Phương pháp nuôi Copepoda trong hệ thống tuần hoàn được khuyến khích. Chọn và lai tạo giống Copepoda có thể thích ứng với nuôi mật độ cao cần được tiến hành. Cải tiến phương pháp thu trứng và nauplii Coepepoda. Các yếu tố sinh thái tác động đến sinh trưởng và sinh sản của Copepoda nên cần ứng dụng để đạt các mục đích trong sản xuất Copepoda. Ví dụ tăng cường chiếu sáng làm tăng tỷ lệ nở của Copepoda. Tính khả thi của nuôi sinh khối Copepoda cao nhưng cần nỗ lực nghiên cứu sâu hơn (Drillet và ctv., 2011).

CHƯƠNG 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

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

2.1.1. 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, số nauplii/con cái sau 30h của loài *P. incisus và O. rigida.*



Hình 2.1. *P. incisus* (a) và *O. rigida* (b)

2.1.2. Thời gian nghiên cứu

Các thí nghiệm được tiến hành từ tháng 5 năm 2019 đến tháng 12 năm 2021

2.1.3. Địa điểm nghiên cứu

Nguồn Copepoda được thu tại các ao nuôi tôm tại Cam Ranh, Khánh Hòa;

Các thí nghiệm được tiến hành tại Trại nghiên cứu nuôi trồng hải sản Cam Ranh, Trường Đại học Nha Trang.

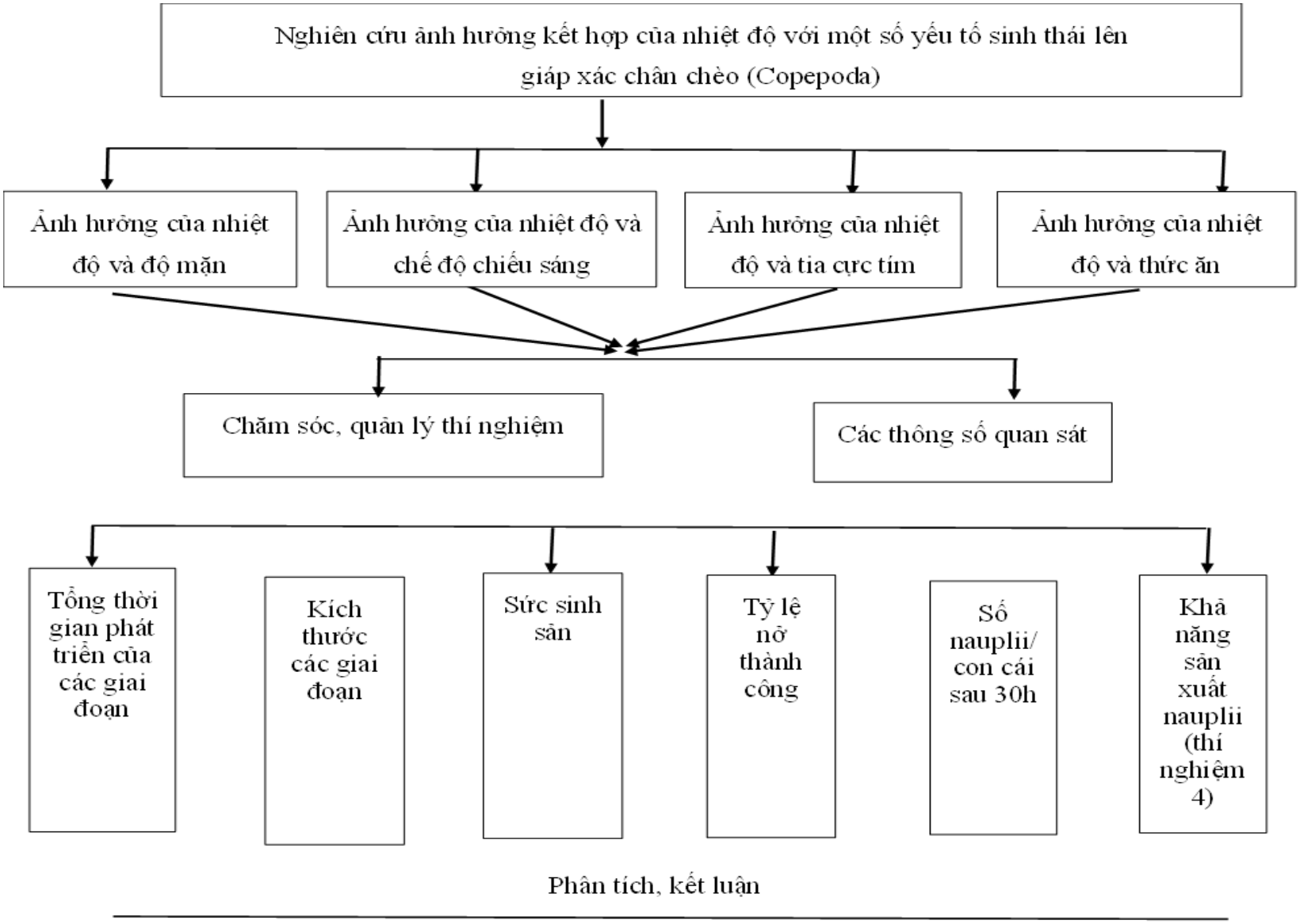
2.2. Nội dung nghiên cứu

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 số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus, O. rigida*

Thí nghiệm 2: Ảnh hưởng của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng đến thời gian phát triển, kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus, O. 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 số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus, O. 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 số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus, O. rigida*



Hình 2.2. Sơ đồ khối nội dung nghiên cứu

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp thu mẫu *P. incisus, O. rigida*

P. incisus và *O. rigida* đực và cái trưởng thành được thu từ ao (sâu 1,2 m) bằng lưới có kích thước mắt lưới 200 µm tại Trại thực nghiệm Cam Ranh, Viện Nuôi Trồng Thủy Sản vào năm 2019, 2020 (tùy thí nghiệm). Kích thước (Prosome length ± SE) của con đực và cái loài *P. incisus* tương ứng là 629,26 ± 2,31 và 735,01 ± 2,50 µm (n = 100 cá thể cho mỗi giới tính). Loài *O. rigida* có kích thước cơ thể trung bình của con đực và cái lần lượt là 354,12 ± 1,71; 387,87 ± 1,62 µm (n = 100 cá thể cho mỗi giới tính). Sức sinh sản của *P. incisus* và *O. rigida* lần lượt là 20,14 ± 0,20 trứng/cái (n = 100); 9,25 ± 0,12 trứng/cái (n = 30). . Loài copepoda *P. incisus* và *O. rigida* được phân loại bằng phương pháp hình thái, dựa theo mô tả hình thái của Golez và ctv. (2004); Santhanam và Perumal (2013). Phân loại copepoda dựa vào các đặc điểm của hình dạng tổng thể, chiều dài râu, số đốt ở phần bụng và phần đầu ngực, đặc điểm của chạc đuôi. Mẫu 2 loài Copepoda cũng được gửi đến chuyên gia phân loại về copepoda Trương Sĩ Hải Trình phân loại.

Điều kiện môi trường ao thu *P. incisus*: độ mặn 23 - 30 ppt, nhiệt độ 29°C – 30°C, pH = 8,1 – 8,3, hàm lượng ôxy hòa tan 5 – 6 mg/L. Điều kiện môi trường ao thu *O. rigida*: độ mặn 32 ppt, nhiệt độ 29°C, pH = 8,1 – 8,3, hàm lượng ôxy hòa tan 5 – 6 mg/L.

Copepoda được chuyển đến phòng thí nghiệm ướt 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). Chúng cũng được thuần hóa từ từ về độ mặn theo các thí nghiệm. Trong quá trình thuần nhiệt độ và độ mặn, *P. incisus* và *O. rigida* được cho ăn tảo *I. galbana* (30.000 – 35.000 tế bào/ml, tương ứng với 800 µgC/L) (Doan ctv., 2018) và điều kiện ánh sáng 12L : 12D.

Tuyển chọn con Copepoda cái để sản xuất nauplii cho các thí nghiệm: hoạt động bơi nhanh, mang trứng to và nhiều (bọc trứng còn nguyên, chưa đẻ).

2.3.2. 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 m^3, rồi được lọc qua cát trong bể có thể tích 200 m^3 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.

Công thức đường chéo:

$$\begin{array}{ccc} C_1 & & |C_2 - C| \\ & C & \\ C_2 & & |C_1 - C| \end{array} \quad \rightarrow \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{|C_2 - C|}{|C_1 - C|}$$

Trong đó: C là độ mặn nước cần đạt được; C1, C2 là nước có độ mặn 1 và 2 sử dụng để hòa trộn thành nước có độ mặn C; V1, V2 là thể tích nước có độ mặn 1 và 2 cần để hòa trộn.

2.3.3. Tảo

Tảo sử dụng làm thức ăn cho Copepoda là tảo *I. galbana* 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 máy 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 24/24h. 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 *I. galbana, C. muelleri* và *T. chui*.

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 µL cho vào buồng đếm hồng cầu và đếm ở vật kính 4 -10, lặp lại 5 lần.

Công thức: Mật độ tảo (tế bào/ml) = N (tổng số tế bào ở 5 ô đếm) *5*10^4

Phương pháp quy đổi mật độ tảo từ tế bào/ml sang µgC/L: Thí nghiệm 4 đánh giá ảnh hưởng của tảo đến sinh trưởng và sinh sản của *P. incisus* và *O. rigida*. Thí nghiệm 4 thí nghiệm với 3 loài tảo, chúng có kích thước và khối lượng/tế bào khác nhau Bảng 2.1). Mật độ dưới dạng khối lượng được sử dụng nhằm đảm bảo lượng vật chất cho *P. incisus* và *O. rigida* ăn như nhau ở các nghiệm thức.

Công thức quy đổi: Mật độ (tế bào/ml) = [mật độ cho ăn (µgC/L)*1.000.000]/khối lượng tế bào tảo.

Bảng 2.1. Kết quả chuyển đổi giữa tế bào/ml và µgC/L của *I. galbana, C. muelleri, T. chui*

Loài tảo	Kích thước (µm, L × W)	Khối lượng (pgC/tế bào)	Tài liệu tham khảo	Mật độ thí nghiệm (µgC/L)	Mật độ (tế bào/ml)
I. galbana	6 x 6	25,9	Berggreen và ctv., 1988	160	6.178
				800	30.888
				1.600	61.776
C. muelleri	7 x 7	9,2	McKinnon và ctv., 2003	160	17.391
				800	86.957
				1.600	173.913
T. chui	12 x 8	89,9		160	1.780
				800	8.899
				1.600	17.798

Chú thích: L x W: chiều dài x chiều rộng

2.3.4. Hệ thống thí nghiệm

Thiết kế gồm 3 hệ thống thí nghiệm riêng biệt tương ứng với 3 mức nhiệt độ 26ºC, 30ºC và 34ºC. Hệ thống thí nghiệm của nhiệt độ 26ºC, gồm 8 bể composít (40 x 80 x 50cm) bố trí thành 2 hàng trong phòng được điều chỉnh nhiệt độ bằng máy điều hòa. Hệ thống thí nghiệm của nhiệt độ 30 và 34ºC 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. Trong quá trình xem xét thực tế, nhận thấy ở hệ thống 26ºC khi sử dụng máy điều hòa, nhiệt độ ở các bể khá đồng nhất. 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.

2.3.5. Phương pháp thu thập các thông số

2.3.5.1. 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 để 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.

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

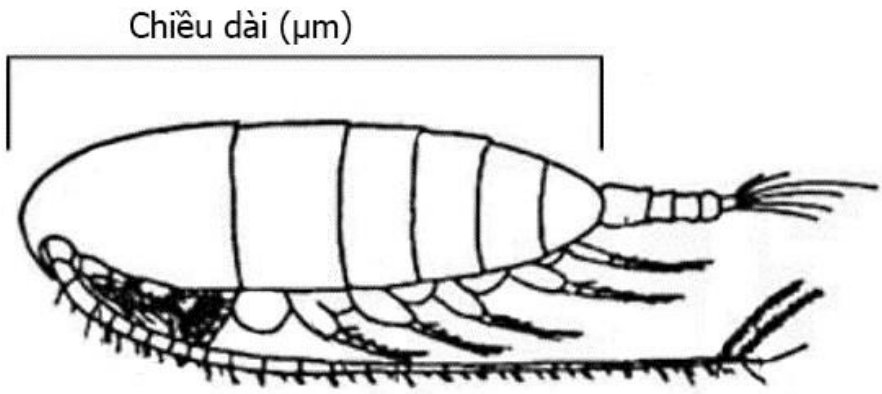
Phương pháp lấy mẫu Copepoda: Mẫu Copepoda được thu định kì 24h/lần, mỗi lần thu 30 ml mẫu ở mỗi đơn vị thí nghiệm sau khi đã khuấy đều. Lượng Copepoda được lọc bằng lưới có mắt lưới 50 µm và chuyển vào đĩa petri (đã có dán nhãn về nghiệm thức, thứ tự lặp và thứ tự ly), được cố định bằng formalin 4%. 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).



Hình 2.3. Mô phỏng đo chiều dài Copepoda (copepodite và con trưởng thành)

2.3.5.3. 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.

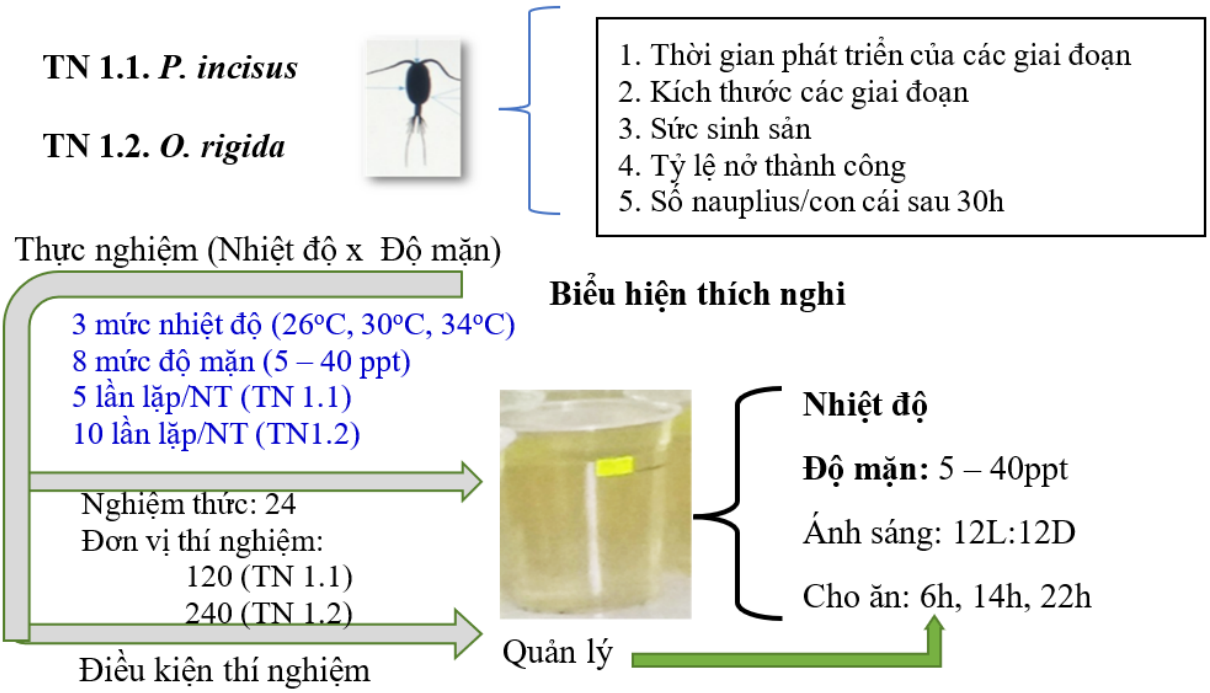
Phương pháp xác định: Sau 30h bố trí thí nghiệm, tiến hành lọc nauplii bằng lưới có mắt lưới 50 µm và để vào đĩa petri, cố định bằng formalin 4%. Sau đó, đếm số nauplii dưới kính soi nổi SZ51, ghi nhận kết quả.

2.4. Bố trí thí nghiệm

2.4.1. 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 số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus*, *O. rigida*

Sơ đồ bố trí thí nghiệm: được trình bày ở Hình 2.4



Hình 2.4. Sơ đồ bố trí thí nghiệm 1

Nước thí nghiệm: Nước dùng để nuôi Copepoda trong thí nghiệm 1 được pha và duy trì ở 8 mức độ mặn (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 và 40 ppt) trong suốt thời gian thí nghiệm.

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

Copepoda: **Copepoda sử dụng cho thí nghiệm** được mô tả tại mục 2.3.1 và có một số đặc điểm khác như sau: Tiến hành thu Copepoda trong ao nuôi tôm vào tháng 7 năm 2019. Tiến hành thuần độ mặn đến các mức thí nghiệm gồm 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 nauplii dùng cho thí nghiệm tương ứng với các nghiệm thức.

Bố trí thí nghiệm

Để đánh giá ảnh hưởng kết hợp giữa nhiệt độ và độ mặn đến sinh trưởng và sinh sản của *P. incisus*, thí nghiệm đã được tiến hành với 3 mức nhiệt độ 26°C, 30°C và 34°C và 8 mức độ mặn (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 và 40 ppt). 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 720 ml nước biển theo 8 mức độ mặn và 3 mức nhiệt độ. Nauplii nở từ trứng của các con cái mang trứng theo từng đơn vị thí nghiệm của các nghiệm thức và sau 30h (từ lúc bố trí 30 con cái mang trứng vào ly nhựa), tiến hành lọc con cái được loại bằng lưới lọc có mắt lưới 200 µm (Doan và ctv., 2018, 2019; Grønning và ctv., 2019). Kết quả thu được khoảng 600 – 700 nauplii/ly để tiến hành thí nghiệm. Sau đó, tất cả nauplii của mỗi đơn vị thí nghiệm được bố trí vào các ly với 720 ml nước có cùng nhiệt độ và độ mặn theo từng nghiệm thức và thí nghiệm bắt đầu.

Quản lý và chăm sóc

Trong cả quá trình nuôi, *P. incisus* được cho ăn cùng loài tảo và mật độ như thời gian thuần (mục 2.3.1); cho ăn 3 lần/ngày vào lúc 6, 14 và 22h. Thời điểm bắt đầu cho ăn từ giai đoạn nauplius 2 (sau 10h từ khi thí nghiệm bắt đầu). Nhiệt độ và độ mặn được kiểm tra hàng ngày vào lúc cho ăn. Hàng ngày, nước được cấp thêm hoặc thay mới để đảm bảo về độ mặn. 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 2.3.5

Phương pháp tính sinh khối các giai đoạn: Mối tương quan giữa chiều dài cơ thể (µm) và sinh khối các bon (µg) được mô tả bởi Rayne và ctv. (2015). Phương trình hồi quy là C (µg) = $a*L^b$ với C là sinh khối các bon (µg); L là chiều dài cơ thể (µm), a và b là các hệ số (Bảng 2.2).

Bảng 2.2. Hệ số a,b trong phương trình C (µg) = $a*L^b$ (Rayner và ctv., 2015)

Giai đoạn	Hệ số a	Hệ số b
Nauplius	$2,20 \times 10^{-7}$	2,495
Copepodite	$2,19 \times 10^{-9}$	3,136
Con đực	$2,19 \times 10^{-9}$	3,136
Con cái	$2,43 \times 10^{-8}$	2,851
Con cái mang trứng	$2,43 \times 10^{-8}$	2,851

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.

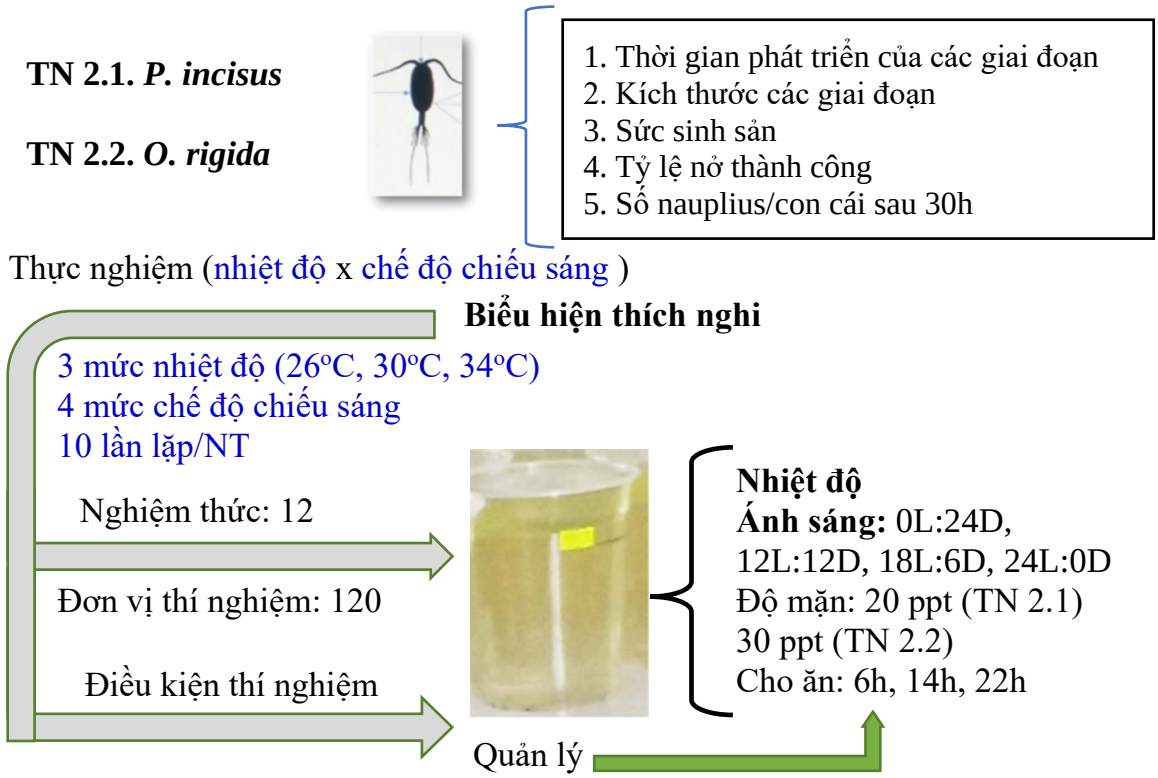
Bố trí thí nghiệm: Tương tự như thí nghiệm 1.1. Điểm khác so với thí nghiệm 1.1 là số con cái mang trứng/ly (đơn vị thí nghiệm) là 50 và số lần lặp lại của mỗi nghiệm thức là 10. Để đảm bảo lượng nauplii/đơn vị thí nghiệm từ 600 – 700 cá thể và dựa vào thí nghiệm thăm dò nên số lượng con cái mang trứng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

Quản lý và chăm sóc: tương tự thí nghiệm 1.1

Phương pháp thu thập các thông số: Trình bày tại mục 2.3.5

2.4.2. Thí nghiệm 2

Ảnh hưởng của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng đến thời gian phát triển, kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus, O. rigida*



Hình 2.5. Sơ đồ bố trí 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*

Copepoda: Tương tự mô tả tại mục 2.3.1 và có một số đặc điểm khác như sau: Tiến hành thu Copepoda trong ao nuôi tôm tại Cam Ranh +11◦49′24.74 N; +109◦07′25.34 E) vào tháng 5 năm 2019. Tiến hành thuần *P. incisus* về độ mặn 20 ppt.

Bố trí thí nghiệm

Đánh giá ảnh hưởng của từng yếu tố và kết hợp giữa chế độ chiếu sáng và nhiệt độ đến sinh trưởng và sinh sản của *P. incisus*, thí nghiệm được thiết kế với 3 mức nhiệt độ 26ºC, 30ºC, 34ºC và 4 chế độ chiếu sáng: 0L:24D, 12L:12D, 18L:6D và 24L:0D. Số nghiệm thức là 12, 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 chiếu sáng 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 nhiệt độ và ánh sáng, nghiệm thức 0L:24D được quan sát, 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 trong thí nghiệm của Kim và ctv. (2019). Các đơn vị thí nghiệm của các nghiệm thức được che kín bằng bạt màu đen nên không có ảnh hưởng của ánh sáng khác ngoài ánh sáng thí nghiệm.

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. *P. incisus* được cho ấp nở ở nhiệt độ 26ºC, 30ºC và 34ºC và điều kiện chiếu sáng 12L: 12D trong 30h (Doan và ctv., 2018, 2019; Grønning và ctv., 2019). Sau đó, khoảng 600 – 700 nauplii/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.

Quản lý và chăm sóc: tương tự thí nghiệm 1.1. Trong thời gian thí nghiệm, thực hiện việc tắt và mở đèn ở các nghiệm thức đúng vưới thiết kế.

Phương pháp thu thập các thông số: Trình bày tại mục 2.3.5

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

Copepoda: Thực hiện tương tự như loài *P. incisus* nhưng khác vị trí ao nuôi tôm vào tháng 2 năm 2020. Tương tự thí nghiệm 1.2.

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.

Quản lý và chăm sóc: tương tự thí nghiệm 1.1

Phương pháp thu thập các thông số: Trình bày tại mục 2.3.5

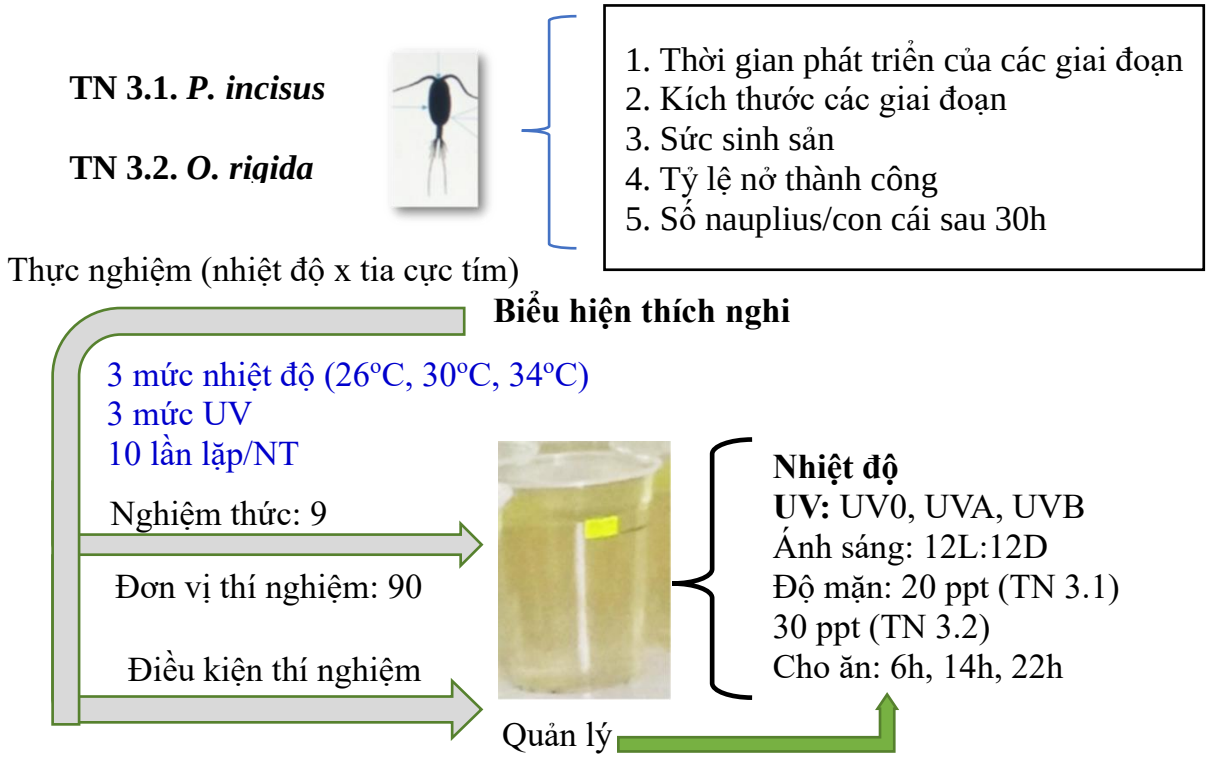
2.4.3. Thí nghiệm 3

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 số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus, O. rigida*

Nước thí nghiệm: Tương tự thí nghiệm 2

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

Copepoda: Tương tự mô tả tại thí nghiệm 2.1. Tiến hành thu Copepoda trong ao nuôi tôm tại Cam Ranh +11◦49′24.74 N; +109◦07′25.34 E) vào tháng 5 năm 2020.



Hình 2.6. Sơ đồ bố trí thí nghiệm 3.3

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*, thí nghiệm đã được thiết kế với 3 mức nhiệt độ

26ºC, 30ºC và 34ºC và 2 chế độ tia UV (UVA và UVB) và nghiệm thức đối chứng UV0. Số nghiệm thức là 9, 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, nghiệm thức UV0 được quan sát, 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.

Quản lý và chăm sóc: tương tự thí nghiệm 1.1

Phương pháp thu thập các thông số: Trình bày tại mục 2.3.5

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

Copepoda: Thực hiện tương tự như loài *P. incisus* nhưng khác vị trí ao nuôi tôm vào tháng 2 năm 2020. Tương tự thí nghiệm 3.1.

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.

Quản lý và chăm sóc: tương tự thí nghiệm 1.1

Phương pháp thu thập các thông số: Trình bày tại mục 2.3.5

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 số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus, O. rigida*

Hình 2.7. Sơ đồ bố trí thí nghiệm 4

Nước thí nghiệm: Tương tự thí nghiệm 3.

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

Copepoda: Tương tự thí nghiệm 3.1

Bố trí thí nghiệm

Đánh giá ảnh hưởng của từng yếu tố và kết hợp giữa nhiệt độ và thức ăn đến sinh trưởng và sinh sản của *P. incisus*, thí nghiệm được thiết kế với 3 mức nhiệt độ 26°C, 30°C và 34°C và 3 loài tảo (*Chaetoceros muelleri*, *I. galbana* và *T. chui*), 3 mức mật độ cho mỗi loài tảo (160; 800 và 1.600 µgC/L). Số nghiệm thức là 27, 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 có độ mặn 20 ppt. Sau đó, khoảng 600 – 700 nauplii/ly được thu để tiến hành thí nghiệm. Nauplius được bố trí vào các ly có chứa nước có cùng nhiệt độ và mật độ tảo theo từng nghiệm thức và thí nghiệm bắt đầu.

Quản lý và chăm sóc: Tương tự thí nghiệm 1.1 và có sự khác biệt như sau: các nghiệm thức được cho ăn theo loài tảo và mật độ theo đúng thiết kế.

Phương pháp thu thập các thông số: Trình bày tại mục 2.3.5 và có sự khác biệt như sau:

- Số lượng nauplii/con cái: Theo dõi số lượng nauplii của cả vòng đời con *P. incisus* cái. Ở mỗi nghiệm thức, thu ngẫu nhiên 10 con cái mang trứng và 10 con đực, sau đó chuyển mỗi con cái và con đực đến ly có nước và tảo tương ứng với điều kiện thí nghiệm của từng nghiệm thức. Số lần lặp của mỗi nghiệm thức là 10. Hàng ngày, thu nauplii bằng lưới có kích thước mắt lưới 50 µm, chuyển chúng vào đĩa petri theo từng nghiệm thức và thứ tự lần lặp, cố định bằng lugol 4% và đếm dưới kính soi nổi (SZ51, Olympus, Nhật) (Doan và ctv., 2019); chăm sóc Copepoda 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 nauplii/con cái của nghiệm thức là số nauplius trung bình của từng con cái.

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

Copepoda: Tiến hành thu Copepoda trong ao nuôi tôm tại Cam Ranh vào tháng 2 năm 2021. 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 và có điểm khác biệt như sau:

Khởi đầu thí nghiệm, 13.500 con cái *O. rigida* mang trứng được bố trí ngẫu nhiên vào 270 ly nhựa 1L (50 con cái/ly). Sau đó, khoảng 600 - 700 nauplii/ly được thu để tiến hành thí nghiệm.

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 chế độ chiếu sáng 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/con 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 chế độ chiếu sáng 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 ± 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

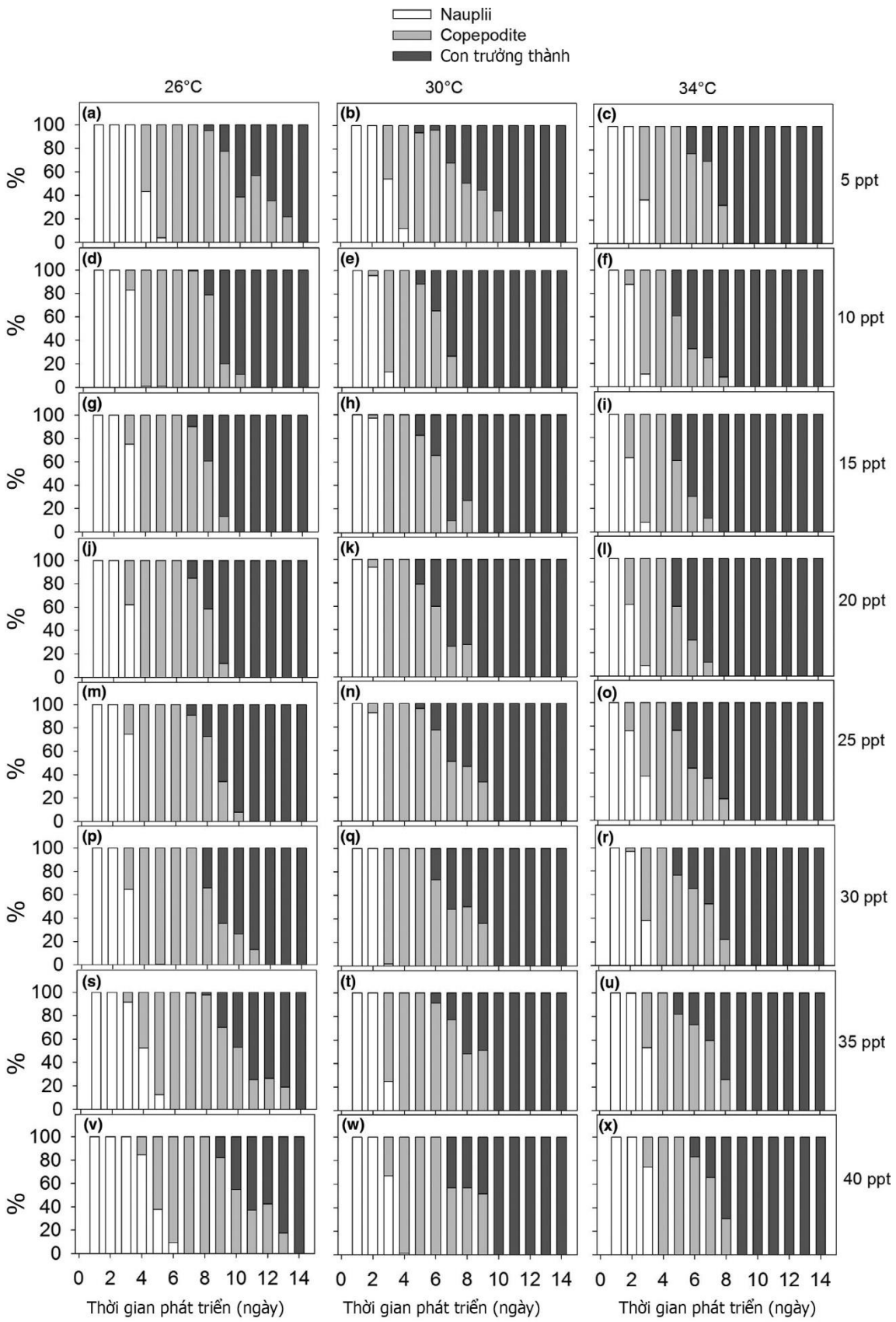
3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn lên Copepoda

3.1.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn đến thời gian phát triển, kích thước cơ thể của các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái sau 30h của loài *P. incisus*

3.1.1.1. Thời gian phát triển của các giai đoạn

Nhìn chung, thời gian phát triển giai đoạn nauplius ngắn hơn ở nhiệt độ cao (P<0,001) nhưng tác động của nhiệt độ phụ thuộc vào độ mặn (P<0,001). Thời gian phát triển của giai đoạn nauplius ngắn nhất (2 ngày) ở các nghiệm thức nhiệt độ 30°C và độ mặn 15 – 25 ppt; 3 ngày ở các nghiệm thức khác. Thời gian phát triển của giai đoạn nauplius là 4 ngày ở nghiệm thức nhiệt độ 30°C và độ mặn 5 ppt; là 5 ngày ở nghiệm thức nhiệt độ 26°C và độ mặn 5 ppt và 35 ppt. Thời gian phát triển của giai đoạn nauplius dài nhất ở nhiệt độ thấp và độ mặn cao, cụ thể là thời gian phát triển giai đoạn nauplius gấp 3 lần so với các nghiệm thức nhiệt độ 30°C và độ mặn 15 – 25 ppt (Hình 3.1).

Tương tự như thời gian phát triển ở giai đoạn nauplius, thời gian phát triển giai đoạn copepodite nhanh hơn ở nhiệt độ cao (P<0,001), kết quả thể hiện rõ ở hai nghiệm thức độ mặn 15 và 20 ppt (P<0,001). Cả hai nghiệm thức độ mặn 15 và 20 ppt có 100% copepodite 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 copepodite dài nhất ở nghiệm thức độ mặn thấp (5 ppt) và cao (35 ppt, 40 ppt) ở nhiệt độ 26°C, 100% copepepodit trưởng thành vào ngày thứ 14 (Hình 3.1).



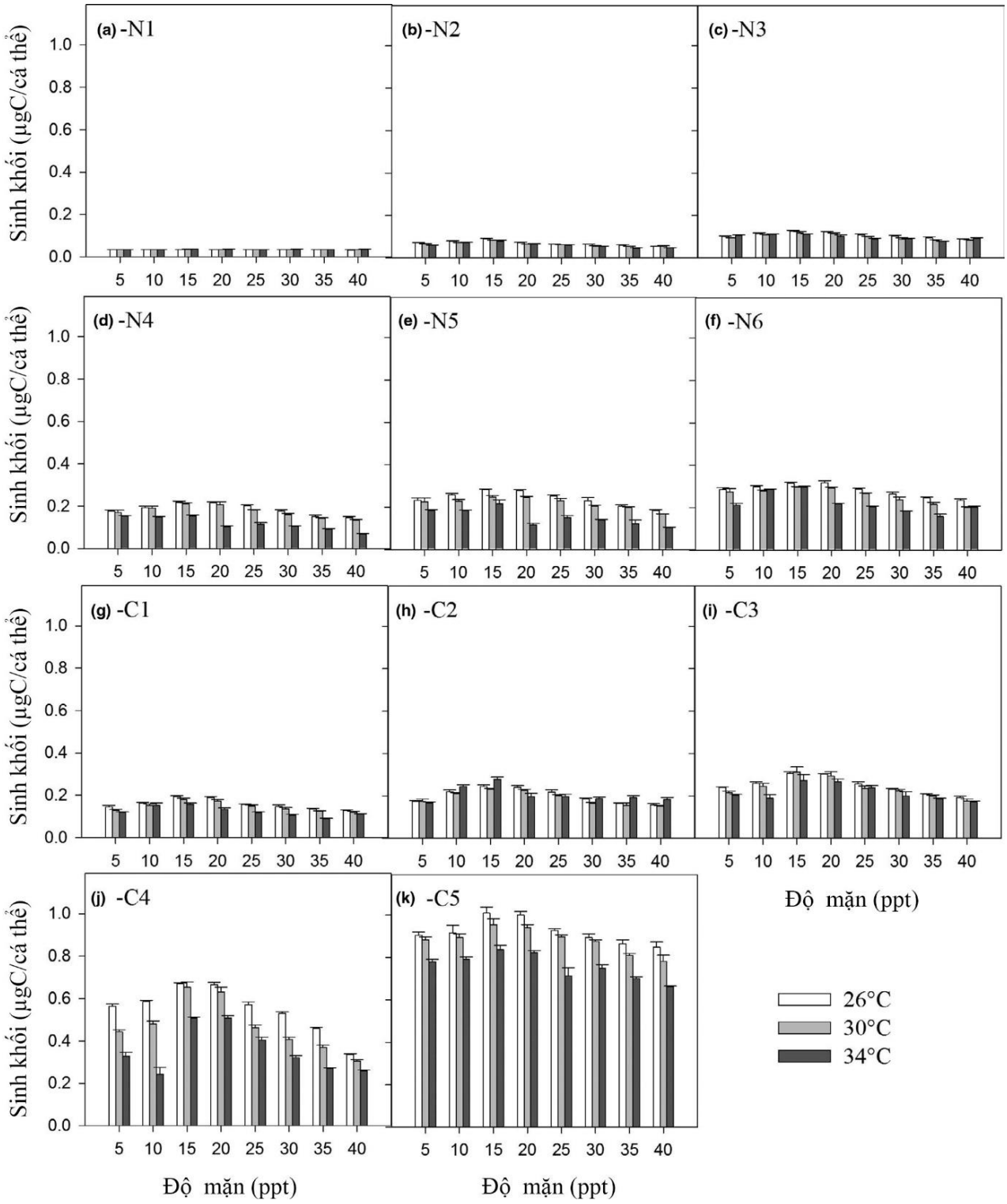
Hình 3.1. Thời gian phát triển các giai đoạn nauplius, coppepodit và trưởng thành của *P. incisus* trong thí nghiệm nhiệt độ và độ mặn.

3.1.1.2. Sinh khối của các giai đoạn

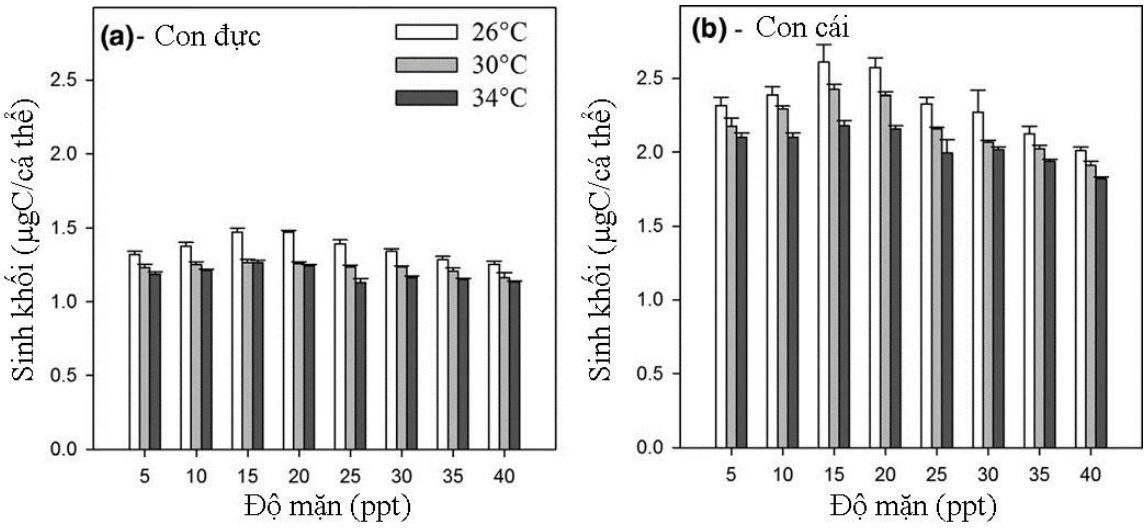
Sinh khối N1 không khác nhau giữa các nghiệm thức (P>0,05). Kết quả phân tích thống kê cho thấy không có sự tương tác giữa nhiệt độ và độ mặn ở giai đoạn N1 (P>0,05) (Phụ lục 1 và Hình 3.2 (a)). N2 -N6 có sinh khối lớn nhất ở nghiệm thức nhiệt độ 26ºC và độ mặn 15 ppt (Hình 3.2b-f). Nhìn chung, sinh khối của N2-N6 nhỏ hơn ở nhiệt độ cao (Phụ lục 1; Hình 3.2b-f). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến sinh khối của giai đoạn N2 – N6 phụ thuộc vào độ mặn (P<0,001). Các nghiệm thức nhiệt độ 26ºC và 30ºC thì sinh khối của N2 – N6 lớn nhất ở độ mặn 15 – 20 ppt và nhỏ hơn rất ít ở các nghiệm thức độ mặn thấp (5 – 10 ppt) (P<0,001). Sinh khối của N2 – N6 giảm ở độ mặn cao (25 – 40 ppt) (P<0,001). Ở nhiệt độ 34ºC, sinh khối của N2 và N6 có xu hướng tương đương ở nhiệt độ 26 và 30ºC nhưng sinh khối của N3 – N5 không khác nhau giữa các độ mặn 5 – 15 ppt và giảm ở độ mặn cao (20 – 40 ppt).

Nhiệt độ và độ mặn đã ảnh hưởng đến sinh khối giai đoạn C1 – C4 (Hình 3.2g, j) tương tự như quan sát ở giai đoạn nauplius. Tuy nhiên, sinh khối của C2 (Hình 3.2h) không nhất quan giữa nhiệt độ và độ mặn. Nhìn chung, C2 có sinh khối cao ở độ mặn 15 ppt và giảm ở cả nhiệt độ thấp và cao. Tuy nhiên, ở 15 ppt sinh khối của C2 cao nhất ở 34ºC, hơn cả ở nhiệt độ 26ºC và 30ºC. Sinh khối của C2 cao hơn ở 34ºC ở độ mặn 10 ppt và 30 – 40 ppt; các độ mặn khác thì sinh khối của C2 nhỏ hơn ở nhiệt độ cao hơn, tương tự như các giai đoạn khác. 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 3.2i,k).

Sinh khối của con đực lớn nhất ở các nghiệm thức nhiệt độ 26ºC và độ mặn 15 – 20 ppt (có sự tương tác giữa nhiệt độ và độ mặn, Hình 3.3a) (P<0,001). Ở nhiệt độ 30ºC, sinh khối của con đực có sự cao hơn rất ít so với nhiệt độ 34ºC, sinh khối giảm ở độ mặn cao hơn (Hình 3.3a). Sinh khối của con cái lớn nhất ở 26ºC, đến 30ºC và thấp nhất ở 34ºC (tác động mạnh của nhiệt độ, Phụ lục 1, Hình 3.3b). Con cái có sinh khối cao nhất ở độ mặn 15 – 20 ppt, giảm ở độ mặn thấp (5 – 10 ppt) và cao (25 – 40 ppt) (P<0,001). Sinh khối của con cái nhỏ nhất ở 40 ppt (P<0,001). Ảnh hưởng của độ mặn đến sinh khối của con cái là tương đồng ở cả 3 nhiệt độ; sự tương tác giữa nhiệt độ và độ mặn lên sinh khối của con cái không có ý nghĩa thống kê (P>0,05) (Phụ lục 1; Hình 3.3b).



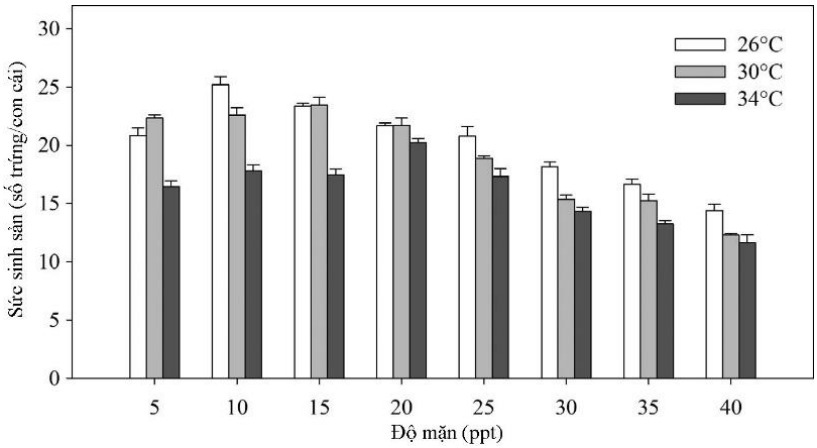
Hình 3.2. Sinh khối (µg carbon) của giai đoạn nauplius I-VI (N1-N6) và giai đoạn copepodite I-V (C1-C5) của loài *P. incisus* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn. Trung bình + 1 SE.



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.

3.1.1.3. Sức sinh sản

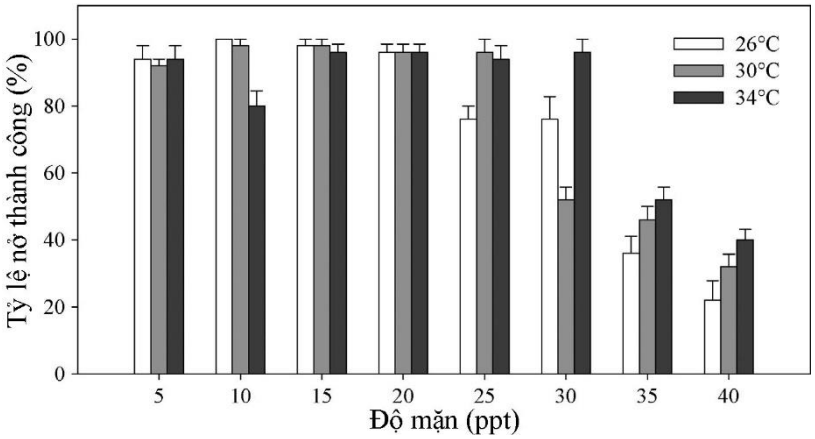
Nghiệm thức 26ºC và 10 ppt cho thấy *P. incisus* có sức sinh sản lớn nhất, thông số này giảm 10% ở nghiệm thức có độ mặn 5 ppt (Hình 3.4). Ở 30ºC, sức sinh sản lớn nhất ở nghiệm thức có độ mặn 5 – 15 ppt và giảm khi độ mặn tăng. Ở 34ºC, sức sinh sản của *P. incisus* giảm từ 10 – 20% ở độ mặn 5 – 15 ppt so với độ mặn 20 ppt và nhỏ hơn 30% đối với nghiệm thức cùng độ mặn ở 26ºC và 30ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 1; 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 (Phụ lục 1; Hình 3.4).



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

3.1.1.4. Tỷ lệ nở thành công

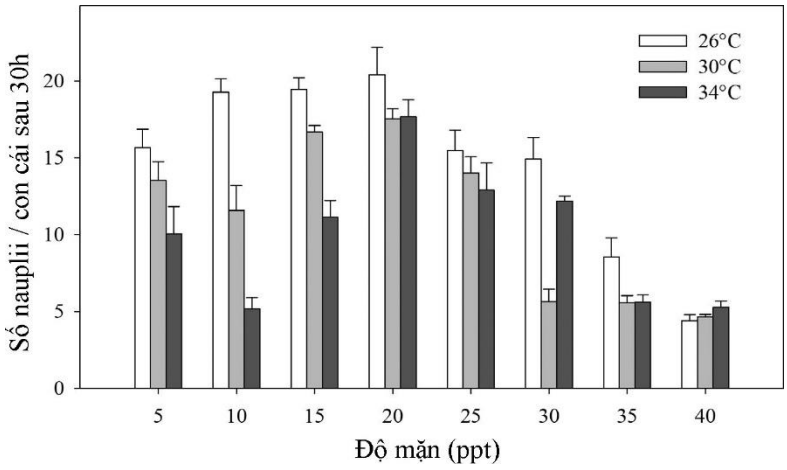
Ở tất cả các độ mặn thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công cao hơn khi nhiệt độ tăng (P<0,001) (Phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 1 và Hình 3.5). Trên 90% con cái có trứng nở và không khác nhau về mặt thống kê ở các nghiệm thức có độ mặn từ 5 – 25 ppt. Tỷ lệ nở thành công giảm khi độ độ mặn tăng cao, 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; Phụ lục 1 và Hình 3.5). Thông số này thấp nhất (22%) ở nghiệm thức nhiệt độ 26°C và độ mặn 40 ppt.



Hình 3.5. Tỷ lệ nở thành công của loài *P. incisus* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn. Trung bình + 1 SEs.

3.1.1.5. Số nauplii/con cái 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. Khả năng sản xuất nauplius của *P. incisus* thấp nhất ở 40 ppt; 5 nauplii/con cái ở 40 ppt so với 18 nauplii/con cái ở 20 ppt và 13 nauplii/con cái ở 5 ppt (ảnh hưởng của độ mặn; Phụ lục 1 và Hình 3.6). Nhìn chung, khả năng sản xuất nauplius của *P. incisus* cao nhất ở 26°C, thấp hơn ở 30°C và thấp nhất ở 34°C (ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 1 và Hình 3.6). Tuy nhiên, ảnh hưởng của nhiệt độ đến khả năng sản xuất nauplius của *P. incisus* phụ thuộc vào độ mặn. Kết quả cho thấy khả năng sản xuất nauplius của *P. incisus* khác nhau giữa các nhiệt độ và biểu hiện rõ ở độ mặn thấp 5 – 15 ppt. Ở độ mặn cao hơn, khả năng sản xuất nauplius của *P. incisus* khác nhau giữa các nhiệt độ ít hơn. Nghiệm thức có độ mặn 40 ppt không có sự khác nhau về khả năng sản xuất nauplius của *P. incisus* giữa 3 nhiệt độ (tương tác giữa nhiệt độ và độ mặn, Phụ lục 1 và Hình 3.6).



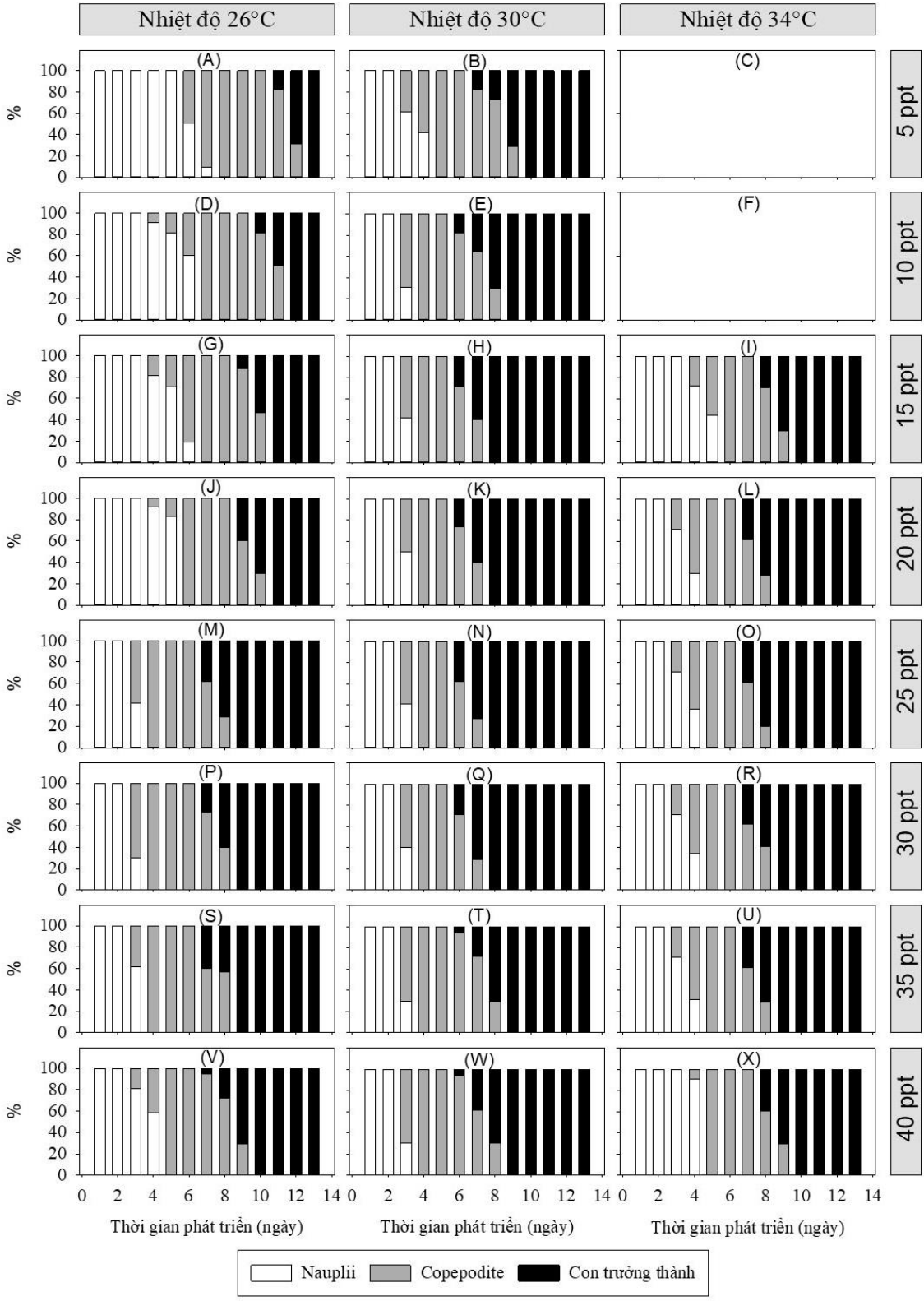
Hình 3.6. Số nauplii/con cái sau 30h của loài *P. incisus* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn. Trung bình + 1 SEs.

3.1.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn đến thời gian phát triển, kích thước cơ thể của các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái sau 30h của loài *O. rigida*

Ở 34°C, *O. rigida* chết 100% sau 20h ở độ mặn 5 và 10 ppt (thực hiện 5 lần – kết quả *O. rigida* vẫn chết 100%, cho thấy ảnh hưởng tương tác của nhiệt độ và độ mặn). Do vậy, kết quả được trình bày thành 2 nhóm: nhóm 1 gồm các nghiệm thức độ mặn 5 và 10 ppt ở 26°C, 30°C; nhóm 2 gồm các nghiệm thức độ mặn từ 15 – 40 ppt ở cả 3 nhiệt độ 26, 30 và 34°C.

3.1.2.1. Thời gian phát triển

Nhìn chung, thời gian phát triển giai đoạn nauplius ngắn nhất ở nhiệt độ 30°C. Thời gian phát triển của giai đoạn nauplius ngắn nhất (hơn 2 ngày) ở các nghiệm thức nhiệt độ 30°C và độ mặn 15 – 25 ppt; 3 ngày ở các nghiệm thức ở nhiệt độ 26°C và cả 8 mức độ mặn. Thời gian phát triển của giai đoạn nauplius là 4 ngày ở nghiệm thức nhiệt độ 30°C và độ mặn 5 ppt; là 6 ngày ở nghiệm thức 5 ppt và 35 ppt ở nhiệt độ 26°C. Thời gian phát triển của giai đoạn nauplius dài nhất ở nhiệt độ thấp và độ mặn cao, gấp 3 lần so với nghiệm thức ở độ mặn 15 – 25 ppt và nhiệt độ 30°C (Hình 3.7).

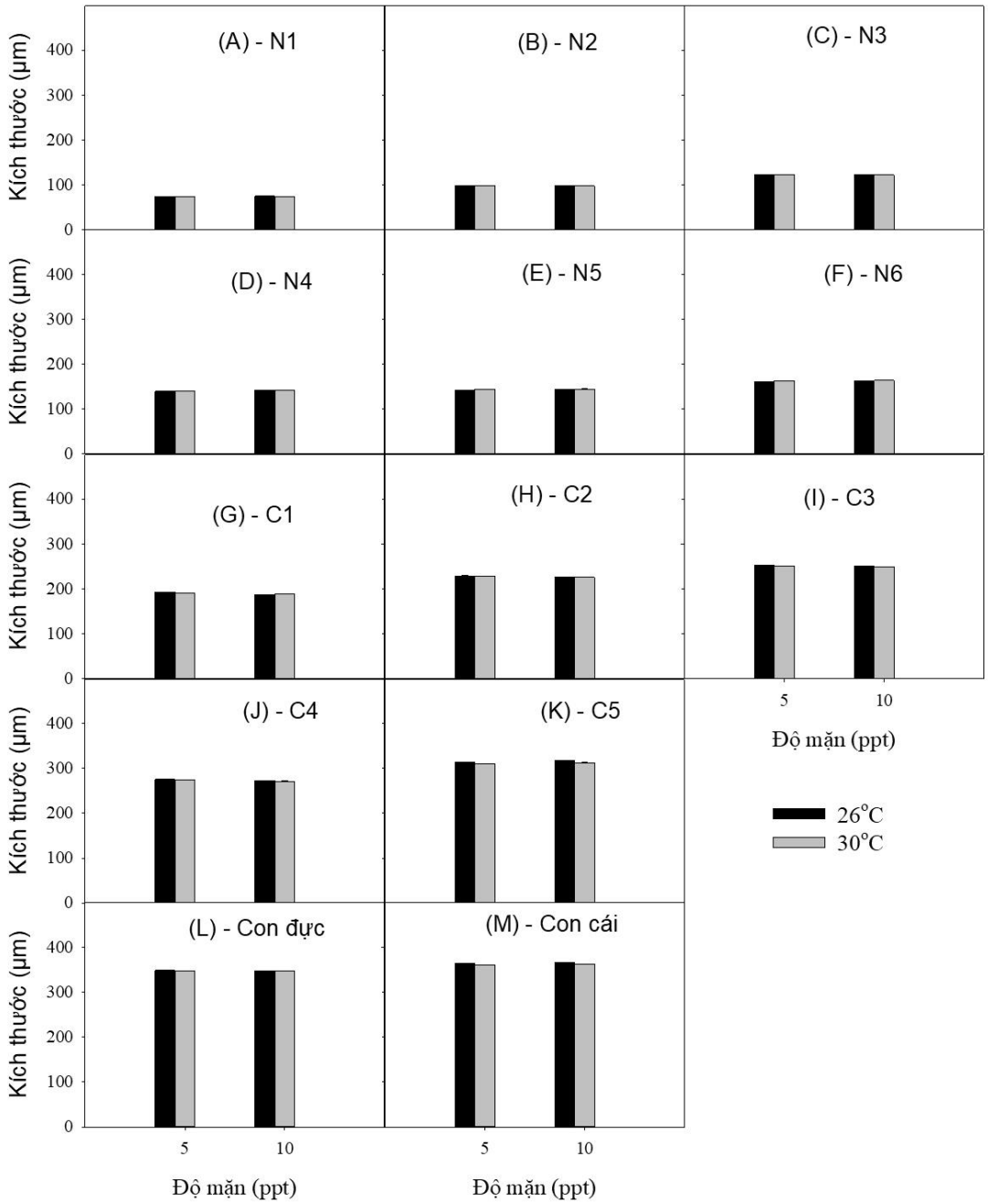


Hình 3.7. Tỷ lệ phần trăm của nauplii, copepodite và trưởng thành của *O. rigida* trong thí nghiệm nhiệt độ và độ mặn (100% Copepoda chết ở nghiệm thức 34ºC và 5; 10 ppt)

Tương tự như thời gian phát triển ở giai đoạn nauplius, thời gian phát triển giai đoạn copepodite 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). Cả hai nghiệm thức độ mặn 25 và 30 ppt có 100% copepodite chuyển sang giai đoạn trưởng thành ở ngày thứ 8 và 9 tương ứng ở các nhiệt độ 30°C, 34°C và 26°C. Thời gian phát triển giai đoạn copepodite dài nhất ở nghiệm thức độ mặn thấp (5 ppt) và 10 ppt ở nhiệt độ 26°C, 100% copepodit trưởng thành vào ngày thứ 13 và 12.

3.1.2.2. Kích thước cơ thể

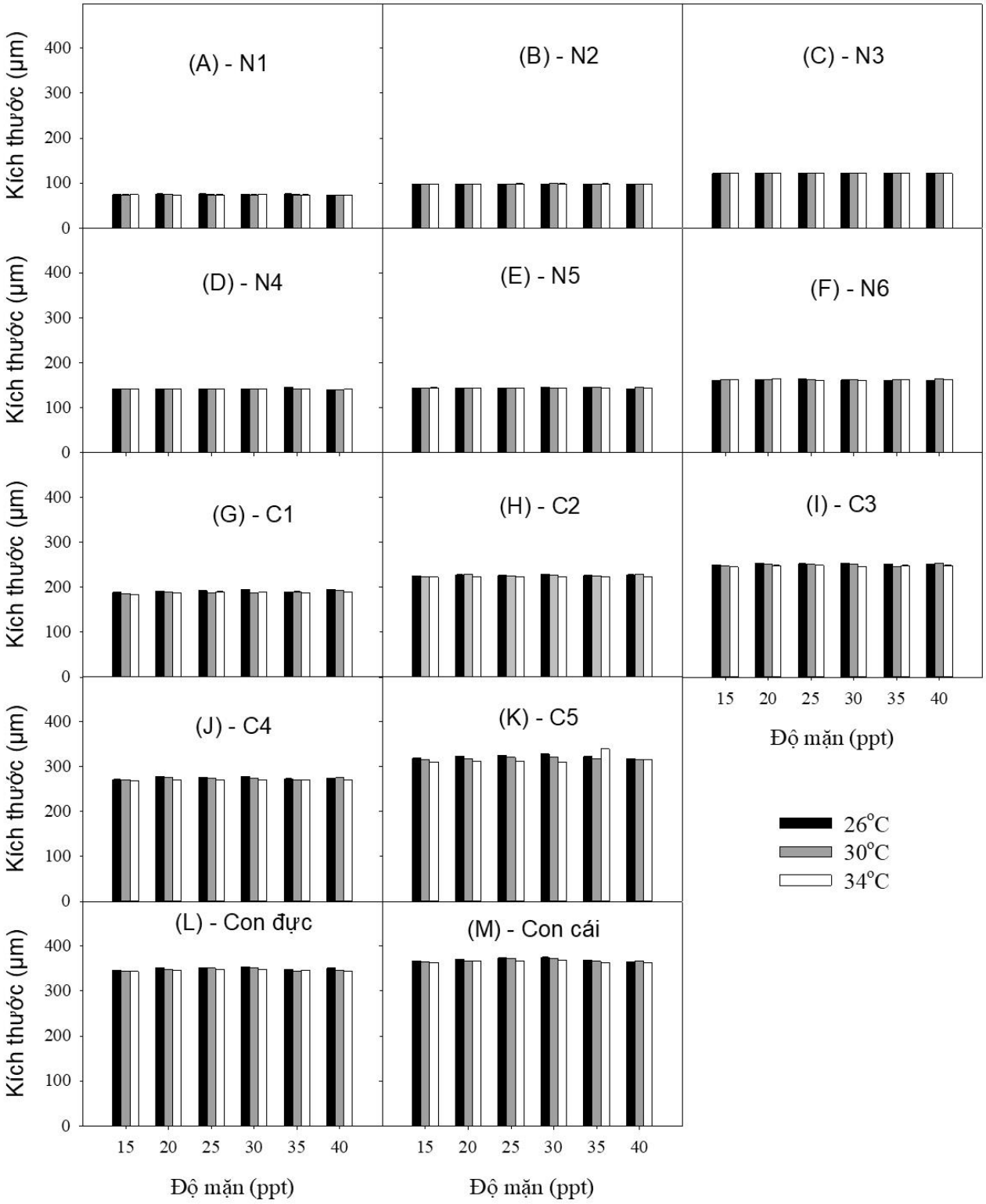
Kích thước cơ thể của N1 không khác nhau giữa các nghiệm thức và không có sự tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và độ mặn ở cả 2 nhóm (Phụ lục 2, Hình 3.8). Giai đoạn N2 ở nhóm 2 có sự ảnh hưởng nhẹ của độ mặn, kích thước lớn nhất ở độ mặn 30 ppt và nhỏ nhất ở nghiệm thức 40 ppt; giai đoạn N2 – N3 ở nhóm 1 không khác nhau giữa các nghiệm thức. Ở nhóm 1, giai đoạn N3 - N6, kích thước cơ thể khác nhau rất ít giữa các nghiệm thức (P<0,001), sự chênh lệch không quá 2%, và lớn hơn ở nhiệt độ 30°C, trong khi giai đoạn copepodite lại có kích thước cơ thể lớn hơn ở nhiệt độ 26°C (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 2, Hình 3.8). Giai đoạn N4 – N6 và copepodite của nhóm 1 có sự biểu hiện khác nhau giữa các nghiệm thức (P<0,001) nhưng không có xu hướng ổn định (N4 – C1, C5 thì có kích thước lớn hơn ở 10 ppt trong khi các giai đoạn C2 – C4 lại có kích thước lớn hơn ở 5 ppt; Phụ lục 2, Hình 3.8). Giai đoạn N3 – N6 và copepodite ở nhóm 2 có kích thước cơ thể lớn hơn ở các nghiệm thức 25 – 35 ppt và nhỏ nhất ở nghiệm thức 15 ppt (P< 0,001; ảnh hưởng chính của độ mặn, Phụ lục 3, Hình 3.9). Kích thước cơ thể của *O. rigida* nhỏ hơn ở nhiệt độ cao hơn (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 3, Hình 3.9). 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 mặ n 15 và 40 ppt (tương tác giữa nhiệt độ và độ mặn, Phụ lục 3, Hình 3.9).



Hình 3.8. Kích thước các giai đoạn của loài *O. rigida* trong thí nghiệm nhiệt độ và độ mặn (nhóm 1).

Kích thước ở giai đoạn trưởng thành của *O. rigida* được quan sát. Cả con đực và cái có kích thước cơ thể lớn nhất ở nghiệm thức 30 ppt, nhỏ hơn ở nghiệm thức 25 ppt và nhỏ nhất ở nghiệm thức 15, 35, 40 ppt (ảnh hưởng chính của độ mặn, Phụ lục 3, Hình 3.9). Kích thước cơ thể ở giai đoạn trưởng thành giảm 0,8 và 1,3% ở con đực; 0,6 và 1,3% ở con cái tương ứng nhiệt độ 30°C và 34°C so với 26°C (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 3, Hình 3.9). Nhiệt độ đã tác động làm giảm kích thước cơ thể của cả

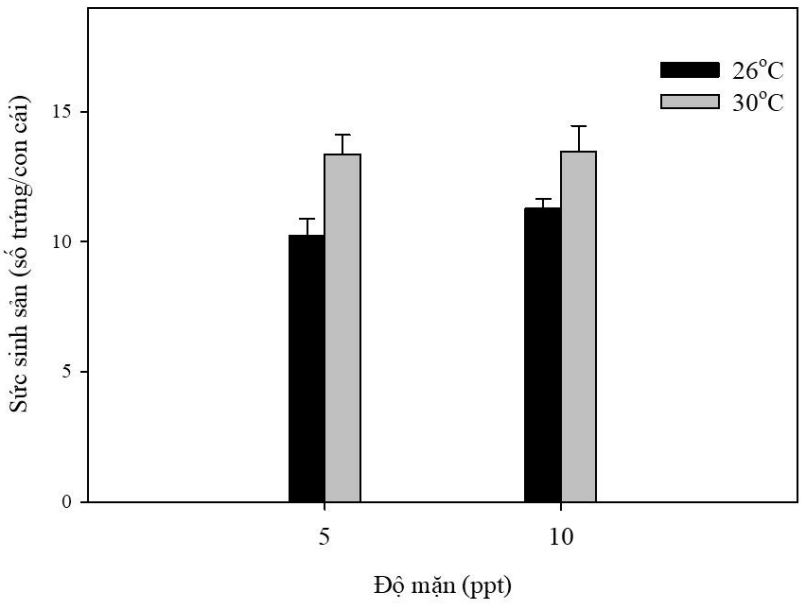
con đực và con cái loài *O. rigida*, biểu hiện mạnh nhất ở chế độ 15 ppt và 34°C, kết quả cho thấy kích thước cơ thể nhỏ nhất ở điều kiện này (tương tác giữa nhiệt độ và độ mặn, Phụ lục 3, Hình 3.9).



Hình 3.9. Kích thước các giai đoạn của loài *O. rigida* trong thí nghiệm nhiệt độ và độ mặn (nhóm 2).

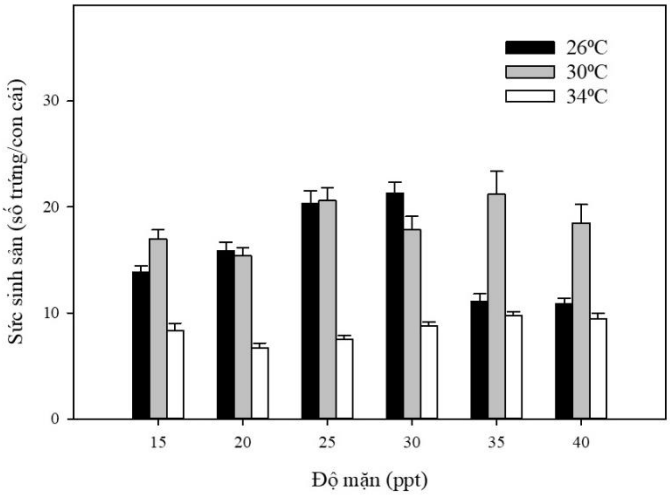
3.1.2.3. Sức sinh sản

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 30ºC, thông số này giảm 24% ở nhiệt độ 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ) (Phụ lục 2, Hình 3.10).



Hình 3.10. Sức sinh sản (số trứng/con cái) của loài *O. rigida* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn. Trung bình + 1 SEs (nhóm 1).

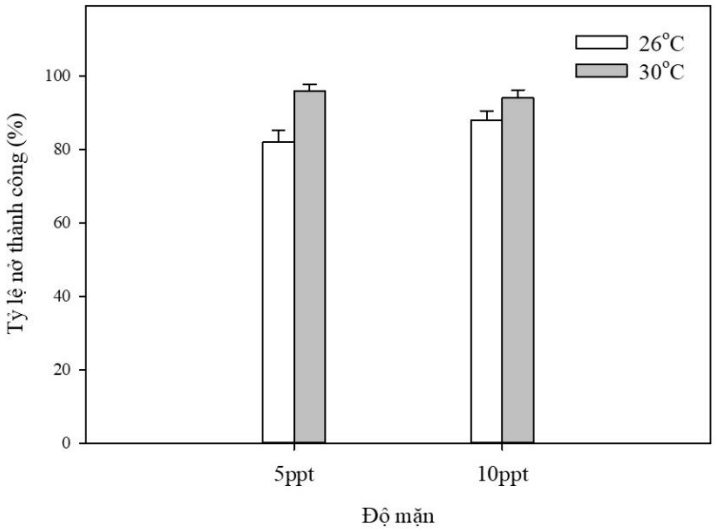
Ở nhóm 2, nghiệm thức 30ºC và 25 – 35 ppt cho sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất, thông số này giảm 25 và 23% ở nghiệm thức có độ mặn 40 ppt; nghiệm thức 34ºC và 40 ppt cho kết quả nhỏ nhất (tương tác giữa nhiệt độ và độ mặn, Phụ lục 3, Hình 3.11). Sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất ở 30ºC, tiếp đến 26ºC và nhỏ nhất ở 34ºC, thông số này giảm 15 và 54% ở 26 và 34ºC so với 30ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 3, Hình 3.11). Sức sinh sản ở cả 3 nhiệt độ đều cao nhất ở độ mặn 25 – 30 ppt, tiếp đến là các nghiệm thức 35, 20 và 15 ppt, thấp nhất ở nghiệm thức 40 ppt (phản ánh ảnh hưởng của độ mặn, Phụ lục 3, Hình 3.11).



Hình 3.11. Sức sinh sản (số trứng/con cái) của loài *O. rigida* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn. Trung bình + 1 SEs (nhóm 2)

3.1.2.4. Tỷ lệ nở thành công

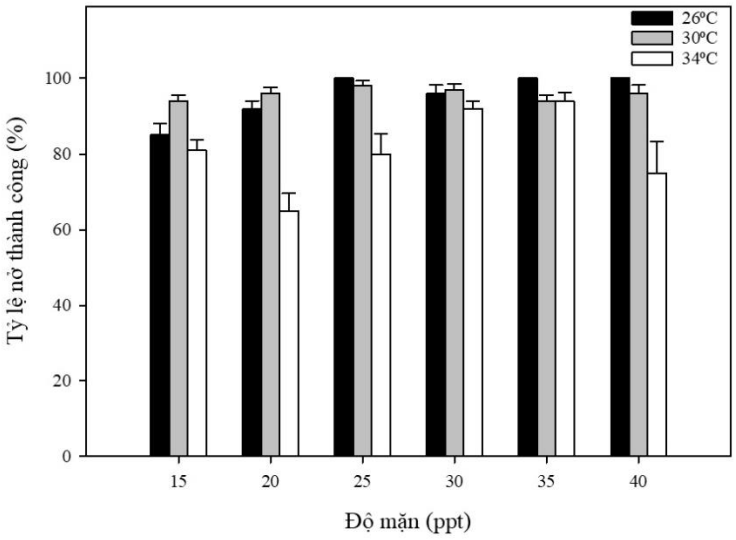
Ở nhóm 1, tỷ lệ nở thành công của *O. rigida* không khác nhau giữa các độ mặn nhưng *O. rigida* có tỷ lệ nở thành công lớn nhất ở 30ºC, thông số này giảm 10% ở nhiệt độ 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ) (Phụ lục 2, Hình 3.12).



Hình 3.12. Tỷ lệ nở thành công của loài *O. rigida* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn. Trung bình + 1 SEs (nhóm 1).

Ở nhóm 2, tất cả các độ mặn thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công cao hơn ở nhiệt độ 26 và 30ºC và thấp nhất ở 34ºC (P<0,001) (Phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 3, Hình 3.13). Trên 90% con cái có trứng nở và không khác nhau về mặt thống kê ở các nghiệm thức có độ mặn từ 30 – 35 ppt. 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; Phụ lục 3, Hình 3.13). Thông số này thấp nhất ở nghiệm thức nhiệt độ 34ºC và độ mặn 15 - 20 ppt. Tỷ lệ nở thành công đã giảm 12 và 13% ở độ mặn 20 ppt so với 30 và 35 ppt (Phản ánh ảnh hưởng của độ mặn; Phụ lục 3, Hình 3.13).

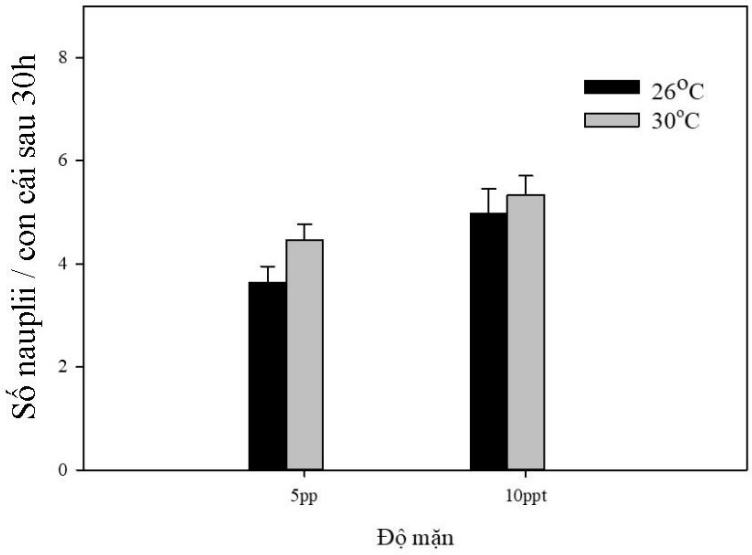


Hình 3.13. Tỷ lệ nở thành công của loài *O. rigida* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn. Trung bình + 1 SEs (nhóm 2).

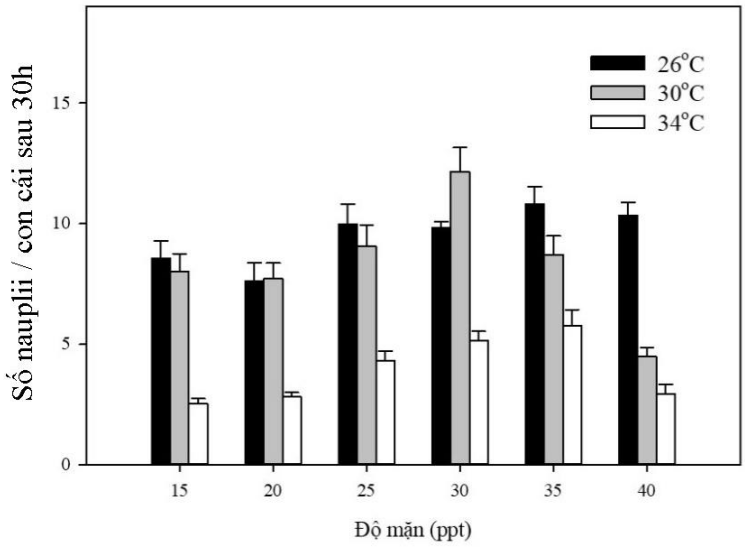
3.1.2.5. Số nauplii/con cái sau 30h

Ở nhóm 1, thông số nauplius/con cái sau 30h của *O. rigida* không khác nhau giữa các nhiệt độ nhưng *O. rigida* có nauplius/con cái sau 30h lớn nhất ở 10 ppt, thông số này giảm 21% ở độ mặn 5 ppt (ảnh hưởng chính của độ mặn) (Phụ lục 2, Hình 3.14).

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* thấp nhất ở 40 ppt; 5 nauplii/con cái ở 40 ppt so với 9 nauplii/con cái ở 30 ppt và 6 nauplii/con cái ở 15 ppt, thông số này giảm 44% ở độ mặn 40 ppt so với 30 ppt (ảnh hưởng của độ mặn; Phụ lục 3 và Hình 3.15).



Hình 3.14. Khả năng sản xuất nauplius của loài *O. rigida* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn. Trung bình + 1 SEs (nhóm 1).



Hình 3.15. Khả năng sản xuất nauplius của loài *O. rigida* thích ứng với nhiệt độ và độ mặn. Trung bình + 1 SEs (nhóm 2).

Nhìn chung, khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* cao nhất ở 26ºC, thấp hơn ở 30ºC và thấp nhất ở 34ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 3 và Hình 3.15). Tuy nhiên, ảnh hưởng của nhiệt độ đến khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* phụ thuộc vào độ mặn. Kết quả cho thấy khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* khác nhau giữa các nhiệt độ và biểu hiện rõ ở độ mặn thấp 15 – 20 ppt. Ở độ mặn cao hơn, khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* khác nhau giữa các nhiệt độ ít hơn, 7 nauplii/con cái ở 25 ppt, 8 nauplii/con cái ở 35 ppt và 9 nauplii/con cái ở 30 ppt (tương tác giữa nhiệt độ và độ mặn, Phụ lục 3 và Hình 3.15).

3.1.3. Thảo luận

P. incisus phân bố phong phú ở rừng ngập mặn, đầm phá, vùng cửa sông và đặc biệt ở các ao nuôi tôm ở các vùng ven biển nhiệt đới dọc theo bờ biển Việt Nam (Truong và ctv., 2014; Vo và Hoang, 2012). Chúng được thu từ các ao nuôi tôm để làm thức ăn cho ấu trùng cá biển (Thuong và Hoang, 2015). Phổ kích thước rộng của *P. incisus* từ 118 µm ở N1 đến 783 µm ở con cái trưởng thành phù hợp làm thức ăn cho ấu trùng cá biển với các cỡ miệng khác nhau (Chesney, 2005). Tuy nhiên, chưa có khảo sát về ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn – cả 2 là yếu tố sinh thái quan trọng của môi trường đến *P. incisus*. Chúng tôi thảo luận về mức độ ảnh hưởng của độ mặn và nhiệt độ đến hiệu suất của *P. incisus* với các ứng dụng trong nuôi sinh khối cho mục đích nuôi trồng thủy sản.

P. incisus trưởng thành, sản xuất trứng và nauplius ở tất cả các độ mặn thí nghiệm 5 – 40 ppt. Tuy nhiên, *P. incisus* sinh trưởng, sinh sản tốt nhất ở độ mặn 15 – 20 ppt, kết quả được biểu hiện tốt nhất qua sinh trưởng, sinh khối các giai đoạn nauplius, copepodite, con đực và cái trưởng thành, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất nauplius. *P. incisus* có biểu hiện sinh trưởng và sinh sản giảm ở độ mặn thấp (5 – 10 ppt) và độ mặn cao (25 – 40 ppt). Kết quả của nghiên cứu này tương tự như quan sát ở loài *P. annandalei* (Beyrend-Dur và ctv., 2011; Chen và ctv., 2006) – loài này có sự phân bố ở cùng điều kiện môi trường với *P. incisus* (Truong và ctv., 2014; Vo và Hoang, 2012). Những phát hiện này phản ánh thực tế rằng *P. incisus* thích nghi ở điều kiện của rừng ngập mặn, đầm phá và vùng cửa sông (Lund-Hansen và ctv., 2018; Truong và ctv., 2014) tương tự như các loài Copepoda ven biển khác như *P. annandalei* (Beyrend-Dur và ctv., 2011; Chen và ctv., 2006), *Gladioferens imparipes* (Payne và Rippingale, 2001a) và *Apocyclops royi* (Pan và ctv., 2016).

Sức sinh sản của *P. incisus* giảm nhẹ 10% ở độ mặn 5 ppt nhưng 45% ở 40 ppt. Sức sinh sản của Copepoda giảm có thể được giải thích là do giảm kích thước của con cái thành thục (Horne và ctv., 2016) nhưng lại không như vậy với *P. incisus* vì sinh khối (kích thước) khi trưởng thành của cả con cái và con đực không ảnh hưởng đến sức sinh sản. Theo đó, sức sinh sản thấp hơn ở độ mặn thấp và độ mặn cao có thể là do sự suy giảm chức năng sinh lý. Hiện tượng giảm của sức sinh sản ở độ mặn dưới mức tối ưu là phổ biến của nhiều loài Copepoda như *P. annandalei* (Beyrend-Dur và ctv., 2011; Chen và ctv., 2006), *Apocyclops royi* (Pan và ctv., 2016). Hiện tượng này có thể được giải thích bởi sự tiêu tốn năng lượng cho điều hòa áp suất thẩm thấu (Gonzalez và Bradley, 1995; Goolish và Burton, 1989).

Tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* không ảnh hưởng bởi độ mặn trong khoảng từ 5 – 25 ppt nhưng giảm ở 30 ppt và giảm mạnh ở độ mặn 35, 40 ppt. Tỷ lệ nở thành công chỉ là 20 – 30% ở 40 ppt. Kết quả nghiên cứu của chúng tôi cho thấy *P. incisus* có khả năng thích ứng với độ mặn cao hơn *P. annandalei*. *P. annandalei* có tỷ lệ nở thành công là 100% ở độ mặn 5 – 15 ppt và giảm 23 lần ở 30 ppt và trứng không nở ở độ mặn 35 ppt (Chen và ctv., 2006). Những kết quả này có thể giải thích cho quan sát của chúng tôi là loài *P. incisus* chiếm ưu thế hơn *P. annandalei* trong ao nuôi thủy sản vào mùa hè năm 2019 khi độ mặn thường cao hơn 30 ppt (Đoàn Xuân Nam, Nguyễn Thị Thủy và Đinh Văn Khương, quan sát thực tế).

Khả năng sản xuất nauplius sau 30h cao nhất ở độ mặn 15 – 20 ppt, giảm 30% ở 5 ppt, giảm tới 74% ở độ mặn 35 – 40 ppt. Các nghiên cứu trước đã chỉ ra ảnh hưởng của độ mặn cao đến sản xuất nauplius của copeppda thuộc giống *Pseudodiaptomus* như *P. pelagicus* giảm 50% ở 35 ppt so với 10 – 20 ppt (Ohs và ctv., 2010); *P. annandalei* không sản xuất được nauplius ở 35 ppt (Chen và ctv., 2006). Khả năng sản xuất nauplius giảm trong điều kiện độ mặn không trong khoảng tối ưu, đặc biệt là độ mặn cao là kết quả kết hợp của kích thước con cái thành thục nhỏ hơn với tỷ lệ con cái mang trứng. Điều này cũng tương tự như các nghiên cứu trước cho rằng độ mặn tác động trực tiếp đến quá trình phát triển phôi và giảm tỷ lệ sống của *P. annandalei* (Chen và ctv., 2006). Khả năng sản xuất nauplius giảm của *P. incisus* ở độ mặn cao có thể do tuổi thọ của con trưởng thành giảm, điều này đã được quan sát ở *P. annandalei* (Beyrend-Dur và ctv., 2011).

Thời gian phát triển của *P. incisus* nhanh hơn ở nhiệt độ cao hơn và ảnh hưởng của nhiệt độ đến sự phát triển của giai đoạn nauplius là mạnh nhất. Giai đoạn nauplius chỉ 2 – 3 ngày ở nhiệt độ 30, 34°C nhưng là 6 ngày ở nhiệt độ 26°C. Sự phát triển nhanh ở giai đoạn nauplius là nguyên nhân chính để *P. incisus* trưởng thành sớm hơn 4 – 6 ngày ở nhiệt độ cao hơn. Kết quả của nghiên cứu này tương tự như quan sát về ảnh hưởng của nhiệt độ đến loài *P. pelagicus* (Rhyne và ctv., 2009). Thời gian phát triển của *P. pelegicus* giảm từ 12,8 ngày xuống 8 ngày khi tăng nhiệt độ từu 24°C lên 34°C (Rhyne và ctv., 2009). Thời gian phát triển của *P. annandalei* lại dài hơn khi tăng nhiệt độ từ 30°C lên 34°C (Doan và ctv., 2019). Nhiệt độ tác động đến quá trình trao đổi chất của copepoda, từ đó biểu hiện về thời gian phát triển của copepoda.

Nhiệt độ không ảnh hưởng đến sinh khối ở giai đoạn N1 nhưng ở các giai đoạn N2-N6, copepodite và con đực, cái trưởng thành đều giảm khi nhiệt độ tăng, tương tự đánh giá tác động của nhiệt độ lên kích thước các giai đoạn của động vật dưới nước

(Daufresne và ctv., 2009; Gibbin và ctv., 2017; Doan và ctv., 2019). Theo quan sát của Blanda và ctv. (2017) thì Copepoda trong ao nuôi thủy sản có kích thước lớn hơn vào tháng 1 (tháng lạnh nhất) và nhỏ hơn vào các tháng nóng. Kích thước cơ thể *P. incisus* nhỏ hơn ở nhiệt độ cao có thể liên quan đến sinh trưởng nhanh ở các giai đoạn từ nauplius đến trưởng thành, cụ thể là nhanh hơn 36% và 18% tương ứng ở 34ºC, 30ºC so với 26ºC. Kết quả của nghiên cứu cho thấy thời gian phát triển của *P. incisus* nhanh hơn; kích thước và sinh khối nhỏ hơn ở nhiệt độ cao, kết quả này tương tự như ở các loài Copepoda khác (Forster và ctv., 2012; Horne và ctv., 2019).

Sức sinh sản của *P. incisus* kém hơn 6% và 20% tương ứng ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC. Kết quả này tương tự như các loài Copepoda thuộc giống *Pseudodiaptomus* như *P. annandalei* (Doan và ctv., 2019) và *P. pelagicus* (Rhyne và ctv., 2009). Sức sinh sản của *P. incisus* trong nghiên cứu này không giải thích là do kích thước con cái trưởng thành nhỏ hơn vì không tìm thấy mối tương quan giữa sức sinh sản và kích thước của con cái. Hiện tượng này ở *P. incisus* có thể là do tỷ lệ bắt mồi kém hơn ở nhiệt độ cao (Doan và ctv., 2018), thật vậy nguồn dinh dưỡng cho việc tạo trứng kém hơn. Theo kết quả của các nghiên cứu trước cho thấy tỷ lệ bắt mồi của các loài calanoida giảm khi nhiệt độ trên 30ºC (Doan và ctv., 2018) và chỉ số này có tương quan thuận với việc sản xuất trứng (Krause và ctv., 2017). Hàm lượng lipid của các loài trong giống *Pseudodiaptomus* tương quan nghịch với nhiệt độ (Blanda và ctv., 2017), con cái sản xuất trứng chất lượng thấp ở nhiệt độ cao.

Khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *P. incisus* giảm 25% và 32% tương ứng ở 30ºC và 34ºC so với 26ºC. Kết quả cho thấy nhiệt độ tác động trực tiếp đến phát triển của trứng và phát triển phôi. Kết quả của nghiên cứu tương tự như với loài *P. annandalei* (Doan và ctv., 2019) và *P. gelagicus* (Rhyne và ctv., 2009). Sản xuất nauplius trong 10 ngày của loài *P. gelagicus* giảm 5 lần ở nhiệt độ 34ºC so với 28ºC (Rhyne và ctv., 2009). Sản xuất nauplius của *P. incisus* sẽ biểu hiện giảm rõ hơn trong toàn bộ quá trình sinh sản của con cái vì tuổi thọ giảm khi nhiệt độ tăng cao (Brugnano và ctv., 2014; Williams và Jones, 1999).

Sinh khối, sản xuất nauplius của *P. incisus* cao nhất ở nghiệm thức có độ mặn 15 – 20 ppt và nhiệt độ 26ºC. So sánh với *P. annandalei* thì thấy khả năng thích ứng với độ mặn của *P. incisus* cao hơn không nhiều. *P. annandalei* có độ mặn và nhiệt độ tối ưu là 10 ppt và 25ºC (Beyrend-Dur và ctv., 2011). Sinh khối, thời gian phát triển, sản xuất nauplius của *P. incisus* giảm khi nhiệt độ tăng cao có thể là do ảnh hưởng của độ mặn.

Thật vậy, sản xuất nauplius sau 30h giảm 74% ở 34ºC và 40 ppt, kết quả này có thể là sự tác động kết hợp giữa sức sinh sản và tỷ lệ lệ nở thành công. Thông số sản xuất nauplius giảm được chú ý bởi là nguyên nhân chính dẫn đến giảm sự phát triển của quần thể (Rhyne và ctv., 2009). Cơ chế này quan trọng để giải thích cho sự phát triển của quần thể các loài Copepoda thuộc giống *Pseudodiaptomus* trong các ao nuôi thủy sản (Blanda và ctv., 2015; Grønning và ctv., 2019).

Khoảng nhiệt độ và độ mặn tối ưu cho sự sinh trưởng, sinh khối và sinh sản của *P. incisus* là 26 – 30ºC, 15 – 20 ppt. Xác định độ mặn tối ưu và phạm vi nhiệt độ cho *P. incisus* trong phòng thí nghiệm là bước đầu tiên để tối ưu hóa cho quy mô sản xuất sinh khối của loài này ở quy mô lớn hơn trong các hệ thống trong nhà và ngoài trời.

Các loài copeppoda thuộc giống *Oithona* phân bố phong phú ở vùng biển nhiệt đới (Satapoomin ctv., 2004). *Oithona* spp. phân bố rất nhiều ở vùng biển nông ven bờ ở biển nhiệt đới (Chew và Chong, 2011). *O. rigida* là loài phân bố nhiều ở rừng ngập mặn, đầm phá, vùng cửa sông và đặc biệt ở các ao nuôi tôm ở các vùng ven biển nhiệt đới dọc theo bờ biển Việt Nam (Truong và ctv., 2014). Vai trò quan trọng của *Oithona* spp. trong hệ sinh thái nhưng rất ít thông tin về sinh học và sinh thái (Zamora-Terol và ctv., 2014). Đánh giá tác động đồng thời của nhiệt độ và độ mặn vẫn chưa được biết với loài *O. rigida*. Nội dung thảo luận tập trung vào sự ảnh hưởng của độ mặn và nhiệt độ đến hiệu suất của *O. rigida*, ứng dụng vào việc nuôi sinh khối loài này phục vụ cho nuôi trồng thủy sản.

O. rigida trưởng thành, sản xuất trứng và nauplius ở tất cả các độ mặn thí nghiệm 5 – 40 ppt. Tuy nhiên, *O. rigida* sinh trưởng, sinh sản tốt nhất ở độ mặn 25 – 30 ppt, kết quả được biểu hiện tốt nhất qua sinh trưởng các giai đoạn nauplius, copepodite, con đực và cái trưởng thành, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất nauplius. *O. rigida* có biểu hiện sinh trưởng và sinh sản giảm ở độ mặn thấp (5 – 15 ppt) và độ mặn cao (35 – 40 ppt). Kết quả của nghiên cứu này tương tự như quan sát ở loài *P. annandalei* (Beyrend-Dur và ctv., 2011; Chen và ctv., 2006) – loài này có sự phân bố ở cùng điều kiện môi trường nhiệt đới với *O. rigida* (Satapoomin và ctv., 2004). Những phát hiện này phản ánh thực tế rằng *O. rigida* thích nghi ở điều kiện của rừng ngập mặn, đầm phá và vùng cửa sông (Chew và Chong, 2011; Truong và ctv., 2014) tương tự như các loài Copepoda ven biển khác như *P. annandalei* (Beyrend-Dur và ctv., 2011; Chen và ctv., 2006), *Gladioferens imparipes* (Payne và Rippingale, 2001a) và *Apocyclops royi* (Pan và ctv., 2016).

Sức sinh sản của *O. rigida* giảm ở 15 ppt và giảm đến 25% ở độ mặn 40 ppt. Sức sinh sản của Copepoda giảm có thể được giải thích là do giảm kích thước của con cái thành thục (Horne và ctv., 2016) nhưng lại không như vậy với *O. rigida* vì kích thước khi trưởng thành của cả con cái và con đực không ảnh hưởng đến sức sinh sản. Theo đó, sức sinh sản thấp hơn ở độ mặn thấp và độ mặn cao có thể là do sự suy giảm chức năng sinh lý. Hiện tượng giảm của sức sinh sản ở độ mặn dưới mức tối ưu là phổ biến của nhiều loài Copepoda thuộc giống *Oithona* như *O. nana* và *O. similis*, giảm khi độ mặn tăng từ 38 lên 86,1 ppt, giảm tương ứng từ 4,7 ± 0,39 còn 3,2 ± 0,13 trứng/con cái/ngày và 5,19 ± 0,46 xuống 3,66 ± 0,05 trứng/con cái/ngày (Annabi-Trabelsi và ctv., 2021); *P. annandalei* (Beyrend-Dur và ctv., 2011; Chen và ctv., 2006), *Apocyclops royi* (Pan và ctv., 2016). Hiện tượng này có thể được giải thích bởi sự tiêu tốn năng lượng cho điều hòa sinh lý để chống lại các yếu tố bất lợi (Gonzalez và Bradley, 1995; Goolish và Burton, 1989).

Tỷ lệ nở thành công của *O. rigida* không ảnh hưởng bởi độ mặn trong khoảng từ 25 – 35 ppt nhưng giảm ở 5, 10, 15, 20 và 40 ppt. Kết quả nghiên cứu cho thấy *O. rigida* có khả năng thích ứng với độ mặn cao hơn *P. incisus*, *P. annandalei*. *P. annandalei* có tỷ lệ nở thành công là 100% ở độ mặn 5 – 15 ppt và giảm 23 lần ở 30 ppt và trứng không nở ở độ mặn 35 ppt (Chen và ctv., 2006). *P. incisus* có thông số này cao nhất ở độ mặn 20 ppt (Nguyen và ctv., 2020). Những kết quả này có thể giải thích cho quan sát của chúng tôi là loài *O. rigida* chiếm ưu thế hơn *P. incisus* trong ao nuôi thủy sản vào cuối tháng 12 năm 2019 khi độ mặn thường cao hơn 35 ppt (Đoàn Xuân Nam, Nguyễn Thị Thủy và Đinh Văn Khương, quan sát thực tế).

Khả năng sản xuất nauplius sau 30h cao nhất ở độ mặn 30 ppt, giảm 30% ở 5 ppt, giảm tới 44% ở độ mặn 40 ppt. Kết quả tương tự như quan sát của Santhanam và ctv. (2018), sản xuất nauplius của *O. rigida* cao nhất ở độ mặn 26 ppt. Tỷ lệ sản xuất nauplii vượt trội (55,5 naupli/con cái) ở độ mặn 26 ppt và tỷ lệ sản xuất nauplii thấp hơn (20,5 naupli /con cái) ở độ mặn cao hơn (40 ppt). Các nghiên cứu trước đã chỉ ra ảnh hưởng của độ mặn cao đến sản xuất nauplius của copeppda thuộc giống *Pseudodiaptomus* như *P. pelagicus* giảm 50% ở 35 ppt so với 10 – 20 ppt (Ohs và ctv., 2010); *P. annandalei* không sản xuất được nauplius ở 35 ppt (Chen và ctv., 2006). Khả năng sản xuất nauplius giảm trong điều kiện độ mặn không trong khoảng tối ưu, đặc biệt là độ mặn cao là kết quả kết hợp của kích thước con cái thành thục nhỏ hơn với tỷ lệ con cái mang trứng. Điều này cũng tương tự như các nghiên cứu trước cho rằng độ mặn tác động trực tiếp

đến quá trình phát triển phôi và giảm tỷ lệ sống của *P. annandalei* (Chen và ctv., 2006). Khả năng sản xuất nauplius giảm của *O. rigida* ở độ mặn cao có thể do tuổi thọ của con trưởng thành giảm, điều này đã được quan sát ở *P. annandalei* (Beyrend-Dur và ctv., 2011).

Thời gian phát triển của *O. rigida* nhanh hơn ở nhiệt độ 30ºC Giai đoạn nauplius chỉ 2 – 3 ngày ở nhiệt độ 30 nhưng là 4 - 5 ngày ở nhiệt độ 26ºC. Sự phát triển nhanh ở giai đoạn nauplius là nguyên nhân chính để *O. rigida* trưởng thành sớm hơn 3 – 4 ngày ở nhiệt độ 30ºC. Kết quả của nghiên cứu này tương tự như quan sát về ảnh hưởng của nhiệt độ đến loài *P. pelagicus* (Rhyne và ctv., 2009). Thời gian phát triển của *P. pelegicus* giảm từ 12,8 ngày xuống 8 ngày khi tăng nhiệt độ từu 24ºC lên 34ºC (Rhyne và ctv., 2009). Thời gian phát triển của *P. annandalei* lại dài hơn khi tăng nhiệt độ từ 30ºC lên 34ºC (Doan và ctv., 2019).

Nhiệt độ không ảnh hưởng đến kích thước ở giai đoạn N1 nhưng ở các giai đoạn N2-N6, copepodite và con đực, cái trưởng thành đều giảm khi nhiệt độ tăng, tương tự đánh giá tác động của nhiệt độ lên kích thước các giai đoạn của động vật dưới nước (Daufresne và ctv., 2009; Gibbin và ctv., 2017; Doan và ctv., 2019). Theo quan sát của Blanda và ctv. (2017) thì Copepoda trong ao nuôi thủy sản có kích thước lớn hơn vào tháng 1 (tháng lạnh nhất) và nhỏ hơn vào các tháng nóng. Kích thước cơ thể *O. rigida* nhỏ hơn ở nhiệt độ cao có thể liên quan đến sinh trưởng nhanh ở các giai đoạn từ nauplius đến trưởng thành, cụ thể là nhanh hơn 36% và 18% tương ứng ở 34ºC, 30ºC so với 26ºC. Kết quả của nghiên cứu cho thấy thời gian phát triển của *O. rigida* nhanh hơn; kích thước nhỏ hơn ở nhiệt độ cao, kết quả này tương tự như ở các loài Copepoda khác (Forster và ctv., 2012; Horne và ctv., 2019).

Sức sinh sản của *O. rigida* kém hơn 15 và 54% tương ứng ở nhiệt độ 26ºC và 34ºC so với 30ºC. Kết quả này tương tự như các loài Copepoda thuộc giống *Pseudodiaptomus* như *P. annandalei* (Doan và ctv., 2019) và *P. pelagicus* (Rhyne và ctv., 2009). Sức sinh sản của *O. rigida* trong nghiên cứu này không giải thích là do kích thước con cái trưởng thành nhỏ hơn vì không tìm thấy mối tương quan giữa sức sinh sản và kích thước của con cái. Hiện tượng này ở *O. rigida* có thể là do tỷ lệ bắt mồi kém hơn ở nhiệt độ cao (Doan và ctv., 2018), thật vậy nguồn vật chất cho sản xuất trứng kém hơn. Theo kết quả của các nghiên cứu trước cho thấy tỷ lệ bắt mồi của các loài calanoida giảm khi nhiệt độ trên 30ºC (Doan và ctv., 2018) và chỉ số này có tương quan thuận với việc sản xuất trứng (Krause và ctv., 2017). Hàm lượng lipid của các loài trong giống

Pseudodiaptomus tương quan nghịch với nhiệt độ (Blanda và ctv., 2017), con cái sản xuất trứng chất lượng thấp ở nhiệt độ cao.

Khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* giảm khi nhiệt độ tăng từ 26ºC đến. Kết quả cho thấy nhiệt độ tác động trực tiếp đến phát triển của trứng và phát triển phôi. Kết quả của nghiên cứu tương tự như với loài *P. annandalei* (Doan và ctv., 2019) và *P. gelagicus* (Rhyne và ctv., 2009). Sản xuất nauplius trong 10 ngày của loài *P. gelagicus* giảm 5 lần ở nhiệt độ 34ºC so với 28ºC (Rhyne và ctv., 2009). Sản xuất nauplius của *O. rigida* sẽ biểu hiện giảm rõ hơn trong toàn bộ quá trình sinh sản của con cái vì tuổi thọ giảm khi nhiệt độ tăng cao (Brugnano và ctv., 2014; Williams và Jones, 1999).

Kích thước, sản xuất nauplius của *O. rigida* cao nhất ở nghiệm thức có độ mặn 25 – 30 ppt và nhiệt độ 26ºC. So sánh với *Oithona nana* và *Oithona similis* thì khả năng thích ứng với độ mặn của *O. rigida* thấp hơn (Annabi-Trabelsi và ctv., 2021) nhưng so với *P. annandalei* thì thấy khả năng thích ứng với độ mặn của *O. rigida* cao hơn. *P. annandalei* có độ mặn và nhiệt độ tối ưu là 10 ppt và 25ºC (Beyrend-Dur và ctv., 2011). Kích thước, thời gian phát triển, sản xuất nauplius của *O. rigida* giảm khi nhiệt độ tăng cao có thể là do ảnh hưởng của độ mặn. Thật vậy, sản xuất nauplius sau 30h giảm 44% ở 34ºC và 40 ppt, kết quả này có thể là sự tác động kết hợp giữa sức sinh sản và tỷ lệ nở thành công. Thông số sản xuất nauplius giảm được chú ý bởi là nguyên nhân chính dẫn đến giảm sự phát triển của quần thể (Rhyne và ctv., 2009).

Khoảng nhiệt độ và độ mặn tối ưu cho sự sinh trưởng, sinh khối và sinh sản của *O. rigida* là 26 – 30ºC, 25 – 30 ppt. Xác định độ mặn tối ưu và phạm vi nhiệt độ cho *O. rigida* trong phòng thí nghiệm là bước đầu tiên để tối ưu hóa cho quy mô sản xuất sinh khối của loài này ở quy mô lớn hơn trong các hệ thống trong nhà và ngoài trời.

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng đến Copepoda

3.2.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng đến thời gian phát triển, kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái sau 30h của loài *P. incisus*

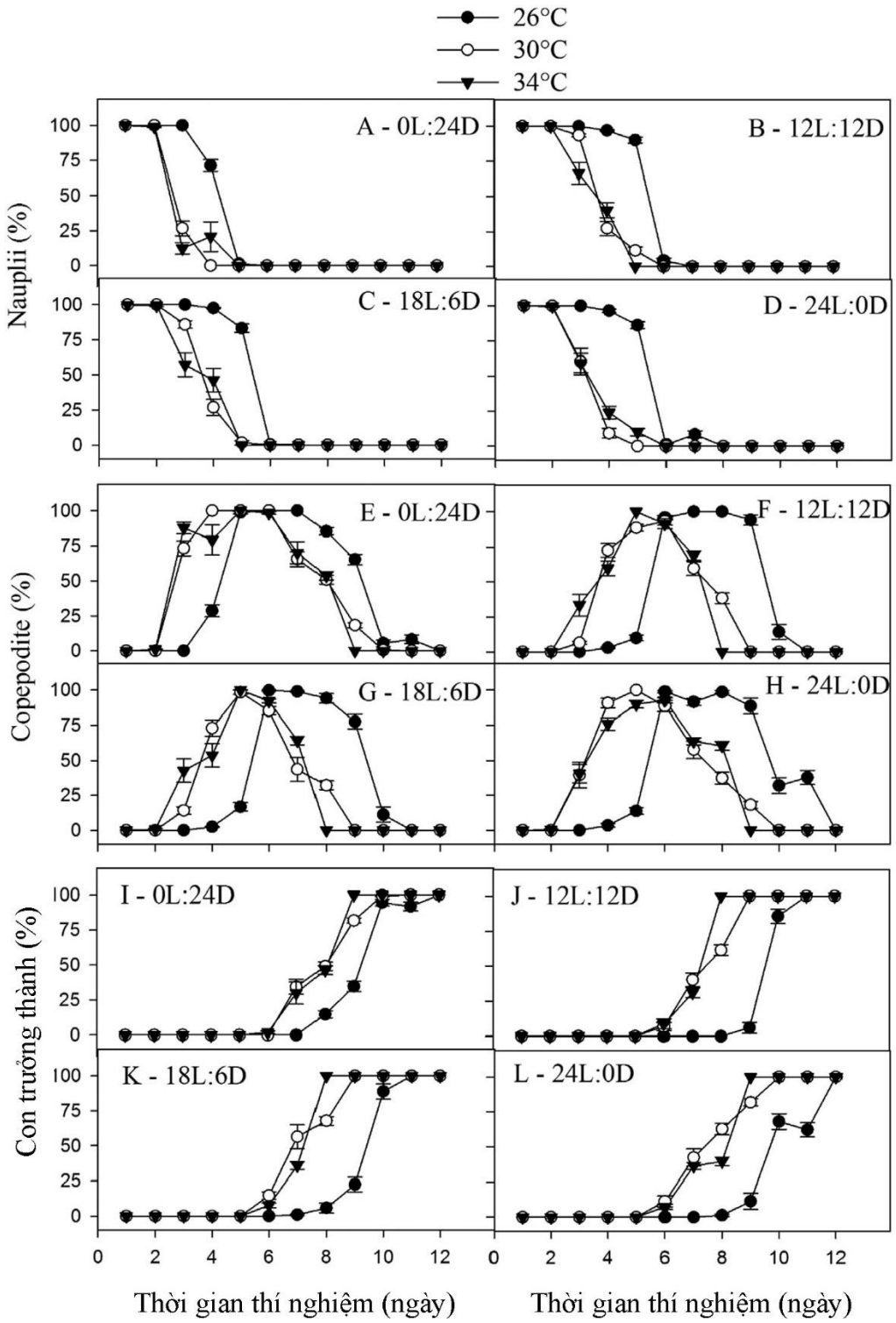
3.2.1.1. Thời gian phát triển các giai đoạn của *P. incisus*

Phát triển của giai đoạn nauplius không khác nhau giữa các nghiệm thức vào ngày thứ 1 và 2 (Hình 3.16.A-D). Vào ngày thứ 3 và 4, phát triển của nauplius ở nghiệm thức không có ánh sáng (0L:24D) nhanh hơn 1 ngày so với 3 chế độ chiếu sáng còn lại (ảnh hưởng chính của chế độ chiếu sáng ; $P < 0,05$). Thời gian phát triển của giai đoạn nauplius không khác nhau giữa nhiệt độ 30ºC và 34ºC, 80% - 100% nauplius chuyển

sang giai đoạn copepodite vào ngày thứ 4 và 5 (Hình 3.16.A-D). Thời gian phát triển của nauplius chậm hơn ở nhiệt độ 26°C (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, P<0,001). Nghiệm thức không có ánh sáng, nauplius chuyển sang copepodite ở cả 3 nhiệt độ vào ngày thứ 5 (Hình 3.16.A). Kết quả nghiên cứu này cho thầy trên 75% Copepoda vẫn ở giai đoạn nauplius vào ngày thứ 5 và chúng chuyển 100% sang giai đoạn copepodite vào ngày thứ 6 (Hình 3.16. B,C,D).

Giai đoạn copepodite phát triển dài hơn 1 ngày ở nghiệm thức 0L:24D so với nghiệm thức 12L:12D và 18L:6D (Hình 3.16. E, F, G). Theo đó, Copepoda ở cả 3 chế độ chiếu sáng chuyển sang giai đoạn trưởng thành vào ngày thứ 10 (Hình 3.16. I, J, K). Ở nghiệm thức 24L:0D, copepodite chuyển sang giai đoạn trưởng thành chậm hơn và khoảng 10% copepodite chuyển sang giai đoạn trưởng thành vào ngày thứ 11, 12 (Hình 3.16. H, L). Thời gian phát triển từ giai đoạn nauplius đến trưởng thành chậm hơn 2 ngày ở nghiệm thức 24L:0D so với 3 nghiệm thức còn lại (ảnh hưởng chính của chế độ chiếu sáng ; P < 0,001, Hình 3.16. H, L).

Ở tất cả các chế độ chiếu sáng của thí nghiệm, copepodite chuyển sang giai đoạn trưởng thành sớm hơn 2 ngày ở ở nhiệt độ 34°C và 30^{oC} so với 26°C. Copepodite chuyển sang giai đoạn trưởng thành sơm hơn 3 ngày và 2 ngày tương ứng với nhiệt độ 34°C và 30°C so với 26°C (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, P<0,001; Hình 3.16.I, L).

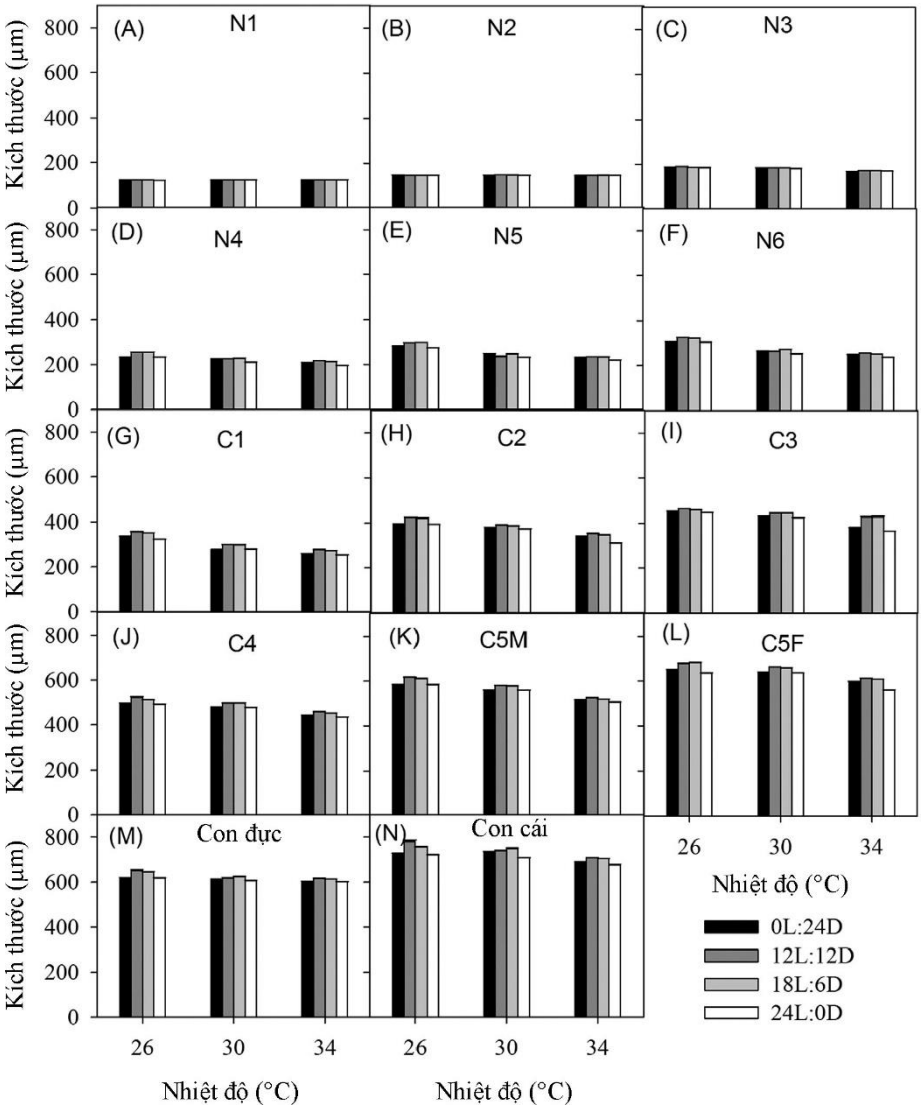


Hình 3.16. Phát triển của giai đoạn nauplius, copepodite và trưởng thành của *P. incisus* trong thí nghiệm chế độ chiếu sáng và nhiệt độ.

3.2.1.2. Kích thước cơ thể của *P. incisus*

Kích thước cơ thể của N1 không khác nhau giữa các nghiệm thức và không có sự tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và ánh sáng (Phụ lục 4, Hình 3.17.A, B). Giai đoạn N2 – N6 và copepodite có kích thước cơ thể lớn nhất ở nghiệm thức 12L:12D và nhỏ

nhất ở nghiệm thức 24L:0D (ảnh hưởng chính của chế độ chiếu sáng , Phụ lục 4, Hình 3.17.B-N). Kích thước cơ thể của *P. incisus* nhỏ hơn ở nhiệt độ cao hơn (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 4, Hình 3.17.B-N). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước cơ thể của *P. incisus* mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và chế độ 24L:0D. Theo đó, *P. incisus* có kích thước cơ thể nhỏ nhất ở nghiệm thức 34ºC và chế độ 24L:0D (tương tác giữa nhiệt độ và chế độ chiếu sáng , Phụ lục 4, Hình 3.17.B-N).



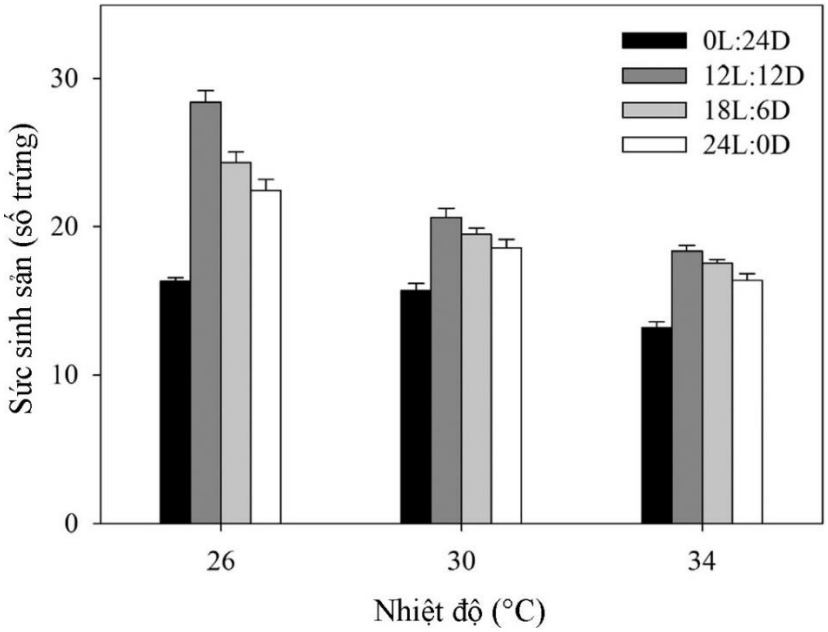
Hình 3.17. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *P. incisus* thích ứng với chế độ chiếu sáng và nhiệt độ. N1-N6: giai đoạn nauplius I – VI; C1-C4 = copepodite giai đoạn I – IV; C5M = giai đoạn copepodite của con đực; C5F = giai đoạn copepodite của con cái.

Kích thước ở giai đoạn trưởng thành của *P. incisus* được quan sát. Cả con đực và cái có kích thước cơ thể lớn nhất ở nghiệm thức 12L:12D và 18L:6D, nhỏ hơn ở nghiệm thức 0L:24D và nhỏ nhất ở nghiệm thức 24L:0D (ảnh hưởng chính của chế độ chiếu

sáng , Phụ lục 4; Hình 3.17.M,N). Kích thước cơ thể ở giai đoạn trưởng thành giảm 3 và 4% ở con đực; 2 và 7% ở con cái tương ứng nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 4, Hình 3.17.M, N). Nhiệt độ đã tác động làm giảm kích thước cơ thể của cả con đực và con cái loài *P. incisus*, biểu hiện mạnh nhất ở chế độ 24L:0D, kết quả cho thấy kích thước cơ thể nhỏ nhất ở điều kiện này (tương tác giữa nhiệt độ và chế độ chiếu sáng , Phụ lục 4, Hình 3.17. M, N).

3.2.1.3. Sức sinh sản của *P. incisus*

Sức sinh sản của *P. incisus* nhỏ hơn khoảng 19% và 28% tương ứng ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 4, Hình 3.18). Nghiệm thức 0L:24D cho kết quả về sức sinh sản kém 21 – 33% so với 3 chế độ chiếu sáng còn lại và nhỏ nhất ở cả 3 nhiệt độ. Sức sinh sản lớn nhất ở nghiệm thức 26ºC và 12L:12D. Thời gian chiếu sáng làm sức sinh sản của *P. incisus* giảm mạnh ở 26ºC hơn so với nhiệt độ 30ºC và 34ºC (tương tác giữa nhiệt độ và chế độ chiếu sáng , Phụ lục 4, Hình 3.18).

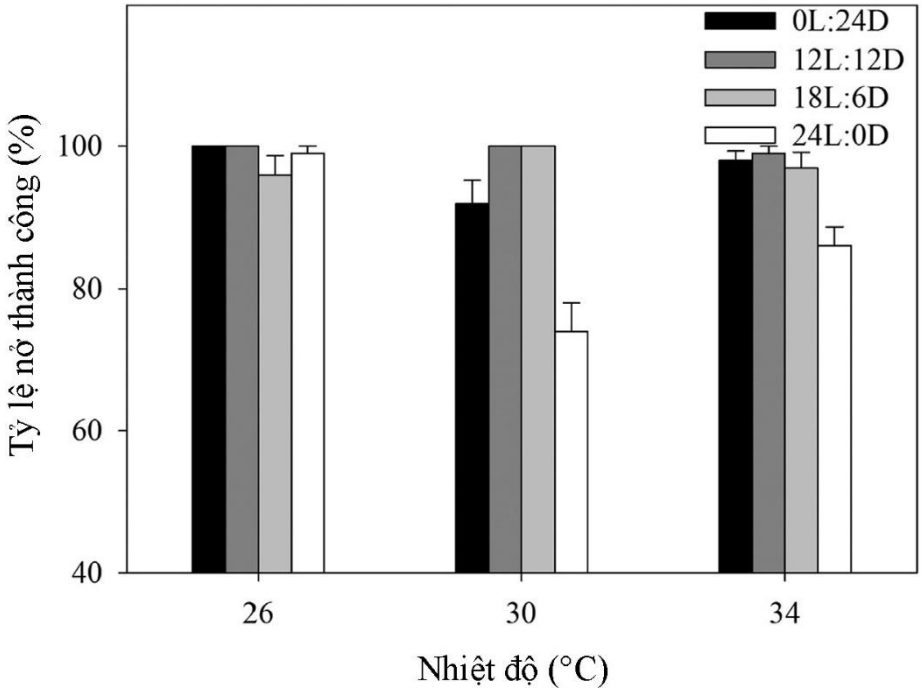


Hình 3.18. Sức sinh sản (trứng/con cái) của *P. incisus* trong thí nghiệm chế độ chiếu sáng và nhiệt độ.

3.2.1.4. Tỷ lệ nở thành công của *P. incisus*

Tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* cao (98,75%) ở nhiệt độ 26ºC và không khác nhau giữa các chế độ chiếu sáng (Hình 3.19). Tỷ lệ nở thành công tương tự ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC ở 3 chế độ chiếu sáng 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 30ºC và

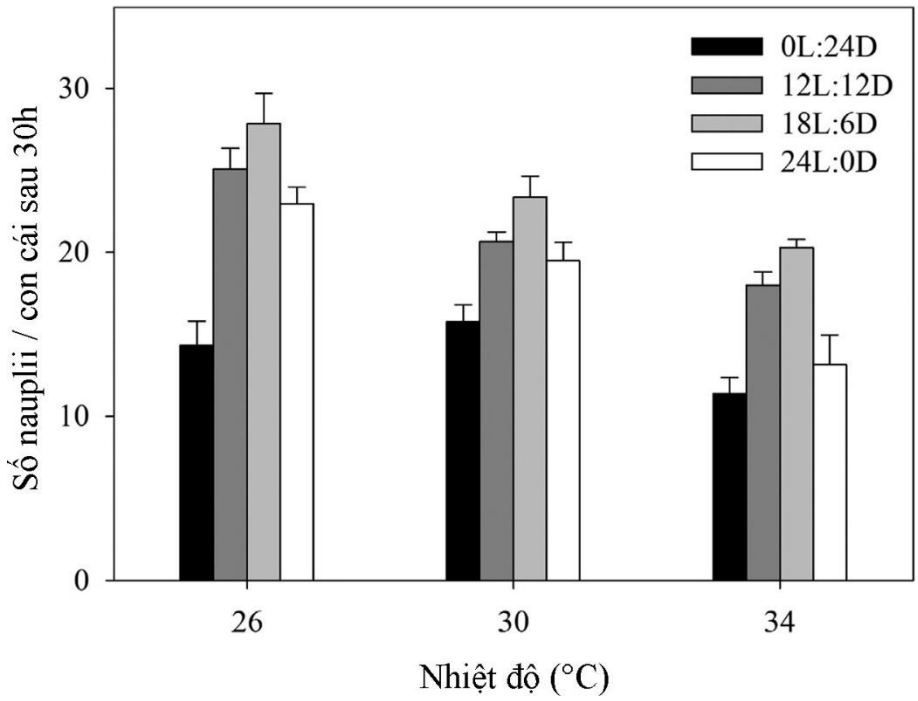
34ºC. Điều này đã phản ánh sự tác động của nhiệt độ, chế độ chiếu sáng và sự tương tác của 2 yếu tố này (P<0,001, Hình 3.19)



Hình 3.19. Tỷ lệ nở thành công (%) của của *P. incisus* trong thí nghiệm chế độ chiếu sáng và nhiệt độ.

3.2.1.5. Số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus*

Khả năng sản xuất nauplius giảm 12% và 30% tương ứng ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 4, Hình 3.20). Sản xuất nauplius cao hơn ở chế độ 12L:12D và 18L:6D và không khác nhau ở 2 chế độ chiếu sáng này. Sản xuất nauplius của *P. incisus* thấp hơn 13% và 35% ở chế độ 24L:0D và 0L:24D (ảnh hưởng chính của chế độ chiếu sáng , Phụ lục 4, Hình 3.20). 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 (tương tác giữa nhiệt độ và chế độ chiếu sáng, Phụ lục 4, Hình 3.20).

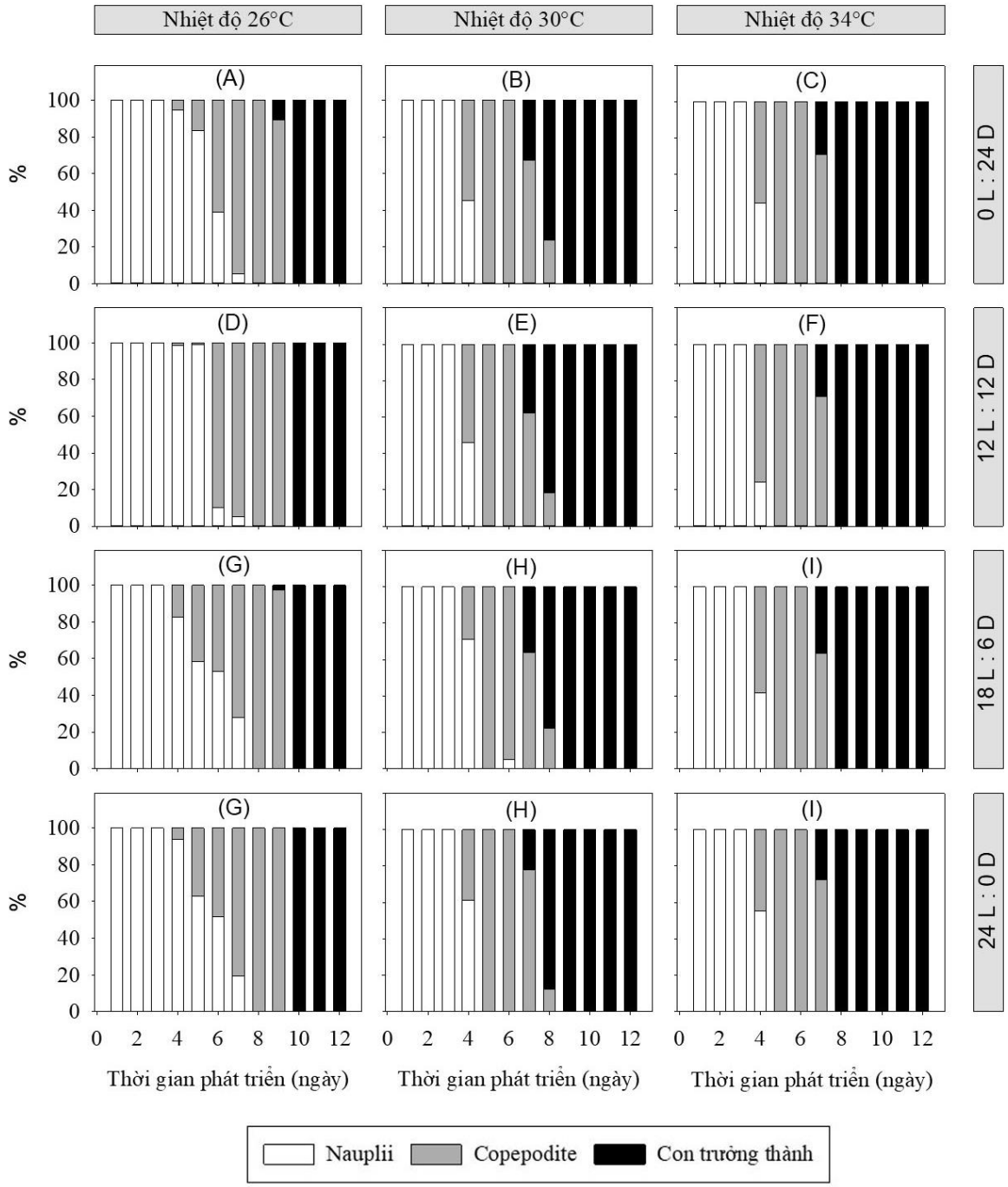


Hình 3.20. Sản xuất nauplius (số nauplii/con cái) của *P. incisus* trong thí nghiệm chế độ chiếu sáng và nhiệt độ.

3.2.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng đến thời gian phát triển, kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái sau 30h của loài *O. rigida*

3.2.2.1. Thời gian phát triển

Phát triển của giai đoạn nauplius nhanh hơn ở các nghiệm thức độ mặn ở nhiệt độ cao (30 và 34ºC), thời gian phát triển giai đoạn nauplius khoảng 4 ngày. Giai đoạn nauplius phát triển trong khoảng 6 – 7 ngày ở nhiệt độ 26ºC ở cả 4 mức chế độ chiếu sáng . *O. rigida* chuyển 100% sang copepodite chậm nhất ở nhiệt độ 26ºC – vào ngày thứ 8 và ngày thứ 5 ở nhiệt độ cao (30 và 34ºC). *O. rigida* trưởng thành 100% vào ngày thứ 8, 9 và 10 tương ứng với nhiệt độ 34 ºC, 30 ºC và 26ºC. Phát triển ở các giai đoạn của O. rigida nhanh hơn ở chế độ chiếu sáng 0L:24D; 12L:12D và 18L:6D.



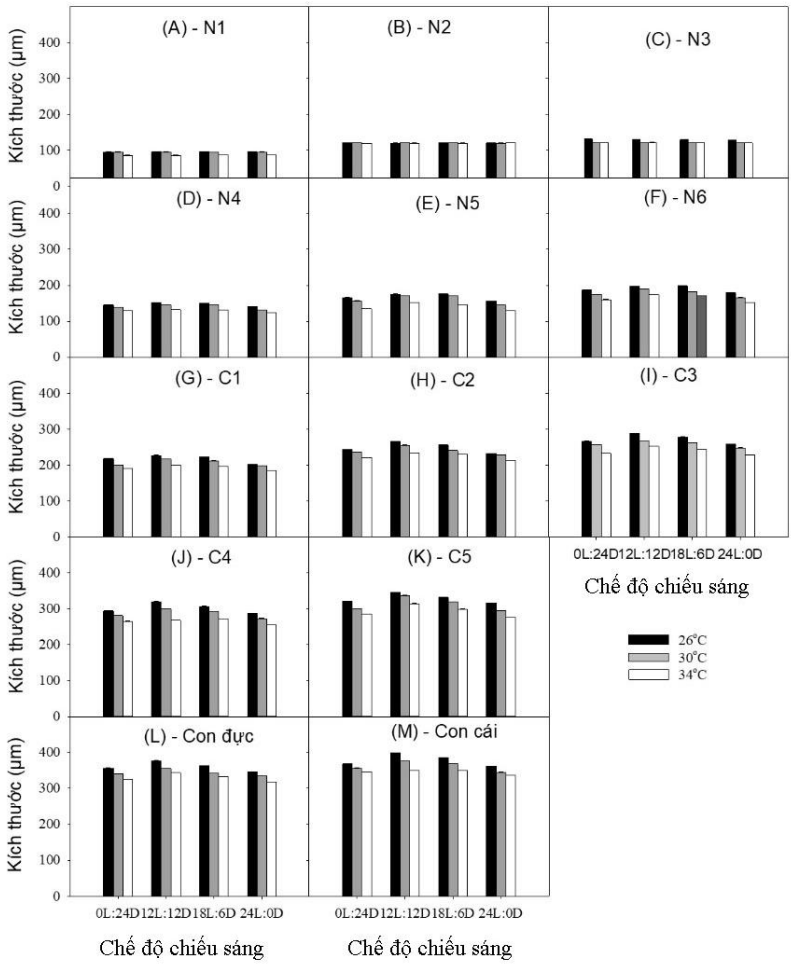
Hình 3.21. Tỷ lệ phần trăm của nauplii, copepodite và trưởng thành của *O. rigida* trong thí nghiệm nhiệt độ và độ mặn.

3.2.2.2. Kích thước cơ thể

Kích thước cơ thể của N1 – N2 không khác nhau giữa các nghiệm thức và không có sự tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và ánh sáng ở N1 nhưng có sự tương tác của nhiệt độ và ánh sáng ở N2 (Phụ lục 5, Hình 3.22.A, B). Giai đoạn N3 – N6 và copepodite có kích thước cơ thể lớn nhất ở nghiệm thức 12L:12D và nhỏ nhất ở nghiệm thức 24L:0D; giai đoạn C5 thông số này giảm 12% ở nghiệm thức 24L:0D so với nghiệm thức 12L:12D (ảnh hưởng chính của chế độ chiếu sáng , Phụ lục 5, Hình 3.22.B-N). Kích

thước cơ thể của *O. rigida* nhỏ hơn ở nhiệt độ cao hơn (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 5, Hình 3.22.B-N). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước cơ thể của *O. rigida* mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và chế độ 24L:0D. Theo đó, *O. rigida* có kích thước cơ thể nhỏ nhất ở nghiệm thức 34ºC và chế độ 24L:0D (tương tác giữa nhiệt độ và chế độ chiếu sáng , Phụ lục 5, Hình 3.22.B-N).

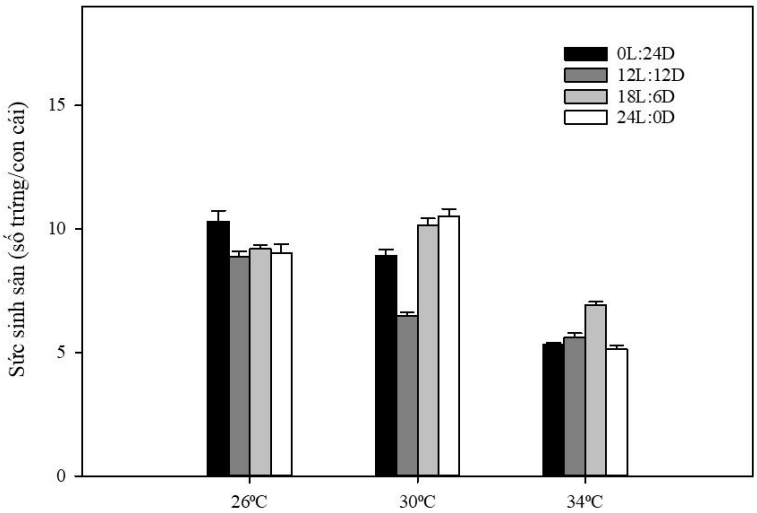
Kích thước ở giai đoạn trưởng thành của *O. rigida* được quan sát. Cả con đực và cái có kích thước cơ thể lớn nhất ở nghiệm thức 12L:12D, nhỏ hơn ở nghiệm thức 18L:6D và 0L:24D và nhỏ nhất ở nghiệm thức 24L:0D (ảnh hưởng chính của chế độ chiếu sáng , Phụ lục 5; Hình 3.22.M,N). Kích thước cơ thể ở giai đoạn trưởng thành giảm 4 và 8% ở con đực; 4 và 8% ở con cái tương ứng nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 5, Hình 3.22.M, N). Nhiệt độ đã tác động làm giảm kích thước cơ thể của cả con đực và con cái loài *O. rigida*, biểu hiện mạnh nhất ở chế độ 24L:0D, kết quả cho thấy kích thước cơ thể nhỏ nhất ở điều kiện này (tương tác giữa nhiệt độ và chế độ chiếu sáng , Phụ lục 5, Hình 3.22. M, N).



Hình 3.22. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *O. rigida* thích ứng với chế độ chiếu sáng và nhiệt độ. N1-N6: giai đoạn nauplius I – VI; C1-C4 = copepodite giai đoạn I – IV

3.2.2.3. Sức sinh sản

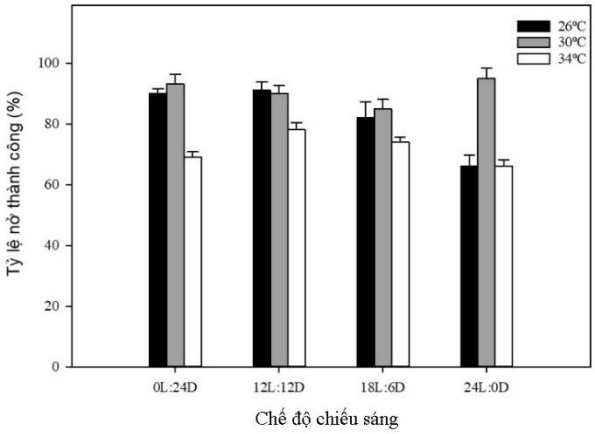
Sức sinh sản của *O. rigida* nhỏ hơn khoảng 3% và 38% tương ứng ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 5, Hình 3.23). Sức sinh sản lớn nhất ở nghiệm thức 26ºC và 0L:24D, nhỏ hơn là nghiệm thức 24L:0D và 18L:6D, thấp nhất ở nghiệm thức 12L:12D. Thời gian chiếu sáng làm sức sinh sản của *O. rigida* giảm mạnh ở 34ºC hơn so với nhiệt độ 26ºC và 30ºC, sức sinh sản của *O. rigida* nhỏ nhất ở nghiệm thức 34ºC và 12L:12D (tương tác giữa nhiệt độ và chế độ chiếu sáng , Phụ lục 5, Hình 3.23).



Hình 3.23. Sức sinh sản (trứng/con cái) của *O.* rigida trong thí nghiệm chế độ chiếu sáng và nhiệt độ.

3.2.2.4. Tỷ lệ nở thành công

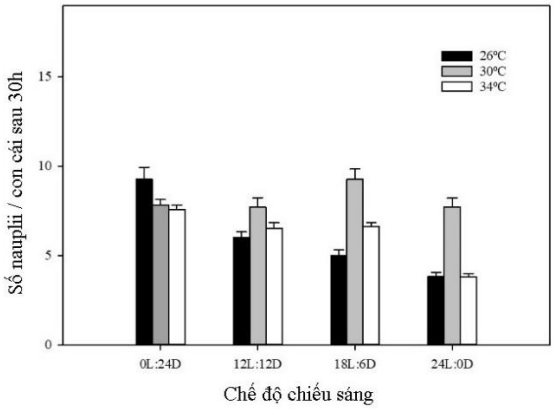
Tỷ lệ nở thành công của *O. rigida* cao (90,75%) ở nhiệt độ 30ºC và khác nhau giữa các chế độ chiếu sáng (Phụ lục 5, Hình 3.24). Tỷ lệ nở thành công tương tự ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC ở 3 chế độ chiếu sáng 0L:24D, 12L:12D, 18l:6D. Tuy nhiên, tỷ lệ nở thành công giảm mạnh ở chế độ 24L:0D, cụ thể là 82,25% và 71,75% tương ứng ở nhiệt độ 26ºC và 34ºC. Điều này đã phản ánh sự tác động của nhiệt độ, chế độ chiếu sáng và sự tương tác của 2 yếu tố này đến tỷ lệ nở thành công (P<0,001, Phụ lục 5, Hình 3.24).



Hình 3.24. Tỷ lệ nở thành công (%) của của *O. rigida* trong thí nghiệm chế độ chiếu sáng và nhiệt độ.

3.2.2.5. Số nauplii/con cái sau 30h

Khả năng sản xuất nauplius sau 30h giảm 25% và 24% tương ứng ở nhiệt độ 26ºC và 34ºC so với 30ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 5, Hình 3.25). Sản xuất nauplius sau 30h cao hơn ở chế độ 0L:24D, nhỏ hơn ở chế độ chiếu sáng 12L:12D và 18L:6D, nhỏ nhất ở nghiệm thức 24L:0D, 8 nauplius ở chế độ chiếu sáng 0L:24D, gần 7 nauplius ở chế độ chiếu sáng 12L:12D và 18L:6D và 5 nauplius ở chế độ chiếu sáng 24L:0D. Sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* thấp hơn 37% ở chế độ 24L:0D so với 0L:24D (ảnh hưởng chính của chế độ chiếu sáng , Phụ lục 5, Hình 3.25). Nhiệt độ tăng từ 30ºC lên 34ºC đã làm giảm khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* và biểu hiện mạnh hơn ở chế độ 24L:0D so với 0L:24D (tương tác giữa nhiệt độ và chế độ chiếu sáng , Phụ lục 5, Hình 3.25).



Hình 3.25. Sản xuất nauplius (số nauplii/con cái) của *O. rigida* trong thí nghiệm chế độ chiếu sáng và nhiệt độ.

3.2.3. Thảo luận

Nghiên cứu của chúng tôi là quan sát đầu tiên về tác động và tương tác của thời gian chiếu sáng nhân tạo trong thời gian dài vào cả ban đêm với nhiệt độ (thể hiện được khoảng nhiệt độ ngoài tự nhiên ven biển Việt Nam) trên loài *P. incisus*. Loài copepod nhiệt đới *P. incisus* chiếm ưu thế ở rừng ngập mặn, đầm phá ven biển nhiệt đới ở Đông Nam Á (Truong và ctv., 2014). Nghiên cứu về tác động của chế độ chiếu sáng kết hợp với nhiệt độ trên loài *O. rigida* là quan sát tổng hợp đầu tiên, nghiên cứu trước của Santhanam và ctv. (2018) mới chỉ xem xét tác động của yếu tố ánh áng đến *O. rigida*. Phần thảo luận phân tích sự tác động riêng lẻ của nhiệt độ, chế độ chiếu sáng (ánh sáng nhân tạo) và sự tương tác của 2 yếu tố nhiệt độ và chế độ chiếu sáng lên *P. incisus* và *O. rigida*.

Chế độ chiếu sáng ảnh hưởng đến định hướng, thành thục và sinh sản của sinh vật biển (trích theo Davies và ctv., 2014). Ở động vật phu du biển, chế độ chiếu sáng điều chỉnh sự di chuyển theo tầng nước (Haro và ctv., 2019). Copepoda di chuyển xuống tầng nước dưới để tránh kẻ thù vào ban ngày và lên tầng nước mặt vào ban đêm để ăn tảo (Jacoby và Greenwood, 1989; Kouassi và ctv., 2001). Ánh sáng nhân tạo đã ngăn chặn di chuyển theo tầng nước và sinh trưởng, phát triển của động vật phù du biển (Davies và ctv., 2014). Trong nghiên cứu, chúng tôi đã quan sát thấy nauplius của *P. incisus* phát triển nhanh nhất ở chế độ không có ánh sáng (0L:24D). Điều này có thể liên quan đến hành vi tránh ánh sáng ở nauplius (Kim và ctv., 2019; Miljeteig và ctv., 2014). Trường hợp cụ thể nauplius loài *Tigriopus japonicus* tập trung nhiều hơn ở vị trí tối của bể khi đèn được bật ở cạnh đối diện (Kim và ctv., 2019). Theo đó, không gian và khả năng bắt mồi của nauplius bị giảm khi có ánh sáng (Gaston và ctv., 2013). Giai đoạn copepodite phát triển nhanh hơn ở điều kiện có ánh sáng (12L: 12D và 18L: 6D) so với điều kiện không có ánh sáng. Kết quả này cho thấy chiếu sáng 24h/ngày có thể làm suy giảm một số quá trình sinh lý của *P. incisus*, điều này có thể được bù đắp bằng các hoạt động bắt mồi và không gian hoạt động rộng; tác động này rõ rệt hơn ở các giai đoạn phát triển sau của *P. incisus*.

Trong điều kiện chiếu sáng liên tục (nghiệm thức 24L:0D), thời gian phát triển của nauplius của *P. incisus* không tăng nhưng ở kéo dài hơn ở giai đoạn copepodite. Kết quả cho thấy thời gian phát triển của giai đoạn copepodite tăng khoảng 20% ở nghiệm thức 24L:0D so với 2 nghiệm thức có ánh sáng còn lại (12L:12D; 18L:6D). Hiện tượng

này có thể là do Copepoda cần nhiều năng lượng cho các hoạt động ở chế độ chiếu sáng liên tục 24h, kết quả là phát triển của Copepoda bị chậm hơn. Phản ứng của các động vật khác cũng tương tự, ví dụ như cá tăng hoạt động và tiêu hao oxy khi bị chiếu ánh sáng nhân tạo vào ban đêm (Pulgar và ctv., 2019). Tăng cường chiếu ánh sáng vào ban đêm có thể làm giảm nhịp sinh học (Nesbit và Christie, 2014), tăng stress, giảm miễn dịch và khả năng sinh sản của nhiều loài (Gaston và ctv., 2013). Sinh vật cần một khoảng thời gian tối (không có ánh sáng) nhất định để phục hồi sinh lý cũng như chỉnh sửa các tổn thương của AND và tế bào (Gerrish và ctv., 2009).

Camus và Zeng (2008) cho biết tăng thời gian chiếu sáng, đặc biệt trong điều kiện chiếu sáng liên tục thì sức sinh sản và tỷ lệ nở thành công cao hơn ở loài *Acartia sinjiensis* (thuộc calanoida). Tuy nhiên, kết quả trong nghiên cứu của chúng tôi cho thấy kích thước cơ thể và sức sinh sản tốt nhất của *P. incisus* trong điều kiện 12L:12D – đây là chế độ chiếu sáng giống với điều kiện tự nhiên tại địa điểm nghiên cứu. Vị trí địa lý của địa điểm nghiên cứu gần xích đạo (+11°49’N) nên chế độ chiếu sáng quanh năm không lệch quá 1h so với chế độ 12L:12D. Do vậy, *P. incisus* có thể thích nghi với chế độ chiếu sáng này. Việc tăng hay giảm thời gian chiếu sáng vào ban đêm có thể không thích hợp với *P. incisus* và dẫn đến sức sinh sản giảm. Loài *A. tonsa* có tỷ lệ nở thành công cao hơn khi thời gian chiếu sáng kéo dài (Peck và Holste, 2006). Tuy nhiên, chúng tôi không tìm thấy sự ảnh hưởng của chế độ chiếu sáng đến tỷ lệ nở thành công ở 26°C, tỷ lệ nở thành công giảm ở nghiệm thức chiếu sáng vào ban đêm và nhiệt độ cao (34°C). Các nghiên cứu trước cho thấy nhiệt độ cao có thể tác động không tốt đến phát triển phôi của các loài động vật thủy sản (Pepe-Victoriano và ctv., 2012; Preziosi và Runge, 2014). Thời gian chiếu sáng liên tục có thể tăng stress, kết quả có thể gây ra những tổn thương cho phôi ở nhiệt độ cao. Tuy nhiên, chúng tôi chưa rõ tại sao tỷ lệ nở lại thấp nhất ở 30°C, là nhiệt độ trung gian trong khoảng thí nghiệm.

Kết quả của nghiên cứu cho thấy sức sinh sản và tỷ lệ nở thành công, khả năng sản xuất nauplius của *P. incisus* cao nhất ở chế độ chiếu sáng 12L:12D và 18L:6D. Nhìn chung, kết quả cho thấy trong điều kiện chiếu sáng liên tục làm giảm năng suất của *P. incisus* bằng cách tác động đến cả 5 thông số quan trọng gồm thời gian phát triển kéo dài, giảm kích thước cơ thể khi trưởng thành, giảm sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất nauplius.

Thời gian phát triển của *P. incisus* nhanh nhất ở 34°C, tiếp đến là 30°C và chậm nhất ở 26°C, trong nghiên cứu trước cho thấy *Pseudodiaptomus annandalei* có thời gian

phát triển ở 34ºC lâu hơn ở 30ºC (Doan và ctv., 2019), kết quả cho thấy *P. incisus* thích nghi tốt hơn với nhiệt độ cao so với *P. annandalei*. Kết quả tương đồng với các quan sát khác là khi nhiệt độ tăng thúc đẩy sự phát triển của Copepoda nhanh hơn so với phát triển của chúng (Forster và ctv., 2012; Horne và ctv., 2019; Nguyen và ctv., 2020), cụ thể là kích thước giai đoạn N2 nhỏ nhất ở nhiệt độ 34ºC. Kết quả này biểu hiện rõ hơn trong các giai đoạn sau, dẫn đến sự khác biệt lớn nhất về kích thước cơ thể khi trưởng thành. Các nghiên cứu trước đã tìm thấy kết quả tương tự về sự giảm kích thước cơ thể do nhiệt độ tăng cao ở cả động vật thủy sản và trên cạn (Ohlberger, 2013; Horne và ctv., 2016; Gibbin và ctv., 2017; Messmer và ctv., 2017; Sommer và ctv., 2017; Doan và ctv., 2019). Kích thước cơ thể là một trong những đặc điểm quan trọng nhất ảnh hưởng đến thể trạng của sinh vật (Horne và ctv., 2016), gồm cả khả năng bắt mồi (Horne và ctv., 2016; Kiørboe, 2011) và sinh sản (Horne và ctv., 2016; Doan và ctv., 2019). Tương quan giữa kích thước con đực và cái của *P. incisus* khi trưởng thành nhỏ hơn, sức sinh sản thấp hơn đáng kể ở nhiệt độ 34ºC, 30ºC so với nhiệt độ 26ºC nhưng không khác nhau giữa nhiệt độ 30ºC và 34ºC (Truong và ctv., 2020). Tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất nauplius cũng thấp hơn trong điều kiện nhiệt độ cao (Doan và và ctv., 2019).

Sinh vật biển luôn đối phó với nhiều tác nhân gây căng thẳng tác động đồng thời, đặc biệt là trong điều kiện biến đổi khí hậu và ô nhiễm (Crain và ctv., 2008; Dinh và ctv., 2020a,b; Halpern và ctv., 2008). Sự tương tác giữa các độc tố với nhiệt độ tăng lên được nghiên cứu trong thập kỉ qua (Dinh và ctv., 2016a; Dinh Van và ctv., 2013, 2014a,b; Holmstrup và ctv., 2010; Moe và ctv., 2013; Noyes và ctv., 2009; Sokolova và Lannig, 2008) nhưng không có nghiên cứu nào xem xét sự tương tác kéo dài giữa thời gian chiếu ánh sáng nhân tạo vào ban đêm và nhiệt độ. Nghiên cứu của chúng tôi là nghiên cứu đầu tiên cho thấy chiếu ánh sáng liên tục vào ban đêm có thể làm tăng độ nhạy cảm của *P. incisus* với sự tăng lên của nhiệt độ. Khả năng sản xuất nauplius là chỉ số rất quan trọng vì thể hiện hiệu quả của sinh sản. Trong điều kiện chiếu ánh sáng liên tục, sản lượng nauplii giảm hơn 3 lần ở nhiệt độ 34ºC so với 26ºC và 30ºC; đây là bằng chứng rõ ràng về sự gia tăng nhạy cảm của *P. incisus* đối với sự nóng lên trong điều kiện ô nhiễm ánh sáng nhân tạo kéo dài vào ban đêm.

Trong nghiên cứu, chúng tôi đã quan sát thấy kích thước của nauplius, copepodite và trưởng thành ở *O. rigida* phát triển nhanh nhất ở chế độ có ánh sáng (12L:12D) và nhỏ nhất ở điều kiện chiếu sáng liên tục (24L:0D). Kết quả này cho thấy chiếu sáng 24h/ngày có thể làm suy giảm một số quá trình sinh lý của *O. rigida*, điều này có thể

được bù đắp bằng các hoạt động bắt mồi và không gian hoạt động rộng; tác động này rõ rệt hơn ở các giai đoạn phát triển sau của *O. rigida*. Kết quả này tương đồng với biểu hiện của *P. incisus* ở giai đoạn copepodite và trưởng thành nhưng khác ở giai đoạn nauplius – nauplius của *P. incisus* phát triển nhanh nhất ở chế độ không có ánh sáng (0L:24D). Điều này cho thấy khả năng hướng quang của nauplius ở *O. rigida* mạnh hơn loài *P. incisus*. Hiện tượng này phù hợp với thực tế loài *O. rigida* phong phú hơn loài *P. incisus* trong khoảng thời gian ít mưa, chế độ chiếu sáng ổn định (tháng 11 -12 năm 2019) tại các ao nuôi tôm tại Cam Ranh (Nguyễn Thị Thủy, Đoàn Xuân Nam, Bùi Văn Cảnh quan sát).

Trong điều kiện chiếu sáng liên tục (nghiệm thức 24L:0D), thời gian phát triển của nauplius và copepodite của *O. rigida* không tăng. Kết quả cho thấy thời gian phát triển của giai đoạn copepodite nhanh hơn ở nghiệm thức12L:12D; 18L:6D ở nhiệt độ 34°C. Hiện tượng này có thể là do Copepoda cần nhiều năng lượng cho các hoạt động ở chế độ chiếu sáng liên tục 24h, kết quả là phát triển của Copepoda bị chậm hơn.

Peck và ctv. (2008) cho biết tăng thời gian chiếu sáng thì sức sinh sản giảm ở loài *Acartia tonsa* (thuộc calanoida). Tuy nhiên, kết quả trong nghiên cứu của chúng tôi cho sức sinh sản tốt nhất của *O. rigida* trong điều kiện 18L:6D – chế độ chiếu sáng cao hơn điều kiện tự nhiên tại địa điểm nghiên cứu không nhiều, thường dao động quanh chế độ 12L:12D. Điều này có thể do nhu cầu về ánh sáng để tăng cường trao đổi chất, tích lũy năng lượng cho quá trình tạo trứng của *O. rigida*. Chúng tôi cũng chưa rõ tại sao sức sinh sản của *O. rigida* lại thấp nhất ở chế độ 12L:12D. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Camus và Zeng (2008) - cho biết tăng thời gian chiếu sáng, đặc biệt trong điều kiện chiếu sáng liên tục thì sức sinh sản và tỷ lệ nở thành công cao hơn ở loài *Acartia sinjiensis* (thuộc calanoida).

Loài *A. tonsa* có tỷ lệ nở thành công cao hơn khi thời gian chiếu sáng kéo dài (Peck và Holste, 2006). Tuy nhiên, chúng tôi thấy tỷ lệ nở thành công giảm ở nghiệm thức chiếu sáng liên tục và nhiệt độ cao (34°C). Các nghiên cứu trước cho thấy nhiệt độ cao có thể tác động không tốt đến phát triển phôi của các loài động vật thủy sản (Pepe-Victoriano và ctv., 2012; Preziosi và Runge, 2014). Thời gian chiếu sáng liên tục có thể tăng stress, kết quả có thể gây ra những tổn thương cho phôi ở nhiệt độ cao. Kết quả cho thấy *O. rigida* có tỷ lệ nở thành công cao hơn ở nghiệm thức 30°C và 0L:24D; 12L:12D; 18L:6D.

Santhanam và ctv. (2018) cho biết khả năng sản xuất nauplius của *O. rigida* có xu hướng giảm khi tăng thời gian chiếu sáng. Kết quả của chúng tôi cũng cho thấy khả năng sản xuất nauplius sau 30h ở *O. rigida* nhiều nhất ở chế độ 0L:24D và thấp nhất ở chế độ 24L:0D. Kết quả này thống nhất với điều kiện cho sức sinh sản và tỷ lệ nở thành công cao hơn ở các chế độ 0L:24D; 18L:6D. Điều này có thể là do ánh sáng gây stress ảnh hưởng đến rụng trứng của Copepoda mẹ. Thông số này ảnh hưởng lớn đến phong phú của quần thể nên kết quả này là dẫn liệu quan trọng khi nuôi loài *O. rigida*.

Kết quả của nghiên cứu cho thấy sức sinh sản và tỷ lệ nở thành công, khả năng sản xuất nauplius của *O. rigida* cao nhất ở chế độ chiếu sáng 18L:6D và 0L:24D, tương ứng. Nhìn chung, kết quả cho thấy trong điều kiện chiếu sáng liên tục làm giảm năng suất của *O. rigida* bằng cách tác động đến cả 5 thông số quan trọng gồm thời gian phát triển kéo dài, giảm kích thước cơ thể khi trưởng thành, giảm sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất nauplius.

Nghiên cứu của chúng tôi là nghiên cứu đầu tiên cho thấy chiếu ánh sáng liên tục vào ban đêm có thể làm tăng độ nhạy cảm của *O. rigida* với sự tăng lên của nhiệt độ. Tất cả 5 thông số theo dõi đều cho kết quả thấp nhất ở nhiệt độ 34°C. Đặc biệt là khả năng sản xuất nauplius là chỉ số rất quan trọng vì thể hiện hiệu quả của sinh sản. Trong điều kiện chiếu ánh sáng liên tục, sản lượng nauplius giảm hơn 20% ở nhiệt độ 34°C so với 30°C; đây là bằng chứng rõ ràng về sự gia tăng nhạy cảm của *O. rigida* đối với sự nóng lên trong điều kiện ô nhiễm ánh sáng nhân tạo kéo dài vào ban đêm.

Khảo sát này có hai phát hiện quan trọng liên quan đến đánh giá rủi ro sinh thái của nhiều yếu tố gây căng thẳng trong môi trường ven biển nhiệt đới. Thứ nhất, kết quả của nghiên cứu đã minh họa việc kéo dài thời gian chiếu ánh sáng nhân tạo đến 18h/ngày không dẫn đến việc giảm nghiêm trọng các thông số về năng suất của *P. incisus*, nhưng kéo dài thời gian chiếu sáng đến 24h liên tục thì giảm đáng kể cả 5 thông số về năng suất của *P. incisus*. Đối với loài *O. rigida* thì việc kéo dài thời gian chiếu ánh sáng nhân tạo đến 24h liên tục cũng làm giảm đáng kể cả 5 thông số về năng suất. Kết quả này cho thấy mối lo ngại về ô nhiễm ánh sáng nhân tạo và hiện tượng này sẽ phổ biến hơn ở các vùng ven biển (Luijendijk và ctv., 2018). Thứ hai, nhiệt độ tăng cao là vấn đề rất đáng để quan tâm vì tác động đến phân bố của các loài ở vùng nhiệt đới. *P. incisus* và *O. rigida* là hai loài chiếm ưu thế ở môi trường thích hợp với chính chúng nhưng chỉ tìm thấy ở một số địa điểm trong đầm phá và khu vực cửa sông ở Đông Nam Á (Truong ctv., 2014) và khu vực rừng ngập mặn (Truong và ctv., 2020). Cả 5 thông số khảo sát

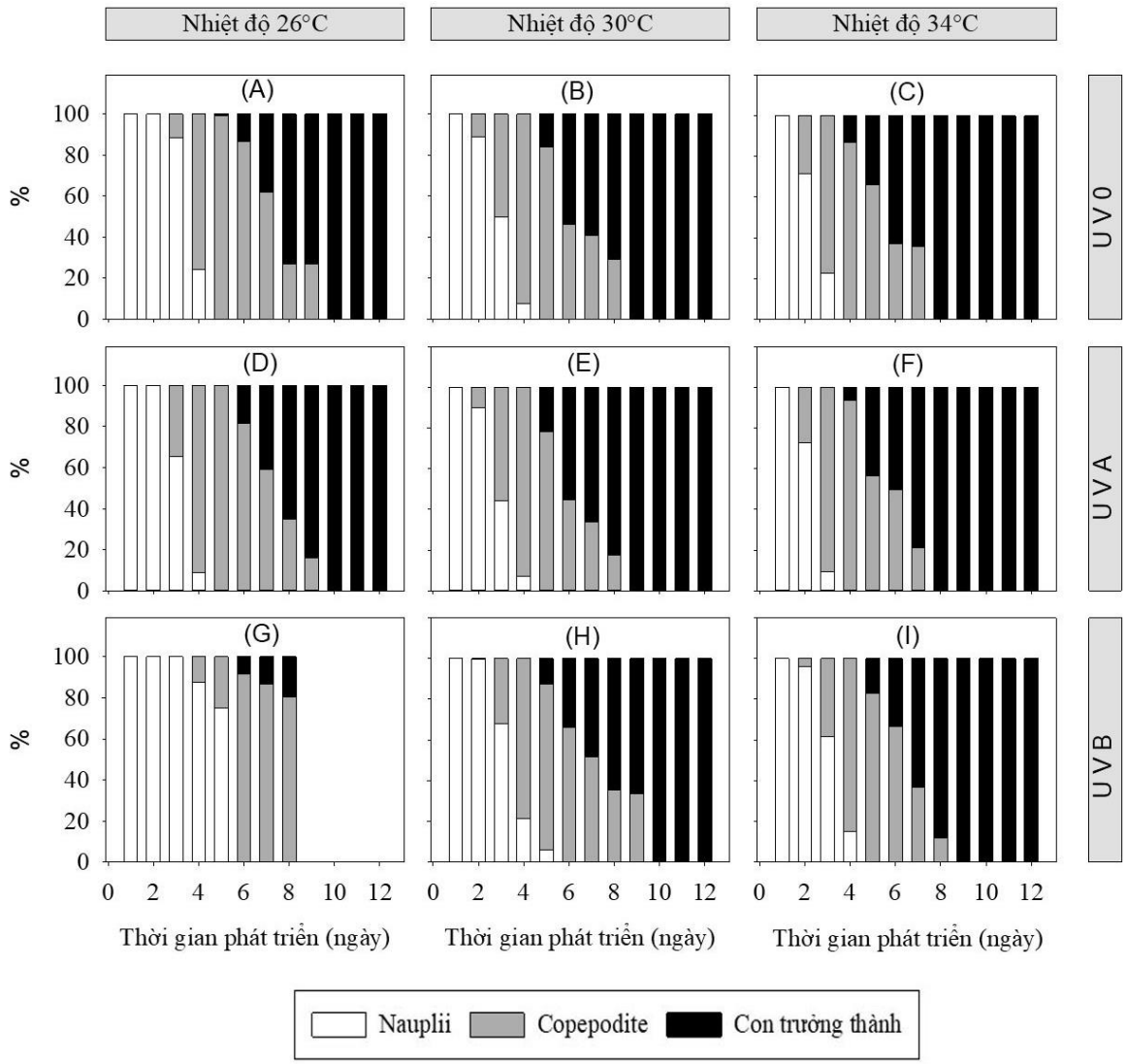
về năng suất của *P. incisus* và *O. rigida* đều giảm mạnh ở nhiệt độ 34ºC, thường xảy ra trong khoảng từ mùa xuân đến mùa thu (Doan và ctv., 2018). Kết quả ủng hộ dự đoán rằng các loài phân bố theo khu vực địa lý cụ thể như loài thích nghi với nhiệt độ cao có thể sống được ở điều kiện giới hạn nhiệt độ và có thể không tồn tại được ở nhiệt độ quá nóng (Smale và ctv., 2019). Tác động tiêu cực của sự nóng lên của ánh sáng nhân tạo có góp phần của ô nhiễm ánh sáng do đô thị hóa, nghề cá và nuôi trồng thủy sản vùng ven biển (Kyba và ctv., 2017; Luijendijk và ctv., 2018; Garratt và ctv., 2019). Kết quả của nghiên cứu có thể được ứng dụng trực tiếp vào các chính sách của quốc gia và địa phương về quy hoạch vùng ven biển Việt Nam. Chúng ta cần xem xét ảnh hưởng của ô nhiễm ánh sáng và sự nóng lên quá mức đối với sinh vật biển. Theo đó, quy định có một khoảng thời gian không có ánh sáng vào ban đêm, sử dụng đèn thân thiện với môi trường trong các trại nuôi trồng thủy sản và các khu đô thị dọc bờ biển.

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

3.3.1. 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 số nauplii/con cái sau 30h của loài *P. incisus*

3.3.1.1. Thời gian phát triển

Thời gian phát triển giai đoạn nauplius của *P. incisus* nhanh hơn khi nhiệt độ cao (34ºC), *P. incisus* chuyển sang giai đoạn copepodite sớm hơn 1 ngày ở nhiệt độ 34ºC so với nhiệt độ 26 và 30ºC. Thông số này có sự khác biệt rõ ở nghiệm thức UVB so với UVA và đối chứng (UV0). *P. incisus* chuyển 100% sang giai đoạn trưởng thành vào ngày thứ 9 và 10 tương ứng với nhiệt độ 34 và 30ºC của nghiệm thức UVB; ở nghiệm thức 26ºC và UVB 100% copepodite bị chết.



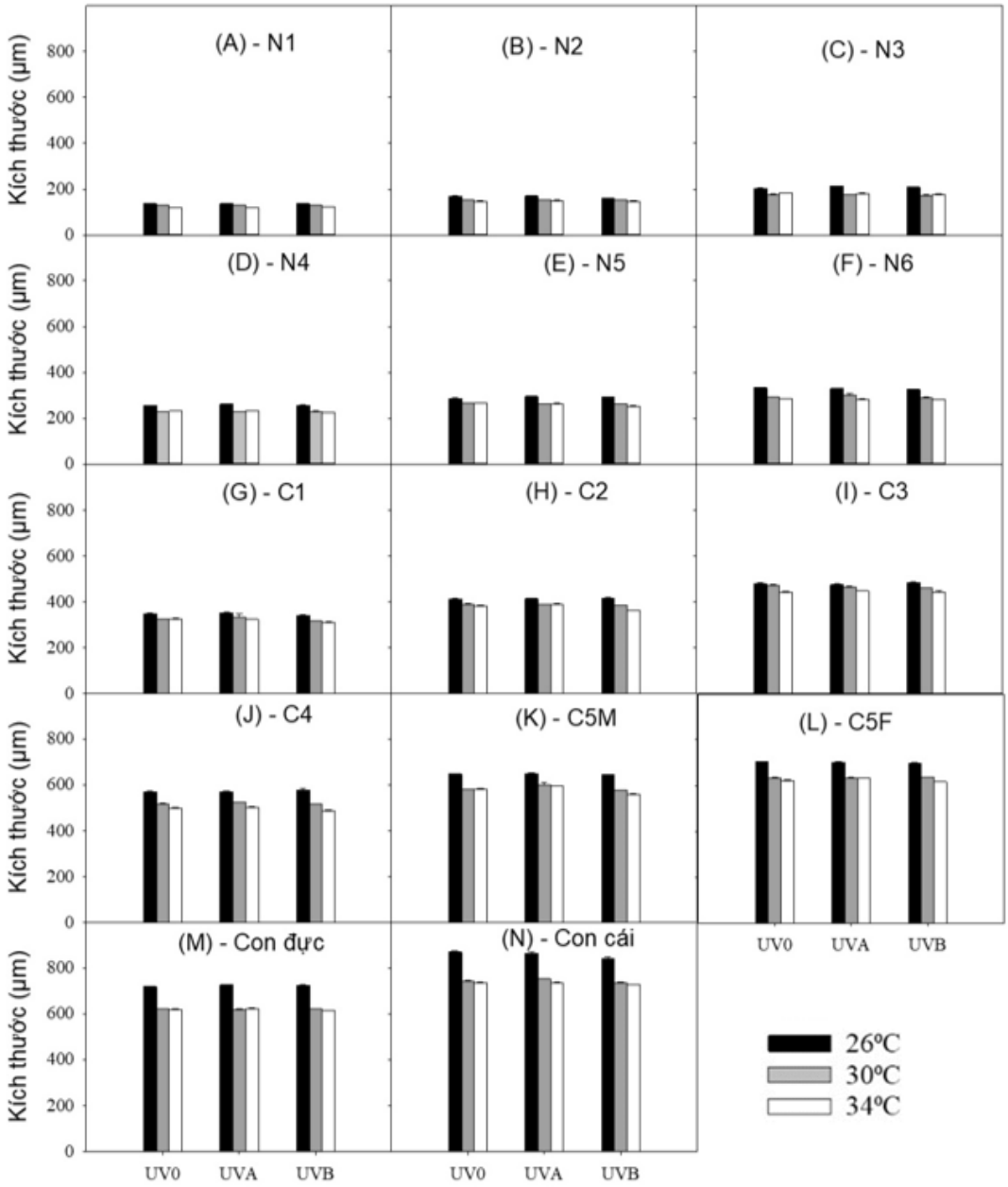
Hình 3.26. Tỷ lệ phần trăm của nauplii, copepodite và trưởng thành của *P. incisus* trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ.

3.3.1.2. Kích thước cơ thể của *P. incisus*

Kích thước cơ thể của N1 không khác nhau giữa các chế độ chiếu tia cực tím (P = 0,111) nhưng có sự ảnh hưởng nhẹ của nhiệt độ, thông số này giảm 2% và 10% ở 30ºC và 34ºC so với 26ºC, không có sự tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và các chế độ chiếu tia cực tím (Phụ lục 6, Hình 3.27.A). Giai đoạn N2 - N5, kích thước cơ thể khác nhau rất ít giữa các các chế độ chiếu tia cực tím (P<0,001), sự chênh lệch không quá 2% và lớn hơn ở nhiệt độ UVA, nhỏ hơn là UV0, nhỏ nhất là UVB (ảnh hưởng của tia UV, Phụ lục 6, Hình 3.27.B,C,D,E). Giai đoạn N6, kích thước cơ thể của *P. incisus* không có sự khác nhau giữa các nghiệm thức tia cự tím (P = 0,06). Giai đoạn N2 – N6 có sự khác nhau về kích thước cơ thể của *P. incisus* ở các nhiệt độ, lớn nhất ở 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và nhỏ nhất ở 34ºC, thông số này giảm trong khoảng 6 – 12% và 10 – 15% ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 6, Hình 3.27.B-F).

Giai đoạn copepodite có kích thước cơ thể lớn hơn ở nhiệt độ 26ºC, thông số này giảm trong khoảng 3 – 10% và 7 – 12% ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 6, Hình 3.27.G - K). Giai đoạn C1 – C2, C4, C5M, kích thước cơ thể của *P. incisus* có khác nhau giữa các chế độ tia UV, thông số này cao nhất ở UVA, nhỏ hơn rất ít ở nghiệm thức UV0, thấp nhất ở nghiệm thức UVB, giảm khoảng 0,6 – 3% và 3 – 4% ở nghiệm thức UV0 và UVB so với UVA (ảnh hưởng của tia UV, Phụ lục 6, Hình 3.27.G,H,J,K). Giai đoạn C3 và C5F không thấy sự khác nhau giữa các chế độ UV. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước cơ thể của *P. incisus* mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và UVB. Theo đó, *P. incisus* có kích thước cơ thể nhỏ nhất ở nghiệm thức 34ºC và UVB (tương tác giữa nhiệt độ và UV, Phụ lục 6, Hình 3.27).

Kích thước ở giai đoạn trưởng thành của *P. incisus* được quan sát. Cả con đực và cái có kích thước cơ thể lớn nhất ở nhiệt độ 26ºC, nhỏ hơn ở nhiệt độ 30ºC và nhỏ nhất ở 34ºC. Kích thước cơ thể ở giai đoạn trưởng thành giảm cùng 14% ở con đực; 13 và 15% ở con cái tương ứng nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 6, Hình 3.27. M,N). Kích thước cơ thể con cái của *P. incisus* khác nhau ở các chế độ UV, lớn nhất ở nghiệm thức UV0 và UVA, nhỏ nhất ở nghiệm thức UVB, thông số này giảm 5% ở UVB so với UV0 và UVA (ảnh hưởng của tia UV, Phụ lục 6, Hình 3.27). Kích thước cơ thể con đực không khác nhau giữa các chế độ UV (P = 0,09). Nhiệt độ đã tác động làm giảm kích thước cơ thể của cả con đực và con cái loài *P. incisus*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức UVB và 34ºC, kết quả cho thấy kích thước cơ thể nhỏ nhất ở điều kiện này (tương tác giữa nhiệt độ và UV, Phụ lục 6, Hình 3.27).

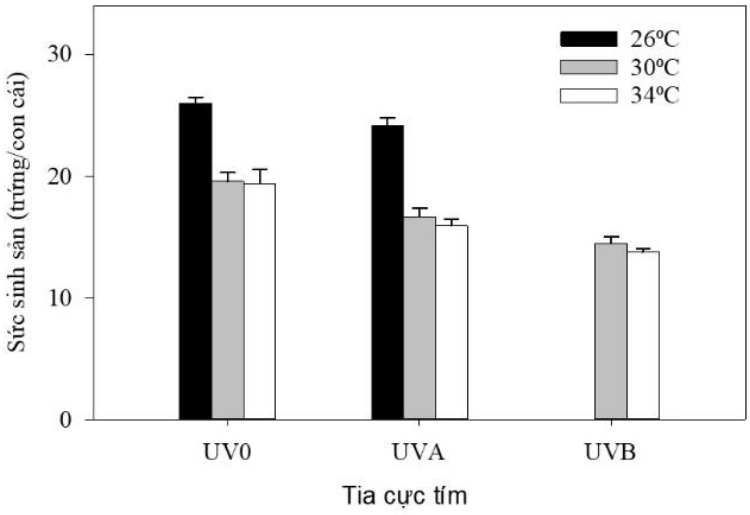


Hình 3.27. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *P. incisus* trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ. N1-N6: giai đoạn nauplius I – VI; C1-C4 = copepodite giai đoạn I – IV; C5M = giai đoạn copepodite của con đực; C5F = giai đoạn copepodite của con cái.

3.3.1.3. Sức sinh sản

Nghiệm thức 26ºC 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, Phụ lục 6, Hình 3.28). Sức sinh sản của *P. incisus* lớn nhất ở 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và 34ºC, thông số này cùng giảm 34% ở 30 và 34ºC so với 26ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 6, Hình 3.28). Sức sinh sản của *P. incisus* không chịu sự tương tác giữa hai yếu tố nhiệt độ và chế độ UV ở hai nhiệt độ 30 và 34ºC (P = 0,684). Nghiệm thức 26ºC

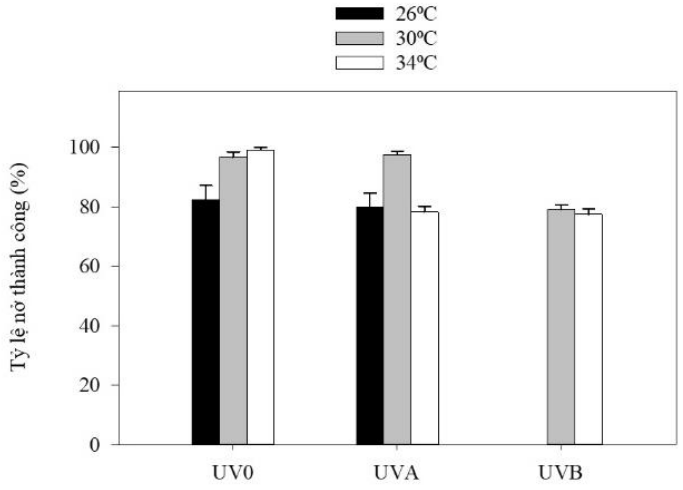
và UVB đã không thu được số liệu vì *P. incisus* bị chết và gần như không mang trứng, biểu hiện mạnh của sự tương tác giữa nhiệt độ và UV ở nghiệm thức này.



Hình 3.28. Sức sinh sản (trứng/con cái) của *P.* incisus trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ.

3.3.1.4. Tỷ lệ nở thành công

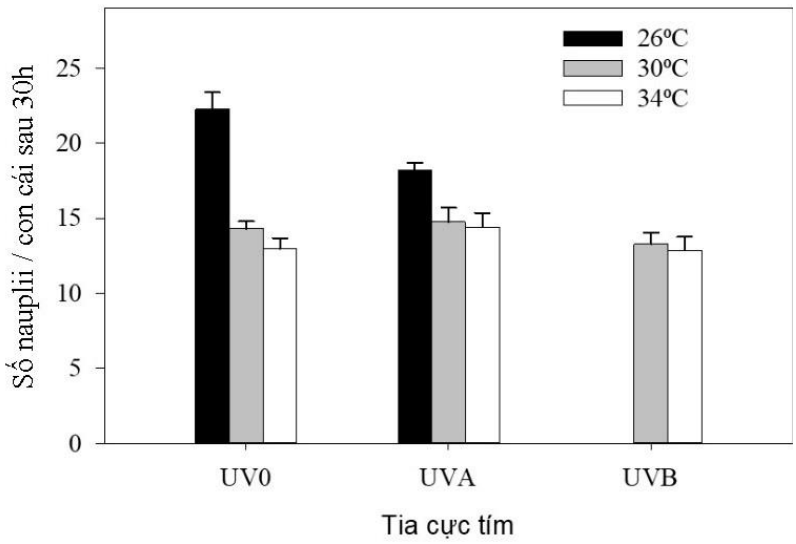
Ở tất cả 3 chế độ UV thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công giảm khi nhiệt độ tăng từ 30 đến 34ºC và ở nhiệt độ thấp (26ºC) (P<0,001), thông số này giảm 10% và 6% ở nhiệt độ 26ºC và 34ºC so với 30ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 6, Hình 3.29). Tỷ lệ nở thành công cao nhất ở nghiệm thức UV0, nhỏ hơn ở UVA và thấp nhất ở UVB (P<0,001), thông số này giảm 8 và 15% ở UVA và UVB so với UV0 (phản ánh ảnh hưởng của chế độ UV; Phụ lục 6, Hình 3.29). Tỷ lệ nở thành công thấp hơn ở nghiệm thức nhiệt độ 34ºC và UVB so với ở nhiệt độ 30ºC. Nghiệm thức 26ºC và UVB đã không thu được số liệu vì *P. incisus* bị chết, biểu hiện mạnh nhất của sự tương tác giữa nhiệt độ và UV ở nghiệm thức này (phản ánh tương tác của nhiệt độ và UV; Phụ lục 6, Hình 3.29).



Hình 3.29. Tỷ lệ nở thành công (%) của của *P. incisus* trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ.

3.3.1.5. Số nauplii/con cái sau 30h

Ở cả 3 nhiệt độ, khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *P. incisus* cao nhất ở nhiệt độ 26ºC (P<0,001). Khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *P. incisus* thấp hơn ở nhiệt độ cao. Khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *P. incisus* thấp nhất ở 34ºC; 20 nauplii/con cái ở 26ºC so với 14 nauplii/con cái ở 30ºC và 13 nauplii/con cái ở 34ºC, thông số này giảm 33% ở nhiệt độ 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 6 và Hình 3.30). Tuy nhiên, 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 34ºC (phản ánh tương tác của nhiệt độ và UV; Phụ lục 6 và Hình 3.30). Ở nhiệt độ 26ºC, 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.

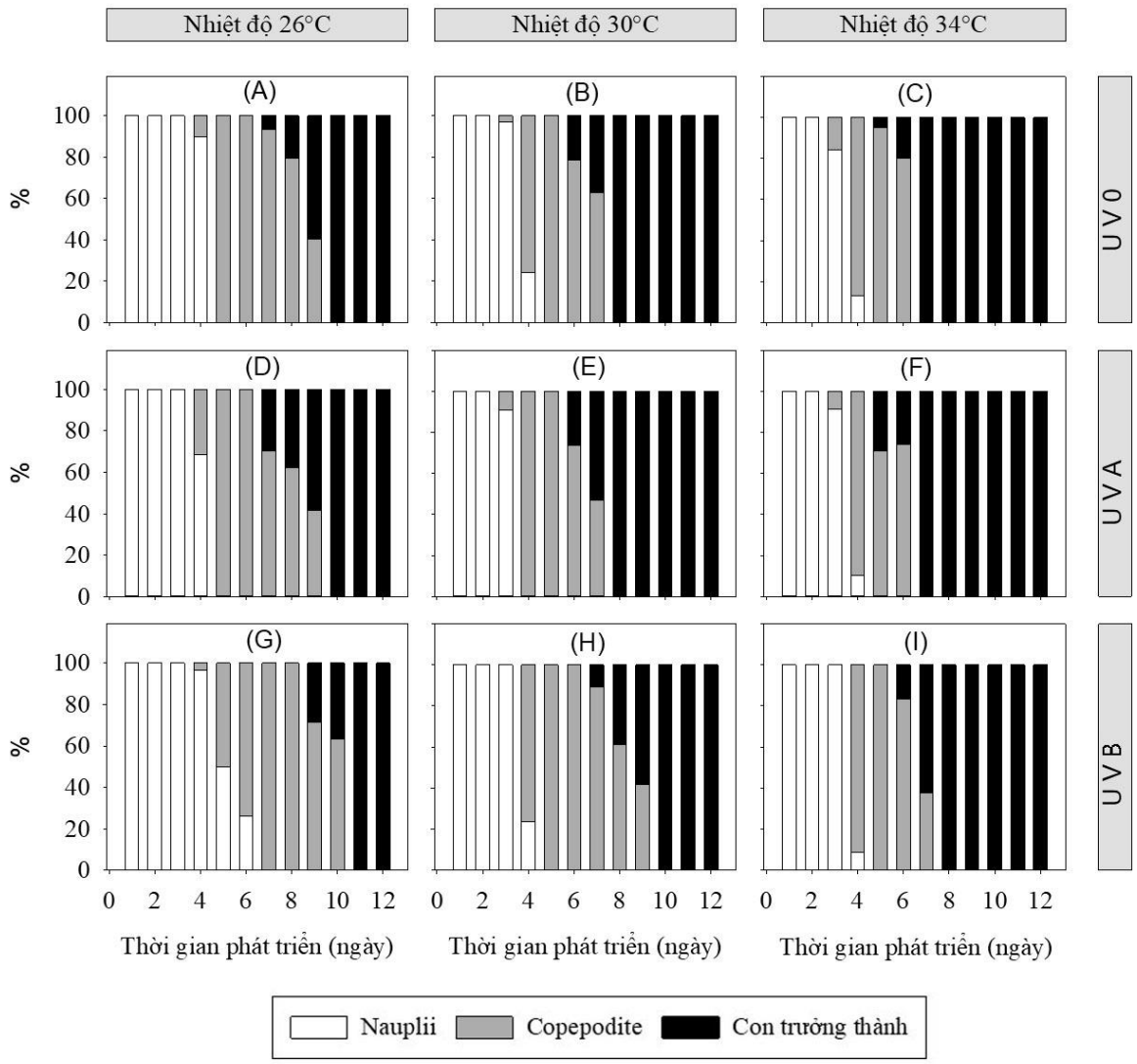


Hình 3.30. Số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus* trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ.

3.3.2. 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 số nauplii/con cái sau 30h của loài *O. rigida*

3.3.2.1. Thời gian phát triển

Thời gian phát triển giai đoạn nauplius của *O. rigida* nhanh hơn ở nghiệm thức UVA ở nhiệt độ 30 và 34ºC. 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 copepodite 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, 30ºC và 26ºC của nghiệm thức UVB (Hình 3.31).



Hình 3.31. Tỷ lệ phần trăm của nauplii, copepodite và trưởng thành của *O. rigida* trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ.

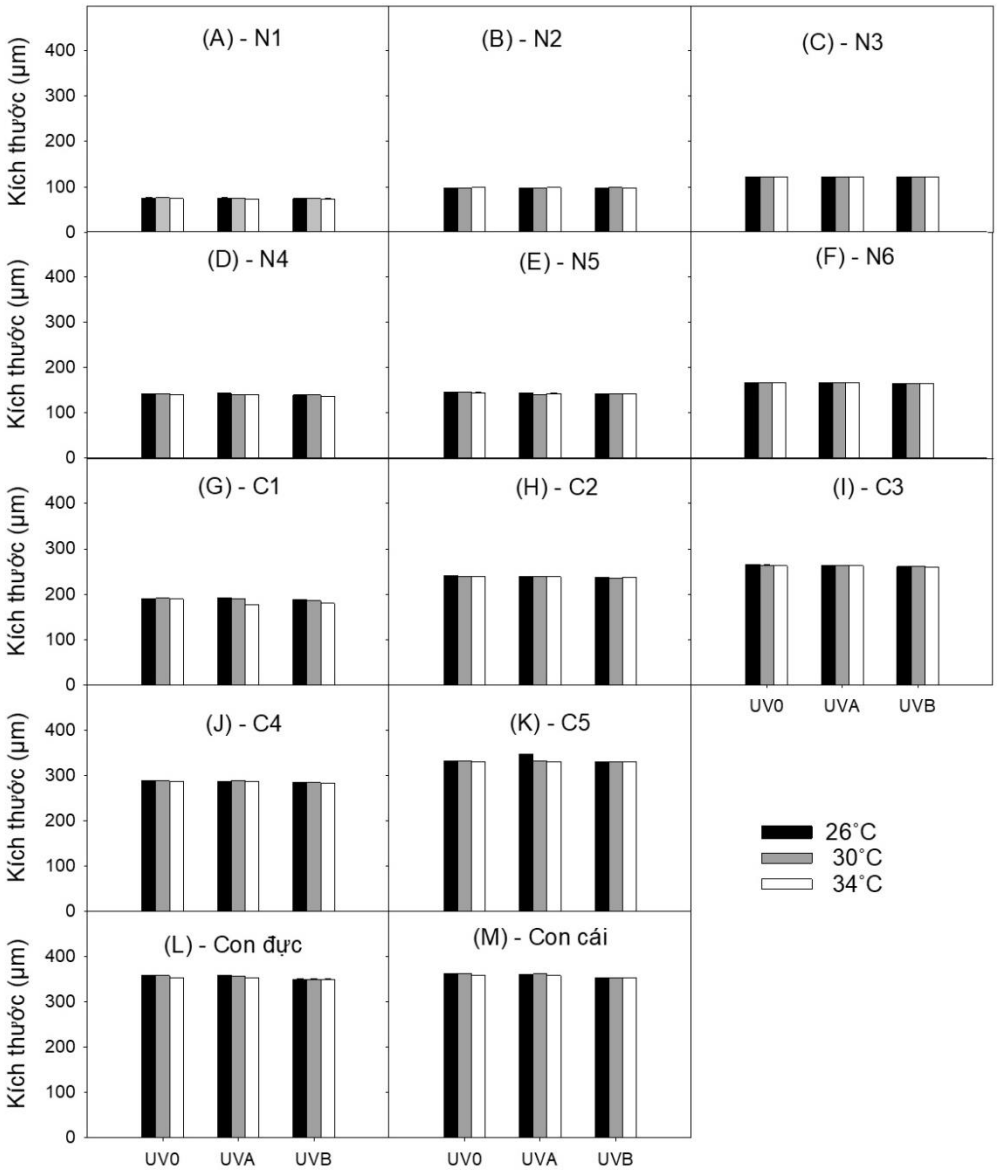
3.3.2.2. Kích thước cơ thể

Kích thước cơ thể của N1 – N3 không khác nhau giữa các chế độ chiếu tia cực tím và nhiệt độ, không có sự tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và các chế độ chiếu tia cực tím (Phụ lục 7, Hình 3.32.A, B,C). Giai đoạn N4 – N6, kích thước cơ thể khác nhau giữa các các chế độ chiếu tia cực tím (P<0,001), sự chênh lệch không quá 2% và lớn hơn ở nghiệm thức UVA và UV0 (hai nghiệm thức này không khác nhau về mặt thống kê), nhỏ nhất ở UVB (ảnh hưởng của tia UV, Phụ lục 7, Hình 3.32.D,E,F). Giai đoạn N4 – N6 có sự khác nhau về kích thước cơ thể của *O. rigida* ở các nhiệt độ, lớn nhất ở 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và 34ºC, thông số này giảm trong khoảng 0,3– 1,6% ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 7, Hình 3.32.D,E,F). Nhìn chung, kích thước cơ thể của *O. rigida* ở giai đoạn N4 – N6 giảm khi nhiệt độ tăng và biểu hiện

mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và UVB, kích thước của *O. rigida* nhỏ nhất ở nghiệm thức này (phản ánh tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và tia cực tím, Phụ lục 7, Hình 3.32.D,E,F).

Giai đoạn copepodite, *O. rigida* có kích thước cơ thể lớn hơn ở nhiệt độ thấp, thông số này giảm trong khoảng 0,4 – 1,4% và 0,5 – 4,3% ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC. Giai đoạn C3 – C4, kích thước cơ thể của *O. rigida* không khác nhau ở hai nhiệt độ 26ºC và 30ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 7, Hình 3.32.I,J). Giai đoạn C1 – C4, kích thước cơ thể của *O. rigida* khác nhau giữa các chế độ tia UV, thông số này cao nhất ở UV0, nhỏ hơn rất ít ở nghiệm thức UVA, thấp nhất ở nghiệm thức UVB, giảm khoảng 1,2 – 2,9% ở nghiệm thức UVA và UVB so với UV0. Thông số này ở giai đoạn C5 cao hơn ở nghiệm thức UVA từ 1,4 đến 2% so với nghiệm thức UV0 và UVB (ảnh hưởng của tia UV, Phụ lục 7, Hình 3.32.K). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước cơ thể giai đoạn copepodite của *O. rigida* mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và UVB. Theo đó, *O. rigida* có kích thước cơ thể nhỏ nhất ở nghiệm thức 34ºC và UVB (tương tác giữa nhiệt độ và UV, Phụ lục 7, Hình 3.32).

Kích thước ở giai đoạn trưởng thành của *O. rigida* được quan sát. Con đực và cái có kích thước cơ thể lớn nhất ở nhiệt độ 26ºC và 30ºC và nhỏ nhất ở 34ºC. Kích thước cơ thể ở giai đoạn trưởng thành giảm khoảng 1% ở cả con đực và con cái ở nhiệt độ 34ºC so với 26ºC và 30ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 7, Hình 3.32.L,M). Kích thước cơ thể con cái và con cái của *O. rigida* khác nhau ở các chế độ UV, lớn nhất ở nghiệm thức UV0 và UVA (nghiệm thức UV0 và UVA không không có sự khác nhau về thống kê), nhỏ nhất ở nghiệm thức UVB, thông số này giảm 1,7 và 2,2% ở UVB của con đực và con cái so với UV0 và UVA (ảnh hưởng của tia UV, Phụ lục 7, Hình 3.32.L,M). Nhiệt độ đã tác động làm giảm kích thước cơ thể của cả con đực và con cái loài *O. rigida*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức UVB và 34ºC, kết quả cho thấy kích thước cơ thể nhỏ nhất ở điều kiện này (tương tác giữa nhiệt độ và UV, Phụ lục 7, Hình 3.32).

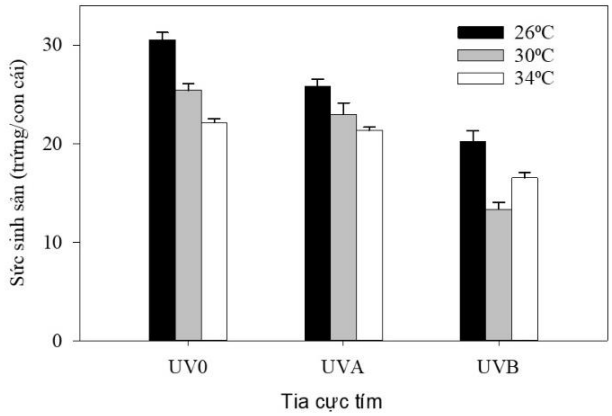


Hình 3.32. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *O. rigida* thích ứng với tia cực tím và nhiệt độ. N1-N6: giai đoạn nauplius I – VI; C1-C4 = copepodite giai đoạn I – IV

3.3.2.3. Sức sinh sản

Nghiệm thức 26ºC 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, Phụ lục 7, Hình 3.33). Sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất ở 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và 34ºC, thông số này cùng giảm khoảng 19% ở 30 và 34ºC so với 26ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 7, Hình 3.33). Sức sinh sản của *O. rigida* chịu sự tương tác giữa hai yếu tố nhiệt độ và chế độ UV ở cả ba nhiệt độ (P <0,001). Nhiệt độ đã tác động làm giảm sức sinh sản của *O. rigida*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức UVB và 34ºC, kết quả cho thấy sức sinh sản ở điều kiện này, số trứng/con cái là 26 ở UV0, 23 trứng/con

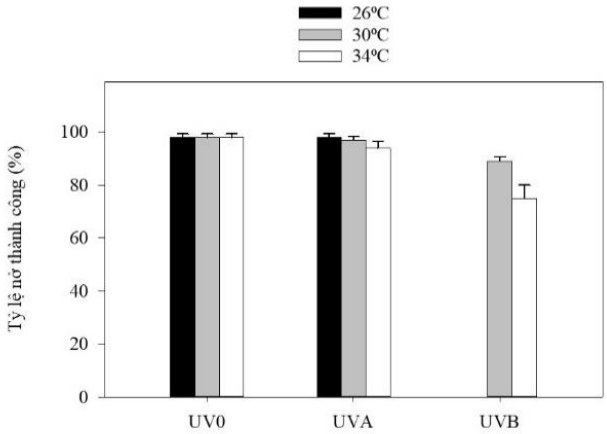
cái ở UVA so với 16 trứng/con cái ở UVB (tương tác giữa nhiệt độ và UV, Phụ lục 7, Hình 3.33).



Hình 3.33. Sức sinh sản (trứng/con cái) của *O. rigida* trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ.

3.3.2.4. Tỷ lệ nở thành công

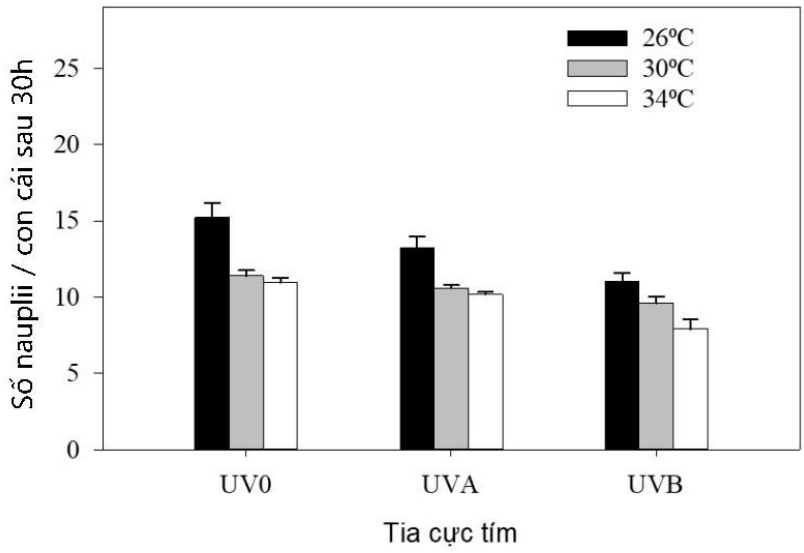
Ở tất cả 3 chế độ UV thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công giảm khi nhiệt độ tăng từ 26 đến 34ºC (P<0,001), thông số này giảm 0,7% và 6,6% ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 7, Hình 3.34). Tỷ lệ nở thành công cao nhất ở nghiệm thức UV0, nhỏ hơn ở UVA và thấp nhất ở UVB (P<0,001), thông số này giảm 1,7 và 13,6% ở UVA và UVB so với UV0 (phản ánh ảnh hưởng của chế độ UV; Phụ lục 7, Hình 3.34). Tỷ lệ nở thành công thấp hơn ở nghiệm thức nhiệt độ 34ºC và UVB so với ở nhiệt độ 26ºC và 30ºC. Nhìn chung, tỷ lệ nở của *O. rigida* chịu tác động của tia cực tím và phụ thuộc vào nhiệt độ (phản ánh tương tác của nhiệt độ và UV; Phụ lục 7, Hình 3.34).



Hình 3.34. Tỷ lệ nở thành công (%) của của *O. rigida* trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ.

3.3.2.5. Số nauplii/con cái sau 30h

Ở cả 3 chế độ UV, khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* cao nhất ở nhiệt độ 26ºC (P<0,001). Khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* thấp hơn ở nhiệt độ cao. Khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* thấp nhất ở 34ºC; 13 nauplii/con cái ở 26ºC so với 10 nauplii/con cái ở 30ºC và 9 nauplii/con cái ở 34ºC, thông số này giảm 20% và 26,5% ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 7 và Hình 3.35). Khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* phụ thuộc vào UV. Kết quả cho thấy số nauplius/con cái cao nhất ở nghiệm thức UV0, nhỏ hơn ở UVA và nhỏ nhất ở UVB, thông số này giảm 9 % và 13% ở UVA, UVB so với UV0 (phản ánh ảnh hưởng của chế độ UV; Phụ lục 7 và Hình 3.35). Kết quả cho thấy khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *O. rigida* khác nhau giữa các nhiệt độ và các chế độ UV nhưng chưa thấy sự tương tác giữa hai yếu tố này (Phụ lục 7 và Hình 3.35).



Hình 3.35. Sản xuất nauplius (số nauplii/con cái) của *O. rigida* trong thí nghiệm tia cực tím và nhiệt độ.

3.3.3. Thảo luận

Nghiên cứu của chúng tôi là quan sát đầu tiên về tác động và tương tác của tia cực tím (UV) với nhiệt độ (thể hiện được khoảng nhiệt độ ngoài tự nhiên ven biển Việt Nam) trên loài *P. incisus* và *O. rigida*. Phần thảo luận phân tích sự tác động riêng lẻ của nhiệt độ, UV và sự tương tác của 2 yếu tố nhiệt độ và UV lên *P. incisus* và *O. rigida*.

Tia cực tím tác động làm tổn hại DNA, cụ thể là làm giảm pyrimidine dimers của động vật phù du (Zagarese và Williamson, 1994). Ở động vật phu du, tia cực tím điều chỉnh sự di chuyển xuống tầng nước sâu hơn (Zagarese và ctv., 1997; Leach và ctv.,

2015) để hạn chế ảnh hưởng của UV; chúng cũng tiết ra enzyme photolase để sử dụng năng lượng từ UVA và ánh sáng bình thường (Shick và ctv., 1996); tăng cường tiết các chất và sắc tố để hấp thụ tia cực tím – mycosporine có thể hấp thụ mạnh bước sóng 310–360 nm (Karentz và ctv., 1991; Adams và Shick, 1996), các hợp chất có sắt (Kumar và ctv., 1996), các sắc tố (carotenoids) (Ceradà-Olmedo và ctv., 1996; Speekmann và ctv., 2000), melanin cũng có tác dụng bảo vệ cơ thể dưới tác động của tia cực tím (Hessen và ctv., 1999). Copepoda sống ở hồ nước trong chịu ảnh hưởng của tia cực tím hơn ở ao nước đục, thực nghiệm cho thấy hàm lượng mycosporine, chất chống oxi hóa cao hơn ở chúng (Tartarotti và ctv., 2014). Trong nghiên cứu, chúng tôi đã quan sát thấy nauplius của *P. incisus* phát triển nhanh hơn ở nghiệm thức UVA, sự chênh lệch kích thước nhỏ - không quá 2%. Giai đoạn N6 lại không thấy khác giữa các mức tia cực tím. Điều này có thể liên quan đến khả năng tiết ra enzyme photolase để sử dụng năng lượng từ UVA ở Copepoda (Shick và ctv., 1996). Chúng tôi cũng chưa rõ tại sao N6 lại không có sự khác nhau giữa 3 mức UV, có thể là *P. incisus* có thời gian dài hơn để tự điều chỉnh và thích ứng bởi sự khác nhau về kích thước ở giai đoạn N2 – N5 không nhiều. Ở giai đoạn copepodite cũng cho kết quả lớn hơn về kích thước ở chế độ UVA, trừ giai đoạn C3 và C5F là không có sự khác nhau giữa 3 mức UV. Con cái trưởng thành của loài *P. incisus* có kích thước lớn hơn UVA và UV0 so với UVB. Con đực thì lại không khác nhau giữa 3 mức UV. Kết quả này có thể là do khả năng điều chỉnh của cơ thể bởi Copepoda có thể hồi phục sau khoảng 150 phút dưới tác động của tia cực tím từ mặt trời (Overholt và ctv., 2016).

Ở cả hai loài Copepoda nhiệt đới *P. incisus* và *O. rigida* đều có phản ứng rõ rệt về kéo dài thời gian phát triển các giai đoạn nauplius, copepodite ở nghiệm thức UVB so với UV0 và UVA. Thông số này giảm khi nhiệt độ cao (34°C) so với 26°C. Hiện tượng này có thể Copepoda đã tiêu tốn năng lượng cho sự điều chỉnh chống lại tác động tiêu cực của tia cực tím, do vậy quá trình phát chiển bị chậm lại.

Các quan sát trước đây cho thấy tia cực tím (280–400 nm) làm giảm sức sinh sản của Copepoda nước mặn (Karanas và ctv., 1981; Dey và ctv., 1988; Skreslet và ctv., 2005). Kết quả trong nghiên cứu của chúng tôi tương đồng với các nghiên cứu trước. Kết quả cho thấy sức sinh sản của *P. incisus* giảm ở nghiệm thức UVA và UVB, thông số này giảm 34% ở nghiệm thức UVB so với đối chứng (UV0). Tia cực tím đã tác động đến chức năng sinh lý của *P. incisus* và dẫn đến sức sinh sản giảm. Tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* cũng giảm ở nghiệm thức UVB và UVA so với UV0, giảm 15% ở nghiệm

thức UVB so với UV0. Kết quả này tương đồng với quan sát của Rodriguez và ctv. (2000) về tác động của tia cực tím đã làm giảm tỷ lệ nở của trứng loài *Calanus finmarchicus* và UVB tác động mạnh hơn UVA. Điều này có thể do tia cực tím làm làm hỏng quá trình phát triển phôi của Copepoda như loài *Calanus sinicus* (Naganuma và ctv., 1997). Kết quả về khả năng sản xuất nauplius sau 30h loài *P. incisus* của nghiên cứu này cũng bị giảm ở nghiệm thức UVA và UVB. Điều này có thể do sức sinh sản và tỷ lệ nở đều thấp ở hai chế độ chiều tia cực tím nên hệ quả là khả năng sản xuất nauplius giảm.

Các thông số từ thời gian phát triển, kích thước các giai đoạn, sức sinh sản và khả năng sản xuất nauplius sau 30h của *P. incisus* đều giảm ở nhiệt độ 34ºC, chỉ có thông số tỷ lệ nở thành công cao nhất ở 30ºC. Các nghiên cứu trước cho thấy nhiệt độ cao có thể tác động không tốt đến phát triển phôi của các loài động vật thủy sản (Pepe-Victoriano và ctv., 2012; Preziosi và Runge, 2014). Tia cực tím có thể tăng stress, kết quả có thể gây ra những tổn thương cho phôi ở nhiệt độ cao. Tuy nhiên, kết quả của nghiên cứu này lại cho thấy tỷ lệ nở thành công thấp ở 26ºC, có thể do *P. incisus* tiêu tốn năng lượng cho sự điều chỉnh bởi cả 2 tác động là nhiệt độ và tia cực tím. Điều này rất phù hợp với thực tế nghiên cứu, nghiệm thức 26ºC và UVB 100% *P. incisus* chết.

Kết quả của nghiên cứu cho thấy sức sinh sản và tỷ lệ nở thành công, khả năng sản xuất nauplius của *P. incisus* cao nhất ở UV0. Nhìn chung, kết quả cho thấy trong điều kiện có tia cực tím giảm năng suất của *P. incisus* bằng cách tác động đến cả 5 thông số quan trọng gồm thời gian phát triển kéo dài, giảm kích thước cơ thể khi trưởng thành, giảm sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất nauplius.

Thời gian phát triển của *P. incisus* nhanh nhất ở 34ºC, tiếp đến là 30ºC và chậm nhất ở 26ºC, trong nghiên cứu trước cho thấy *P. annandalei* có thời gian phát triển ở 34ºC lâu hơn ở 30ºC (Doan và ctv., 2019), kết quả cho thấy *P. incisus* thích nghi tốt hơn với nhiệt độ cao so với *P. annandalei*. Kết quả tương đồng với các quan sát khác là khi nhiệt độ tăng thúc đẩy sự phát triển của Copepoda nhanh hơn so với phát triển của chúng (Forster và ctv., 2012; Horne và ctv., 2019; Nguyen và ctv., 2020), cụ thể là kích thước giai đoạn nauplius và copepodite nhỏ nhất ở nhiệt độ 34ºC. Kết quả này biểu hiện rõ hơn trong các giai đoạn sau, dẫn đến sự khác biệt lớn nhất về kích thước cơ thể khi trưởng thành. Các nghiên cứu trước đã tìm thấy kết quả tương tự về sự giảm kích thước cơ thể do nhiệt độ tăng cao ở cả động vật thủy sản và trên cạn (Daufresne và ctv., 2009; Ohlberger, 2013; Horne và ctv., 2016; Gibbin và ctv., 2017; Messmer và ctv., 2017; Sommer và ctv., 2017; Doan và ctv., 2019). Kích thước cơ thể là một trong những đặc

điểm quan trọng nhất ảnh hưởng đến thể trạng của sinh vật (Horne và ctv., 2016), gồm cả khả năng bắt mồi (Horne và ctv., 2016; Kiørboe, 2011) và sinh sản (Horne và ctv., 2016; Doan và ctv., 2019). Tương quan giữa kích thước con đực và cái của *P. incisus* khi trưởng thành nhỏ hơn, sức sinh sản thấp hơn đáng kể ở nhiệt độ 34ºC, 30ºC so với nhiệt độ 26ºC nhưng không khác nhau giữa nhiệt độ 30ºC và 34ºC (Truong và ctv., 2020). Khả năng sản xuất nauplius cũng thấp hơn trong điều kiện nhiệt độ cao (Doan và ctv., 2019).

Sinh vật biển luôn đối phó với nhiều tác nhân gây căng thẳng tác động đồng thời, đặc biệt là trong điều kiện biến đổi khí hậu và ô nhiễm (Crain và ctv., 2008; Dinh và ctv., 2020a,b; Halpern và ctv., 2008). Sự tương tác giữa các độc tố với nhiệt độ tăng lên được nghiên cứu trong thập kỉ qua (Dinh và ctv., 2016a; Dinh Van và ctv., 2013, 2014a,b; Holmstrup và ctv., 2010; Moe và ctv., 2013; Noyes và ctv., 2009; Sokolova và Lannig, 2008) nhưng không có nghiên cứu nào xem xét sự tương tác kéo dài giữa tia cực tím và nhiệt độ. Nghiên cứu của chúng tôi là nghiên cứu đầu tiên cho thấy tia cực tím có thể làm tăng độ nhạy cảm của *P. incisus* với sự tăng lên của nhiệt độ. Khả năng sản xuất nauplius là chỉ số rất quan trọng vì thể hiện hiệu quả của sinh sản. Trong điều kiện có tia cực tím, sản lượng nauplii giảm 33% ở nhiệt độ 34ºC so với 26ºC; đây là bằng chứng rõ ràng về sự gia tăng nhạy cảm của *P. incisus* đối với sự nóng lên trong điều kiện có UVB.

Trong nghiên cứu, chúng tôi đã quan sát thấy nauplius của *O. rigida* phát triển nhanh hơn ở nghiệm thức UV0 và UVA, sự chênh lệch kích thước nhỏ - không quá 2%. Kết quả tương tự ở các giai đoạn copepodite và trưởng thành. Điều này có thể liên quan đến khả năng tiết ra enzyme photolase để sử dụng năng lượng từ UVA và ánh sáng bình thường ở Copepoda (Shick và ctv., 1996).

Kết quả của nghiên cứu cho thấy sức sinh sản của *O. rigida* giảm ở nghiệm thức UVA và UVB, thông số này giảm 35% ở nghiệm thức UVB so với đối chứng (UV0). Tia cực tím đã tác động đến chức năng sinh lý của *O. rigida* và dẫn đến sức sinh sản giảm. Tỷ lệ nở thành công của *O. rigida* cũng giảm ở nghiệm thức UVB và UVA so với UV0, giảm gần 14% ở nghiệm thức UVB so với UV0. Kết quả này tương đồng với quan sát của Rodriguez và ctv. (2000) về tác động của tia cực tím đã làm giảm tỷ lệ nở của trứng loài *Calanus finmarchicus* và UVB tác động mạnh hơn UVA. Kết quả cũng tương tự như phản ứng của *P. incisus* trong nghiên cứu này. Điều này có thể do tia cực tím làm làm hỏng quá trình phát triển phôi của Copepoda như loài *Calanus sinicus* (Naganuma

và ctv., 1997). Kết quả về khả năng sản xuất nauplius sau 30h loài *O. rigida* của nghiên cứu này cũng bị giảm ở nghiệm thức UVA và UVB, giảm 13% ở nghiệm thức UVB so với UV0. Điều này có thể do sức sinh sản và tỷ lệ nở đều thấp ở hai chế độ chiều tia cực tím nên hệ quả là khả năng sản xuất nauplius giảm.

Các thông số từ thời gian phát triển, kích thước các giai đoạn và sức sinh sản của *O. rigida* đều giảm ở nhiệt độ 34ºC, chỉ có thông số khả năng sản xuất nauplius sau 30h và tỷ lệ nở thành công cao nhất ở 26ºC. Các nghiên cứu trước cho thấy nhiệt độ cao có thể tác động không tốt đến phát triển phôi của các loài động vật thủy sản (Pepe-Victoriano và ctv., 2012; Preziosi và Runge, 2014). Tia cực tím có thể tăng stress, kết quả có thể gây ra những tổn thương cho phôi ở nhiệt độ cao.

Kết quả của nghiên cứu cho thấy sức sinh sản và tỷ lệ nở thành công, khả năng sản xuất nauplius của *O. rigida* cao nhất ở UV0 và UVA. Nhìn chung, kết quả cho thấy trong điều kiện có tia cực tím giảm năng suất của *O. rigida* bằng cách tác động đến cả 5 thông số quan trọng gồm thời gian phát triển kéo dài, giảm kích thước cơ thể khi trưởng thành, giảm sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và khả năng sản xuất nauplius.

Thời gian phát triển của *O. rigida* nhanh nhất ở 34ºC, tiếp đến là 30ºC và chậm nhất ở 26ºC, trong nghiên cứu trước cho thấy *Pseudodiaptomus annandalei* có thời gian phát triển ở 34ºC lâu hơn ở 30ºC (Doan và ctv., 2019), kết quả cho thấy *O. rigida* thích nghi tốt hơn với nhiệt độ cao so với *P. annandalei*. Kết quả tương đồng với các quan sát khác là khi nhiệt độ tăng thúc đẩy sự phát triển của Copepoda nhanh hơn so với phát triển của chúng (Forster và ctv., 2012; Horne và ctv., 2019; Nguyen và ctv., 2020), cụ thể là kích thước giai đoạn nauplius và copepodite nhỏ nhất ở nhiệt độ 34ºC. Kết quả này biểu hiện rõ hơn trong các giai đoạn sau, dẫn đến sự khác biệt lớn nhất về kích thước cơ thể khi trưởng thành. Các nghiên cứu trước đã tìm thấy kết quả tương tự về sự giảm kích thước cơ thể do nhiệt độ tăng cao ở cả động vật thủy sản và trên cạn (Daufresne và ctv., 2009; Ohlberger, 2013; Horne và ctv., 2016; Gibbin và ctv., 2017; Messmer và ctv., 2017; Sommer và ctv., 2017; Doan và ctv., 2019). Kích thước cơ thể là một trong những đặc điểm quan trọng nhất ảnh hưởng đến thể trạng của sinh vật (Horne và ctv., 2016), gồm cả khả năng bắt mồi (Horne và ctv., 2016; Kiørboe, 2011) và sinh sản (Horne và ctv., 2016; Doan và ctv., 2019). Tương quan giữa kích thước con đực và cái của *O. rigida* khi trưởng thành nhỏ hơn, sức sinh sản thấp hơn đáng kể ở nhiệt độ 34ºC, 30ºC so với nhiệt độ 26ºC nhưng không khác nhau giữa nhiệt độ 30ºC và 34ºC (Truong và

ctv., 2020). Khả năng sản xuất nauplius cũng thấp hơn trong điều kiện nhiệt độ cao (Doan và ctv., 2019).

Sự tương tác giữa các độc tố với nhiệt độ tăng lên được nghiên cứu trong thập kỉ qua (Dinh và ctv., 2016a; Dinh Van và ctv., 2013, 2014a,b; Holmstrup và ctv., 2010; Moe và ctv., 2013; Noyes và ctv., 2009; Sokolova và Lannig, 2008) nhưng không có nghiên cứu nào xem xét sự tương tác kéo dài giữa tia cực tím và nhiệt độ. Nghiên cứu của chúng tôi là nghiên cứu đầu tiên cho thấy tia cực tím có thể làm tăng độ nhạy cảm của *O. rigida* với sự tăng lên của nhiệt độ. Khả năng sản xuất nauplius là chỉ số rất quan trọng vì thể hiện hiệu quả của sinh sản. Tuy nhiên, chúng tôi chưa thấy sự tương tác giữa nhiệt độ và tia cực tím trong ảnh hưởng đến khả năng sản xuất nauplius của *O. rigida.*

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

3.4.1. 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 số nauplii/con cái của loài *P. incisus*

3.4.1.1. Thời gian phát triển

Tảo *C. muelleri*

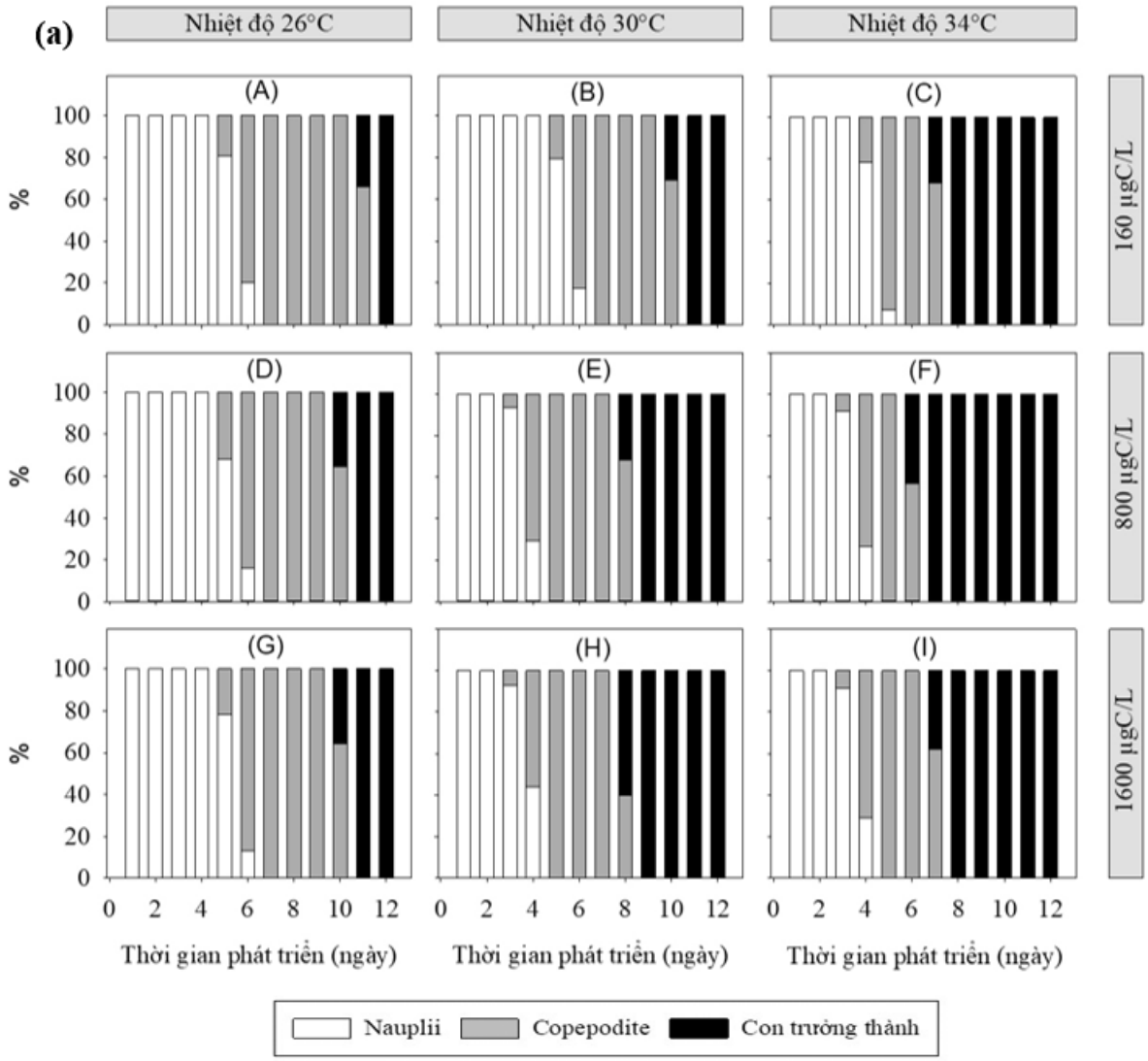
Thời gian phát triển giai đoạn nauplius của *P. incisus* nhanh hơn 2 ngày ở mật độ tảo 800 và 1600 µgC/L so với mật độ 160 ở cả 3 nhiệt độ 26, 30 và 34ºC. *P. incisus* 100% chuyển sang giai đoạn copepodite vào ngày thứ 5 ở nhiệt độ 30 và 34ºC với mật độ tảo 800 và 1600 µgC/L, ngày thứ 6 và 7 tương ứng với nhiệt độ 34ºC, 30ºC và 26ºC ở nghiệm thức mật độ tảo 160 µgC/L. *P. incisus* có tỷ lệ 100% trưởng thành nhanh nhất ở nghiệm thức 34ºC và mật độ tảo 800 µgC/L, chậm nhất ở nghiệm thức 26ºC và mật độ tảo 160 µgC/L.

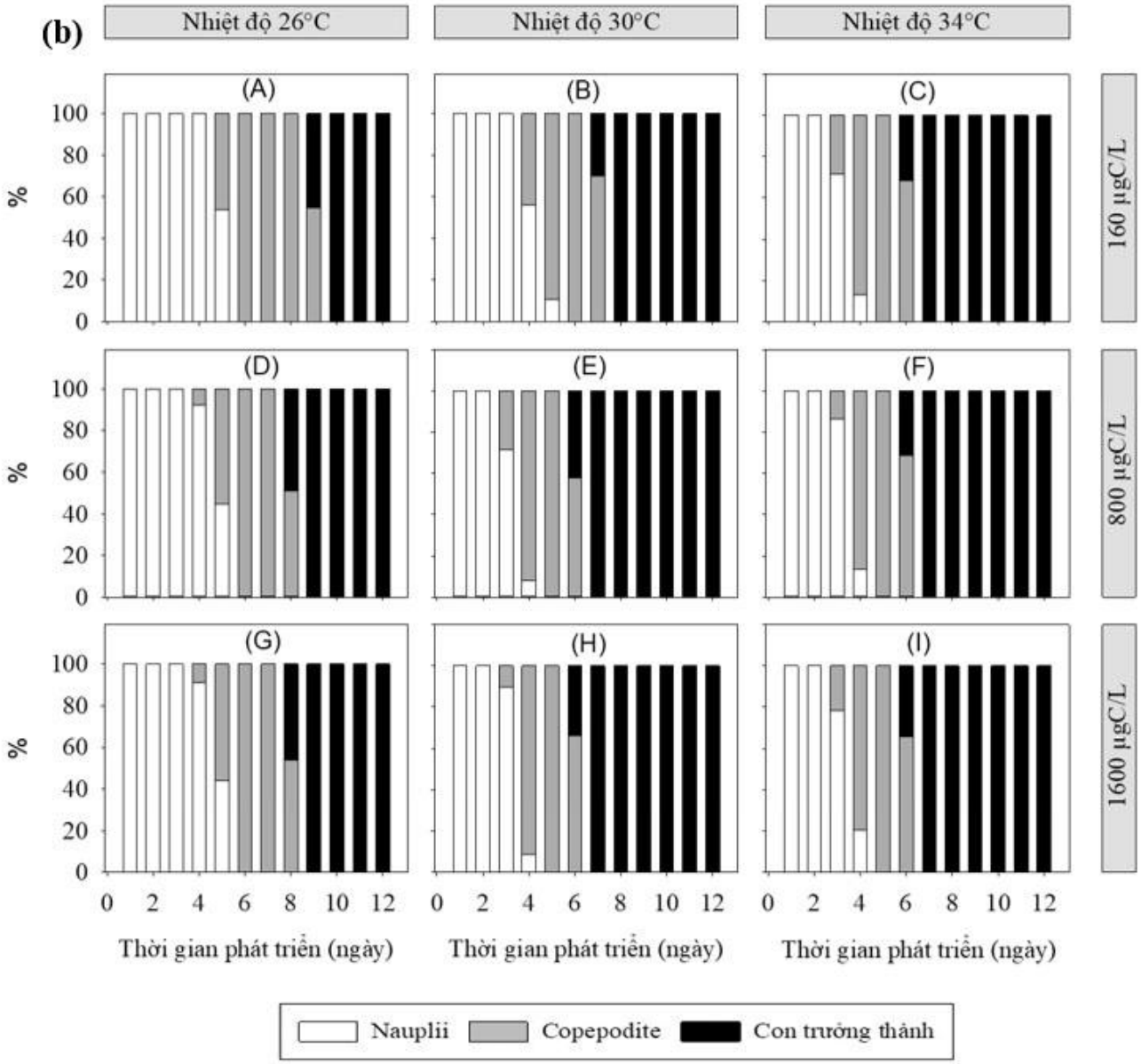
Tảo *I. galbana*

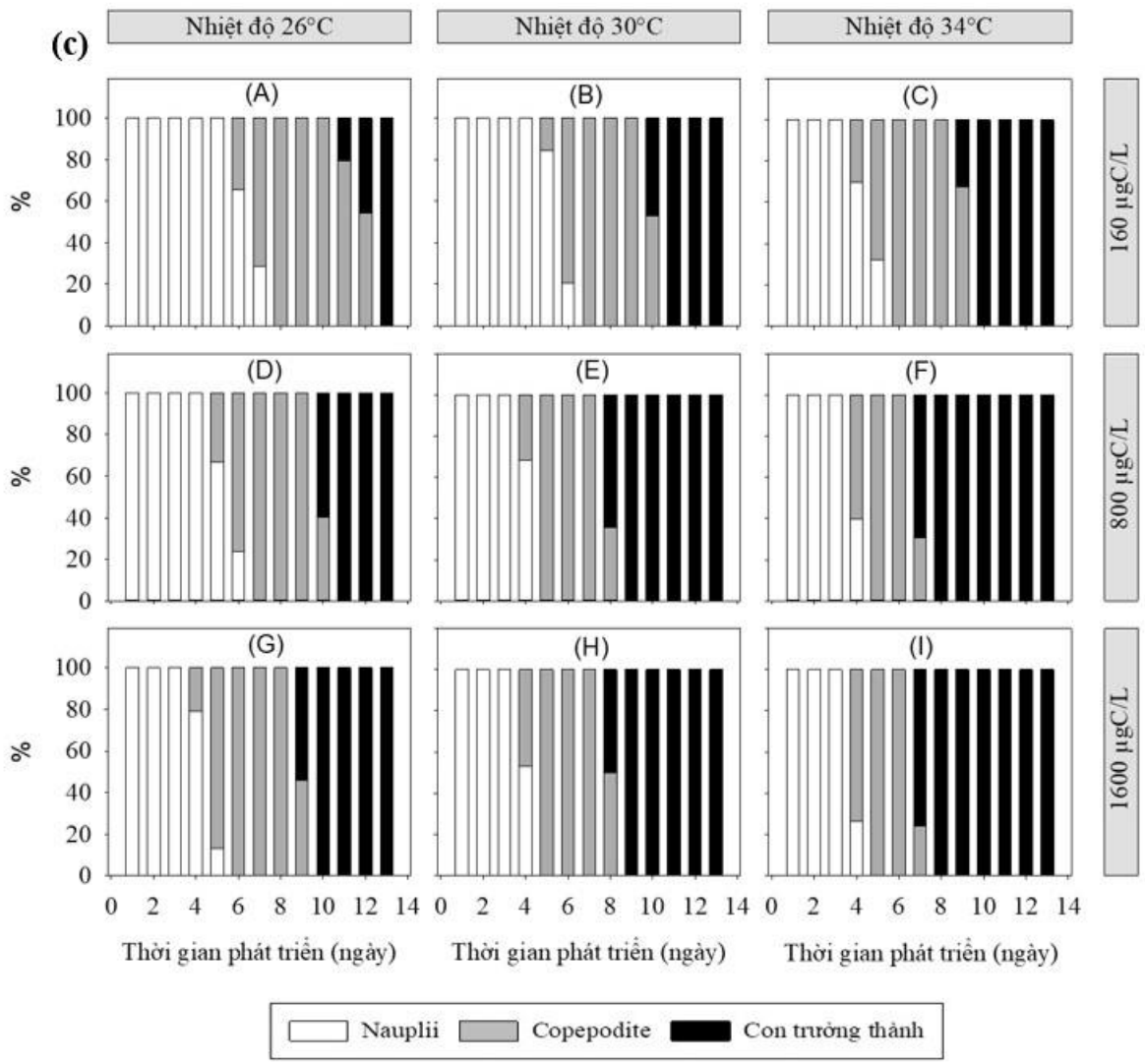
Thời gian phát triển giai đoạn nauplius của *P. incisus* nhanh hơn 1 ngày ở mật độ tảo 800 và 1600 µg C/L so với mật độ 160 ở cả 3 nhiệt độ 26, 30 và 34ºC. *P. incisus* 100% chuyển sang giai đoạn copepodite vào ngày thứ 5 ở nhiệt độ 30 và 34ºC với mật độ tảo 800 và 1600 µg C/L, ngày thứ 6 ở nhiệt độ 26ºC và nghiệm thức mật độ tảo 160 µgC/L. *P. incisus* có tỷ lệ 100% trưởng thành nhanh nhất ở nghiệm thức 34ºC và mật độ tảo 800, 1600 µgC/L, chậm nhất ở nghiệm thức 26ºC và mật độ tảo 160 µg C/L (vào ngày thứ 10).

Tảo *T. chui*

Thời gian phát triển giai đoạn nauplius của *P. incisus* nhanh hơn 1 - 3 ngày ở mật độ tảo 800 và 1600 µg C/L so với mật độ 160 ở cả 3 nhiệt độ 26, 30 và 34ºC. *P. incisus* 100% chuyển sang giai đoạn copepodite vào ngày thứ 5 ở nhiệt độ 30 và 34ºC với mật độ tảo 800 và 1600 µg C/L, ngày thứ 6, 7 và 8 tương ứng ở mật độ tảo 1600, 800 và 160 µg C/L ở nhiệt độ 26ºC. *P. incisus* có tỷ lệ 100% trưởng thành nhanh nhất ở nghiệm thức 34ºC và mật độ tảo 800, 1600 µg C/L, chậm nhất ở nghiệm thức 26ºC và mật độ tảo 160 µgC/L (vào ngày thứ 13).




(b)
Nhiệt độ 26°C
Nhiệt độ 30°C
Nhiệt độ 34°C
(A)
(B)
(C)
(D)
(E)
(F)
(G)
(H)
(I)
160 µgC/L
800 µgC/L
1600 µgC/L
%
0
20
40
60
80
100
0 2 4 6 8 10 12
Thời gian phát triển (ngày)
Nauplii
Copepodite
Con trưởng thành



Hình 3.36. Tỷ lệ các giai đoạn phát triển (%) của nauplii, copepodite và trưởng thành của *P. incisus* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ (a) – *C. muelleri*; (b) – *I. galbana*; (c)– *T. chui*

3.4.1.2. Kích thước cơ thể

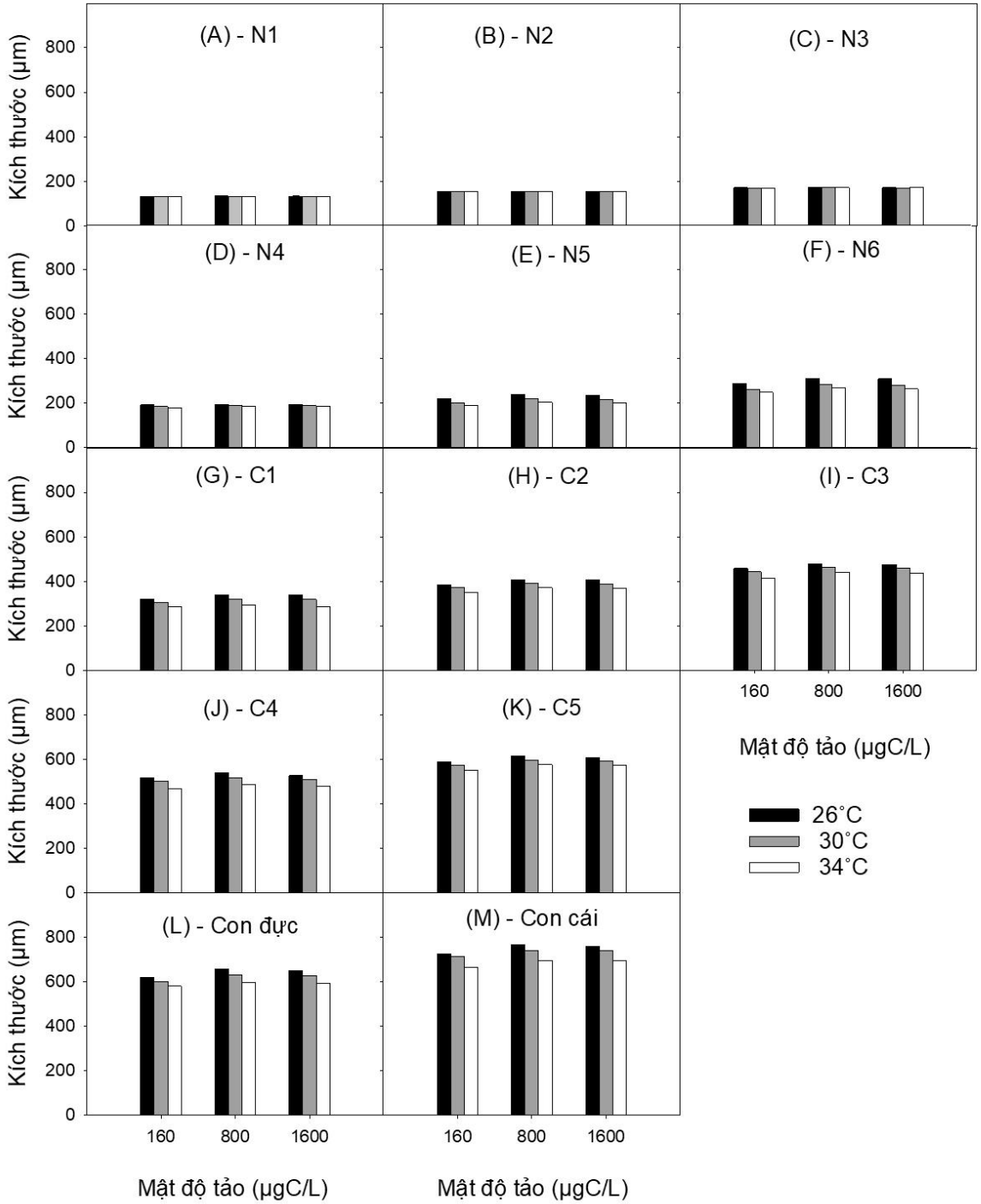
C. muelleri

Kích thước cơ thể của N1 – N2 không khác nhau giữa các mức mật độ tảo và nhiệt độ, không có sự tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo (Phụ lục 8, Hình 3.37.A, B). Giai đoạn N3 – N6, kích thước cơ thể khác nhau giữa các mức mật độ tảo (P<0,001), giảm trong khoảng 2,3 – 7,8% và 2,1 – 6,4% ở mức mật độ tảo 160 µgC/L so với mật độ tảo 800 và 160 0µg C/L. Giai đoạn N3 - N6 có sự khác nhau về kích thước cơ thể của *P. incisus* ở các mức nhiệt độ, lớn nhất ở 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và 34ºC, thông số này giảm trong khoảng 3,5– 9% và 5,7 – 14,6% ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 8, Hình 3.37.C,D,E,F). Nhìn chung, kích

thước cơ thể của *P. incisus* ở giai đoạn N3 – N6 giảm khi nhiệt độ tăng và biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µg C/L, kích thước của *P. incisus* có xu hướng nhỏ nhất ở nghiệm thức này, thể hiện rõ ở giai đoạn N5 - N6 (phản ánh tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.37.C,D,E,F).

Giai đoạn copepodite, *P. incisus* có kích thước cơ thể giảm khi nhiệt độ tăng từ 26ºC đến 34ºC, thông số này giảm trong khoảng 3,3 – 5,5% và 6,1 – 13,4% ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 8, Hình 3.37.G,H,I,J,K). Kích thước cơ thể ở giai đoạn này của *P. incisus* cũng khác nhau giữa các mức mật độ tảo, nhỏ nhất ở mật độ 160 µg C/L, lớn hơn ở mật độ tảo 1600 µg C/L và lớn nhất ở 800 µg C/L, giảm trong khoảng 3,3 – 4,6% và 1,9 -4,7% ở mật độ 160 µg C/L so với mật độ 800 và 1600 µg C/L (ảnh hưởng của mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3. 3.37.G,H,I,J,K). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước cơ thể giai đoạn copepodite của *P. incisus* mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µg C/L. Theo đó, *P. incisus* có kích thước cơ thể nhỏ nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µg C/L (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.37).

Kích thước ở giai đoạn trưởng thành của *P. incisus* được quan sát. Con đực và cái có kích thước cơ thể lớn nhất ở nhiệt độ 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và nhỏ nhất ở 34ºC. Kích thước cơ thể ở giai đoạn trưởng thành giảm khoảng 3,6 – 8,1% ở con đực và 2,6 – 8,7% ở con cái ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 8, Hình 3.37.L,M). Kích thước cơ thể con đực và con cái của *P. incisus* khác nhau ở các mức mật độ tảo, nhỏ nhất ở mật độ 160 µg C/L, lớn hơn ở mật độ tảo 1600 µg C/L và lớn nhất ở 800 µg C/L, thông số này giảm 3,8–4,4 % và 4,2 – 4,5% ở 160 µg C/L của con đực và con cái so với 1600 µg C/L và 800 µg C/L (ảnh hưởng chính của mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.37.L,M). Nhiệt độ đã tác động làm giảm kích thước cơ thể của cả con đực và con cái loài *P. incisus*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µg C/L và 34ºC, kết quả cho thấy kích thước cơ thể nhỏ nhất ở điều kiện này (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.37. L,M).



Hình 3.37. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *P. incisus* trong thí nghiệm *tảo C. muelleri* và nhiệt độ. N1-N6: giai đoạn nauplius I – VI; C1-C4 = copepodite giai đoạn I – IV.

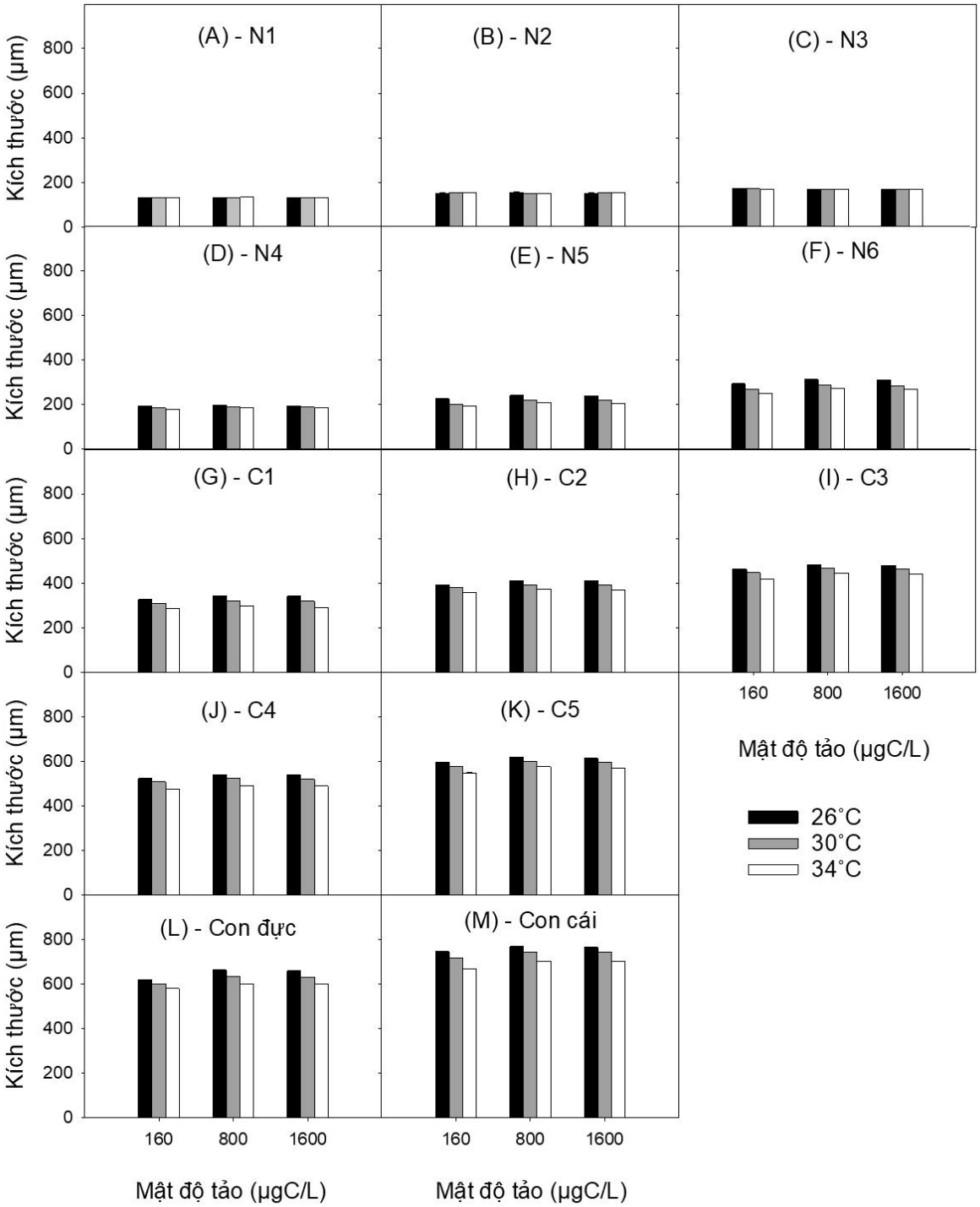
I. galbana

Kích thước cơ thể của N1 – N2 không khác nhau giữa các mức mật độ tảo và nhiệt độ, không có sự tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo (Phụ lục 8, Hình 3.38.A, B). Giai đoạn N3 – N6, kích thước cơ thể khác nhau giữa các mức mật độ tảo (P<0,001), giảm trong khoảng 2 – 7,3% và 1,6 – 6,3% ở mức mật độ tảo 160 µgC/L so

với mật độ tảo 800 và 1600 µg C/L. Giai đoạn N3 - N6 có sự khác nhau về kích thước cơ thể của *P. incisus* ở các mức nhiệt độ, lớn nhất ở 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và nhỏ nhất ở 34ºC, thông số này giảm trong khoảng 4,1– 8,9% và 6,1 – 14,2% ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 8, Hình 3.38.C,D,E,F). Nhìn chung, kích thước cơ thể của *P. incisus* ở giai đoạn N3 – N6 giảm khi nhiệt độ tăng và biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µg C/L, kích thước của *P. incisus* có xu hướng nhỏ nhất ở nghiệm thức này, thể hiện rõ ở giai đoạn N5 - N6 (phản ánh tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3. 38.C,D,E,F).

Giai đoạn copepodite, *P. incisus* có kích thước cơ thể giảm khi nhiệt độ tăng từ 26ºC đến 34ºC, thông số này giảm trong khoảng 2,9 – 5,9% và 7,2 – 13,4% ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 8, Hình 3.38.G,H,I,J,K). Kích thước cơ thể ở giai đoạn này của *P. incisus* cũng khác nhau giữa các mức mật độ tảo, nhỏ nhất ở mật độ 160 µg C/L, lớn hơn ở mật độ tảo 1600 µg C/L và lớn nhất ở 800 µg C/L, giảm trong khoảng 3,1 – 4,5% và 2,6 - 4,0% ở mật độ 160 µg C/L so với mật độ 800 và 1600 µg C/L (ảnh hưởng của mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.39). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước cơ thể giai đoạn copepodite của *P. incisus* mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µg C/L. Theo đó, *P. incisus* có kích thước cơ thể nhỏ nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µg C/L (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.38.G,H,I,J,K).

Kích thước ở giai đoạn trưởng thành của *P. incisus* được quan sát. Con đực và cái có kích thước cơ thể lớn nhất ở nhiệt độ 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và nhỏ nhất ở 34ºC. Kích thước cơ thể ở giai đoạn trưởng thành giảm khoảng 4,1 – 8,2% ở con đực và 3,2 – 9,1% ở con cái ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 8, Hình 3.38.L,M). Kích thước cơ thể con đực và con cái của *P. incisus* khác nhau ở các mức mật độ tảo, nhỏ nhất ở mật độ 160 µg C/L, lớn hơn ở mật độ tảo 1600 µg C/L và lớn nhất ở 800 µg C/L, thông số này giảm 4,7 – 5,0% và 3,6 – 3,8% ở 160 µg C/L của con đực và con cái so với 1600 µg C/L và 800 µg C/L (ảnh hưởng chính của mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.38.L,M). Nhiệt độ đã tác động làm giảm kích thước cơ thể của cả con đực và con cái loài *P. incisus*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µg C/L và 34ºC, kết quả cho thấy kích thước cơ thể nhỏ nhất ở điều kiện này (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.38).



Hình 3.38. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *P. incisus* trong thí nghiệm tảo *I. galbana* và nhiệt độ. N1-N6: giai đoạn nauplius I – VI; C1-C4 = copepodite giai đoạn I – IV.

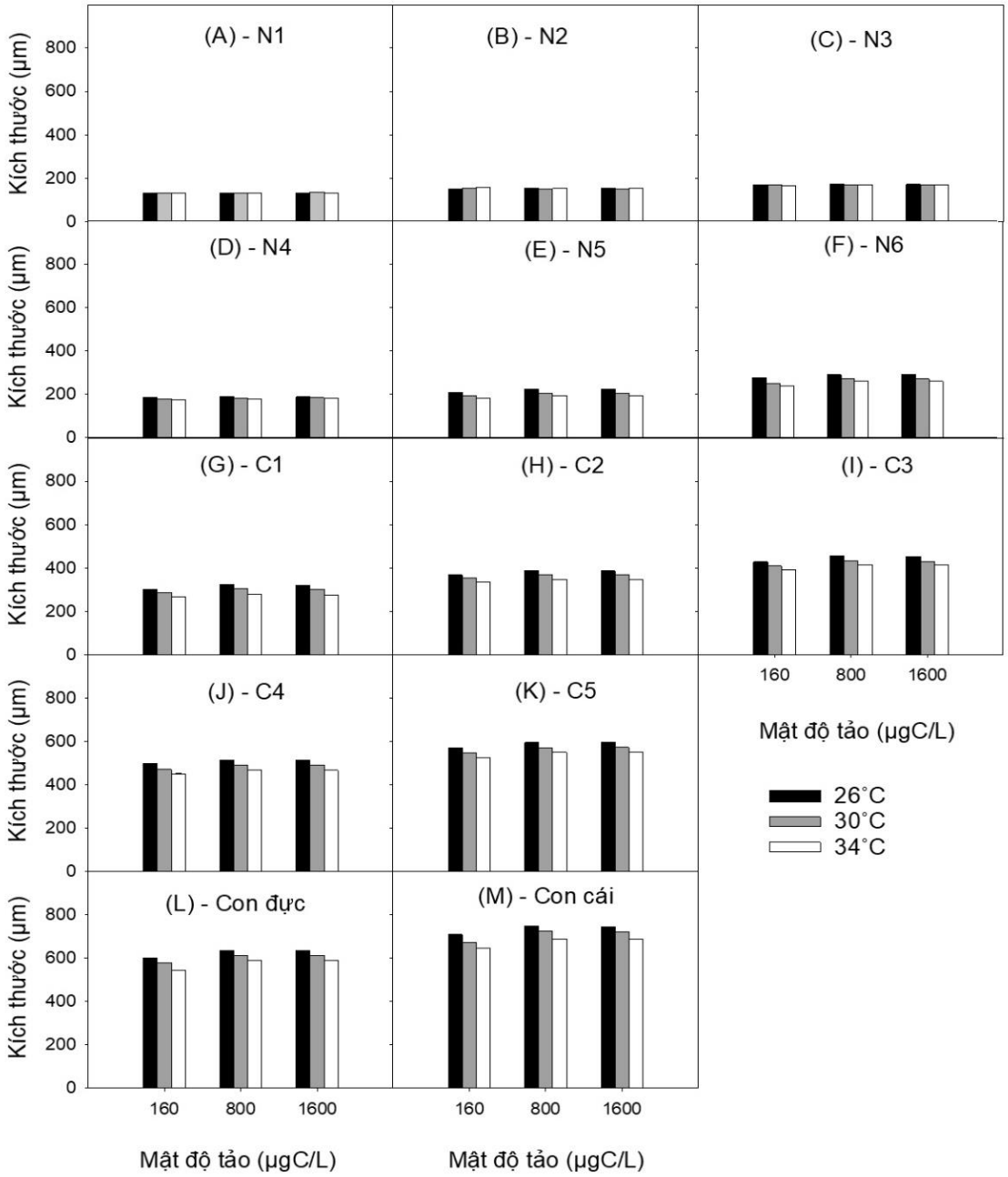
T. chui

Kích thước cơ thể của N1 không khác nhau giữa các mức mật độ tảo và nhiệt độ, không có sự tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo (Phụ lục 8, Hình 3.39.A,B). Giai doạn N2 có biểu hiện khác nhau về kích thước cơ thể mặc dù chưa nhiều và không

có sự khác nhau ở các mức mật độ tảo. Giai đoạn N3 – N6, kích thước cơ thể khác nhau giữa các mức mật độ tảo (P<0,001), cùng giảm trong khoảng 1,6 – 6,6% ở mức mật độ tảo 160 µgC/L so với mật độ tảo 800 và 1600 µgC/L. Giai đoạn N3 - N6 có sự khác nhau về kích thước cơ thể của *P. incisus* ở các mức nhiệt độ, lớn nhất ở 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và nhỏ nhất ở 34ºC, thông số này giảm trong khoảng 3,0 – 7,6% và 2,0 – 13,1% ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 8, Hình 3.39.C,D,E,F). Nhìn chung, kích thước cơ thể của *P. incisus* ở giai đoạn N3 – N6 giảm khi nhiệt độ tăng và biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µg C/L, kích thước của *P. incisus* có xu hướng nhỏ nhất ở nghiệm thức này, thể hiện rõ ở giai đoạn N5 - N6 (phản ánh tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.39.C,D,E,F).

Giai đoạn copepodite, *P. incisus* có kích thước cơ thể giảm khi nhiệt độ tăng từ 26ºC đến 34ºC, thông số này giảm trong khoảng 4,2 – 5,5% và 8,0 – 13,1% ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 8, Hình 3.39.G,H,I,J,K). Kích thước cơ thể ở giai đoạn này của *P. incisus* cũng khác nhau giữa các mức mật độ tảo, nhỏ nhất ở mật độ 160 µgC/L, lớn hơn ở mật độ tảo 1600 µgC/L và 800 µgC/L, cùng giảm trong khoảng 4,0 5,7% ở mật độ 160 µgC/L so với mật độ 800 và 1600 µgC/L (ảnh hưởng của mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.39.G,H,I,J,K). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước cơ thể giai đoạn copepodite của *P. incisus* mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µgC/L. Theo đó, *P. incisus* có kích thước cơ thể nhỏ nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µgC/L (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.39.G,H,I,J,K).

Kích thước ở giai đoạn trưởng thành của *P. incisus* được quan sát. Con đực và cái có kích thước cơ thể lớn nhất ở nhiệt độ 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và nhỏ nhất ở 34ºC. Kích thước cơ thể ở giai đoạn trưởng thành giảm khoảng 3,6 – 7,9% ở con đực và 3,8 – 8,2% ở con cái ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 8, Hình 3.39. L,M). Kích thước cơ thể con đực và con cái của *P. incisus* khác nhau ở các mức mật độ tảo, nhỏ nhất ở mật độ 160 µgC/L, lớn hơn ở mật độ tảo 1600 µgC/L và lớn nhất ở 800 µgC/L, thông số này giảm 6,0 – 6,1% và 5,9 – 6,1% ở 160 µgC/L của con đực và con cái so với 1600 µgC/L và 800 µgC/L (ảnh hưởng chính của mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.39.L,M). Nhiệt độ đã tác động làm giảm kích thước cơ thể của cả con đực và con cái loài *P. incisus*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L và 34ºC, kết quả cho thấy kích thước cơ thể nhỏ nhất ở điều kiện này (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.39.L,M).



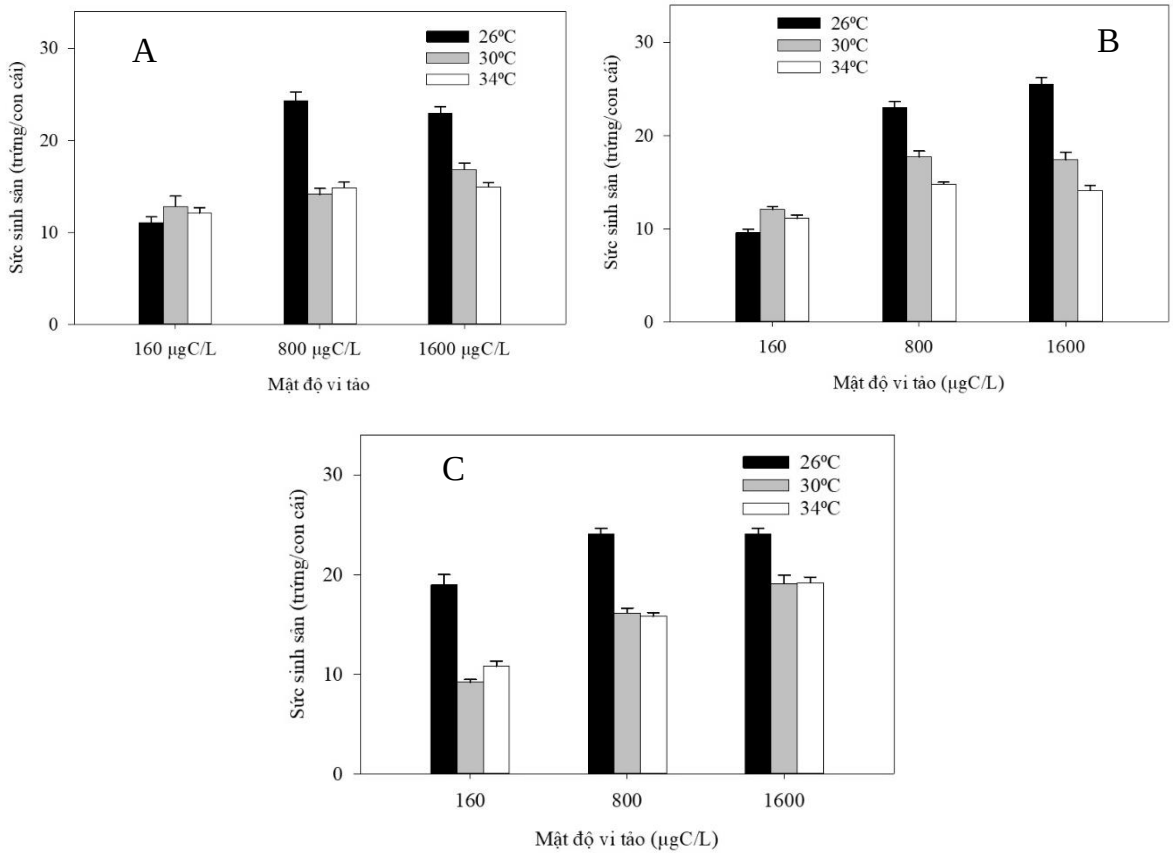
Hình 3.39. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *P. incisus* trong thí nghiệm tảo *T. chui* và nhiệt độ. N1-N6: giai đoạn nauplius I – VI; C1-C4 = copepodite giai đoạn I – IV.

3.4.1.3. Sức sinh sản

C. muelleri

Nghiệm thức 26ºC và 1600 µgC/L cho sức sinh sản của *P. incisus* lớn nhất, thông số này giảm 32 và 34% ở nghiệm thức 160 µgC/L so với 800 µgC/L và 1600 µgC/L (ảnh hưởng của mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.40.A). Sức sinh sản của *P. incisus* lớn nhất ở 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và thấp nhất ở 34ºC, thông số này giảm khoảng 4,3% và

28,2% ở 34ºC so với 30ºC và 26ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 8, Hình 3.40.A). Sức sinh sản của *P. incisus* chịu sự tương tác giữa hai yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo (P <0,001). Nhiệt độ đã tác động làm giảm sức sinh sản của *P. incisus*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L và 34ºC, kết quả cho thấy số trứng/con cái là 11 ở 160 µgC/L, 17 trứng/con cái ở 800 µgC/L so với 18 trứng/con cái ở 1600 µgC/L (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.40.A).



Hình 3.40. Sức sinh sản của *P. incisus* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ A – *C. muelleri*; B – *I. galbana*; C – *T. chui.*

I. galbana

Nghiệm thức 26ºC và 1600 µgC/L cho sức sinh sản của *P. incisus* lớn nhất, thông số này giảm 41 và 42% ở nghiệm thức 160 µgC/L so với 800 µgC/L và 1600 µgC/L (ảnh hưởng của mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.40.B). Sức sinh sản của *P. incisus* lớn nhất ở 26ºC và 30ºC, thấp nhất ở 34ºC, thông số này giảm khoảng 15 và 31% ở 34ºC so với 30ºC và 26ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 8, Hình 3.40.B). Sức sinh sản của *P. incisus* chịu sự tương tác giữa hai yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo (P <0,001). Nhiệt độ đã tác động làm giảm sức sinh sản của *P. incisus*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức

160 µgC/L và 34ºC, kết quả cho thấy số trứng/con cái là 10,9 ở 160 µgC/L, 18,5 trứng/con cái ở 800 µgC/L so với 18,9 trứng/con cái ở 1600 µgC/L (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.40.B).

T. chui

Nghiệm thức 26ºC và 1600 µgC/L cho sức sinh sản của *P. incisus* lớn nhất, thông số này giảm 30 và 37% ở nghiệm thức 160 µgC/L so với 800 µgC/L và 1600 µgC/L (ảnh hưởng của mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.40.C). Sức sinh sản của *P. incisus* lớn nhất ở 26ºC và 30ºC, thấp nhất ở 34ºC, thông số này giảm khoảng 3 và 33% ở 30ºC so với 34ºC và 26ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 8, Hình 3.40.C). Sức sinh sản của *P. incisus* chịu sự tương tác giữa hai yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo (P <0,05). Nhiệt độ đã tác động làm giảm sức sinh sản của *P. incisus*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L và 34ºC, kết quả cho thấy số trứng/con cái là 12 ở 160 µgC/L, 18 trứng/cái ở 800 µgC/L so với 20 trứng/cái ở 1600 µgC/L (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.40.C).

3.4.1.4. Tỷ lệ nở thành công

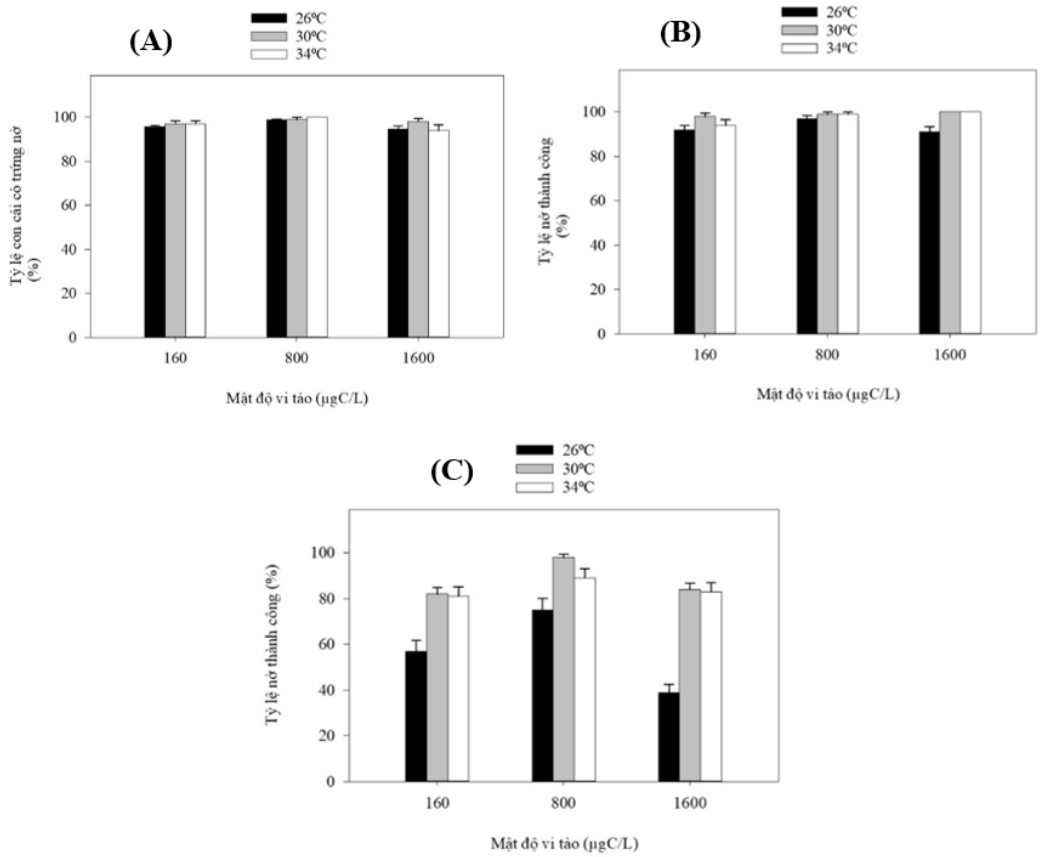
C. muelleri

Ở tất cả 3 mức nhiệt độ thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công cao nhất ở nghiệm thức 800 µgC/L, lớn hơn ở nhiệt độ 160 µgC/L và thấp nhất ở 1600 µgC/L (P<0,05), thông số này giảm 1% và 3,6% ở nghiệm thức 1600 µgC/L so với 160 µgC/L và 800 µgC/L (phản ánh ảnh hưởng của mật độ tảo; Phụ lục 8, Hình 3.41.A). Tỷ lệ nở thành công cao nhất không khác nhau giữa ba mức nhiệt độ thí nghiệm (Phụ lục 8, Hình 3.41.A). Nhìn chung, tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* chịu tác động của mật độ tảo và nhiệt độ nhưng chưa phản ánh tương tác giữa hai yếu tố (Phụ lục 8, Hình 3.41.A).

I. galbana

Ở tất cả 3 mức mật độ tảo thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công thấp nhất ở 26ºC, lớn hơn ở nhiệt độ 34ºC và cao nhất ở 30ºC (P<0,05), thông số này giảm 4,4% và 5,7% ở nhiệt độ 26ºC so với 30ºC và 34ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 8, Hình 3.41.B). Tỷ lệ nở thành công cao nhất ở nghiệm thức 800 µgC/L, nhỏ hơn ở 1600 µgC/L và thấp nhất ở 160 µgC/L (P<0,001), thông số này giảm 2,5 và 3,7% ở 160 µgC/L so với 1600 µgC/L và 800 µgC/L (phản ánh ảnh hưởng của mật độ tảo; Phụ lục 8, Hình 3.41.B). Tỷ lệ nở thành công thấp hơn ở nghiệm thức nhiệt độ 26ºC và 160 µgC/L so với ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC. Nhìn chung, tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* chịu tác

động của mật độ tảo và nhiệt độ nhưng chưa thấy tương tác giữa hai yếu tố (Phụ lục 8, Hình 3.41.B).



Hình 3.41. 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.*

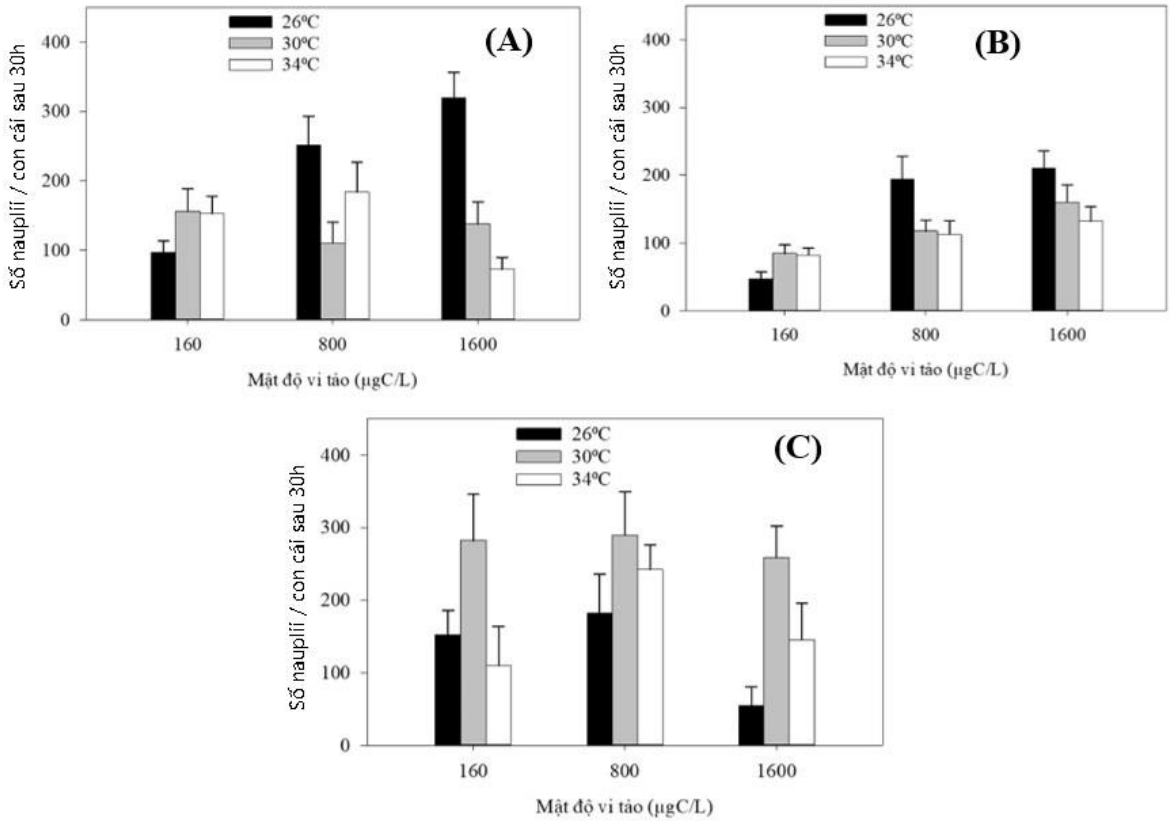
T. chui

Ở tất cả 3 mức mật độ tảo thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công thấp nhất ở 26ºC, lớn hơn ở nhiệt độ 34ºC và cao nhất ở 30ºC (P<0,001), thông số này giảm 32% và 35% ở nhiệt độ 26ºC so với 34ºC và 30ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 8, Hình 3.41.C). Tỷ lệ nở thành công cao nhất ở nghiệm thức 800 µgC/L, nhỏ hơn ở 160 µgC/L và thấp nhất ở 1600 µgC/L (P<0,001), thông số này giảm 6,4 và 21,4% ở 1600 µgC/L so với 160 µgC/L và 800 µgC/L (phản ánh ảnh hưởng của mật độ tảo; Phụ lục 8, Hình 3.41.C). Tỷ lệ nở thành công thấp hơn ở nghiệm thức nhiệt độ 26ºC và 1600 µgC/L so với ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC. Nhìn chung, tỷ lệ nở của *P. incisus* chịu tác động của mật độ tảo và phụ thuộc vào nhiệt độ (phản ánh tương tác giữa mật độ tảo và nhiệt độ, Phụ lục 8, Hình 3.41.C).

3.4.1.5. Khả năng sản xuất nauplius của con cái

C. muelleri

Ở cả 3 mức mật độ tảo, khả năng sản xuất nauplius của con cái loài *P. incisus* cao nhất ở nhiệt độ 26ºC, nhỏ hơn ở nhiệt độ 34ºC, thấp nhất ở 30ºC (P<0,05). Khả năng sản xuất nauplius của con cái của *P. incisus* cao nhất ở 26ºC; 222 nauplii/con cái ở 26ºC so với 134 nauplii/con cái ở 30ºC và 136 nauplii/con cái ở 34ºC, thông số này giảm 1,4% và 39% ở nhiệt độ 30ºC so với nhiệt độ 34ºC và 26ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 8, Hình 3.42.A). Khả năng sản xuất nauplius của con cái của *P. incisus* có xu hướng cao hơn ở mật độ tảo 800 µgC/L và 1600 µgC/L nhưng không khác nhau có ý nghĩa thống kê (P > 0,05) (Phụ lục 8, Hình 3.42.A). Kết quả cho thấy khả năng sản xuất nauplius của con cái của *P. incisus* khác nhau giữa các nhiệt độ và phụ thuộc vào mật độ tảo (phản ánh tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.42.A).



Hình 3.42. Số nauplii/con cái của con cái của *P. incisus* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ (A) – *C. muelleri*; (B) – *I. galbana*; (C) – *T. chui*.

I. galbana

Ở cả 3 mức mật độ tảo, khả năng sản xuất nauplius của con cái loài *P. incisus* cao nhất ở nhiệt độ 26ºC, nhỏ hơn ở nhiệt độ 30ºC, thấp nhất ở 34ºC (P<0,001). Khả năng sản xuất nauplius của con cái của *P. incisus* thấp hơn ở nhiệt độ cao. Thông số này của *P. incisus* cao nhất ở 26ºC; 150 nauplii/con cái ở 26ºC so với 120 nauplii/con cái ở 30ºC

và 109 nauplii/con cái ở 34ºC, thông số này giảm 9,8% và 27,6% ở nhiệt độ 34ºC so với nhiệt độ 30ºC và 26ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 8, Hình 3.42.B).

Khả năng sản xuất nauplius của con cái của *P. incisus* phụ thuộc vào mật độ tảo. Kết quả cho thấy số nauplius/con cái cao nhất ở nghiệm thức 1600 µgC/L, nhỏ hơn ở 800 µgC/L và nhỏ nhất ở 160 µgC/L, thông số này giảm 49% và 57% ở 160 µgC/L so với 800 µgC/L và 1600 µgC/L (phản ánh ảnh hưởng của mật độ tảo; Phụ lục 8, Hình 3.42.B). Kết quả cho thấy khả năng sản xuất nauplius của con cái của *P. incisus* khác nhau giữa các nhiệt độ và phụ thuộc vào mật độ tảo ((phản ánh tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.42.B).

T. chui

Ở cả 3 mức mật độ tảo, khả năng sản xuất nauplius của con cái loài *P. incisus* cao nhất ở nhiệt độ 30ºC, nhỏ hơn ở nhiệt độ 34ºC, thấp nhất ở 26ºC (P<0,05). Khả năng sản xuất nauplius của con cái của *P. incisus* thấp hơn ở nhiệt độ thấp. Thông số này của *P. incisus* thấp nhất ở 26ºC; 129 nauplii/con cái ở 26ºC so với 276 nauplii/con cái ở 30ºC và 165 nauplii/con cái ở 34ºC, thông số này giảm 21% và 53% ở nhiệt độ 26ºC so với nhiệt độ 34ºC và 30ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ; Phụ lục 8, Hình 3.42.C). Khả năng sản xuất nauplius của con cái ở *P. incisus* không phụ thuộc vào mật độ tảo nhưng có xu hướng cao hơn ở nghiệm thức 800 µgC/L. Kết quả cho thấy số nauplius/con cái cao nhất ở nghiệm thức 800 µgC/L, nhỏ hơn ở 160 µgC/L và nhỏ nhất ở 1600 µgC/L (Phụ lục 8, Hình 3.42.C). Kết quả cho thấy khả năng sản xuất nauplius của con cái ở *P. incisus* khác nhau giữa các nhiệt độ và không phụ thuộc vào mật độ tảo (không có sự tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 8, Hình 3.42.C).

3.4.2. 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 số nauplii/con cái của loài *O. rigida*

3.4.2.1. Thời gian phát triển

C. muelleri

Thời gian phát triển giai đoạn nauplius của *O. rigida* nhanh hơn 2 ngày ở mật độ tảo 800 và 1600 µgC/L so với mật độ 160 ở cả 3 nhiệt độ 26, 30 và 34ºC. *O. rigida* 100% chuyển sang giai đoạn copepodite vào ngày thứ 5 ở nhiệt độ 30 và 34ºC với mật độ tảo 800 và 1600 µgC/L, ngày thứ 7 ở nhiệt độ 26ºC và mật độ tảo 160 µgC/L. *O.*

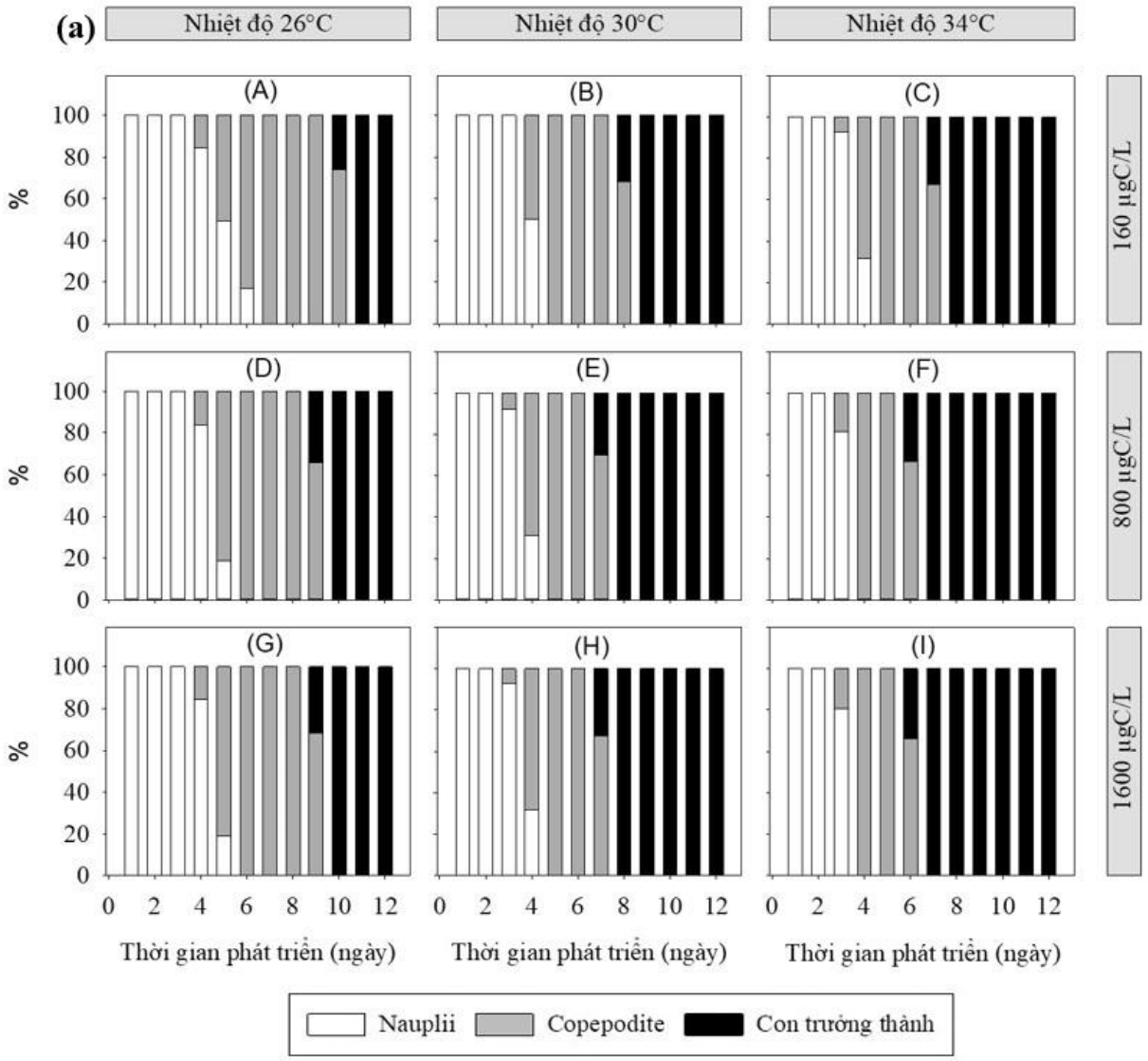
rigida có tỷ lệ 100% trưởng thành nhanh nhất ở nghiệm thức 34ºC và mật độ tảo 800 µgC/L, chậm nhất ở nghiệm thức 26ºC và mật độ tảo 160 µgC/L.

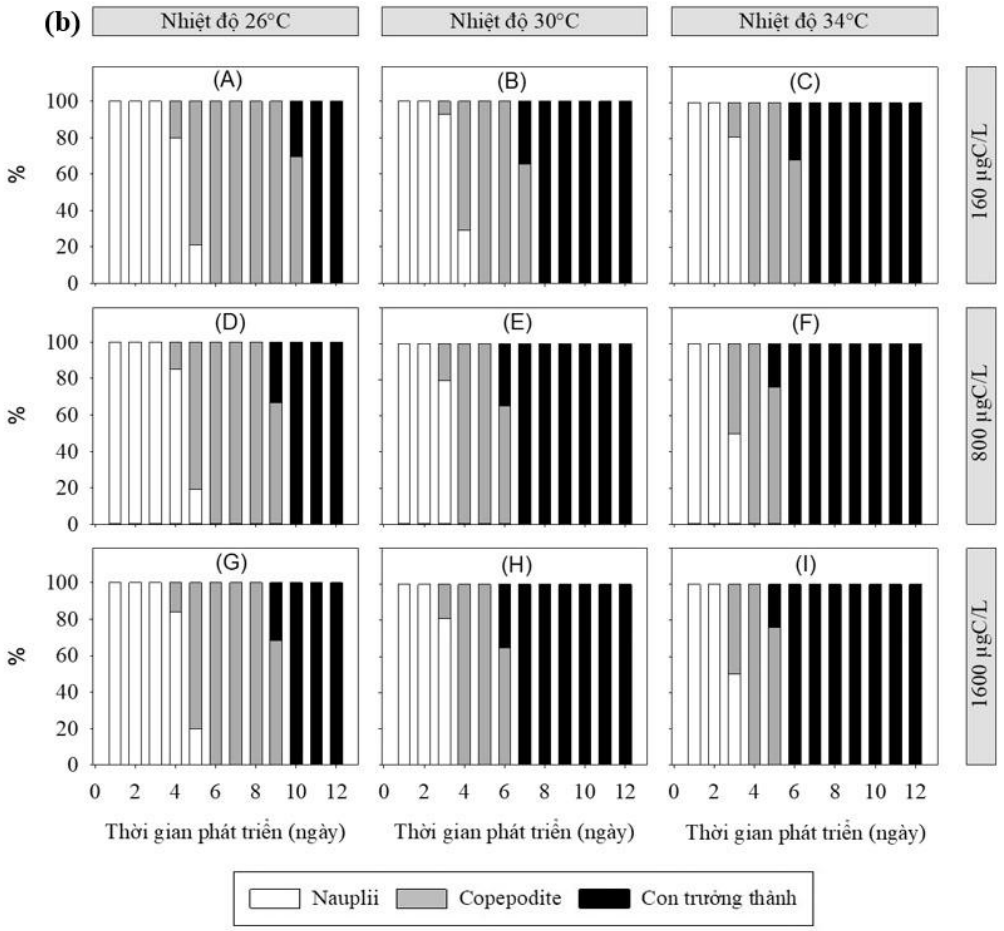
I. galbana

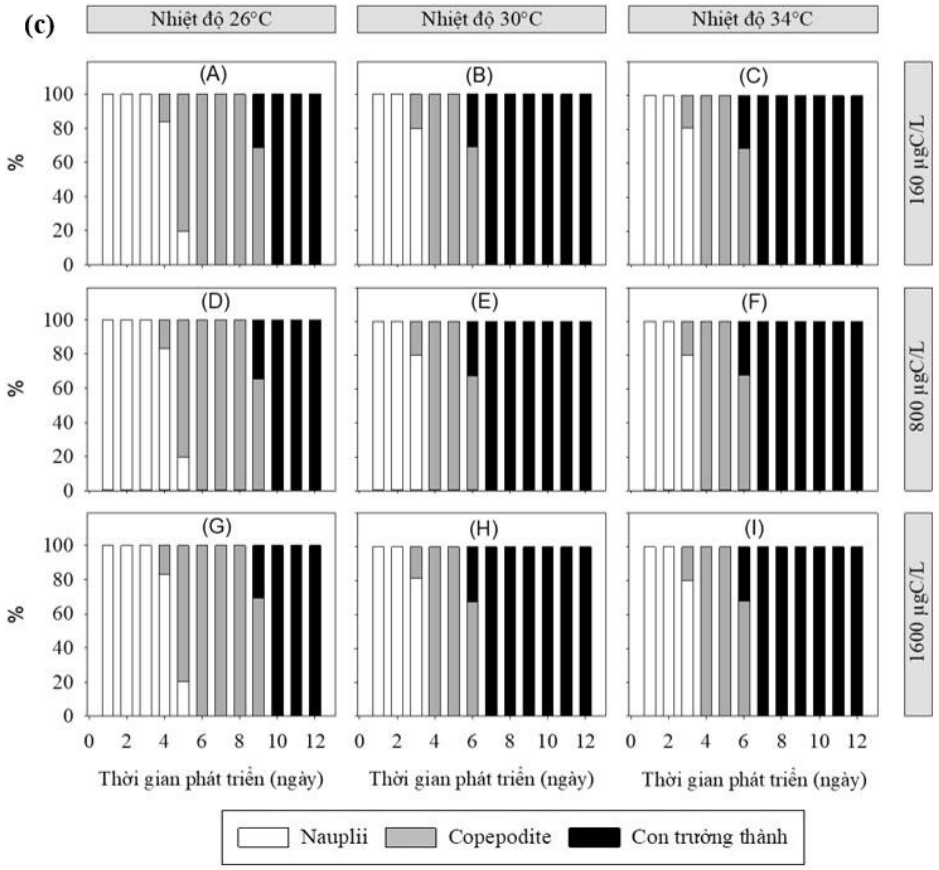
Thời gian phát triển giai đoạn nauplius của *O. rigida* nhanh hơn 1 - 2 ngày ở mật độ tảo 800 và 1600 µgC/L so với mật độ 160 ở cả 3 nhiệt độ 26, 30 và 34ºC. *O. rigida* 100% chuyển sang giai đoạn copepodite vào ngày thứ 4 ở nhiệt độ 30 và 34ºC với mật độ tảo 800 và 1600 µgC/L, ngày thứ 5 ở nhiệt độ 26ºC và nghiệm thức mật độ tảo 160 µgC/L. *O. rigida* có tỷ lệ 100% trưởng thành nhanh nhất ở nghiệm thức 34ºC và mật độ tảo 800, 1600 µgC/L, chậm nhất ở nghiệm thức 26ºC và mật độ tảo 160 µgC/L (vào ngày thứ 11).

T. chui

Thời gian phát triển giai đoạn nauplius của *O. rigida* nhanh hơn 2 ngày ở mật độ tảo 800 và 1600 µgC/L so với mật độ 160 ở cả 3 nhiệt độ 26, 30 và 34ºC. *O. rigida* 100% chuyển sang giai đoạn copepodite vào ngày thứ 4 ở nhiệt độ 30 và 34ºC với mật độ tảo 800 và 1600 µgC/L, ngày thứ 5 ở mật độ tảo 160 µgC/L ở nhiệt độ 26ºC. *O. rigida* có tỷ lệ 100% trưởng thành nhanh nhất ở nghiệm thức 34ºC và mật độ tảo 800, 1600 µgC/L, chậm nhất ở nghiệm thức 26ºC và mật độ tảo 160 µgC/L (vào ngày thứ 10).


(a)
Nhiệt độ 26°C
Nhiệt độ 30°C
Nhiệt độ 34°C
(A)
(B)
(C)
(D)
(E)
(F)
(G)
(H)
(I)
160 µgC/L
800 µgC/L
1600 µgC/L
%
0
20
40
60
80
100
0 2 4 6 8 10 12
Thời gian phát triển (ngày)
Nauplii
Copepodite
Con trưởng thành





Hình 3.43. Tỷ lệ các giai đoạn (%)của nauplii, copepodite và trưởng thành của *O. rigida* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ (a) – *C. muelleri*; (b) – *I. galbana*; (c)– *T. chui.*

3.4.2.2. Kích thước cơ thể

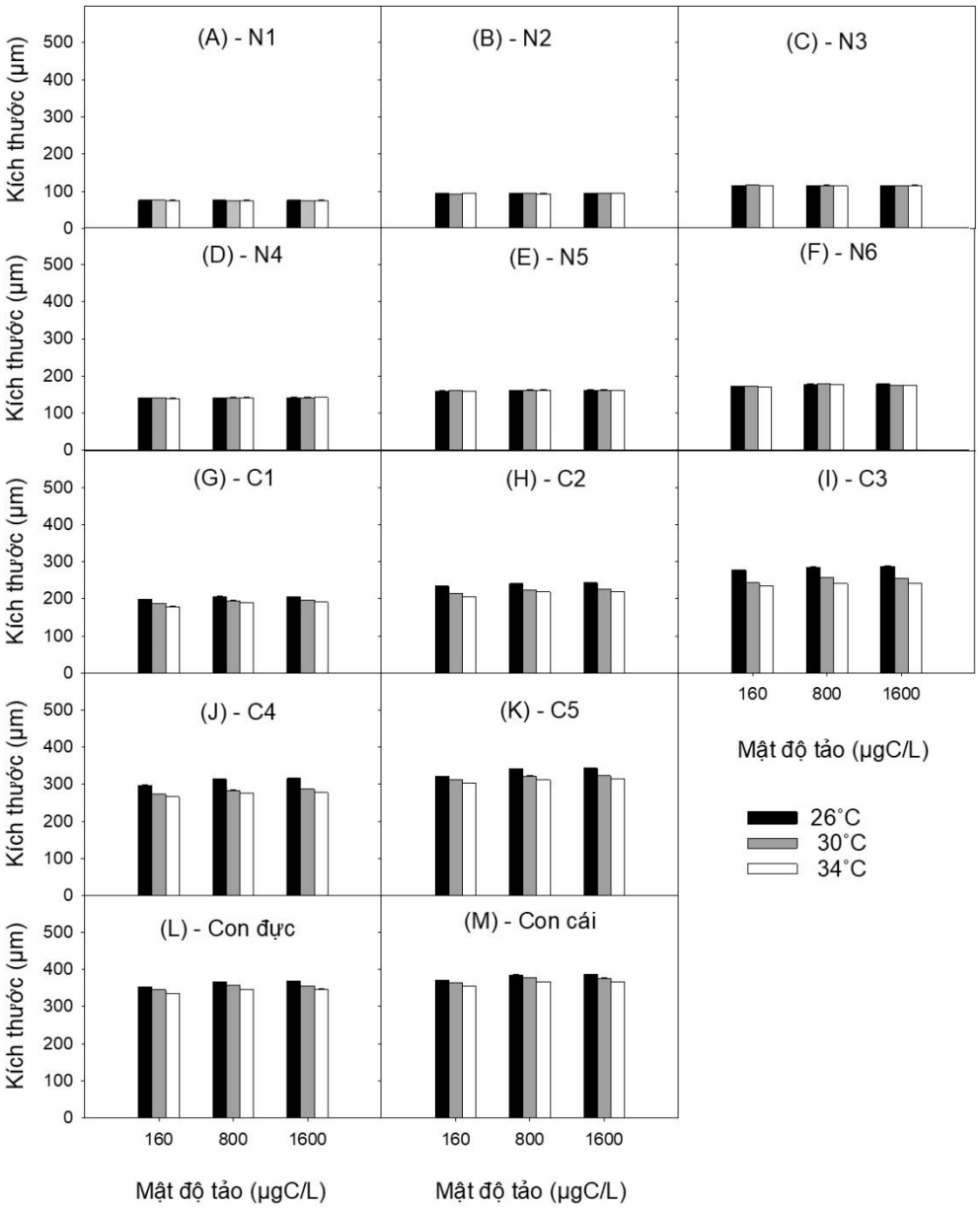
C. muelleri

Kích thước cơ thể của N1 – N3 không khác nhau giữa các mức mật độ tảo và nhiệt độ, không có sự tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo (Phụ lục 9, Hình 3.44). Giai đoạn N4 – N5, kích thước cơ thể khác nhau giữa các mức mật độ tảo (P<0,001), giảm 1% ở mức mật độ tảo 160 µgC/L so với mật độ tảo 800 và 1600 µgC/L nhưng chưa có sự khác nhau ở các nhiệt độ (Phụ lục 9, Hình 3.44). Giai đoạn N6 có sự khác nhau về kích thước cơ thể của *O. rigida* ở các nhiệt độ, lớn nhất ở 26°C, nhỏ hơn ở 30°C và 34°C, thông số này giảm trong khoảng 0,7– 1,2% ở nhiệt độ 30°C và 34°C so với 26°C (ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 9, Hình 3.44). Thông số này ở giai đoạn N6 cũng có sự khác nhau ở các mức mật độ tảo, lớn nhất ở mật độ 1600 µgC/L và giảm khoảng 3% ở mật độ 160 µgC/L. Nhìn chung, kích thước cơ thể của *O. rigida* ở giai đoạn N4 – N6 giảm khi nhiệt độ tăng và biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 34°C và 160 µgC/L, kích thước của *O. rigida* có xu hướng nhỏ nhất ở nghiệm thức này, thể hiện rõ ở giai đoạn N6 (phản ánh tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo ở N6, Phụ lục 9, Hình 3.44).

Giai đoạn copepodite, *O. rigida* có kích thước cơ thể giảm khi nhiệt độ tăng từ 26°C đến 34°C, thông số này giảm trong khoảng 5 – 11% và 8 – 15% ở nhiệt độ 30°C và 34°C so với 26°C. (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 9, Hình 3.44). Kích thước cơ thể ở giai đoạn này của *O. rigida* cũng khác nhau giữa các mức mật độ tảo, nhỏ nhất ở mật độ 160 µgC/L và lớn nhất ở hai mức 800 và 1600 µgC/L (hai mức này không khác nhau về mặt thống kê), giảm trong khoảng 3 - 4% và 4 -5% ở mật độ 160 µgC/L so với mật độ 800 và 1600 µgC/L (ảnh hưởng của mật độ tảo Phụ lục 9, Hình 3.44). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước cơ thể giai đoạn copepodite của *O. rigida* mạnh nhất ở nghiệm thức 34°C và 160 µgC/L. Theo đó, *O. rigida* có kích thước cơ thể nhỏ nhất ở nghiệm thức 34°C và 160 µgC/L (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.44).

Kích thước ở giai đoạn trưởng thành của *O. rigida* được quan sát. Con đực và cái có kích thước cơ thể lớn nhất ở nhiệt độ 26°C, nhỏ hơn ở 30°C và nhỏ nhất ở 34°C. Kích thước cơ thể ở giai đoạn trưởng thành giảm khoảng 2,2 - 2,8% ở con đực và 4,8 – 5,5% ở con cái ở nhiệt độ 30°C và 34°C so với 26°C (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 9, Hình 3.44). Kích thước cơ thể con đực và con cái của *O. rigida* khác nhau ở các mức mật độ tảo, lớn nhất ở nghiệm thức 800 và 1600 µgC/L (nghiệm thức 800 và 1600 µgC/L

không có sự khác nhau về thống kê), nhỏ nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L, thông số này giảm 3,2 – 3,4% và 3,6% ở 160 µgC/L của con đực và con cái so với 800 và 1600 µgC/L (ảnh hưởng chính của mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.44). Nhiệt độ đã tác động làm giảm kích thước cơ thể của cả con đực và con cái loài *O. rigida*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L và 34ºC, kết quả cho thấy kích thước cơ thể nhỏ nhất ở điều kiện này (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.44).



Hình 3.44. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *O. rigida* trong thí nghiệm tảo *C. muelleri* và nhiệt độ. N1-N6: giai đoạn nauplius I – VI; C1-C4 = copepodite giai đoạn I – IV.

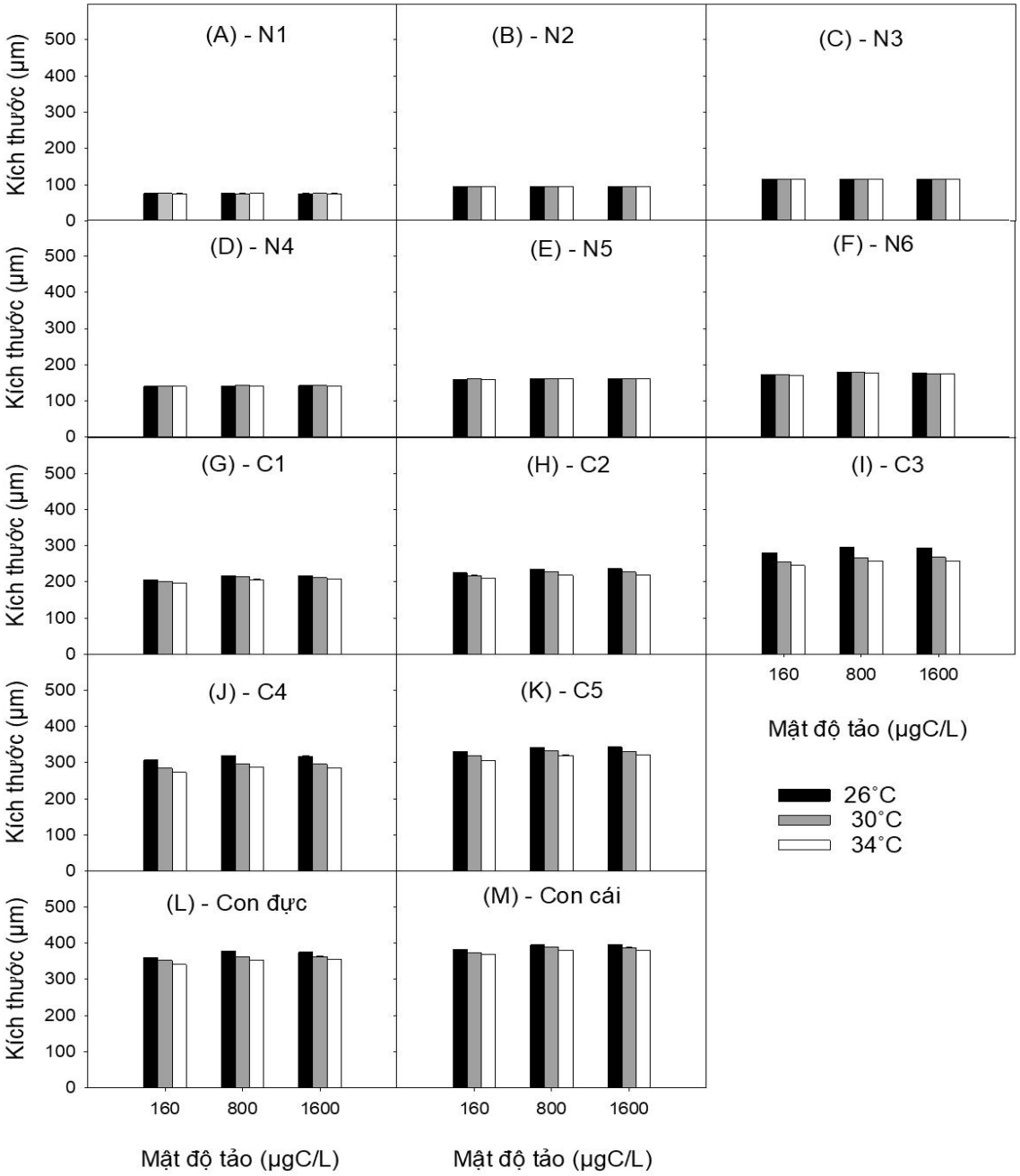
I. galbana

Kích thước cơ thể của N1 – N3 không khác nhau giữa các mức mật độ tảo và nhiệt độ, không có sự tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo (Phụ lục 9, Hình 3.45). Giai đoạn N4 – N6, kích thước cơ thể khác nhau giữa các mức mật độ tảo (P<0,001), giảm khoảng 1% ở mức mật độ tảo 160 µgC/L so với mật độ tảo 800 và 1600 µgC/L với N4 – N5, thông số này ở giai đoạn N6 giảm tương ứng là 3,5% và 2,4% (Phụ lục 9, Hình 3.45). Giai đoạn N4 - N6 có sự khác nhau về kích thước cơ thể của *O. rigida* ở các nhiệt độ, lớn nhất ở 26ºC và 30ºC, nhỏ nhất ở 34ºC, thông số này giảm khoảng 1% ở nhiệt độ 34ºC so với 26ºC và 30ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 9, Hình 3.45). Nhìn chung, kích thước cơ thể của *O. rigida* ở giai đoạn N4 – N6 giảm khi nhiệt độ tăng và biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µgC/L, kích thước của *O. rigida* có xu hướng nhỏ nhất ở nghiệm thức này, thể hiện rõ ở giai đoạn N6 (phản ánh tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo ở N6, Phụ lục 9, Hình 3.45).

Giai đoạn copepodite, *O. rigida* có kích thước cơ thể giảm khi nhiệt độ tăng từ 26ºC đến 34ºC, thông số này giảm trong khoảng 2 – 9% và 5 – 12% ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 9, Hình 3.45). Kích thước cơ thể ở giai đoạn này của *O. rigida* cũng khác nhau giữa các mức mật độ tảo, nhỏ nhất ở mật độ 160 µgC/L và lớn nhất ở hai mức 800 và 1600 µgC/L (hai mức này không khác nhau về mặt thống kê), giảm trong khoảng 4 -5% ở mật độ 160 µgC/L so với mật độ 800 và 1600 µgC/L (ảnh hưởng của mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.45). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước cơ thể giai đoạn copepodite của *O. rigida* mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µgC/L. Theo đó, *O. rigida* có kích thước cơ thể nhỏ nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µgC/L. Nhìn chung, ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước cơ thể của *O. rigida* ở giai đoạn copepodite phụ thuộc vào mật độ tảo (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.45).

Kích thước ở giai đoạn trưởng thành của *O. rigida* được quan sát. Con đực và cái có kích thước cơ thể lớn nhất ở nhiệt độ 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và nhỏ nhất ở 34ºC. Kích thước cơ thể ở giai đoạn trưởng thành giảm khoảng 3 - 5% ở con đực và 2 – 3% ở con cái ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC so với 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 9, Hình 3.45). Kích thước cơ thể con đực và con cái của *O. rigida* khác nhau ở các mức mật độ tảo, lớn nhất ở nghiệm thức 800 và 1600 µgC/L (nghiệm thức 800 và 1600 µgC/L không có sự khác nhau về thống kê), nhỏ nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L, thông số này cùng giảm khoảng 3,5% ở 160 µgC/L của con đực và con cái so với 800 và 1600 µgC/L (ảnh

hưởng chính của mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.45). Nhiệt độ đã tác động làm giảm kích thước cơ thể của cả con đực và con cái loài *O. rigida*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L và 34°C, kết quả cho thấy kích thước cơ thể nhỏ nhất ở điều kiện này (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.45).



Hình 3.45. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *O. rigida* trong thí nghiệm tảo *I. galbana* và nhiệt độ. N1-N6: giai đoạn nauplius I – VI; C1-C4 = copepodite giai đoạn I – IV.

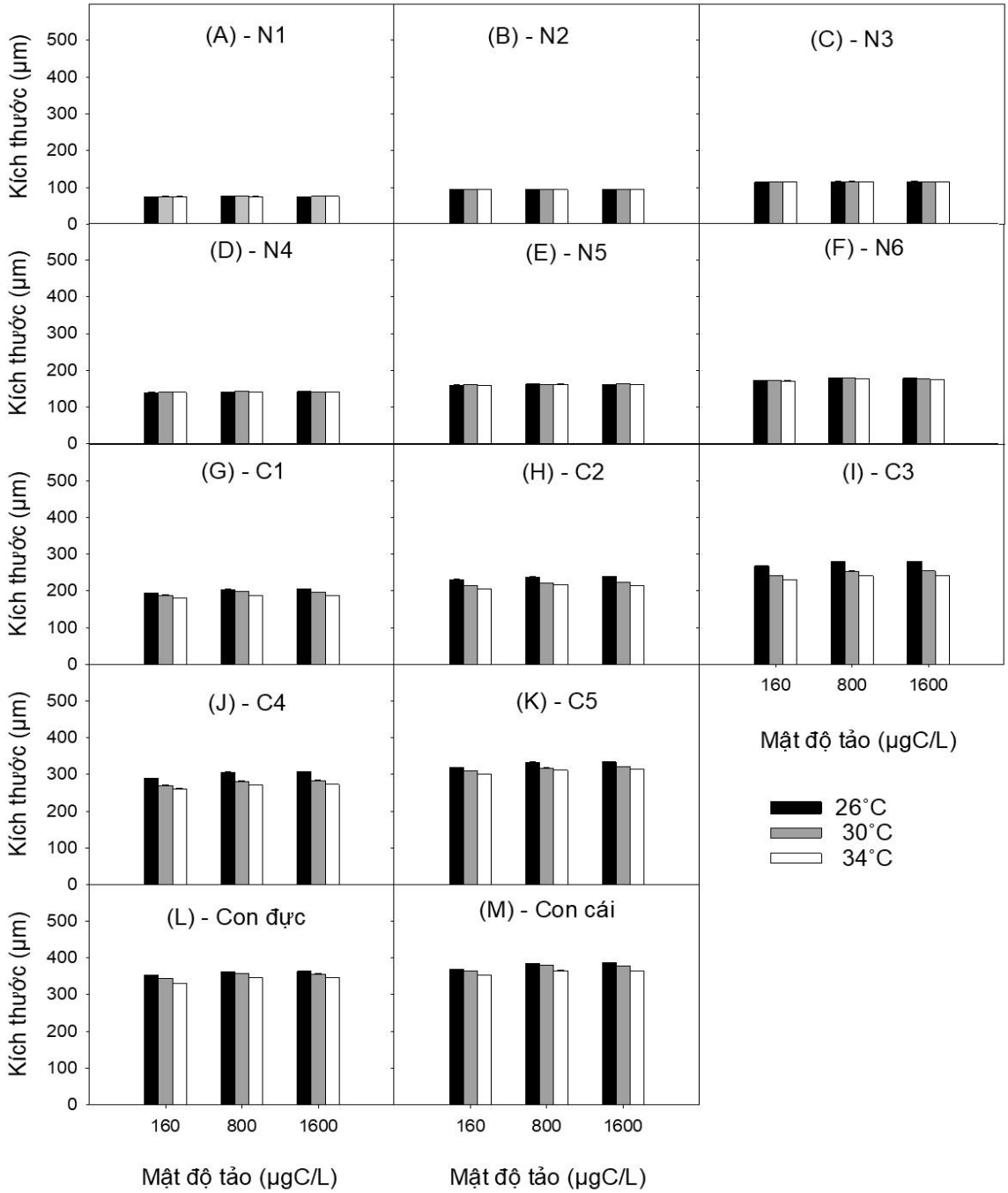
T. chui

Kích thước cơ thể của N1 – N3 không khác nhau giữa các mức mật độ tảo và nhiệt độ, không có sự tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo (Phụ lục 9, Hình 3.46). Giai đoạn N4 – N5, kích thước cơ thể khác nhau giữa các mức mật độ tảo (P<0,05) nhưng chưa có sự khác nhau ở các mức nhiệt độ (Phụ lục 9). Giai đoạn N6 có sự khác nhau về kích thước cơ thể của *O. rigida* ở các nhiệt độ, lớn nhất ở 26°C và 30°C, nhỏ nhất ở nhiệt độ 34°C, thông số này giảm trong khoảng 1,4% ở nhiệt độ 34°C so với 26°C và 30°C (ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 9, Hình 3.46). Kích thước cơ thể giai đoạn N6 cũng có sự khác nhau ở các mức mật độ tảo, lớn nhất ở mật độ 800 µgC/L và giảm khoảng 3,6% ở mật độ 160 µgC/L. Nhìn chung, kích thước cơ thể của *O. rigida* ở giai đoạn N4 – N6 giảm khi nhiệt độ tăng và biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 34°C và 160 µgC/L, kích thước của *O. rigida* có xu hướng nhỏ nhất ở nghiệm thức này, thể hiện rõ ở giai đoạn N6 (phản ánh tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo ở N6, Phụ lục 9, Hình 3.46).

Giai đoạn copepodite, *O. rigida* có kích thước cơ thể giảm khi nhiệt độ tăng từ 26°C đến 34°C, thông số này giảm trong khoảng 3 – 9% và 8 – 13% ở nhiệt độ 30°C và 34°C so với 26°C (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 9, Hình 3.46). Kích thước cơ thể ở giai đoạn này của *O. rigida* cũng khác nhau giữa các mức mật độ tảo, nhỏ nhất ở mật độ 160 µgC/L, lớn hơn ở 800 µgC/L và lớn nhất ở 1600 µgC/L, giảm trong khoảng 3 – 4,5% và 4 -5% ở mật độ 160 µgC/L so với mật độ 800 và 1600 µgC/L (ảnh hưởng của mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.46). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước cơ thể giai đoạn copepodite của *O. rigida* mạnh nhất ở nghiệm thức 34°C và 160 µgC/L. Theo đó, *O. rigida* có kích thước cơ thể nhỏ nhất ở nghiệm thức 34°C và 160 µgC/L (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.46).

Kích thước ở giai đoạn trưởng thành của *O. rigida* được quan sát. Con đực và cái có kích thước cơ thể lớn nhất ở nhiệt độ 26°C, nhỏ hơn ở 30°C và nhỏ nhất ở 34°C. Kích thước cơ thể ở giai đoạn trưởng thành giảm khoảng 1,8 - 5% ở con đực và 1,6 – 5% ở con cái ở nhiệt độ 30°C và 34°C so với 26°C (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 9, Hình 3.46). Kích thước cơ thể con đực và con cái của *O. rigida* khác nhau ở các mức mật độ tảo, lớn nhất ở nghiệm thức 800 và 1600 µgC/L (nghiệm thức 800 và 1600 µgC/L không có sự khác nhau về thống kê), nhỏ nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L, thông số này giảm 3,5 và 3,8% ở 160 µgC/L của con đực và con cái so với 800 và 1600 µgC/L (ảnh hưởng chính của mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.46). Nhiệt độ đã tác động làm giảm kích

thước cơ thể của cả con đực và con cái loài *O. rigida*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L và 34ºC, kết quả cho thấy kích thước cơ thể nhỏ nhất ở điều kiện này (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.46).

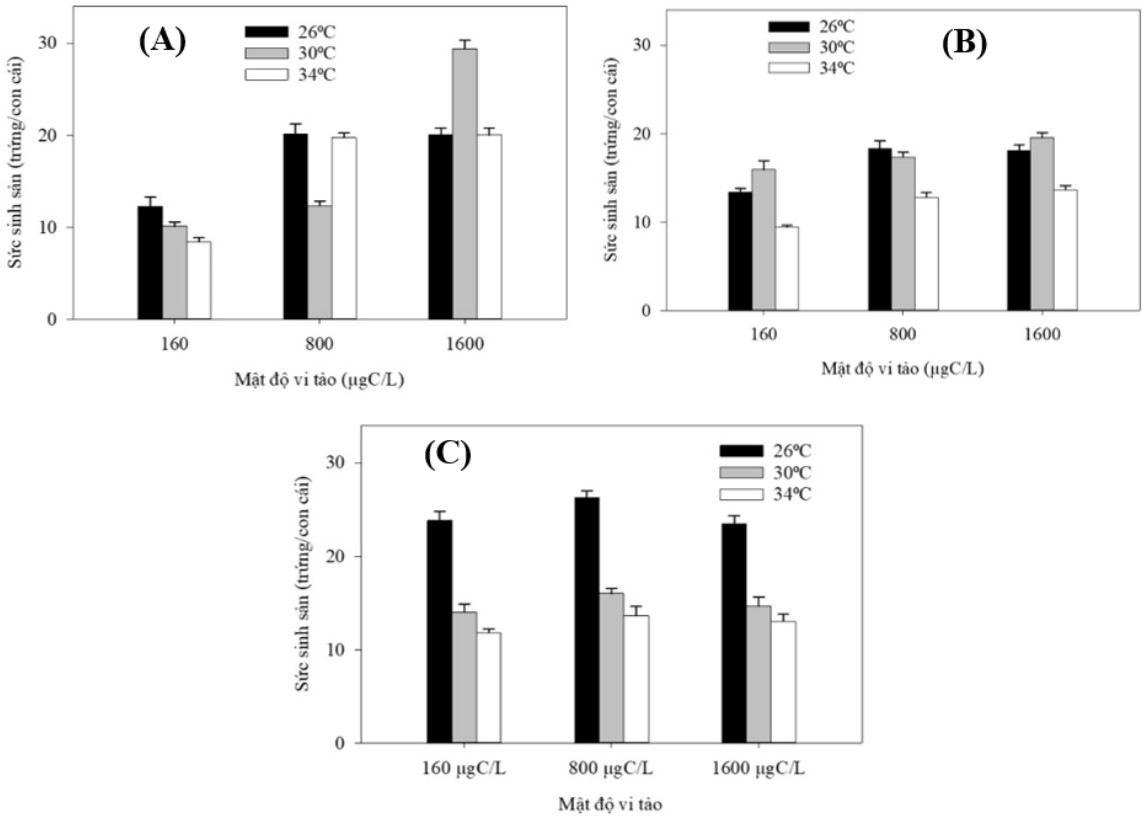


Hình 3.46. Kích thước các giai đoạn của các giai đoạn của *O. rigida* trong thí nghiệm tảo *T. chui* và nhiệt độ. N1-N6: giai đoạn nauplius I – VI; C1-C4 = copepodite giai đoạn I – IV.

3.4.2.3. Sức sinh sản

C. muelleri

Nghiệm thức 26ºC và 1600 µgC/L cho sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất, thông số này giảm 41 và 55% ở nghiệm thức 160 µgC/L so với 800 µgC/L và 1600 µgC/L (ảnh hưởng của mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.47.A). Sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất ở 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và thấp nhất ở 34ºC, thông số này giảm khoảng 1,2% và 8,1% ở 30 và 34ºC so với 26ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 9, Hình 3.47.A). Sức sinh sản của *O. rigida* chịu sự tương tác giữa hai yếu tố nhiệt độ và mật độ tảo ở cả ba nhiệt độ (P <0,001). Nhiệt độ đã tác động làm giảm sức sinh sản của *O. rigida*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L và 34ºC, kết quả cho thấy số trứng/con cái là 10 ở 160 µgC/L, 17 trứng/con cái ở 800 µgC/L so với 23 trứng/con cái ở 1600 µgC/L (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.47.A).



Hình 3.47. Sức sinh sản của *O. rigida* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ (A) – *C. muelleri*; (B) – *I. galbana*; (C) – *T. chui.*

I. galbana

Nghiệm thức 30ºC và 1600 µgC/L cho sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất, thông số này giảm 20 và 24% ở nghiệm thức 160 µgC/L so với 800 µgC/L và 1600 µgC/L (ảnh hưởng của mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.47.B). Sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất

ở 30ºC, nhỏ hơn ở 26ºC và thấp nhất ở 34ºC, thông số này giảm khoảng 28% và 32% ở 34ºC so với 26ºC và 30ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 9, Hình 3.47.B). Nhiệt độ đã tác động làm giảm sức sinh sản của *O. rigida*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L và 34ºC, kết quả cho thấy số trứng/con cái là 12 ở 160 µgC/L, 16 trứng/con cái ở 800 µgC/L so với 17 trứng/con cái ở 1600 µgC/L Nhìn chung, sức sinh sản của *O. rigida* chịu tác động của mật độ tảo và nhiệt độ nhưng chưa phản ánh tương tác giữa hai yếu tố này (Phụ lục 9, Hình 3.47.B).

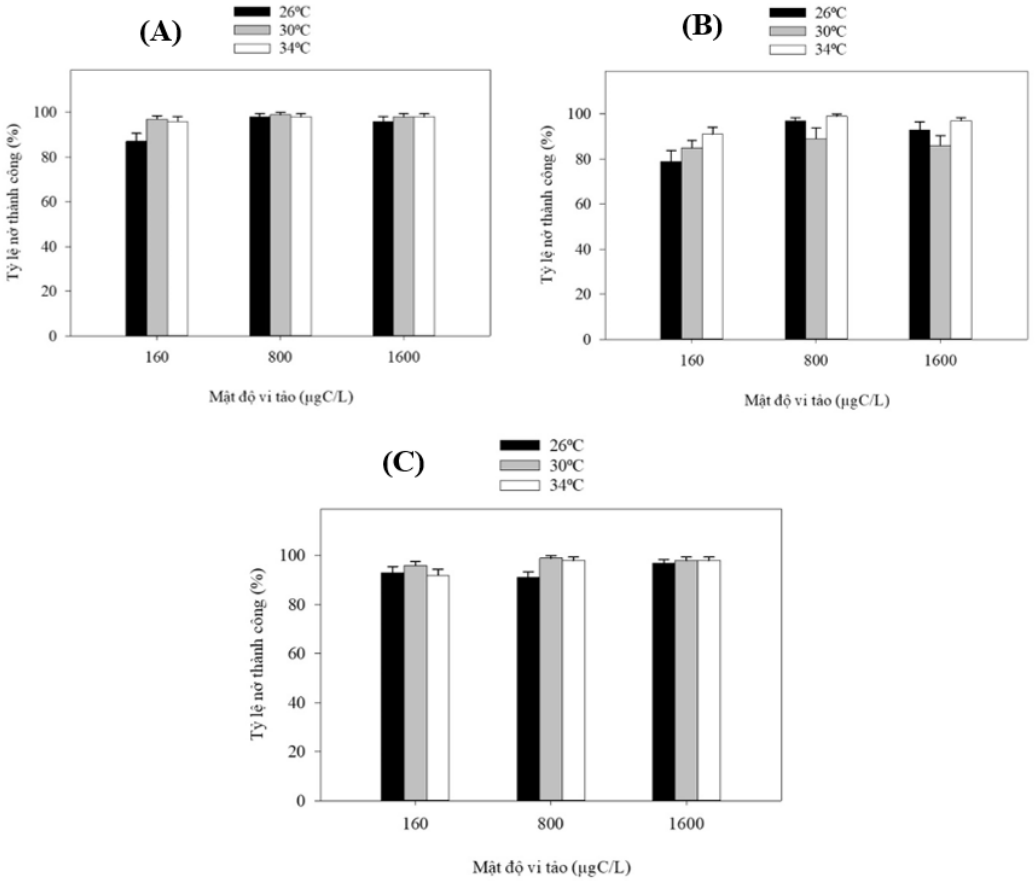
T. chui

Nghiệm thức 26ºC và 800 µgC/L cho sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất, thông số này giảm 3 và 11% ở nghiệm thức 160 µgC/L so với 1600 µgC/L và 800 µgC/L (ảnh hưởng của mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.47.C). Sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất ở 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và thấp nhất ở 34ºC, thông số này giảm khoảng 13% và 47% ở 34ºC so với 30ºC và 26ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 9, Hình 3.47.C). Nhiệt độ đã tác động làm giảm sức sinh sản của *O. rigida*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L và 34ºC, kết quả cho thấy số trứng/con cái là 16 ở 160 µgC/L, 18 trứng/con cái ở 800 µgC/L so với 17 trứng/con cái ở 1600 µgC/L Nhìn chung, sức sinh sản của *O. rigida* chịu tác động của mật độ tảo và nhiệt độ nhưng chưa phản ánh tương tác giữa hai yếu tố này (Phụ lục 9, Hình 3.47.C).

3.4.2.4. Tỷ lệ nở thành công

C. muelleri

Ở tất cả 3 mức mật độ tảo thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công thấp nhất ở 26ºC, lớn hơn ở nhiệt độ 34ºC và cao nhất ở 30ºC (P<0,05), thông số này giảm 3,8% và 4,4% ở nhiệt độ 26ºC so với 34ºC và 30ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 9, Hình 3.48.A). Tỷ lệ nở thành công cao nhất ở nghiệm thức 800 µgC/L, nhỏ hơn ở 1600 µgC/L và thấp nhất ở 160 µgC/L (P<0,001), thông số này giảm 4,1 và 5,1% ở 160 µgC/L so với 800 µgC/L và 1600 µgC/L (phản ánh ảnh hưởng của mật độ tảo; Phụ lục 9, Hình 3.48.A). Tỷ lệ nở thành công thấp hơn ở nghiệm thức nhiệt độ 26ºC và 160 µgC/L so với ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC. Nhìn chung, tỷ lệ nở thành công của *O. rigida* chịu tác động của mật độ tảo và nhiệt độ nhưng chưa phản ánh tương tác giữa hai yếu tố (Phụ lục 9, Hình 3.48.A).



Hình 3.48. Tỷ lệ nở thành công của *O. rigida* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ (A) – *C. muelleri*; (B) – *I. galbana*; (C) – *T. chui.*

I. galbana

Ở tất cả 3 mức mật độ tảo thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công thấp nhất ở 30ºC, lớn hơn ở nhiệt độ 26ºC và cao nhất ở 34ºC (P<0,05), thông số này giảm 3,3% và 9,4% ở nhiệt độ 30ºC so với 26ºC và 34ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 9, Hình 3.48.B). Tỷ lệ nở thành công cao nhất ở nghiệm thức 800 µgC/L, nhỏ hơn ở 1600 µgC/L và thấp nhất ở 160 µgC/L (P<0,05), thông số này giảm 7,6 và 10,5% ở 160 µgC/L so với 1600 µgC/L và 800 µgC/L (phản ánh ảnh hưởng của mật độ tảo; Phụ lục 9, Hình 3.48.B). Tỷ lệ nở thành công thấp hơn ở nghiệm thức nhiệt độ 30ºC và 160 µgC/L so với ở nhiệt độ 26ºC và 34ºC. Nhìn chung, tỷ lệ nở của *O. rigida* chịu tác động của mật độ tảo và nhiệt độ nhưng chưa thấy tương tác giữa hai yếu tố (Phụ lục 9, Hình 3.48.B).

T. chui

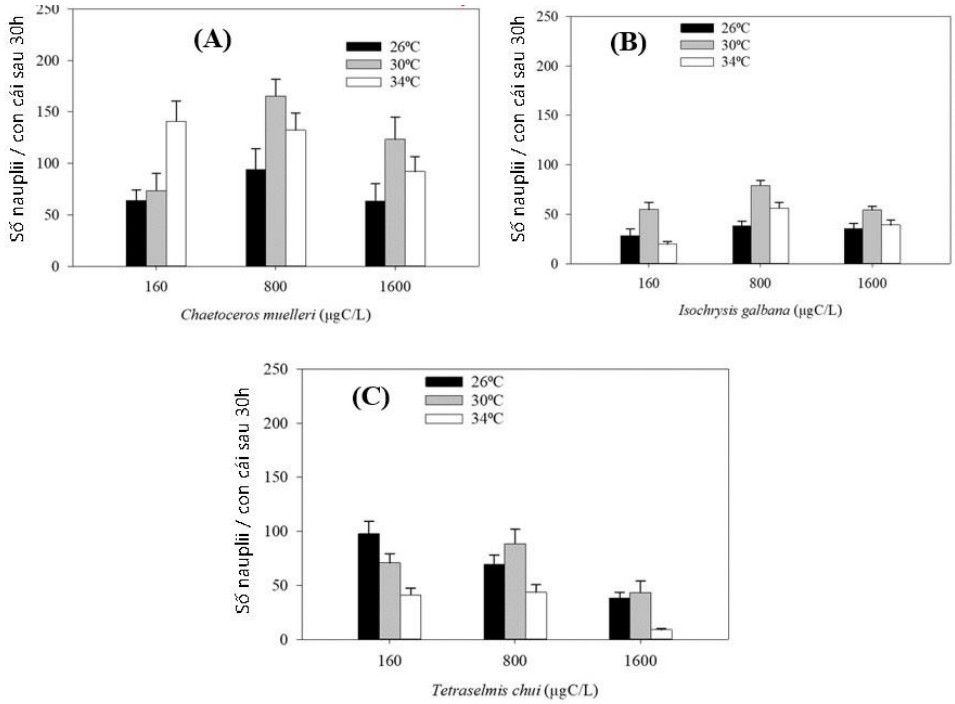
Ở tất cả 3 mức mật độ tảo thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công thấp nhất ở 26ºC, lớn hơn ở nhiệt độ 34ºC và cao nhất ở 30ºC (P<0,05), thông số này giảm 2,4% và 4,1% ở nhiệt độ 26ºC so với 34ºC và 30ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 9, Hình 3.48.C). Tỷ lệ nở thành công cao nhất ở nghiệm thức 1600 µgC/L, nhỏ hơn ở 800 µgC/L

và thấp nhất ở 160 µgC/L (P<0,05), thông số này giảm 2,4 và 4,1% ở 160 µgC/L so với 800 µgC/L và 1600 µgC/L (phản ánh ảnh hưởng của mật độ tảo; Phụ lục 9, Hình 3.48.C). Tỷ lệ nở thành công thấp hơn ở nghiệm thức nhiệt độ 26ºC và 160 µgC/L so với ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC. Nhìn chung, tỷ lệ nở của *O. rigida* chịu tác động của mật độ tảo và nhiệt độ nhưng chưa thấy tương tác giữa hai yếu tố (Phụ lục 9, Hình 3.48.C).

3.4.2.5. Số nauplii/con cái

C. muelleri

Ở cả 3 mức mật độ tảo, khả năng sản xuất nauplius của con cái loài *O. rigida* cao nhất ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC, thấp nhất ở 26ºC (P<0,05). Khả năng sản xuất nauplius của con cái của *O. rigida* thấp hơn ở nhiệt độ thấp. Khả năng sản xuất nauplius của con cái của *O. rigida* thấp nhất ở 26ºC; 73 nauplii/con cái ở 26ºC so với 120 nauplii/con cái ở 30ºC và 121 nauplii/con cái ở 34ºC, thông số này giảm 38% và 39% ở nhiệt độ 26ºC so với nhiệt độ 30ºC và 34ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 9, Hình 3.49.A). Khả năng sản xuất nauplius của con cái của *O. rigida* phụ thuộc vào mật độ tảo. Kết quả cho thấy số nauplius/con cái cao nhất ở nghiệm thức 800 µgC/L, nhỏ hơn ở 1600 µgC/L và nhỏ nhất ở 160 µgC/L, thông số này giảm 28% ở 160 µgC/L so với 800 µgC/L (phản ánh ảnh hưởng của mật độ tảo; Phụ lục 9, Hình 3.49.A). Kết quả cho thấy khả năng sản xuất nauplius của con cái của *O. rigida* khác nhau giữa các nhiệt độ và phụ thuộc vào mật độ tảo (phản ánh tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 9, Hình 3.49.A).



Hình 3.49. Khả năng sản xuất nauplius của *O. rigida* trong thí nghiệm thức ăn và nhiệt độ.

I. galbana

Ở cả 3 mức mật độ tảo, khả năng sản xuất nauplius của con cái loài *O. rigida* cao nhất ở nhiệt độ 30ºC, nhỏ hơn ở nhiệt độ 34ºC, thấp nhất ở 26ºC (P<0,001). Khả năng sản xuất nauplius của con cái của *O. rigida* thấp hơn ở nhiệt độ thấp. Khả năng sản xuất nauplius của con cái của *O. rigida* thấp nhất ở 26ºC; 34 nauplii/con cái ở 26ºC so với 62 nauplii/con cái ở 30ºC và 38 nauplii/con cái ở 34ºC, thông số này giảm 11% và 45% ở nhiệt độ 26ºC so với nhiệt độ 34ºC và 30ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 9, Hình 3.49.B). Khả năng sản xuất nauplius của con cái của *O. rigida* phụ thuộc vào mật độ tảo. Kết quả cho thấy số nauplius/con cái cao nhất ở nghiệm thức 800 µgC/L, nhỏ hơn ở 1600 µgC/L và nhỏ nhất ở 160 µgC/L, thông số này giảm 20% và 40% ở 160 µgC/L so với 1600 µgC/L và 800 µgC/L (phản ánh ảnh hưởng của mật độ tảo; Phụ lục 9, Hình 3.49.B). Kết quả cho thấy khả năng sản xuất nauplius của con cái của *O. rigida* khác nhau giữa các nhiệt độ và mật độ tảo nhưng chưa thấy tương tác giữa hai yếu tố này (Phụ lục 9, Hình 3.49.B).

T. chui

Ở cả 3 mức mật độ tảo, khả năng sản xuất nauplius của con cái loài *O. rigida* cao nhất ở nhiệt độ 26ºC và 30ºC, thấp nhất ở 34ºC (P<0,001). Khả năng sản xuất nauplius của con cái của *O. rigida* thấp hơn ở nhiệt độ cao. Khả năng sản xuất nauplius của con cái của *O. rigida* thấp nhất ở 34ºC; 68 nauplii/con cái ở 26ºC so với 67 nauplii/con cái ở 30ºC và 31 nauplii/con cái ở 34ºC, thông số này giảm 53% và 54% ở nhiệt độ 34ºC so với nhiệt độ 30ºC và 26ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 9, Hình 3.49.C). Khả năng sản xuất nauplius của con cái của *O. rigida* phụ thuộc vào mật độ tảo. Kết quả cho thấy số nauplius/con cái cao nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L và 800 µgC/L, và nhỏ nhất ở 1600 µgC/L, thông số này giảm 55% và 56% ở 1600 µgC/L so với 800 µgC/L và 1600 µgC/L (phản ánh ảnh hưởng của mật độ tảo; Phụ lục 9, Hình 3.49.C). Kết quả cho thấy khả năng sản xuất nauplius của con cái của *O. rigida* khác nhau giữa các nhiệt độ và mật độ tảo nhưng chưa thấy tương tác giữa hai yếu tố này (Phụ lục 9, Hình 3.49.C).

3.4.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ, loài tảo và mật độ đến kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái của loài *P. incisus*

3.4.3.1. Kích thước cơ thể

Kích thước cơ thể của N1 không khác nhau giữa 3 loài tảo, 3 mức mật độ tảo và 3 mức nhiệt độ, không có sự tương tác giữa các yếu tố nhiệt độ, loài tảo và mật độ tảo (Phụ lục 10). Giai đoạn N2, kích thước cơ thể của *P. incisus* khác nhau giữa các loài tảo và nhiệt độ và tỷ lệ khác nhau chưa nhiều. Theo đó, thông số này cao nhất ở loài tảo *Chaetoceros muelleri*, nhỏ hơn ở loài *Tetraselmis chui* và nhỏ nhất ở loài *Isochrysis galbana*. Giai đoạn N3 – N6, kích thước cơ thể khác nhau giữa các loài tảo (P<0,001), lớn nhất ở loài *I. galbana*, nhỏ hơn ở loài *C. muelleri* và nhỏ nhất ở loài *T. chui*, thông số này giảm trong khoảng 2,6 – 5% và 3,2 – 6,4% ở *T. chui* so với *C. muelleri* và *I. galbana*. Kích thước cơ thể giai đoạn N3 – N6 cũng phụ thuộc vào các mức mật độ tảo (P<0,001), cao nhất ở mật độ 800 và 1600 µgC/L, nhỏ nhất ở 160 µgC/L, theo đó giảm trong khoảng 0,3 – 7,2% và 0,3 – 6,5% ở mức mật độ tảo 160 µgC/L so với mật độ tảo 800 và 1600 µgC/L (Phụ lục 10). Giai đoạn N3 - N6 có sự khác nhau về kích thước cơ thể của *P. incisus* ở các nhiệt độ, lớn nhất ở 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và nhỏ nhất ở 34ºC, thông số này giảm trong khoảng 0,6– 5% và 1,4 – 14% ở nhiệt độ 26ºC so với 30ºC và 34ºC (ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 10). Nhìn chung, kích thước cơ thể của *P. incisus* ở giai đoạn N3 – N6 giảm khi nhiệt độ tăng và biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µgC/L ở loài tảo *T. chui*, kích thước của *P. incisus* có xu hướng nhỏ nhất ở nghiệm thức này (phản ánh tương tác giữa 3 yếu tố nhiệt độ, loài tảo và mật độ tảo, Phụ lục 10).

Giai đoạn copepodite, *P. incisus* có kích thước cơ thể khác nhau giữa các loài tảo (P<0,001), lớn nhất ở loài *I. galbana*, nhỏ hơn ở loài *C. muelleri* và nhỏ nhất ở loài *T. chui*, thông số này giảm trong khoảng 3,7 – 5,9% và 4,3 – 6,7% ở *T. chui* so với *C. muelleri* và *I. galbana* (ảnh hưởng chính của loài tảo). Tỷ lệ khác biệt giữa các loài tảo giảm từ C1 đến C5. Kích thước cơ thể giai đoạn copepodite cũng phụ thuộc vào các mức mật độ tảo (P<0,001), cao nhất ở mật độ 800, nhỏ hơn ở mật độ1600 µgC/L và nhỏ nhất ở 160 µgC/L, theo đó giảm trong khoảng 3,3 – 5% và 2,7 – 4,5% ở mức mật độ tảo 160 µgC/L so với mật độ tảo 1600 µgC/L và 800 µgC/L (ảnh hưởng chính của mật độ tảo, Phụ lục 10). Giai đoạn copepodite, *P. incisus* có kích thước cơ thể giảm khi nhiệt độ tăng từ 26ºC đến 34ºC, thông số này giảm trong khoảng 4 – 8% và 7 – 13% ở nhiệt độ 34ºC so với nhiệt độ 30ºC và 26ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 10). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước cơ thể giai đoạn copepodite của *P. incisus* mạnh nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µgC/L ở loài tảo *T. chui*. Theo đó, *P. incisus* có kích thước cơ thể nhỏ nhất ở nghiệm thức 34ºC và 160 µgC/L ở loài tảo *T. chui* (tương tác giữa nhiệt độ, mật độ tảo và loài tảo, Phụ lục 10).

Kích thước ở giai đoạn trưởng thành của *P. incisus* được quan sát. *P. incisus* có kích thước cơ thể khác nhau giữa các loài tảo (P<0,001), lớn nhất ở loài *I. galbana*, nhỏ hơn ở loài *C. muelleri* và nhỏ nhất ở loài *T. chui*, thông số này giảm trong khoảng 2,8 – 3,4% và 2,4 – 3,3% ở *T. chui* so với *C. muelleri* và *I. galbana* (ảnh hưởng chính của loài tảo, Phụ lục 10). Con đực và cái có kích thước cơ thể lớn nhất ở nhiệt độ 26°C, nhỏ hơn ở 30°C và nhỏ nhất ở 34°C. Kích thước cơ thể ở giai đoạn trưởng thành giảm khoảng 4,4 - 8% ở con đực và 5,6 – 8,6% ở con cái ở nhiệt độ 34°C so với nhiệt độ 30°C và 26°C (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 10). Kích thước cơ thể con đực và con cái của *P. incisus* khác nhau ở các mức mật độ tảo, lớn nhất ở nghiệm thức 800, nhỏ hơn ở mật độ1600 µgC/L nhỏ nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L, thông số này giảm 4,9 – 5,1% và 4,5 – 4,8% ở 160 µgC/L của con đực và con cái so với 1600 µgC/L và 800 µgC/L (ảnh hưởng chính của mật độ tảo, Phụ lục 10). Nhiệt độ đã tác động làm giảm kích thước cơ thể của cả con đực và con cái loài *P. incisus*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L và 34°C ở loài tảo *T. chui*, kết quả cho thấy kích thước cơ thể nhỏ nhất ở điều kiện này (tương tác giữa loài tảo, nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 10).

3.4.3.2. Sức sinh sản

Sức sinh sản của *P. incisus* khác nhau giữa 3 loài tảo (P < 0,001), thông số này lớn nhất ở tảo *T. chui*, nhỏ hơn với loài *I. galbana* và nhỏ nhất ở loài *C. muelleri*, kết quả ghi nhận giảm 0,9% và 8,5% ở loài *C. muelleri* so với *I. galbana* và *T. chui* (ảnh hưởng chính của loài tảo, Phụ lục 10). Nghiệm thức 26°C và 1600 µgC/L cho sức sinh sản của *P. incisus* lớn nhất, thông số này giảm 34 và 38% ở nghiệm thức 160 µgC/L so với 800 µgC/L và 1600 µgC/L (ảnh hưởng của mật độ tảo, Phụ lục 10). Sức sinh sản của *P. incisus* lớn nhất ở 26°C, nhỏ hơn ở 30°C và thấp nhất ở 34°C, thông số này giảm khoảng 5,6% và 30% ở 34°C so với nhiệt độ 30°C và 26°C (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 10). Sức sinh sản của *P. incisus* chịu sự tương tác giữa ba yếu tố nhiệt độ, loài tảo và mật độ tảo (P <0,001). Nhiệt độ đã tác động làm giảm sức sinh sản của *P. incisus*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L và 34°C, kết quả cho thấy số trứng/con cái là 11 ở 160 µgC/L, 18 trứng/con cái ở 800 µgC/L so với 19 trứng/con cái ở 1600 µgC/L (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 10).

3.4.3.3. Tỷ lệ nở thành công

Tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* cao nhất ở loài tảo *C. muelleri* , thấp hơn ở tảo *I. galbana* và thấp nhất với tảo *T. chui*, thông số này giảm 20% và 21% ở loài *T. chui* so với loài *I. galbana* và *C. muelleri* (ảnh hưởng chính của loài tảo, Phụ lục 10). Ở tất

cả 3 mức mật độ tảo thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công thấp nhất ở 26ºC, lớn hơn ở nhiệt độ 34ºC và cao nhất ở 30ºC (P<0,001), thông số này giảm 11,5% và 13,4% ở nhiệt độ 26ºC so với 34ºC và 30ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 10). Tỷ lệ nở thành công cao nhất ở nghiệm thức 800 µgC/L, nhỏ hơn ở 160 µgC/L và thấp nhất ở 1600 µgC/L (P<0,001), thông số này giảm 1,2 và 8,3% ở 1600 µgC/L so với 160 µgC/L và 800 µgC/L (phản ánh ảnh hưởng của mật độ tảo; Phụ lục 10). Tỷ lệ nở thành công thấp hơn ở nghiệm thức nhiệt độ 26ºC và 1600 µgC/L so với ở nhiệt độ 30ºC và 34ºC. Nhìn chung, tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* chịu tác động của loài tảo và phụ thuộc vào mật độ tảo và nhiệt độ (Phụ lục 10).

3.4.3.4. Khả năng sản xuất nauplius của con cái

Khả năng sản xuất nauplius của *P. incisus* cao nhất ở loài tảo *T. chui*, thấp hơn ở tảo *C. muelleri* và thấp nhất với tảo *I. galbana*, thông số này giảm 23% và 23,3% ở loài *I. galbana* so với loài *C. muelleri* và *T. chui* (ảnh hưởng chính của loài tảo, Phụ lục 10). Ở tất cả 3 mức mật độ tảo thí nghiệm, khả năng sản xuất nauplius của con cái thấp nhất ở 34ºC, lớn hơn ở nhiệt độ 26ºC và cao nhất ở 30ºC (P<0,001), thông số này giảm 33% và 37% ở nhiệt độ 34ºC so với 26ºC và 30ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 10). Khả năng sản xuất nauplius của con cái cao nhất ở nghiệm thức 800 µgC/L, nhỏ hơn ở 1600 µgC/L và thấp nhất ở 160 µgC/L (P<0,001), thông số này giảm 23 và 37% ở 160 µgC/L so với 1600 µgC/L và 800 µgC/L (phản ánh ảnh hưởng của mật độ tảo; Phụ lục 10). Khả năng sản xuất nauplius của con cái thấp hơn ở nghiệm thức nhiệt độ 34ºC và 1600 µgC/L so với ở nhiệt độ 30ºC và 26ºC. Nhìn chung, khả năng sản xuất nauplius của con cái của *P. incisus* chịu tác động của loài tảo và phụ thuộc vào mật độ tảo và nhiệt độ (Phụ lục 10).

3.4.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ, loài tảo và mật độ đến kích thước cơ thể của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái của loài *O. rigida*

3.4.4.1. Kích thước cơ thể

Kích thước cơ thể của N1 – N3 không khác nhau giữa 3 loài tảo, 3 mức mật độ tảo và 3 mức nhiệt độ, không có sự tương tác giữa các yếu tố nhiệt độ, loài tảo và mật độ tảo (Phụ lục 11). Giai đoạn N4 – N5, kích thước cơ thể khác nhau giữa các loài tảo và mật độ tảo (P<0,001), lớn nhất ở loài *I. galbana*, nhỏ hơn ở loài *C. muelleri* và nhỏ nhất ở loài *T. chui*. Kích thước cơ thể giai đoạn N4 – N5 nhỏ nhất ở mật độ 160 µgC/L

và cao hơn ở mật độ 800 và 1600 µgC/L. Kích thước cơ thể giai đoạn N6 cũng phụ thuộc vào loài tảo, cho kết quả cao nhất với loài tảo *C. muelleri,* nhỏ hơn với loài *I. galbana* và nhỏ nhất với loài *T. chui*. Giai đoạn N6, kích thước cơ thể khác nhau ở các mức mật độ tảo (P<0,001), cao nhất ở mật độ 800 và 1600 µgC/L, nhỏ nhất ở 160 µgC/L, theo đó giảm trong khoảng 2,4 và 3,4% ở mức mật độ tảo 160 µgC/L so với mật độ tảo 1600 µgC/L và 800 µgC/L (Phụ lục 11). Giai đoạn N6 có sự khác nhau về kích thước cơ thể của *O. rigida* ở các nhiệt độ, lớn nhất ở 34°C, nhỏ hơn ở 30°C và nhỏ nhất ở 26°C, thông số này giảm dưới 1% ở nhiệt độ 34°C so với 26°C và 34°C (ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 11). Nhìn chung, kích thước cơ thể của *O. rigida* ở giai đoạn N6 biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 34°C và ở loài tảo *C. muelleri*, kích thước của *O. rigida* có xu hướng lớn nhất ở nghiệm thức này (phản ánh tương tác giữa 2 yếu tố nhiệt độ và loài tảo, Phụ lục 11).

Giai đoạn copepodite, *O. rigida* có kích thước cơ thể khác nhau giữa các loài tảo (P<0,001), lớn nhất ở loài *C. muelleri*, nhỏ hơn ở loài *I. galbana* và nhỏ nhất ở loài *T. chui*, thông số này giảm trong khoảng 2,8 – 4,6% và 6,8 – 14% ở *T. chui* so với *I. galbana* và *C. muelleri* (ảnh hưởng chính của loài tảo). Kích thước cơ thể giai đoạn copepodite cũng phụ thuộc vào các mức mật độ tảo (P<0,001), cao nhất ở mật độ 1600 µgC/L, nhỏ hơn ở mật độ 800 µgC/L và nhỏ nhất ở 160 µgC/L, theo đó giảm trong khoảng 3,7 – 4,2% và 4,1 – 4,6% ở mức mật độ tảo 160 µgC/L so với mật độ tảo 800 µgC/L và 1600 µgC/L (ảnh hưởng chính của mật độ tảo, Phụ lục 11). Giai đoạn copepodite, *O. rigida* có kích thước cơ thể giảm khi nhiệt độ tăng từ 30°C đến 34°C và 26°C, thông số này giảm trong khoảng 0,4 – 1,7% và 2,8 – 7% ở nhiệt độ 34°C so với nhiệt độ 26°C và 30°C (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 11). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước cơ thể giai đoạn copepodite của *O. rigida* mạnh nhất ở nghiệm thức 34°C và 160 µgC/L ở loài tảo *T. chui*. Theo đó, *O. rigida* có kích thước cơ thể nhỏ nhất ở nghiệm thức 34°C và 160 µgC/L ở loài tảo *T. chui* (tương tác giữa nhiệt độ, mật độ tảo và loài tảo, Phụ lục 11).

Kích thước ở giai đoạn trưởng thành của *O. rigida* được quan sát. *O. rigida* có kích thước cơ thể khác nhau giữa các loài tảo (P<0,001), lớn nhất ở loài *C. muelleri*, nhỏ hơn ở loài *I. galbana* và nhỏ nhất ở loài *T. chui*, thông số này giảm trong khoảng 0,4 – 2,8% và 2,6 – 4,5% ở *T. chui* so với *I. galbana* và *C. muelleri* (ảnh hưởng chính của loài tảo, Phụ lục 11). Con đực và cái có kích thước cơ thể lớn nhất ở nhiệt độ 30°C, nhỏ hơn ở 26°C và nhỏ nhất ở 34°C. Kích thước cơ thể ở giai đoạn trưởng thành giảm khoảng 0,5 – 2,4% ở con đực và 0,2 – 3,1% ở con cái ở nhiệt độ 34°C so với nhiệt độ 26°C và

30ºC (ảnh hưởng chính của nhiệt độ, Phụ lục 11). Kích thước cơ thể con đực và con cái của *O. rigida* khác nhau ở các mức mật độ tảo, lớn nhất ở nghiệm thức 800, nhỏ hơn ở mật độ1600 µgC/L và nhỏ nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L, thông số này giảm 3,5% và 3,6% ở 160 µgC/L của con đực và con cái so với 1600 µgC/L và 800 µgC/L (ảnh hưởng chính của mật độ tảo, Phụ lục 11). Nhiệt độ đã tác động làm giảm kích thước cơ thể của cả con đực và con cái loài *O. rigida*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L và 34ºC ở loài tảo *T. chui*, kết quả cho thấy kích thước cơ thể nhỏ nhất ở điều kiện này (tương tác giữa loài tảo, nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 11).

3.4.4.2. Sức sinh sản

Sức sinh sản của *O. rigida* khác nhau giữa 3 loài tảo (P < 0,001), thông số này lớn nhất ở tảo *T. chui*, nhỏ hơn với loài *C. muelleri* và nhỏ nhất ở loài *I. galbana*, kết quả ghi nhận giảm 9% và 11% ở loài *I. galbana* so với *C. muelleri* và *T. chui* (ảnh hưởng chính của loài tảo, Phụ lục 11). Nghiệm thức 26ºC và 1600 µgC/L cho sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất, thông số này giảm 23 và 30% ở nghiệm thức 160 µgC/L so với 800 µgC/L và 1600 µgC/L (ảnh hưởng của mật độ tảo, Phụ lục 11). Sức sinh sản của *O. rigida* lớn nhất ở 26ºC, nhỏ hơn ở 30ºC và thấp nhất ở 34ºC, thông số này giảm khoảng 17% và 30% ở 34ºC so với nhiệt độ 30ºC và 26ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ, Phụ lục 11). Sức sinh sản của *O. rigida* chịu sự tương tác giữa ba yếu tố nhiệt độ, loài tảo và mật độ tảo (P <0,001). Nhiệt độ đã tác động làm giảm sức sinh sản của *O. rigida*, biểu hiện mạnh nhất ở nghiệm thức 160 µgC/L và 34ºC, kết quả cho thấy số trứng/con cái là 13 ở 160 µgC/L, 17 trứng/con cái ở 800 µgC/L so với 19 trứng/con cái ở 1600 µgC/L (tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo, Phụ lục 11).

3.4.4.3. Tỷ lệ nở thành công

Tỷ lệ nở thành công của *O. rigida* cao nhất ở loài tảo *C. muelleri*, thấp hơn ở tảo *T. chui* và thấp nhất với tảo *I. galbana*, thông số này giảm 5,2% và 6,2% ở loài *I. galbana* so với loài *T. chui* và *C. muelleri* (ảnh hưởng chính của loài tảo, Phụ lục 11). Ở tất cả 3 mức mật độ tảo thí nghiệm, tỷ lệ nở thành công thấp nhất ở 26ºC, lớn hơn ở nhiệt độ 30ºC và cao nhất ở 34ºC (P<0,001), thông số này giảm 1,9% và 4% ở nhiệt độ 26ºC so với 30ºC và 34ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 11). Tỷ lệ nở thành công cao nhất ở nghiệm thức 800 µgC/L, nhỏ hơn ở 1600 µgC/L và thấp nhất ở 160 µgC/L (P<0,001), thông số này giảm 5,2 và 6,2% ở 160 µgC/L so với 1600 µgC/L và 800 µgC/L (phản ánh ảnh hưởng của mật độ tảo; Phụ lục 11). Tỷ lệ nở thành công thấp hơn

ở nghiệm thức nhiệt độ 26ºC và loài tảo *I. galbana*. Nhìn chung, tỷ lệ nở thành công của *O. rigida* chịu tác động của loài tảo và phụ thuộc vào nhiệt độ (Phụ lục 11).

3.4.4.4. Khả năng sản xuất nauplius của con cái

Khả năng sản xuất nauplius của *O. rigida* cao nhất ở loài tảo *C. muelleri*, thấp hơn ở tảo *T. chui* và thấp nhất với tảo *I. galbana*, thông số này giảm 19% và 57% ở loài *I. galbana* so với loài *T. chui* và *C. muelleri* (ảnh hưởng chính của loài tảo, Phụ lục 11). Ở tất cả 3 mức mật độ tảo thí nghiệm, khả năng sản xuất nauplius của con cái thấp nhất ở 26ºC, lớn hơn ở nhiệt độ 34ºC và cao nhất ở 30ºC (P<0,001), thông số này giảm 7% và 29% ở nhiệt độ 26ºC so với 34ºC và 30ºC (phản ánh ảnh hưởng của nhiệt độ; Phụ lục 11). Khả năng sản xuất nauplius của con cái cao nhất ở nghiệm thức 800 µgC/L, nhỏ hơn ở 160 µgC/L và thấp nhất ở 1600 µgC/L (P<0,001), thông số này giảm 15 và 35% ở 1600 µgC/L so với 160 µgC/L và 800 µgC/L (phản ánh ảnh hưởng của mật độ tảo; Phụ lục 11). Khả năng sản xuất nauplius của con cái thấp hơn ở nghiệm thức nhiệt độ 34ºC và 1600 µgC/L so với ở nhiệt độ 30ºC và 26ºC. Nhìn chung, khả năng sản xuất nauplius của con cái của *O. rigida* chịu tác động của loài tảo và phụ thuộc vào mật độ tảo và nhiệt độ (Phụ lục 11).

3.4.5. Thảo luận

Nghiên cứu về *Oithona* spp. ở vùng biển nhiệt đới rất ít, chủ yếu tập trung vào thành phần loài và mức độ phong phú của chúng (Chew và Chong, 2011). Theo tìm hiểu của chúng tôi, chỉ có Klumpp (1998), Calbet và ctv. (2000), McKinnon và Zamora-Terol và ctv. (2014) nghiên cứu về thức ăn của *Oithona* ở vùng biển cận nhiệt đới và nhiệt đới. Nghiên cứu về loài *P. incisus* cũng rất hiếm. Nghiên cứu này khảo sát về ảnh hưởng của 3 loài tảo (được sử dụng làm thức ăn phổ biến trong các trại sản xuất giống thủy sản tại Việt Nam), mật độ tảo và nhiệt độ đến sinh trưởng và sinh sản của hai loài Copepoda nhiệt đới *P. incisus* và *O. rigida*. Phần thảo luận tập trung vào tác động của từng yếu tố và sự tương tác giữa chúng trên *P. incisus* và *O. rigida*.

Doan và ctv. (2018) cho biết mật độ tảo phù hợp với *P. annandalei* trong khoảng 400 – 3.200 µgC/L. Tương đồng với nghiên cứu của Doan và ctv. (2018), kết quả nghiên cứu này cũng cho thấy kích thước giai đoạn nauplius, copepodite và trưởng thành của cả *P. incisus* và *O. rigida* đều lớn hơn ở mật độ 800 và 1600 µgC/L, với cả ba loài tảo *C. muelleri*, *T. chui* và *I. galbana*. Thức ăn có vai trò rất quan trọng với tăng trưởng của động vật. Hiệu quả của thức ăn phụ thuộc vào khả năng tiêu hóa, thành phần dinh dưỡng

và năng lượng của chúng (Lee và ctv., 2006). Kết quả tăng trưởng kích thước của *P. incisus* và *O. rigida* của nghiên cứu phản ánh tác động của lượng thức ăn thông qua mật độ tảo, ở mật độ 160 µgC/L không đáp ứng nhu cầu năng lượng và vật chất của *P. incisus* và *O. rigida* nên cho kết quả thấp nhất.

Thời gian phát triển các giai đoạn của hai loài coepepoad *P. incisus* và *O. rigida* nhanh hơn ở loài tảo *I. galbana* và ở mật độ 800 và 1600 µgC/L. Thông số này cũng bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ, nhanh hơn ở nhiệt độ 30 và 34°C so với 26°C. Kết quả này đã phản ánh Copepoda cần đủ năng lượng và vật chất để tích lũy và chuyển hóa.

Sức sinh sản của *P. incisus* và *O. rigida* trong nghiên cứu này đều cho kết quả cao nhất ở mật độ tảo 1600 µgC/L ở cả ba loài tảo (trừ trường hợp tảo *T. chui* trên loài *O. rigida* lở mức 800 µgC/L). Kết quả này tương đồng với nghiên cứu về thức ăn trên loài *Apocyclops royi* (Nguyễn Thị Thủy và ctv., 2021). Kết quả này phản ánh việc đáp ứng đủ lượng về các thành phần dinh dưỡng để tạo trứng ở Copepoda (Lee và ctv., 1999). Sức sinh sản của O. *similis* ảnh hưởng của mật độ thức ăn vào mùa hè và nhiệt độ thấp trong mùa đông. O. *similis* có sức sinh sản tăng lên 2,5 lần khi mật độ thức ăn ở mức bão hòa (Sabatini và Kiørboe, 1994). Con cái loài O. *similis* không đẻ trứng ở mật độ thức ăn thấp, 80% con cái đẻ trứng ở các mật độ thức ăn cao (Sabatini và Kiørboe, 1994).

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 µgC/L ở cả ba loài tảo (trừ trường hợp tảo *T. chui* trên loài *O. rigida* ở mức 1600 µgC/L). Kết quả này là do phản ứng sinh lý của *P. incisus* và *O. rigida* và tương tự như loài *A. royi* (Nguyễn Thị Thủy và ctv., 2021). Ảnh hưởng của mật độ tảo đến tỷ lệ nở của Copepoda đã được báo cáo ở các nghiên cứu trên loài *Calanus helgolandicus* giảm và gần như không nở vào ngày thứ 9 khi ăn tảo *Skeletonema costatum* với mật độ 105 tế bào/ml trong 15 ngày (Ianora và ctv., 2003); Dutz và ctv. (2008) cũng báo cáo tỷ lệ nở ở loài *Temora longicornis* giảm còn 30% khi ăn tảo *S. costatum* với mật độ > 0,5 µg C/L.

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 µgC/L ở cả ba loài tảo (trừ trường hợp tảo *I. galbana* trên loài *P. incisus* ở mức 1600 µgC/L). Kết quả này có thể là do mật độ 800 µgC/L cung cấp đủ và cân đối các thành phần giúp đảm bảo chất lượng của trứng copeppoda. Điều này phù hợp với hai thông số liên quan quan trọng là sức sinh sản và tỷ lệ nở thành công đều cao nhất ở mật độ này.

Thông số về kích thước các giai đoạn và sưc sinh sản của loài *P. incisus* và *O. rigida* trong nghiên cứu này đều cho kết quả cao nhất ở nhiệt độ 26ºC, thấp nhất ở 34ºC. Kết quả phản ánh nguyên lý về tác động của nhiệt độ đến trao đổi chất và thời gian cho tăng trưởng của cơ thể động vật. Nhu cầu năng lượng hàng ngày của *Oithona spp.* phụ thuộc vào nhiệt độ, khoảng 18 – 26% lượng các bon trong cơ thể mỗi ngày ở nhiệt độ 26 – 28ºC (Atienza và ctv., 2006), 32% ở nhiệt độ 25ºC (Castellani và ctv., 2005). Tỷ lệ nở thành công lại có kết quả cao hơn ở nhiệt độ cao (30 và 34ºC) ở cả hai loài *P. incisus* và *O. rigida*. Điều này phản ánh đúng thực tế *P. incisus* và *O. rigida* phân bố vùng nhiệt đới, đặc biệt vùng nước nông ven biển. Khả năng sản xuất nauplius cả vòng đời của con cái hai loài Copepoda nhiệt đới *P. incisus* và *O. rigida* có xu hướng khác nhau ở các loài tảo làm thức ăn. Với loài *P. incisus*, thông số này cao hơn ở nhiệt độ thấp (26ºC) 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 34ºC) và nhiệt độ thấp (26ºC) với tảo *T. chui*. Kết quả này có thể là do thành phần dinh dưỡng của tảo và phản ứng sinh lý của cơ thể Copepoda. Nhìn chung, hầu hết các thông số đều phản ánh sự tương tác giữa nhiệt độ và mật độ tảo. Sức sinh sản của cả 2 loài Copepoda đều cao nhất ở nghiệm thức 26ºC và mật độ tảo 1600 µgC/L.

Milione và Zeng (2007) cho biết sinh trưởng và sinh sản của *Acartia sinjiensis* tốt nhất khi được ăn tảo *T. chui* và *Isochrysis* sp. Kết quả nghiên cứu của chúng tôi cũng cho thấy tăng trưởng kích thước các giai đoạn của *P. incisus* và *O. rigida* cao nhất khi ăn tảo *I. galbana*, tương tự với loài Copepoda *A. royi* (Pan và ctv., 2018) và *Apocyclops dengizicus* (Farhadian và ctv., 2008). Kết quả này là do thành phần và tỷ lệ các chất dinh dưỡng khác nhau ở các loài tảo. Tảo *I. galbana* có đặc điểm vượt trội so với tảo *T. chui* và C. *muelleri* là hàm lượng lipid cao (11 – 48,3% vật chất khô), DHA cao (6,4 – 25,9% tổng acid béo) (trích theo Milione và Zeng, 2007). Hơn nữa, các loài *Oithona* spp. thích con mồi di chuyển hơn là không di chuyển (Henriksen và ctv., 2007).

Sức sinh sản của *P. incisus* và *O. rigida* cho kết quả tốt nhất khi được ăn tảo *T. chui*. Kết quả được giải thích do thành phần và hàm lượng acid béo phù hợp cho việc tạo trứng của Copepoda. Các loài tảo thuộc *Tetraselmis* có thành phần acid cao (5 – 10% vật chất khô). *T. chui* có hàm lượng PUFA lên đến 70% hàm lượng acid béo (Moser và ctv., 2022). Tỷ lệ nở của *P. incisus* và *O. rigida* cho kết quả tốt nhất khi được ăn tảo *C. muelleri*. Một số nghiên cứu cho biết loài vi tảo có thành phần và tỷ lệ các acid béo không no họ ω3 và ω6 thấp làm giảm tỷ lệ nở của trứng Copepoda (Shin và ctv., 2003;

Müller-Navarra và ctv., 2000), ví dụ với loài *Apocyclops borneoensis* (Wang và ctv., 2017). 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*. Chilmawati và Suminto (2016) cũng cho thấy hiệu quả cao nhất cả về tăng trưởng và sức sinh sản ở *Oithona spp.* khi ăn tảo *Chaetoceros calcitrans*. Kết quả cho thấy loài *Paracyclopina nana* sinh sản hiệu quả cao nhất khi ăn tảo *Chaetoceros muelleri* (Lee và ctv., 2006). Hiệu quả sinh sản của Copepoda khác nhau khi được ăn các loài tảo khác nhau (Farhadian và ctv., 2008; Pan và ctv., 2018).

Nghiên cứu 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 µgC/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.

3.5. Tổng kết các thí nghiệm

Phần này thảo luận những kết quả quan trọng của nghiên cứu và so về sinh trưởng, sinh sản giữa hai loài Copepoda *P. incisus* và *O. rigida* của các thí nghiệm.

3.5.1. Thí nghiệm 1 (Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn)

Hai loài Copepoda *P. incisus* và *O. rigida* có những biểu hiện tương đồng về tăng trưởng (biểu hiện qua kích thước và sinh khối ở con trưởng thành) trong thí nghiệm tác động của nhiệt độ và độ mặn. Theo đó, kích thước (µm) và sinh khối (µgC/cá thể) con đực và cái đều lớn nhất ở nhiệt độ 26°C (Phụ lục 1, 2, 3, 12). Về tác động của độ mặn, *P. incisus* cho sinh khối (µgC/cá thể) lớn nhất ở điều kiện 15 – 20 ppt và có sự khác biệt về mặt thống kê ($P < 0,05$) so với các mức độ mặn còn lại. Loài *O. rigida* thì khác, chúng có kích thước lớn nhất ở độ mặn 25 – 30 ppt. Nghiệm thức cho kết quả về kích thước tốt nhất với loài *P. incisus* và *O. rigida* lần lượt là 26°C và 15, 20 ppt; 26°C và 25, 30 ppt (Phụ lục 1, 2, 3, 12). Như vậy, kết quả đã phản ánh đúng thực tế rằng hai loài Copepoda cùng phân bố ở các ao nuôi tôm ven biển ở Cam Ranh, Khánh Hòa nhưng tỷ lệ thành phần cá thể của hai loài khác nhau, *P. incisus* xuất hiện nhiều vào các tháng 5 – 10 trong khi *O. rigida* phong phú hơn trong các tháng 11 – 4.

Sức sinh sản của *P. incisus*, *O. rigida* cao nhất ở nhiệt độ tương ứng là 26ºC và 30ºC. Nghiệm thức cho thông số này ở hai loài cao nhất lần lượt là 26ºC và 10, 15, 20 ppt; 30ºC và 35ppt, 26ºC và 30 ppt (Phụ lục 1, 2, 3, 12). Kết quả này cho thấy có thể có mối liên hệ giữa sự tích lũy và phát triển tốt của Copepoda với khả năng sinh trứng.

Tỷ lệ nở thành công của *P. incisus*, *O. rigida* cao nhất ở nhiệt độ tương ứng là 34ºC và 26; 30ºC. Nghiệm thức có tỷ lệ nở thành công cao nhất ở *P. incisus* là 26, 30ºC và 10, 15, 20 ppt; ở *O. rigida* là nghiệm thức 26ºC và 25, 35ppt, 26, 30ºC và 30 ppt. (Phụ lục 1, 2, 3, 12). Kết quả phản ánh phù hợp với quy luật tác động của nhiệt độ đến quá trình phát triển phôi của trứng, qua đó ở nhiệt độ thích hợp quá trình phát triển phôi diễn ra thuận lợi, thời gian phát triển phôi hợp lý nên hạn chế rủi ro hơn khi ở nhiệt độ không thích hợp.

Số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus*, *O. rigida* cao nhất đều ở nhiệt độ 26ºC. Nghiệm thức cho thông số này ở hai loài cao nhất lần lượt là 26ºC và 20 ppt; 26ºC và 35ppt, 30ºC và 30 ppt (Phụ lục 1, 2, 3, 12). Kết quả đã phản ánh đúng mối quan hệ giữa sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công của thí nghiệm, dù tỷ lệ nở thành công của cả hai loài cao hơn ở nhiệt độ cao nhưng sức sinh sản thì lại cao nhất ở 26ºC, vậy nên tổng thể thì số nauplii/con cái sau 30h vẫn cao hơn ở 26ºC so với hai nhiệt độ 30 và 34ºC.

3.5.2. Thí nghiệm 2 (Ảnh hưởng của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng)

Hai loài Copepoda *P. incisus* và *O. rigida* có những biểu hiện tương đồng về tăng trưởng (biểu hiện qua kích thước con trưởng thành) trong thí nghiệm tác động của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng. Theo đó, kích thước (µm) con đực và cái đều lớn nhất ở nhiệt độ 26ºC. Về tác động của chế độ chiếu sáng, *P. incisus* cho kích thước lớn nhất ở điều kiện 12L:12D; 18L:6D và có sự khác biệt về mặt thống kê ($P < 0,05$) so với các mức độ mặn còn lại (Phụ lục 4, 13). Loài *O. rigida* cũng có kích thước lớn nhất ở chế độ chiếu sáng 12L:12D. Nghiệm thức cho kết quả về kích thước tốt nhất ở cả hai loài là 26ºC và 12L:12D (Phụ lục 5, 13). Như vậy, kết quả đã phản ánh đúng thực tế rằng hai loài Copepoda phân bố ở vùng ven biển Cam Ranh, bởi chế độ chiếu sáng thực tế ở đây là 12L : 12D.

Sức sinh sản của *P. incisus* cao nhất ở nghiệm thức 26ºC và chế độ chiếu sáng 12L:12D. Nghiệm thức cho kết quả tốt nhất về thông số này với *O. rigida* là 30ºC và 18L:6D; 24L:0D (Phụ lục 4, 5, 13). Kết quả cho thấy *O. rigida* có thể ưa sáng hơn *P. incisus*, cũng phản ánh sự phong phú có biểu hiện tính mùa vụ.

Tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* cao nhất ở nghiệm thức 26ºC và chế độ chiếu sáng 0L:24D; 12L:12D; 30ºC và 12L:12D; 34ºC và 12L:12D. Nghiệm thức cho kết quả tốt nhất về thông số này với *O. rigida* là 30ºC và 24L:0D (Phụ lục 4, 5, 13). Kết quả cho thấy có sự tương tác giữa nhiệt độ và chế độ chiếu sáng (Phụ lục 4, 5) dẫn đến sự tác động đến quá trình phát triển phôi của trứng.

Số nauplii/con cái sau 30h của *P. incisus* cao nhất ở nghiệm thức 26ºC và chế độ chiếu sáng 18L:6D. Nghiệm thức cho kết quả tốt nhất về thông số này với *O. rigida* là 30ºC và 18L:6D; 26ºC và 0L:24D (Phụ lục 4, 5, 13). Kết quả cho thấy số nauplii/con cái sau 30h là sự tác động tổng hợp và tương tác giữa nhiệt độ và chế độ chiếu sáng.

3.5.3. Thí nghiệm 3 (Ảnh hưởng của nhiệt độ và tia cực tím)

Kết quả cho thấy *O. rigida* nhạy cảm với tia cực tím hơn so với *P. incisus*, cụ thể các thông số về kích thước con đực và cái; sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công của *P. incisus* cho kết quả tốt cả ở nghiệm thức UVA và không khác với đối chứng UV0 đặc biệt thông số số nauplii/con cái sau 30h không có sự khác nhau về thống kê giữa nghiệm thức UVA, UVB so với đối chứng (Phụ lục 6, 14). Mặt khác, sức sinh sản và số nauplii/con cái sau 30h lớn nhất ở nghiệm thức đối chứng và có sự thấp hơn ở nghiệm thức UVA, UVB ($P < 0,05$) với loài *O. rigida*. (Phụ lục 7, 14).

Kích thước cơ thể của con đực và cái của hai loài *P. incisus* và *O. rigida* đều có kết quả lớn nhất ở nghiệm thức 26ºC và UV0, UVA. Ba thông số về sinh sản của *P. incisus* đều không có sự tương tác giữa nhiệt độ và tia cực tím (Phụ lục 6). Với *O. rigida*, nghiệm thức 26ºC và UV0 có sức sinh sản lớn nhất; tỷ lệ nở thấp nhất ở nghiệm thức 34ºC và UVB, các nghiệm thức còn lại không khác nhau; số nauplii/con cái sau 30h cho kết quả tốt nhất ở nghiệm thức 26ºC và UV0, UVA (Phụ lục 7, 14).

3.5.4. Thí nghiệm 4 (Ảnh hưởng của nhiệt độ và thức ăn)

Kết quả cho thấy cả hai loài *P. incisus* và *O. rigida* đều cho kích thước cơ thể lớn nhất ở nghiệm thức nhiệt độ 26ºC, chế độ ăn là tảo *I. galbana* ở mật độ 800, 1.600 µgC/L. Về các thông số sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và số nauplii/con cái của *O. rigida* cho kết quả tốt hơn ở chế độ ăn tảo *T. chui* và *C. muelleri* với mật độ 800, 1.600 µgC/L. Trong khi loài *P. incisus* biểu biện về đặc điểm này không rõ bằng *O. rigida* nhưng số nauplii/con cái vẫn cao hơn ở nghệm thức tảo *C. muelleri* ở mật độ 1.600 µgC/L (Phụ lục 8, 9, 10, 11, 15). Kết quả cho thấy có sự khác nhau ở các nghiệm thức

về loài tảo đến sinh trưởng và sinh sản của *P. incisus* và *O. rigida.* Sự khác nhau này có thể do thành phần sinh hóa của ba loài tảo khác nha và chính đặc điểm này đã đáp ứng nhu cầu về dinh dưỡng ở các giai đoạn phát triển khác nhau của *P. incisus* và *O. rigida*.

Bảng 3.1. Bảng tóm tắt kết quả nghiên cứu chính của đề tài về ảnh hưởng của nhiệt độ, độ mặn, chu kì chiếu sáng, tia cực tím, thức ăn và điều kiện tối ưu cho từng thông số sinh trưởng, sinh sản của *P. incisus* và *O. rigida*

Yếu tố	**Điều kiện tối ưu của các yếu tố thí nghiệm với sinh trưởng và sinh sản của Copepoda**							**Thí nghiệm**
	Thời gian phát triển	**Kích thước (N,C)**	**Kích thước con trưởng thành (M, F)**	**Sức sinh sản**	**Tỷ lệ nở thành công**	**Số nauplii/con cái sau 30h**	**Số nauplii/con cái**	
P. incisus								
Nhiệt độ (°C)	34	26	26	26	34	26	26; 30	1.1, 3.1, 4.1
					26; 30	30		2.1
Độ mặn (ppt)	15; 20	15; 20	15; 20	10; 15; 20	15; 20	20		1.1
Chế độ chiếu sáng (CĐCS)	12L:12D; 18L:6D	12L:12D; 18L:6D	12L:12D	12L:12D	12L:12D	12L:12D; 18L:6D		2.1
Tia cực tím	UVA	UVA	UVA	UVA	UVA	UVA		3.1
Thức ăn	*I. galbana*; 800, 1.600 µgC/L	*I. galbana*; 800, 1.600 µgC/L	*I. galbana*; 800 µgC/L	*T. chui;* 1.600 µgC/L	*T. chui; I. galbana*; 800; 1.600 µgC/L		*T. chui; C. muelleri*; 800, 1.600 µgC/L	4.1
Tương tác giữa các yếu tố thí nghiệm								
Nhiệt độ x độ mặn	-	0	0	-	-	-		1.1
Nhiệt độ x CĐCS	-	-	-	-	-	-		2.1
Nhiệt độ x tia cực tím	-	-	-	0	-	-		3.1
Nhiệt độ x Thức ăn	+	+	+	+	+		+	4.1
O. rigida								
Nhiệt độ	30	26	26	30	30; 26	30; 26	30	1.2, 3.2, 4.2
					30			2.2
Độ mặn	30; 25	30; 25	30; 25	30; 25	25 - 40	25 - 35		1.2

Chế độ chiếu sáng	12L:12D	12L:12D	12L:12D	18L:6D; 24L:0D	12L:12D	18L:6D 0L:24D		2.2
Tia cực tím	UVA	UVA	UVA	UVA	UVA	UVA		3.2
Thức ăn	*I. galbana* 800, 1.600 µgC/L	*I. galbana*; 800, 1.600 µgC/L	*I. galbana*; 800, 1.600 µgC/L	*T. chui; C. muelleri;* 800, 1.600 µgC/L			*C. muelleri*; 800 µgC/L	4.2
Tương tác giữa các yếu tố thí nghiệm								
Nhiệt độ x độ mặn	-	-	-	-	-	-		1.2
Nhiệt độ x CĐCS	-	-	-	-	-	-		2.2
Nhiệt độ x tia cực tím	-	-	-	-	-	0		3.2
Nhiệt độ x Thức ăn	+	+	+	+	+		+	4.2

Chú thích: kích thước naupli (N), copepodites (C), con đực (M), con cái (F). Kí hiệu + cho ảnh hưởng tích cực, - cho ảnh hưởng bất lợi, 0 là không có tương tác. Thí nghiệm 1.1; 2.1; 3.1; 4.1 là các thí nghiệm với loài *P. incisus*; thí nghiệm 1.2; 2.2; 3.2; 4.2 là các thí nghiệm với loài *O. rigida*

CHƯƠNG 4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

4.1. Kết luận

4.1.1. Tác động của nhiệt độ và độ mặn đến sinh trưởng và phát triển của *P. incisus, O. rigida*

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 – 20 ppt và 25 – 30 ppt đối với *O. rigida*. Nhiệt độ thích hợp cho cả hai loài Copepoda sinh trưởng và sinh sản trong khoảng 26 – 30°C.

4.1.2. Tác động của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng đến sinh trưởng và phát triển của *P. incisus, O. rigida*

Chế độ chiếu sáng 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. Chế độ chiếu sáng 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.

4.1.3. Tác động của nhiệt độ và tia cực tím đến sinh trưởng và phát triển của *P. incisus, O. rigida*

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 naupius 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).

4.1.4. Tác động của nhiệt độ và thức ăn đến sinh trưởng và phát triển của *P. incisus, O. rigida*

Mật độ tảo cho ăn tốt nhất với *P. incisus* và *O. rigida* trong khoảng từ 800 - 1600 µgC/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 µgC/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).

4.2. Đề xuất

Các yếu tố sinh thái như độ mặn, chế độ chiếu sáng , 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 thể 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.

Nghiên cứu sâu hơn về thành phần trong tảo tác động đến sinh trưởng và sinh sản của Copepoda, để từ đó có thể làm giàu thành phần này cho tảo làm thức ăn cho Copeoda, giúp giải quyết được các mục đích khác nhau của người sản xuất.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH TÁC GIẢ 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 *P. 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 Khương, 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*.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

Nguyễn Văn Khôi, 2001. Động vật chí Việt Nam: Phân lớp chân mái chèo – Copepoda biển. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.

Nguyễn Thị Thủy, Lê Minh Hoàng, Đoàn Xuân Nam, Bùi Văn Cảnh, Nguyễn Thị Thành, Đinh Văn Khương, 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*.

Vũ Ngọc Út, Trương Quốc Phú và Nguyễn Thị Kim Liên, 2019. Động vật phù du: Thành phần loài và tiềm năng đối với nuôi thủy sản ở đồng bằng sông Cửu Long. Nhà xuất bản Nông nghiệp.

Tiếng Anh

Ananth, S., P. Santhanam, 2019. Intensive culture, biochemical composition analysis, and use of zooplankton *Tisbe sp.* (Copepoda: Harpacticoida) as an alternative live feed for shrimp larviculture. In: Perumal S., Ajima B., Perumal P. (Ed.), Basic and Applied Zooplankton Biology, Springer, pp. 329 - 362.

Franco, S.C., C.B. Augustin, A.J. Geffen, M.T. Dinis, 2017. Growth, egg production and hatching success of *Acartia tonsa* cultured at high densities. *Aquaculture* 468, pp. 569 - 578.

Drillet, G., Iversen, M.H., Sørensen, T.F., Ramløv, H., Lund, T., Hansen, B.W., 2006. Effect of cold storage upon eggs of a calanoid copepod, *Acartia tonsa* (Dana) and their offspring. *Aquaculture* 254, pp. 714 – 729.

Drillet, G., S. Frouël, M.H. Sichlau, P.M. Jepsen, J.K. Højgaard, A.K. Joarder, B.W. Hansen, 2011. Status and recommendations on marine copepod cultivation for use as live feed. *Aquaculture* 315 (3 - 4), pp. 155 - 166.

Steenfeldt, S., 2008. Produktion af vandlopper til anvendelseved opdræt af marin fiskeyngel (in Danish). DTU Aqua-rapport nr. 201-08, pp. 57 (In Danish).

Rhodes, A., 2003. Methods for high density batch culture of *Nikotra lacustris*, a marine harpacticoid copepod. In: Browman, H., Berit Skiftesvik, A. (Eds.), 26th Annual Larval Fish Conference. IMR, Bergen, Norway, pp. 449 – 465.

Støttrup, J.G., 2006. A review on the status and progress in rearing copepods for marine larviculture. Advantages and disadvantages among calanoid, harpacticoid and cyclopoid copepods. Avences en Nutrición Acuícola VIII. Memorías del Octavo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, Mazatlán, Sinaloa, México, pp. 62–83.

O'Bryen, P.J., Lee, C.-S., 2005. Culture of copepods and applications to marine finfish larval rearing workshop discussion summary. In: Lee, C.-S., O'Bryen, P.J., Marcus, N.H. (Eds.), Copepods in Aquaculture, pp. 245–253.

Marcus, N.H., Murray, M., 2001. Copepod diapause eggs: a potential source of nauplii for aquaculture. *Aquaculture* 201, pp. 107–115.

Schipp, G.R., J.M. Bosmans, A.J. Marshall, 1999. A method for hatchery culture of tropical calanoid copepods, *Acartia spp*. *Aquaculture* 174 (1), pp. 81 - 88.

Broach, J.S., E.J. Cassiano, C.A. Watson, 2017. Baseline culture parameters for the cyclopoid copepod *Oithona colcarva*: a potential new live feed for marine fish larviculture. *Aquaculture research* 48 (8), pp. 4461 - 4469.

Su, H. - M., S. - H. Cheng, T. - I. Chen, M. - S. Su, 2005. Culture of copepods and applications to marine finfish larval rearing in Taiwan. Copepods in aquaculture, pp. 183 - 194.

Berggreen, U., Hansen, B., Kiørboe, T., 1988. Food size spectra, ingestion and growth of the copepod *Acartia tonsa* during development: Implications for the determination of copepod production. *Marine Biology* 99 (3), pp. 341 – 352.

Aarseth Knut A., and Thomas A. Schram, 2002. Susceptibility to ultraviolet radiation in *Calanus finmarchicus* and *Lepeophtheirus salmonis* and the adaptive value of external filtering (Crustacea: Copepoda). *Journal of Plankton Research* 24 (7), pp. 661 – 679.

Abate, Tenaw G., Nielsen, Rasmus, Nielsen, Max, Drillet, Guillaume, Jepsen, Per M., Hansen, Benni W., 2015. Economic feasibility of Copepod production for commercial use: Result from a prototype production facility. *Aquaculture* 436, pp. 72 - 79.

Adams, N. L. and Shick, J. M., 1996. Mycosporine-like amino acids provide protection against ultraviolet radiation in eggs of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Photochemistry and Photobiology* 64, pp. 149 – 158.

Ajiboye O. O., Yakubu A. F., Adams T. E., Olaji E. D., Nwogu N. A., 2011. A review of the use of copepods in marine fish larviculture. *Fish Biology and Fisheries* 21, pp. 225 – 246.

Alajmi, F., Zeng, C., 2013. Evaluation of microalgal diets for the intensive cultivation of the tropical calanoid copepod, *Parvocalanus crassirostris*. *Aquaculture Research* 46, pp. 102 – 1038.

Almeda Rodrigo, Miquel Alcaraz, Albert Calbet, and Enric Saiz., 2011. Metabolic rates and carbon budget of early developmental stages of the marine cyclopoid copepod *Oithona davisae*. *Limnology and Oceanography* 56(1), pp. 403–414.

Ananth S, Santhanam P., 2011. Laboratory culture and biochemical profile of marine copepod *Macrosetella gracilis* (Dana). *Aquaculture* 12 (1), pp. 49 - 55.

Ananthi P, P. Santhanam, R. Nandakumar, S. Ananth, K. Jothiraj, S. Dinesh kumar, B. Balaji prasath and T. Jayalakshmi., 2011. Production and Utilization of Marine Copepods as Live feed for Larval Rearing of Tiger Shrimp *Penaeus monodon* with Special Emphasis on Astaxanthin Enhancement. *Indian Journal Of Natural Sciences* Vol1I, Issue 8.

Anderson, T. R. and Pond, D. W., 2000. Stoichiometric theory extended to micronutrients: comparison of the roles of essential fatty acids, carbon, and nitrogen in the nutrition of marine copepods. *Limnology and Oceanography* 45, pp. 1162 – 1167.

Annabi-Trabelsi Neila, Kobbi-Rebai Rayda, Al-Enezi Yousef, Ali Mohammad, Subrahmanyam Madhavapeddi N.V., Belmonte Genuario and Ayadi Habib, 2021. Factors affecting *Oithona nana* and *Oithona similis* along a salinity gradient. *Mediterranean Marine Science* 22 (3), pp. 552 - 565.

Aragao C, Conceição LEC, Fyhn HS, Dinis MT., 2004. Estimated amino acid requirements during early ontogeny in fish with different lifestyles: Gilthead seabream (*Sparus aurata*) and Senegalese sole (*Solea senegalensis*). *Aquaculture* 242, pp. 589 – 605.

Arendt K., Jónasdóttir S., Hansen P., Gärtner S., 2005. Effects of dietary fatty acids on the reproductive success of the calanoid copepod *Temora longicornis*. *Marine Biology* 146 (3), pp. 513 - 530.

Arndt, C. Sommer, U., 2014. Effect of algal species and concentration on development and fatty acid composition of two harpacticoid copepods, *Tisbe sp.* and *Tachidius discipes*, and a discussion about their suitability for marine fish larvae. *Aquaculture Nutrition* 20, pp. 44 – 55.

Asche, F., A.G. Guttormsen, and R. Tveterås., 1999. Environmental problems, productivity and innovations in Norwegian salmon aquaculture. *Aquaculture Economics & Management* 3 (1), pp. 19 – 29.

Asche, F., H. Hansen, R. Tveteras, and S. Tveterås., 2009. The salmon disease crisis in Chile. *Marine Resource Economics* 24 (4), pp. 405 – 411.

Atienza, D., Calbet, A., Saiz, E. ctv., 2006. Trophic impact, metabolism, and biogeochemical role of the marine cladoceran *Penilia avirostris* and the co-dominant copepod *Oithona nana* in NW Mediterranean coastal waters. *Marine Biology* 150, pp. 221 – 235.

Bagøien Espen, Kiørboe Thomas, 2005. Blind dating—mate finding in planktonic copepods. I. Tracking the pheromone trail of Centropages typicus. *Marine Ecology Progress Series* 300, pp. 105 – 115.

Båmstedt, U., 1986. Chemical composition and energy content. In: The Biological Chemistry of Marine Copepods (Ed. by E.D.S. Corner & S.C.M. O'Hara), pp. 1 – 58. Clarendon Press, Oxford.

Ban, S., 1992. Effects of photoperiod, temperature, and population density on induction of diapause egg production in *Eurytemora affinis* (Copepoda: Calanoida) in Lake Ohnuma, Hokkaido, Japan. *Journal of Crustacean Biology* 12, pp. 361 – 367.

Ban, S., 1994. Effect of temperature and food concentration on post-embryonic development, egg production and adult body size of calanoid copepod *Eurytemora affinis*. *Journal Plankton Research* 16, pp. 721 - 735.

Barclay, W. and Zeller,S., 1996. Nutritional Enhancement of n-3 and n-6 fatty acids in rotifers and Artemia nauplii by feeding spray-dried *Schizochytrium sp*. *Journal of World Aquaculture Society* 27, pp. 314 - 322.

Barroso, M.V., Carvalho, C.V.A., Antoniassi, R., Cerqueira, V.R., 2013. Use of the copepod *Acartia tonsa* as the first live food for larvae of the fat snook *Centropomus parallelus*. *Aquaculture* 388–391, pp. 153 – 158.

Bell JG, McEvoy LA, Estevez A, Shields RJ, Sargent JR., 2003. Optimizing lipid nutrition in first feeding flatfish larvae. *Aquaculture* 227, pp. 211 – 220.

Bell JG, Støttrup JG, Shields RJ., 1997. Utilization of copepod diets for larviculture of halibut, cod and turbot, and a review of published halibut research and cultivation data. *Concerted Action Report* (AIR3-CT94-2094), Doc. 10, pp. 63.

Bell, J. G., 1998. Current aspects of lipid nutrition in fish farming. In: *Biology of farmed fish* (ed. By K. Black and A. D. Pickering), pp. 114-145. Sheffield, U.K., Sheffield Academic Press.

Bell, J.G., McEvoy, L.A., Estevez, A., Shields, R.J., Sargent, J. R., 2003. Optimising lipid nutrition in first-feedingflatfish larvae. *Aquaculture* 227, pp. 211 - 220.

Bell, M. V., Dick, J. R., Anderson, T. R. and Pond, D. W., 2007. Application of liposome and stable isotope tracer techniques to study polyunsaturated fatty acid biosynthesis in marine zooplankton. *Journal of Plankton Research* 29, pp. 417 - 422.

Bell, M.V. & Sargent, J.R., 1996. Lipid nutrition and fish recruitment. *Marine Ecology Progress Series* 134, pp. 315 – 316.

Bengtson, D.A., Leger, P., Sorgeloos, P., 1991. Use of Artemia as a food source for aquaculture. In: Artemia biology, Browne, R.A., Sorgeloos, P., Trotman, C.N.A, (Eds.) CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 255 – 285.

Bergmans, M. & Janssens, P.M., 1988. Competition between sibling species *Tisbe holothuriae* and *T. battagliai* (Harpacticoida). *Hydrobiologia* 167/168, pp. 455 –462.

Besiktepe, S., & Dam, H. G., 2002. Coupling of ingestion and defecation as a function of diet in the calanoid copepod *Acartia tonsa*. *Marine Ecology Progress Series*, 229, pp. 151 - 164.

Beyrend-Dur Delphine, Ram Kumar, T. Ramakrishna Rao, Sami Souissi, Shin-Hong Cheng, Jiang-Shiou Hwang, 2011. Demographic parameters of adults of *Pseudodiaptomus annandalei* (Copepoda: Calanoida): Temperature–salinity and generation effects. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 404, pp. 1–14.

Beyrend-Dur, D., Souissi, S., Devreker, D., Winkler, G. & Hwang, J.S., 2009. Life cycle traits of two transatlantic populations of *Eurytemora affinis* (Copepoda: Calanoida): salinity effects. *Journal Plankton Research* 31, pp. 713 - 728.

Biondo, M.V., 2017. Quantifying the trade in marine ornamental fishes into Switzerland and an estimation of imports from the European Union. *Global Ecology and Conservation* 11, pp. 95 – 105.

Björnberg, T.K.S., 1986. Aspects of the appendages in development. In: Proceedings of the second international conference on Copepoda (Ed. by G. Schriever, H.K. Schminke & C.-t. Shih), pp. 51–66. Ottawa, Canada, 13–17 August 1984.

Blanda Elisa, Guillaume Drillet, Cheng-Chien Huang, Jiang-Shiou Hwang, Jacob Kring Højgaard, Hans Henrik Jakobsen, Thomas Allan Rayner, Huei-Meei Su,Benni Winding Hansen, 2017. An analysis of how to improve production of copepods as live feed from tropical Taiwanese outdoor aquaculture ponds. *Aquaculture* 479, pp.432–441.

Blanda, E., Drillet, G., Huang, C.-C., Hwang, J.-S., Jakobsen, H. H., Rayner, T. A., Hansen, B. W., 2015. Trophic interactions and productivity of copepods as live feed from tropical Taiwanese outdoor aquaculture ponds. *Aquaculture* 445, pp. 11 – 21.

Blaxter, J.H., Douglas, B., Tyler, P.A., Mauchline, J., 1998. The biology of Calanoid copepods, first ed. *Academic Press*, pp. 710.

Böttger-Schnack, R., 1988. Observations on the taxonomic composition and vertical distribution of cyclopoid copepods in the central Red Sea. *Hydrobiologia* 167/168, pp. 311 – 318.

Brown, M.R., S.W. Jeffrey, J.K. Volkman, and G.A. Dunstan, 1997. Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture* 151, pp. 315 – 331.

Brugnano, C., Granata, A., Guglielmo, L., Minutoli, R., Zagami, G., 2014. Fecundity and development of the bentho-pelagic copepod *Pseudocyclops umbraticus*: Effects of temperature. *Aquatic Biology* 20(3), pp. 245 – 254.

Burgess, A.I. Callan, C.K., 2018. Effects of supplemental wild zooplankton on prey preference, mouth gape, osteological development and survival in first feeding cultured larval yellow tang (*Zebrasoma flavescens*). *Aquaculture* 495, pp. 738 – 748.

Cabrera Sergio, Matilde Lopez and Barbara Tartarotti, 1997. Phytoplankton and zooplankton response to ultraviolet radiation in a high-altitude Andean lake: short- versus long-term effects. *Journal of Plankton Research* 19 (ll), pp. 1565 - 1582.

Cailleaud K., G. Maillet, H. Budzinski, S. Souissi, J. Forget-Leray, 2007. Effects of salinity and temperature on the expression of enzymatic biomarkers in *Eurytemora affinis* (Calanoida, Copepoda). *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part A 147, pp. 841 – 849.

Calbet, A., Landry, M. R. and Scheinberg, R. D., 2000. Copepod grazing in a subtropical bay: species-specific responses to a midsummer increase in nanoplankton standing stock. *Marine Ecology Progress Series* 193, pp. 75 – 84.

Camus Thomas, Chaoshu Zeng, 2008. Effects of photoperiod on egg production and hatching success, naupliar and copepodite development, adult sex ratio and life expectancy of the tropical calanoid copepod *Acartia sinjiensis*. *Aquaculture* 280, pp. 220 – 226.

Camus Thomas, Zeng Chaoshu, 2008. Effects of photoperiod on egg production and hatching success, naupliar and copepodite development, adult sex ratio and life expectancy of the tropical calanoid copepod *Acartia sinjiensis*. *Aquaculture* 280 (1), pp. 220 - 226.

Castellani, C., Irigoien, X., Harris, R. P., Holliday, N.P., 2007. Regional and temporal variation of *Oithona spp*. biomass, stage structure andproductivity in the Irminger Sea, North Atlantic. *Journal of Plankton Research* 29 (12), pp. 1051 – 1070.

Castellani, C., Robinson, C., Smith, T. and Lampitt, R.S., 2005. Temperature affects respiration rate of *Oithona similis*. *Marine Ecology Progress Series* 285, pp. 129 – 135.

Ceradà-Olmedo, E., Martìn-Rojas, V. and Cubero, B., 1996. Causes of cell death following ultraviolet B and C exposures and the role of carotenes. *Photochemistry and Photobiology* 64, pp. 547 – 551.

Chang, W.-B. & Lei, C.-H., 1993. Development and energy content of a brackish-water copepod, *Apocyclops royi* (Linberg) reared in a laboratory. *Bulletin of the Institute of Zoology*, Academia Sinica 32, pp. 62 – 81.

Chen Qingxiang, Junqing Sheng, Qiang Lin, Yongli Gao, and Junyi Lv., 2006. Effect of salinity on reproduction and survival of the copepod *Pseudodiaptomus annandalei* Sewell, 1919. *Aquaculture* 258, pp. 575 - 582.

Chesney, E. J. 2005. Copepods as live prey: A review of factors that influence the feeding success of marine fish larvae. In C.-S. Lee, P. J. O'Bryen, & N. H. Marcus (Eds.), Copepods in aquaculture (pp. 133 – 150). Ames, IA: Blackwell Publishing Professional.

Chew, L. -L. and Chong, V. C., 2011. Copepod community structure and abundance in a tropical mangrove estuary, with comparisons to coastal waters. *Hydrobiologica* 666, pp.127 – 143.

Chilmawati D. and Suminto, 2016. The eEffect of different diet of Phytoplankton cells on growth performance of Copepod, *Oithona sp.* in semi-mass culture. *Aquatic Procedia* 7, pp. 39 – 45.

Conceição L. E. C., Van der Meeren T, Verreth J. A. J., Evjen M.S., Houlihan D.F., Fyhn H.J., 1997. Amino acid metabolism and protein turnover in larval turbot (*Scophthalmus maximus*) fed natural zooplankton or Artemia. *Marine Biology* 129, pp. 255 – 265.

Conceição, L.E.C., Yufera, M., Makridis, P., Morais, S., Dinis, M.T., 2010. Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquaculture Research* 41, pp. 613 – 640.

Corkett, C.J., McLaren, I.A. and Sevigny, J.M., 1986. The rearing of the marine calanoids copepods *Calanus finmarchicus* (Gunnerus), *C. glacialis* Jaschnov and *C. hyperboreus* Kroyer with comment on the equiproportional rule. In: Proceedings of the second international conference on Copepoda (Ed. by G. Schriever, H.K. Schminke and C.-t. Shih), pp. 539 – 546. Ottawa, Canada, 13–17 August 1984.

Crain, C.M., Kroeker, K., Halpern, B.S., 2008. Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems. *Ecology Letters* 11 (12), pp. 1304 –1315.

Daan, R., Gonzalez, S.R. & Klein Breteler, W.C.M., 1988. Cannibalism in omnivorous calanoid copepods. *Marine Ecology Progress Series* 47, pp. 45 – 54.

Dahms Hans-Uwe, Li-Chun Tseng, Jiang-Shiou Hwang, 2015. Biogeographic distribution of the cyclopoid copepod genus *Oithona* – from mesoscales to global scales. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 467, pp. 26 – 32.

Dahms, H. U., 1993. Pictorial keys for the identification of crustacean nauplii from the marine meiobenthos. *Journal of Crustacean Biology* 13, pp. 609 – 616.

Daufresne, M., Lengfellner, K., Sommer, U., 2009. Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 106 (31), pp. 12788 – 12793.

Davies, T.W., Duffy, J.P., Bennie, J., Gaston, K.J., 2014. The nature, extent, and ecological implications of marine light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 12 (6), pp. 347 – 355.

Davis, C.S., 1983. Laboratory rearing of marine calanoid copepods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 71, pp. 119 – 133.

Desvilettes, C., Bourdier, G. and Breton, J. C., 1997. On the occurrence of a possible bioconversion of linolenic acid into docosahexaenoic acid by the copepod *Eucyclops serrulatus* fed on microalgae. *Journal of Plankton Research* 19, pp. 273–278.

Devreker David, James J. Pierson, Sami Souissi, David G. Kimmel, Michael R. Roman, 2012. An experimental approach to estimate egg production and development rate of the calanoid copepod *Eurytemora affinis* in Chesapeake Bay, USA. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 416-417, pp. 72 – 83.

Devreker David, Sami Souissi, Juan Carlos Molinero, Delphine Beyrend-Dur, Fernando Gomez, Joelle Forget-Leray, 2010. Tidal and annual variability of the population structure of *Eurytemora affinis* in the middle part of the Seine Estuary during 2005. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 89: pp. 245 - 255.

Dey, D. B., Damkaer, D. M. and Heron, G. A., 1988. UV-B dose/dose- rate responses of seasonally abundant copepods of Puget Sound. *Oecologia* 76, pp. 321–329.

Dhert, P., 1996. Rotifers. In Lavens, P. and Sorgeloos, P. (eds): Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Fisheries Technical pp. 361. FAO, Rome, pp. 49–78 ISBN 92-5-103934-8.

Dhert, P., G. Rombaut, G. Suantika, and P. Sorgeloos., 2001. Advancement of rotifer culture and manipulation techniques in Europe. *Aquaculture* 200 (1), pp. 129 – 146.

DiMaggio, M.A., Cassiano, E.J., Barden, K.P., Ramee, S.W., Ohs, C.L., Watson, C.A., 2017. First record of captive larval culture and metamorphosis of the pacific blue tang *Paracanthurus hepatus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 48, pp.393–401.

Dinh Van, K., Janssens, L., Debecker, S., De Jonge, M., Lambret, P., Nilsson-Örtman, V., Bervoets, L., Stoks, R., 2013. Susceptibility to a metal under global warming is shaped by thermal adaptation along a latitudinal gradient. *Global Change Biology* 19 (9), pp. 2625 – 2633.

Dinh Van, K., Janssens, L., Debecker, S., Stoks, R., 2014a. Temperature- and latitude-specific individual growth rates shape the vulnerability of damselfly larvae to a widespread pesticide. *Journal of Applied Ecology* 51 (4), pp. 919 – 928.

Dinh Van, K., Janssens, L., Debecker, S., Stoks, R., 2014b. Warming increases chlorpyrifos effects on predator but not anti-predator behaviours. *Aquatic Toxicology* 152, pp. 215 – 221.

Dinh, K.V., Dinh, H.T., Pham, H.T., Selck, H., Truong, K.N., 2020a. Development of metal adaptation in a tropical marine zooplankton. *Scientific Reports* 10 (1), 10212.

Dinh, K.V., Janssens, L., Stoks, R., 2016. Exposure to a heat wave under food limitation makes an agricultural insecticide lethal: A mechanistic laboratory experiment. *Global Change Biology* 22 (10), pp. 3361 – 3372.

Dinh, K.V., Nguyen, T.T.Q., Vo, T.-M.-C., Bui, B.T., Dao, T.-S., Tran, D.M., Doan, N.X., Truong, S.H.T., Wisz, S.M., Nielsen, T.G., Vu, T.T.M., Le, M.-H., 2020b. Interactive effects of extreme temperature and a widespread coastal metal contaminant reduce the fitness of a common tropical copepod across generations. *Marine Pollution Bulletin* 159, 111509.

Doall M.H., Colin S.P., Strickler J.R., Yen J., 1998. Locating a mate in 3D: the case of *Temora longicornis*. Philosophical transactions of the royal society B. *Biological Sciences* 353, pp. 681 – 689.

Doan, N. X., Vu, M. T. T., Nguyen, H. T., Tran, H. T. N., Pham, H. Q., and Dinh, K. V., 2018. Temperature- and sex-specific grazing rate of a tropical copepod *Pseudodiaptomus annandalei* to food availability: Implications for live feed in aquaculture. *Aquaculture Research* 49 (12), pp. 3864 – 3873.

Doan, X. N., Vu, M. T. T., Pham, H. Q., Wisz, M. S., Nielsen, T. G., Dinh, K. V., 2019. Extreme temperature impairs growth and productivity in a common tropical marine copepod. *Scientific Reports* 9, 4550.

Doi, M., Ohno, A., Taki, Y., Singhagraiwan, T., Kohno, H., 1997a. Nauplii of the calanoid copepod *Acartia sinjiensis* as an initial food organism for larval red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. *Suisanzoshoku* 45, pp. 31 – 40.

Donelson, J. M., Munday, P. L., McCormick, M. I., Pankhurst, N. W., Pankhurst, P. M., 2010. Effects of elevated water temperature and food availability on the reproductive performance of a coral reef fish. *Marine Ecology Progress Series* 401, pp. 233 – 243.

Drillet, G.; Jørgensen, N.; Sørensen, T.F.; Ramløv, H. and Hansen, B.W., 2006. Biochemical and technical observations supporting the use of copepods as relevant live-feed organisms in marine larviculture. *Aquaculture Research* 37, pp. 756 - 772.

Dur Gaël, Sami Souissi, 2017. Ontogenetic optimal temperature and salinity envelops of the copepod *Eurytemora affinis* in the Seine estuary (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 200, pp. 311 - 323.

Dur Gael, Sami Souissi, David Devreker, Vincent Ginot, François G. Schmitt, Jiang-Shiou Hwang, 2009. An individual-based model to study the reproduction of egg bearing copepods: Application to *Eurytemora affinis* (Copepoda: Calanoida) from the Seine estuary, France. *Ecological Modelling* 220, pp. 1073 – 1089.

Dur Gael, Souissi Sami, Francois G. Schmitt, Delphine Beyrend-Dur, Jiang-Shiou Hwang, 2011. Mating and mate choice in *Pseudodiaptomus annandalei* (Copepoda: Calanoida). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 402, pp. 1–11.

Dussart, B.H. and Defaye, D. (eds), 2001. Introduction to the Copepoda. Backhuys, Leiden.

Dutz J., Koski M., Jónasdóttir S.H., 2008. Copepod reproduction is unaff ected by diatom aldehydes or lipid composition. *Limnology and Oceanography* 53, pp. 225 -235.

Dvoretsky, V. and Dvoretsky, A., 2009. Life cycle of *Oithona similis* (Copepoda: Cyclopoida) in Kola Bay (Barents Sea). *Marine Biology* 156, pp. 1433 – 1446.

Dvoretsky, V.G., 2012. Seasonal mortality rates of *Oithona similis* (Cyclopoida) in a large Arctic fjord. *Polar Science* 6, pp. 263 - 269.

Dvoretsky, V.G., Dvoretsky, A.G., 2009. Life cycle of *Oithona similis* (Copepoda: Cyclopoida) in Kola Bay (Barents Sea). *Marine Biology* 156, pp. 1433 —1446.

Dvoretsky, V.G., Dvoretsky, A.G., 2015. Interannual variations in abundance and biomass of planktonic copepods *Oithona* in the barents sea. *Biology Bulletin* 42 (5), pp. 449 - 457.

Edge R., McGarvey D.J., Truscott T.G., 1997. The carotenoids as antioxidants—a review. *Photochemistry and Photobiology B* 41, pp.189 – 200.

Estevez, A., McEvoy, L.A., Bell, J.G., Sargent, J.R., 1999. Growth, survival, lipid composition and pigmentation of turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae fed live-prey enriched in arachidonic and eicosapentaenoic acids. *Aquaculture* 180, pp. 321–343.

Evjemo J.O. and Olsen Y., 1997. Lipid and fatty acid content in cultivated live feed organisms compared to marine copepods, in: Live food in aquaculture. Springer, pp. 159-162.

Evjemo J.O., Reitan K.I., Olsen Y., 2003. Copepods as live food organisms in the larval rearing of halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.) with special emphasis on the nutritional value. *Aquaculture* 227 (1-4), pp. 191 - 210.

Evjemo J.O., Olsen Y., 1997. Lipid and fatty acid content in cultivated live feed organisms compared to marine copepods. *Hydrobiologia* 358, pp. 159 – 162.

FAO., 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome.

Farhadian O., Yusoff F.M., Arshad A., 2008. Population growth and production of *Apocyclops dengizicus* (Copepoda: Cyclopoida) fed on different diets. *Journal of the World Aquaculture Society* 39 (3), pp. 384 - 396.

Farhadian, O., M.D. Yusoff, F. and Arshad A., 2014. Effects of salinity, temperature, light intensity and light regimes on production, growth and reproductive parameters of *Apocyclops dengizicus*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 13 (1), pp. 30 - 46.

Figueiredo, J., Woeski, R.V., Lin, J. Narciso, L., 2009. Artemia franciscana enrichment model — How to keep them small, rich and alive? *Aquaculture* 294, pp. 212 – 220.

Fisher, L.R., Kon, S.K., Thompson. S.Y., 1964. Vitamin A and carotenoids in certain invertebrates. VII. Crustacea: Copepoda. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 44, pp. 685 – 692.

Fleeger J.W., 2005. The potential to mass-culture harpacticoid copepods for use as food for larval fish. In: Lee C-S, O'Bryen PJ, Marcus NH (eds) Copepods in aquaculture. Blackwell, Iowa, pp. 11 – 24.

Forster, J., Hirst, A. G., Woodward, G., 2012. Growth and development rates have different thermal responses (vol 178, pg 668, 2011). *American Naturalist* 180 (3), pp. 404 – 405.

Fraser A.J., Sargent J.R., 1989. Formation and transfer of fatty acids in an enclosed marine food chain comprising phytoplankton, zooplankton and herring (*Clupea harengus* L.) larvae. *Marine Chemistry* 27, pp. 1 – 18.

Fukusho K., 1980. Mass production of a copepod, *Tigriopus japonicus* in combination culture with a rotifer *Brachionus plicatilis* fed x-yeast as a food source. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of fish* 46, pp. 625 – 629.

Fukusho, K., Hara, O., Iwamoto, H., and Kitajima, C., 1977. Mass production of the copepod, *Tigriopus japonicus*, in combination with rotifer, *Brachionus plicalitis*, feeding baking yeast and using largescale outdoor tanks. Report of Nagasaki Prefectural *Fisheries Experimental Station* 3, pp. 33 – 40. (In Japanese with English abstract)

Fukusho, K., Iwamoto, H., Seikai, T., and Kitajima, C., 1978. Effects of initial supply of *Chlorella sp.* on the copepod *Tigriopus japonicus* population in combination with rotifer

Brachionus plicatilis, feeding bakers' yeast. Report of Nagasaki Prefectural *Fisheries Experimental Station* 4, pp. 47–56. (In Japanese with English abstract).

Fyhn H.J., Finn R.N., Helland S., Rønnestad I., Lømsland E.R., 1993. Nutritional value of phytoplankton and zooplankton as live food for marine fish larvae. In: Reinertsen H., Dahle L.A., Jørgensen K., Tvinnereim K. (eds) Fish farming technology. Balkema, Rotterdam, pp. 121 – 126.

Fyhn H.J., Rønnestad I., Berg L., 1995. Variation in protein and free amino acid content of marine copepods during the spring bloom. *European aquaculture society* 24, pp. 321 – 324.

Fyhn, H.J., Serigstad, B., 1987. Free amino acids as energy substrate in developing eggs and larvae of the cod *Gadus morhua*. *Marine Biology* 96, pp. 335 –341.

Gallienne, C. P. and Robins, D. B., 2001. Is *Oithona* the most important copepod in the world's oceans? *Journal of Plankton Research* 23, pp. 1421 – 1432.

Garcí A., Patricia Elizabeth, Alejandra Patricia Pe´Rez, Mari´A Del Carmen Die´Guez1, Marcela Andrea Ferraro And Horacio Ernesto Zagarese, 2008. Dual control of the levels of photoprotective compounds by ultraviolet radiation and temperature in the freshwater copepod *Boeckella antiqua*. *Journal of Plankton Research* 30 (7), pp. 817–827.

Garratt, M.J., Jenkins, S.R., Davies, T.W., 2019. Mapping the consequences of artificial light at night for intertidal ecosystems. *Science of The Total Environment* 691, pp. 760 – 768.

Gaston, K.J., Bennie, J., Davies, T.W., Hopkins, J., 2013. The ecological impacts of nighttime light pollution: A mechanistic appraisal. *Biological Reviews* 88 (4), pp. 912-927.

Gatten R.R., Sargent J.R., Gamble J.C., 1983. Diet-induced changes in fatty acid composition of herring larvae reared in enclosed ecosystem. *Journal of the Marine Biological Association UK* 63, pp. 575 – 584.

Gatten, R.R., Sargent, J.R., Forsberg, T.E.V., O'Hara, S.C.M., Corner, E.D.S., 1980. On the nutrition and metabolism of zooplankton. XIV. Utilization of lipid by Calanus helgolandicus during maturation and reproduction. *Journal of the Marine Biological Association UK* 60, pp. 391 – 399.

Gerhard Maier, 1995. Mating frequency and interspecific matings in some freshwater cyclopoid copepods. *Oecologia* 101, pp. 245 - 250.

Gerrish, G.A., Morin, J.G., Rivers, T.J., Patrawala, Z., 2009. Darkness as an ecological resource: The role of light in partitioning the nocturnal niche. *Oecologia* 160 (3), pp. 525 – 536.

Gibbin, E. M., Chakravarti, L. J., Jarrold, M. D., Christen, F., Turpin, V., Massamba N'Siala, G., Calosi, P., 2017. Can multi-generational exposure to ocean warming and acidification lead to the adaptation of life history and physiology in a marine metazoan? *Journal of Experimental Biology* 220 (4), pp. 551 – 563.

Gilbert, J.J., Williamson, C.E., 1998. Sexual dimorphism in zooplankton (Copepoda, Cladocera and Rotifera). *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 14, pp. 1 – 33.

Schipp Glenn, 2006. The Use of Calanoid Copepods in Semi-Intensive, Tropical Marine Fish Larviculture. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII .VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de NuevoLeón, Monterrey, Nuevo León, México. ISBN 970-694-333-5.

Glippa Olivier, Victor R. Alekseev, Sami Souissi, 2013. Effects of photoperiod on egg production in *Eurytemora affinis* Poppe, 1880 (Copepoda: Calanoida) from the Seine Estuary (France). *Italian Journal of Zoology* 80 (4), pp. 518 – 525.

Golez, M. S. N., Takahashi, T., Ishimaru, T., Ohno, A., 2004. Post-embryonic development and reproduction of *Pseudodiaptomus annandalei* (Copepoda: Calanoida). *Plankton Biology and Ecology* 51, pp. 15 – 25.

Gonzalez, G. R. M., Bradley, B. P., 1995. Are there salinity stress proteins? *Marine Environmental Research* 39 (1–4), pp. 205 – 208.

Goolish, E. M., Burton, R. S., 1989. Energetics of osmoregulation in an intertidal copepod: Effects of anoxia and lipid reserves on the pattern of free amino accumulation. *Functional Ecology* 3 (1), pp. 81 – 89.

Govoni J.J., Boehlert G. W., Watanabe Y., 1986. The physiology of digestion in fish larvae. *Environmental Biology of Fishes* 16 (1-3), pp. 59 - 77.

Grønning Josephine, Nam X. Doan, Nguyet T. Dinh, Khuong V. Dinh and Torkel Gissel Nielsen, 2019. Ecology of *Pseudodiaptomus annandalei* in tropical aquaculture ponds

with emphasis on the limitation of production. *Journal of Plankton Research* 00 (00), pp. 1 – 18.

Hagen, W., 1988. On the significance of lipids in Antarctic zooplankton. *Berichte Polarforschung* 49, pp.129.

Hagiwara, A., Lee, C.S., Shiraishi, D.J,. 1995. Some reproductive characteristics of the broods of the harpacticoid copepods *Tigriopus japonicus* cultured in different salinities. *Fisheries Science* 61, pp. 618 – 622.

Hagiwara, A., Wullur, S., Marcial, H.S., Narisato, H., Sakakura, Y., 2014. Euryhaline rotifer *Proales similis* as initial live food for rearing fish with small mouth. *Aquaculture* 432, pp. 470 – 474.

Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H.S., Madin, E.M.P., Perry, M.T., Selig, E.R., Spalding, M., Steneck, R., Watson, R., 2008. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319 (5865), pp. 948 – 952.

Hammock, B.G., Lesmeister, S., Flores, I. Bradburd, G.S., Hammock, F.H., Teh, S.J., 2016. Low food availability narrows the tolerance of the copepod *Eurytemora affinis* to salinity, but not temperature. *Estuaries and Coasts* 39, pp. 189 - 200.

Hamre, K. 2016. Nutrient profiles of rotifers (*Brachionus sp.*) and rotifer diets from four different marine fish hatcheries. *Aquaculture* 450, pp. 136 – 142.

Hamre, K., Moren, M., Solbakken, J., Opstad, I., Pittman, K., 2005. The impact of nutrition on metamorphosis in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture* 250, pp. 555 - 565.

Hansen, P. J., Bjornsen, P. K., Hansen, B. W., 1997. Zooplankton grazing and growth: Scaling within the 2–2,000-µm body size range. *Limnology and Oceanography* 42 (4), pp. 687 – 704.

Haro, S., Bohorquez, J., Lara, M., Garcia-Robledo, E., Gonzalez, C.J., Crespo, J.M., Papaspyrou, S., Corzo, A., 2019. Diel patterns of microphytobenthic primary production in intertidal sediments: The role of photoperiod on the vertical migration circadian rhythm. *Scientific Reports* 9 (13376).

Helland S, Nejstgaard JC, Fyhn HJ, Egge JK, Ba˚mstedt U., 2003a. Effects of starvation, season, and diet on the free amino acid and protein content of *Calanus finmarchicus* fermales. *Marine Biology* 143, pp. 297 – 306

Helland S., Nejstgaard J.C., Humlen R., Fyhn H.J., Ba˚mstedt U., 2003b. Effects of season and maternal food on *Calanus finmarchicus* reproduction, with emphasis on free amino acids. *Marine Biology* 142, pp. 1141 – 1151.

Helland S., Terjesen B.F., Berg L., 2003c. Free amino acid and protein content in the planktonic copepod *Temora longicornis* compared to *Artemia franciscana*. *Aquaculture* 215, pp. 213 – 228.

Henriksen, C. I., Saiz, E., Calbet, A. et al., 2007. Feeding activity and swimming patterns of *Acartia grani* and *Oithona davisae* nauplii in the presence of motile and non-motile prey. *Marine Ecology Progress Series* 331, pp. 119–129.

Hernandez Molejon OG, Alvarez-Lajonchere L., 2003. Culture experiments with *Oithona oculata* Farran, 1913 (Copepoda: Cyclopoida), and its advantages as food for marine fish larvae. *Aquaculture* 219, pp. 471–483.

Hessen, D. O., Borgeraas, J., Kessler, K. and Refseth, U. H., 1999. UV- B susceptibility and photoprotection of Arctic Dapnia morphotypes. *Polar Research* 18, pp. 345–352.

Hicks, G.R.F., Coull, B.C., 1983. The ecology of marine meiobenthic harpacticoid copepods. *Oceanography and Marine Biology* 21, pp. 67–175.

Hill Matthew, Pernetta Angelo, Crooks Neil., 2020. Size Matters: A review of live feeds used in the culture of marine ornamental fish. In Asian Fisheries Society 33: 161–174. ISSN: 0116-6514. E-ISSN: 2073-3720.

Holmstrup, M., Bindesbol, A.-M., Oostingh, G.J., Duschl, A., Scheil, V., Koehler, H.-R., Loureiro, S., Soares, A.M.V.M., Ferreira, A.L.G., Kienle, C., Gerhardt, A., Laskowski, R., Kramarz, P.E., Bayley, M., Svendsen, C., Spurgeon, D.J., 2010. Interactions between effects of environmental chemicals and natural stressors: A review. *Science Total Environ* 408 (18), pp. 3746–3762.

Hopcroft, R. R. and Roff, J. C., 1996. Zooplankton growth rates: diel egg production in the copepods *Oithona, Euterpina* and *Corycaeus* from tropical waters. *Journal of Plankton Research* 18, pp. 789–803.

Hopcroft, R. R. and Roff, J. C., 1998. Zooplankton growth rates: the influence of female size and resources on egg production of tropical marine copepods. *Marine Biology* 132, pp. 79–86.

Hopcroft, R. R., Roff, J. C. and Lombard, D., 1998. Production of tropical copepods in Kingston Harbour, Jamaica: the importance of small species. *Marine Biology* 130, pp. 593–604.

Hopcroft, R., Clarke, C., Nelson, R., Raskof, K., A., 2005. Zooplankton communities of the Arctic's Canada Basin: the contribution by smaller taxa. *Polar Biology* 28, pp. 198 – 206.

Hopcroft, R.R., Roff, J.C., 1996. Zooplankton growth rates: diel egg production in the copepods *Oithona, Euterpina and Corycaeus* from tropical waters. *Journal of Plankton Research* 18, pp. 789–803.

Horne, C. R., Hirst, A. G., Atkinson, D., Almeda, R., Kiørboe, T., 2019. Rapid shifts in the thermal sensitivity of growth but not development rate causes temperature–size response variability during ontogeny in arthropods. Oikos, 128 (6), pp. 823–835.

Horne, C. R., Hirst, A. G., Atkinson, D., Neves, A., Kiorboe, T., 2016. A global synthesis of seasonal temperature-size responses in copepods. *Global Ecology and Biogeography*, 25 (8), pp. 988–999.

Huggett, J. A., and Bradford-Grieve, J., 2007. Guide to some common copepods in the Benguela Current LME. Zooplankton Workshop, Swakopmund, Namibia, January, pp. 44.

Humes, A.G., 1994. How many copepods? *Hydrobiologia* 292/293, pp. 1 – 7.

Hunter, J.R., 1981. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. In: Marine fish larvae, morphology, ecology and relation to fisheries, Lasker, R. (Ed.), University of Washington Press, Seattle, pp. 33 – 77.

Huntley, M., Sykes, P., Rohan, S., Marin, V., 1986. Chemically-mediated rejection of dinoflagellate prey by the copepods *Calanus pacificus* and *Paracalanus parvus*: mechanism, occurrence and significance. *Marine Ecology Progress Series* 28, pp. 105 – 120.

Huys, R., Boxshall, G.A. (eds)., 1991. Copepod Evolution. Ray Society, London.

Ianora A., Poulet S.A., Miralto A., 2003. The eff ects of diatoms on copepod reproduction: a review. *Phycologia* 42, pp. 351 - 363.

Ianora A., Poulet S.A. and Miralto A., 2003. The effects of diatoms on copepod reproduction: a review. *Phycologia* 42, pp. 351 – 363.

Ianoro, A., Poulet, S.A., Miralto, A., 1995. A comparative study of the inhibitory effect of diatoms on the reproductive biology of the copepod *Temora stylifera*. *Marine Biology* 121, pp. 533–539.

Ikeda, T., 1973. On the criteria to select copepod species for mass culture. *Bulletin of the Plankton Society of Japan* 20, pp. 41 – 48.

Izquierdo MS, Tandler A, Salhi M, Kolkovski S., 2001. Influence of dietary polar lipids quantity and quality on ingestion and assimilation of labeled fatty acids by larval gilthead seabream. *Aquaculture Nutrition* 7, pp. 153 – 160.

Jacoby C. A. and Youngbluth M. J., 1983. Mating behavior in three species of *Pseudodiaptomus* (Copepoda: Calanoida). *Marine Biology* 76, pp. 77 - 86.

Jacoby, C.A., Greenwood, J.G., 1989. Emergent zooplankton in Moreton Bay, Queensland, Australia: seasonal, lunar, and diel patterns in emergence and distribution with respect to substrata. *Marine Ecology Progress Series* 51 (1–2), pp. 131 – 154.

Jónasdóttir, S.H., 1994. Effects of food quality on the reproductive success of *Acartia tonsa* and *Acartia hudsonica*: laboratory observations. *Marine Biology* 121, pp. 67 – 81.

Kanazawa A., 1997. Effects of docosahexaenoic acid and phospholipids on stress tolerance of fish. *Aquaculture* 155, pp. 129 – 134.

Karanas, J. J., Worrest, R. C. and Van Dyke, H., 1981. Impact of UV-B radiation on the fecundity of the copepod *Acartia clausi*. *Marine Biology* 65, pp. 125 – 133.

Karentz, D., McEuen, F. S., Land, M. C. and Dunlap, W. C., 1991. Survey of mycosporin-like amino acid compounds in Antarctic marine organisms: Potential protection from ultraviolet exposure. *Marine Biology* 108, pp. 157 – 166.

Kelly, M. W., DeBiasse, M. B., Villela, V. A., Hope, L., Cecola, C. F., 2016. Adaptation to climate change: trade-offs among responses to multiple stressors in an intertidal crustacean. *Evolutionary Applications* 9, pp. 1147 – 1155.

Kenari, A.A., Mirzakhani, M.K., 2005. Effects of using Artemia urmiana enriched with N-3 HUFA in first feeding of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) larvae. *Caspian Journal of Environmental Sciences* 3, pp. 123 – 129.

Kim, H.J., Yamade, T., Iwasaki, K., Marcial, H.S., Hagiwara, A., 2019. Phototactic behavior of the marine harpacticoid copepod *Tigriopus japonicus* related to developmental stages under various light conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 518, pp. 151 - 183.

Kimmel, D.G., Bradley, B.P., 2001. Specific protein responses in the calanoid copepod *Eurytemora affinis* (Poppe, 1880) to salinity and temperature variation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 266, pp. 135 - 149.

Kiørboe T., 2011. Horizons. What makes pelagic copepods so successful? *Journal of Plankton Research* 33 (5), pp. 677 - 685

Kiørboe, T., 2011. How zooplankton feed: Mechanisms, traits and trade-offs. *Biological Reviews* 86 (2), pp. 311 – 339.

Kiørboe, T., Møhlenberg, F. Hamburger, K., 1985. Bioenergetics of the planktonic copepod *Acartia tonsa*: relation between feeding, egg production and respiration, and composition of specific dynamic action. *Marine Ecology Progress Series* 26, pp. 85 – 97.

Kiørboe, T., Saiz, E., Viitasalo, M., 1996. Prey switching behaviour in the planktonic copepod *Acartia tonsa*. *Marine Ecology Progress Series* 143, pp. 65 – 75.

Klein Breteler, W.C.M., 1980. Continuous breeding of marine pelagic copepods in the presence of heterotrophic dinoflagellates. *Marine Ecology Progress Series* 2, pp. 229 – 233.

Kleppel, G.S., Burkart, C.A., 1995. Egg production and the nutritional environment of *Acartia tonsa*: the role of food quality in copepod nutrition. *ICES Journal of Marine Science* 52, pp. 297 – 304.

Klungsøyr J, Tilseth S, Wilhelmsen S, Falk-Peterson S, Sargent JR., 1989. Fatty acid compositon as an indicator of food intake in cod larvae *Gadus morhua* from Lofoten, Northern Norway. *Marine Biology* 102, pp. 183 – 188.

Kouassi E., Pagano M., Saint-Jean L., Arfi R, Bouvy M., 2001. Vertical Migrations and Feeding Rhythms of *Acartia clausi* and *Pseudodiaptomus hessei* (Copepoda: Calanoida)

in a Tropical Lagoon (Ebrie´, Coˆte d'Ivoire). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 52, pp. 715 – 728.

Krause, K. E., Dinh, K. V., & Nielsen, T. G., 2017. Increased tolerance to oil exposure by the cosmopolitan marine copepod Acartia tonsa. Science of the Total Environment 607–608, pp. 87 – 94.

Kumar, A., Tyagi, M. B., Srinivas, G., Singh, N., Kumar, H. D., Sinha, R. P and Häder, D. P., 1996. UVB shielding role of FeCl3 and certain cyanobacterial pigments. *Photochemistry and Photobiology* 64, pp. 321 – 325.

Kyba, C.C.M., Kuester, T., de Miguel, A.S., Baugh, K., Jechow, A., Holker, F., Bennie, J., Elvidge, C.D., Gaston, K.J., Guanter, L., 2017. Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Science Advances* 3 (11).

Lacoste, A., Poulet, S.A., Cueff, A., Kattner, G., Ianora, A., Laabir, M., 2001. New evidence of the copepod maternal food effects on reproduction. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 259, pp. 85 – 107.

Lawrence, C., Sanders, E., Henry, E., 2012. Methods for culturing saltwater rotifers (*Brachionus plicatilis*) for rearing larval zebrafish. *Zebrafish* 9, pp. 140 – 146.

Lazzaretto, I. & Salvato, B., 1992. Cannibalistic behaviour in the harpacticoid copepod *Tigriopus fulvus*. Marine Biology 113, pp. 579 – 582.

Le Borgne, R., 1986. The release of soluble end products of metabolism. In: The Biological Chemistry of Marine Copepods (Ed. by E.D.S. Corner & S.C.M. O'Hara), pp. 109–164. Clarendon Press, Oxford.

Le, D.V.B., Nguyen, P.N., Dierckens, K., Nguyen, D.V., Schryver, P.D., Hagiwara, A., Bossier, P., 2017. Growth performance of the very small rotifer *Proales similis* is more dependent on proliferating bacterial community than the bigger rotifer *Brachionus rotundiformis*. *Aquaculture* 476, pp. 185 – 193.

Leach Taylor H., Craig E. Williamson, Noratheodore, Janet M. Fischer and Mark H. Olson, 2015. The role of ultraviolet radiation in the diel vertical migration of zooplankton: an experimental test of the transparencyregulator hypothesis. *Journal of Plankton Research* 37 (5), pp. 886 – 896.

Lee C.E., 1999. Rapid and repeated invasions of fresh water by the copepod *Eurytemora affinis*. *Evolution* 53 (5), pp. 1423 - 1434.

Lee C.E., 2016. Evolutionary mechanisms of habitat invasions, using the copepod *Eurytemora affinis* as a model system. *Evolutionary Applications* 9, pp. 248 – 270.

Lee H.-W., Ban S., Ando Y., Ota T., Ikeda T., 1999. Deleterious eff ect of diatom diets on egg production and hatching success in the marine copepod *Pseudocalanus newmani*. *Plankton Biology and Ecology* 46 (2), pp. 104 - 112.

Lee, K. W., Park, H. G., Lee, S. M. and Kang, H. K., 2006. Effects of diets on the growth of the brackish water cyclopoid copepod *Paracyclopina nana* Smirnov. *Aquaculture* 256, pp. 346 – 353.

Lehette Pascal, Siok Mei Ting, Li-Lee Chew, Ving Ching Chong, 2016. Respiration rates of the copepod *Pseudodiaptomus annandalei* in tropical waters: beyond the thermal optimum. *Journal of Plankton Research* 0(0), pp. 1 – 12.

Li J., Sun S., Li C.-l., Zhang Z., Pu X.-m., 2008. Effects of different diets on the reproduction and naupliar development of the copepod *Acartia bifilosa*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 355 (2), pp. 95 - 102.

Lindley L.C.,1, Phelps R.P., Davis D.A., Cummins K.A., 2011. Salinity acclimation and free amino acid enrichment of copepod nauplii for first-feeding of larval marine fish . *Aquaculture* 318, pp. 402 – 406

Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., Aarninkhof, S., 2018. The state of the world's beaches. *Scientific Reports* 8 (6641).

Lund-Hansen, L. C., Jensen, K. T., Andersen, T. J., Nielsen, M. H., DoanNhu, H., Lam, N. N., 2018. Impacts and effects of a historical high and ENSO linked freshwater inflow in the tropical estuary Nha Phu, southeast Vietnam. *Regional Studies in Marine Science* 17, pp. 28 – 37.

Maeland A, Rønnestad I, Fyhn HJ, Berg L, Waagbø R., 2000. Water-soluble vitamins in natural plankton (copepods) during two consecutive spring blooms compared to vitamins in *Artemia franciscana* nauplii and metanauplii. Marine Biology 136, pp. 765 – 772.

Marcus, N. H., 2005. Calanoid copepods, resting eggs, and aquaculture. In: *Copepods in Aquaculture* (ed. by C.-S. Lee, P. J. O'Bryen, N. H. Marcus), pp. 3 - 9. Blackwell Publishing, Iowa USA.

Marcus, N.H., Murray, M., 2001. Copepod diapause eggs: a potential source of nauplii for aquaculture. *Aquaculture* 201, pp. 107 – 115.

Mauchline, J., 1998. Copepods in ecosystems. In Blaxter, J. H. S., Southward, A. J. and Tyler, P. A. (eds). The Biology of Calanoid Copepods, Vol. 33, Elsevier Academic Press, London, UK, pp. 519–527 ISBN 0-12-105545-0.

Mauchline, J. (ed.)., 1998. Advances in Marine Biology. The Biology of Calanoid Copepods. Academic Press, New York.

McEvoy, L., Næss, T., Bell, J.G., Lie, O., 1998. Lipid and fatty acid composition of normal and malpigmented Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed enriched Artemia: a comparison with fry fed wild copepods. *Aquaculture* 163, pp. 235 – 248.

McKinnon, A. D. and Klumpp, D., 1998. Mangrove zooplankton of North Queensland, Australia. *Hydrobiologica* 362, pp. 145 – 160.

McKinnon, A. D., Duggan, S., Nichols, P. D., Rimmer, M. A., Semmens, G., Robino, B., 2003. The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in aquaculture. *Aquaculture* 223, pp. 89 - 106.

Messmer, V., Pratchett, M.S., Hoey, A.S., Tobin, A.J., Coker, D.J., Cooke, S.J., Clark, T.D., 2017. Global warming may disproportionately affect larger adults in a predatory coral reef fish. *Global Change Biology* 23 (6), pp. 2230 – 2240.

Milione Michael and Zeng Chaoshu, 2007. The effects of algal diets on population growth and egg hatching success of the tropical calanoid copepod, *Acartia sinjiensis*. *Aquaculture* 273, pp. 656 – 664.

Miliou, H., 1992. Effects of light (photoperiod, spectral composition) on the population dynamics of *Tisbe holothuriae* Humes (Copepods, Harpacticoida). *Hydrobiologia* 232 (3), pp. 201 – 209.

Miliou, H., Moraïtou-Apostolopoulou, M., Argyridou, M., 1992. Biochemical composition of *Tisbe holothuriae* (Copepoda: Harpacticoida) and its differentiation in relation to developmental stages. *Ophelia* 36, pp. 159 – 166.

Miljeteig, C., Olsen, A.J., Barnes, A.S., Altin, D., Nordtug, T., Alver, M.O., Speed, J.D.M., Jenssen, B.M., 2014. Sex and life stage dependent phototactic response of the marine copepod *Calanus finmarchicus* (Copepoda: Calanoida). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 451, pp. 16 – 24.

Miralto, A., Barone, G., Romano, G., S. A. Poulet, A. Ianora, G. L. Russo, I. Buttino, G. Mazzarella, M. Laabir, M. Cabrini, M. G. Giacobbe, 1999. The insidious effect of diatoms on copepod reproduction. *Nature* 402, pp. 173 – 176.

Moe, S.J., De Schamphelaere, K., Clements, W.H., Sorensen, M.T., Van den Brink, P.J., Liess, M., 2013. Combined and interactive effects of global climate change and toxicants on populations and communities. *Environmental Toxicology and Chemistry* 32 (1), pp. 49 – 61.

Moorhead, J.A., Zeng, C., 2010. Development of captive breeding techniques for marine ornamental fish: A review. *Reviews in Fisheries Science* 18, pp. 315 – 343.

Morehead DT, Battaglene SC, Metillo EB, Brandsen MP, Dunstan GA., 2005. Calanoid copepods, resting eggs, and aquaculture. In: Lee C-S, O'Bryen PJ, Marcus NH (eds) Copepods in aquaculture. Blackwell, Oxford, pp. 195 – 207.

Moreno, V. J., De Moreno, J. E. A. and Brenner, R. R., 1979. Fatty acid metabolism in the Calanoid Copepod *Paracalanus parvus*: 1. Polyunsaturated fatty acids. *Lipids* 14, pp. 313 - 317.

Moser Gleyci A. Oliveira, Barrera-Alba José Juan,· Ortega María J., Catharina Alves-de-Souza and Ana Bartual, 2022. Comparative characterization of three *Tetraselmis chui* (Chlorophyta) strains as sources of nutraceuticals. *Journal of Applied Phycology* 34, pp. 821 – 835.

Müller-Navarra D.C., Brett M.T., Liston A.M., Goldman C.R., 2000. A highly unsaturated fatty acid predicts carbon transfer between primary producers and consumers. *Nature* 403 (6765), pp. 74 - 77.

Mulyadi, M., 2004. Calanoid copepods in Indonesian waters, 1st ed. Bogor, Indonesia: Research Center for Biology, Indonesian Institute of Sciences (LIPI).

Munilla-Moran, R., Stark, J.R., Barbour, A., 1990. The role of exogenous enzymes in digestion in cultured turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture* 88, pp. 337 – 350.

Næss, T., Lie, Ø., 1998. A sensitive period during first feeding for the determination of pigmentation pattern in Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L., juveniles: the role of diet. *Aquaculture Research* 29, pp. 925 – 934.

Naganuma T., T.Inoue and Uye S., 1997. Photoreactivation of UV-induced damage to embryos of a planktonic copepod. *Journal of Plankton Research* 19 (6), pp. 783 - 787.

Nagaraj M., 1992. Combined effects of temperature and salinity on the development of the copepod *Eurytemora affinis*. *Aquaculture* 103, pp. 63 - 71.

Nakamura, Y. and Turner, J. T., 1997. Predation and respiration by the small cyclopoid copepod *Oithona similis*: how important is feeding on ciliates and heterotrophic flagellates? *Journal of Plankton Research* 19, pp. 1275 – 1288.

Nanton, D. A. and Castell, J. D., 1998. The effects of dietary fatty acid on the fatty acid composition of the harpacticoid copepod, *Tisbe sp*., for use as a live food for marine fish larvae. *Aquaculture* 163, pp. 251 – 261.

Nanton, D. A., Castell, J. D., 1999. The effects of temperature and dietary fatty acids on the fatty acid compositionof harpacticoid copepods, for use as live food for marine fish larvae. *Aquaculture* 175, pp. 167 - 181.

Naylor, R.L., R.J. Goldburg, J. Primavera, N. Kautsky, M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney, and M. Troell., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405, pp. 1097 – 1024.

Nesbit, K.T., Christie, A.E., 2014. Identification of the molecular components of a *Tigriopus californicus* (Crustacea, Copepoda) circadian clock. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D* 12, pp. 16 – 44.

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 *P. incisus*. *Aquaculture Research* 00: pp. 1 – 12.

Nielsen Bolette Lykke Holm, Louise Gøtterup, Tue Sparholt Jørgensen, Benni Winding Hansen, Lars Hestbjerg Hansen, John Mortensen and Per Meyer Jepsen, 2019. n-3 PUFA biosynthesis by the copepod *Apocyclops royi* documented using fatty acid profile analysis and gene expression analysis. *Biology Open* 8.

Nogueira Natacha, Bernardo Sumares, Carlos Alberto Pestana Andrade, Antonio Afonso, 2017. The effects of temperature and photoperiod on egg hatching success, egg production and population growth of the calanoid copepod, *Acartia grani* (Calanoida: Acartiidae). *Aquaculture Research, pp.* 1 – 11.

Noor Nur Syuhada Mat, Arshad Aziz, S.M. Nurul Amin and Mohd Salleh Kamarudin, 2018. Effect of salinity, temperature, light intensity and photoperiod on reproduction, larval

development and life cycle of cyclopoid copepod, *Oithona simplex* (Farran, 1913). *Asian Journal of Biological Sciences* 11 (1), pp. 33 - 40.

Norsker N-H, Støttrup JG., 1994. The importance of dietary HUFA'S for fecundity and HUFA content in the harpacticoid, *Tisbe holothuriae* Humes. *Aquaculture* 125, pp. 155 – 166.

Norsker, N. H. and Støttrup, J. G., 1994. The importance of dietary HUFAs for fecundity and HUFA content in the harpacticoid, *Tisbe holothuriae* Humes. *Aquaculture* 125, pp. 155 – 166.

Noyes, P.D., McElwee, M.K., Miller, H.D., Clark, B.W., Van Tiem, L.A., Walcott, K.C., Erwin, K.N., Levin, E.D., 2009. The toxicology of climate change: Environmental contaminants in a warming world. Environment International 35 (6), pp. 971 – 986.

Oglend, A., 2013. Recent trends in salmon price volatility. *Aquaculture Economics & Management* 17 (3), pp. 281 – 299.

Ohlberger, J., 2013. Climate warming and ectotherm body size - from individual physiology to community ecology. *Functional Ecology* 27 (4), pp. 991 – 1001.

Ohno, A., 1991. Fundamental study on the extensive seed production of the red sea bream, *Pagrus major*. Special Research Report No. 2, Japan Seafarming Association, Tokyo, Japan, pp. 110 (In Japanese with English abstract).

Ohs, C. L., Rhyne, A. L., Grabe, S. W., DiMaggio, M. A., Stenn, E., 2010. Effects of salinity on reproduction and survival of the calanoid copepod *Pseudodiaptomus pelagicus*. *Aquaculture* 307 (3), pp. 219 – 224.

Olivotto, I., Buttino, I., Borroni, M., Piccinetti, C.C., Malzone, M.G., Carnevali, O., 2008. The use of the Mediterranean calanoid copepod Centropages typicus in Yellowtail clownfish (*Amphiprion clarkii*) larviculture. *Aquaculture* 284, pp. 211 – 216.

Olivotto, I., Chemello, G., Vargas, A., Randazzo, B., Piccinetti, C.C. Carnevali, O., 2017. Marine ornamental species culture: From the past to "Finding Dory". *General and Comparative Endocrinology* 245, pp. 116 – 121.

Olsen RE, Henderson RJ, Pedersen T., 1991. The influence of dietary lipid classes on the fatty acid composition of small cod *Gadus morhua* L. juveniles reared in an enclosure in Northern Norway. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 148, pp. 59 – 76.

Overholt Erin P., Kevin C. Rose, Craig E. Williamson, Janet M. Fischer and Nathalie A. Cabrol, 2016. Behavioral responses of freshwater calanoid copepods to the presence of ultraviolet adiation: avoidance and attraction. *Journal of Plankton Research* 0(0), pp. 1 – 11.

Paffenhöfer, G.A., 1993. On the ecology of marine cyclopoid copepods (Crustacea, Copepoda). *Journal of Plankton Research* 15 (1), pp. 37 - 55.

Pan Y.J., Sadovskaya I., Hwang J.S., Souissi S., 2018. Assessment of the fecundity, population growth and fatty acid composition of *Apocyclops royi* (Cyclopoida, Copepoda) fed on different microalgal diets. *Aquaculture Nutrition* 24 (3), pp. 970 - 978.

Pan, Y. J., Souissi, A., Souissi, S., Hwang, J. S., 2016. Effects of salinity on the reproductive performance of *Apocyclops royi* (Copepoda, Cyclopoida). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 475, pp. 108 – 113.

Pan, Y.-J., Sadovskaya, I., Hwang, J.-S. and Soussi, S., 2017. Assessment of the fecundity, population growth and fatty acid composition of *Apocyclops royi* (Cyclopoida, Copepoda) fed on different microalgal diets. *Aquaculture Nutrition* 24, pp. 970 - 978.

Payne, M. F., Rippingale, R. J., 2001a. Effects of salinity, cold storage and enrichment on the calanoid copepod *Gladioferens imparipes*. *Aquaculture* 201 (3–4), pp. 251 – 262.

Payne, M.F. and Rippingale, R.J., 2000b. Rearing West Australian seahorse, *Hippocampus subelongatus*, juveniles on copepod nauplii and enriched Artemia. *Aquaculture* 188, pp. 353 – 361.

Peck Myron A., Ewest Bianca, Holste Linda, Kanstinger Philipp, Martin Meike, 2008. Impacts of light regime on egg harvests and 48-h egg hatching success of *Acartia tonsa* (Copepoda: Calanoida) within intensive culture. *Aquaculture* 275, pp. 102 – 107.

Peck Myron A., Holste Linda, 2006. Effects of salinity, photoperiod and adult stocking density on egg production and egg hatching success in *Acartia tonsa* (Calanoida: Copepoda): Optimizing intensive cultures. *Aquaculture* 255 (1–4), pp. 341 - 350.

Pederson, B. H., 1984. The intestinal evacuation rate of larval herring (*Clupea harengus* L.) predating on wildzooplankton. *Dana* 3, pp. 21 - 30.

Pepe-Victoriano, R., Araya, M., Faundez, V., 2012. Temperature effect on embryonic survival and early larval stages of *Psetta maxima*. *International Journal of Morphology* 30 (4), pp. 1551 – 1557.

Perumal P., Rajkumar M. and Santhanam P., 2009. Biochemical composition of wild copepods, *Acartia spinicauda* and Oithona similis, from Parangipettai coastal waters in relation to environmental parameters. *Journal of Environmental Biology* 30 (6), pp. 995 - 1005.

Posavi Marijan, Gregory William Gelembiuk, Bret Larget, and Carol Eunmi Lee, 2014. Testing for beneficial reversal of dominance during salinity shifts in the invasive copepod *Eurytemora affinis*, and implications for the maintenance of genetic variation. *Evolution* 68-11, pp. 3166 – 3183.

Poulet, S. A., Laabir, M., Ianora, A. and Miralto, A., 1995. Reproductive response of *Calanus helgolandicus*. 1. Abnormal embryonic and naupliar development. *Marine Ecology Progress Series* 129, pp. 85 – 95.

Preziosi, B.M., Runge, J.A., 2014. The effect of warm temperatures on hatching success of the marine planktonic copepod, *Calanus finmarchicus*. *Journal of Plankton Research* 36 (5), pp. 1381 – 1384.

Pulgar, J., Zeballos, D., Vargas, J., Aldana, M., Manriquez, P.H., Manriquez, K., Quijon, P.A., Widdicombe, S., Anguita, C., Quintanilla, D., Duarte, C., 2019. Endogenous cycles, activity patterns and energy expenditure of an intertidal fish is modified by artificial light pollution at night (ALAN). *Environmental Pollution* 244, pp. 361 – 366.

Radhika R., Bijoy Nandan S.and Harikrishnan M., 2016. Morphological and molecular identification of marine copepod *Oithona rigida* Giesbrecht, 1896 (Crustacea:Cyclopoida) based on mitochondrial COI gene sequences, from Lakshadweep sea, India . Mitochondrial DNA.

Rahlff Janina, Janna Peters, Marta Moyano, Ole Pless, Carsten Claussen, Myron A. Peck, 2016. Short-term molecular and physiological responses to heat stress in neritic copepods *Acartia tonsa* and *Eurytemora affinis*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 203, pp. 348 - 358.

Rainuzzo JR, Reitan KI, Jørgensen L., 1992. Comparative study on the fatty acid and lipid composition of four marine fish larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 103B, pp. 21 – 26.

Rainuzzo JR, Reitan KI, Olsen Y, 1994. Effect of short and long term lipid enrichment on total lipids, lipid class and fatty acid composition in rotifers. *Aquaculture International* 2, pp. 19 – 32.

Rayner Thomas Allan, Hwang Jiang-Shiou, Hansen Benni Winding, 2017. Minimizing the use of fish oil enrichment in live feed by use of a self-enriching calanoid copepod *Pseudodiaptomus annandalei*. *Journal of Plankton Research* 00(00), pp. 1 – 8.

Rayner, T. A., Jørgensen, N. O. G., Blanda, E., Wu, C. H., Huang, C. C., Mortensen, J., Hwang, J. S. and Hansen, B. W., 2015. Biochemical composition of the promising live feed tropical calanoid copepod *Pseudodiaptomus annandalei* (Sewell 1919) cultured in Taiwanese outdoor aquaculture ponds. *Aquaculture* 441, pp. 25 – 34.

Reguera, B., 1984. The effect of ciliate contamination in mass cultures of the rotifer, *Brachionus plicatilis* O.F. Müller. *Aquaculture* 40, pp. 103 – 108.

Reitan, K.I., Rainuzzo, J.R. Olsen, Y., 1994. Influence of lipid composition of live feed on growth, survival and pigmentation of turbot larvae. *Aquaculture International* 2, pp. 33 – 48.

Rhyne, A. L., Ohs, C. L. and Stenn, E., 2009. Effects of temperature on reproduction and survival of the calanoid copepod *Pseudodiaptomus pelagicus*. *Aquaculture* 292, pp. 53 – 59.

Rieper, M., 1978. Bacteria as a food source for marine harpacticoid copepods. Marine Biology 45, pp. 337 – 345.

Rodriguez Carolina Alonso, Howard I. Browman, Jeffrey A. Runge, Jean-François St-Pierre, 2000. Impact of solar ultraviolet radiation on hatching of a marine copepod, *Calanus finmarchicus*. *Marine Ecology Progress Series* 193: pp 85 - 93.

Rønnestad I, Helland S, Lie Ø., 1998. Feeding Artemia to larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) results in lower larval vitamin A content compared with feeding copepods. *Aquaculture* 165, pp. 159 – 164.

Rønnestad, I., Thorsen, A., Finn, R.N., 1999. Fish larval nutrition: a review of recent advances in the roles of amino acids. *Aquaculture* 177, pp. 201 – 216.

Ruebhart, D.R., Cock, I.E., Shaw, G.R., 2008. Brine shrimp bioassay: Importance of correct taxonomic identification of Artemia (Anostraca) species. *Environmental Toxicology* 23, pp. 555 – 560.

Sabatini Marina and KiØrboe Thomas, 1994. Egg production, growth and development of the cyclopoid copepod *Oithona similis*. *Journal of Plankton Research* 16 (10), pp. 1329 — 1351.

Sagarin, R. D., Barry, J. P., Gilman, S. E. and Baxter, C. H., 1999. Climate-related change in an intertidal community over short and long time scales. *Ecological Monographs* 69, pp. 465 – 490.

Santhanam P., Ananth S., Dinesh Kumar S., Sasirekha R., Premkumar C., Jeyanthi S., and Shenbaga Devi A., 2018. An Intensive Culture Techniques of Marine Copepod *Oithona rigida* Giesbrecht. In book: Basic and Applied Zooplankton Biology (pp.367-394). Publisher: Springer.

Santhanam, P., and Perumal P., 2012. Effect of temperature, salinity and algal food concentration on population density, growth and survival of marine copepod *Oithona rigida* Giesbrecht. *Indian Journal of Marine Science* 41, pp. 369.

Santhanam, P., and Perumal P., 2013. Developmental biology of brackishwater copepod *Oithona rigida* Giesbrecht: A laboratory investigation. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences* 42 (2), pp. 236 - 243.

Santhanam, P., S. Ananth, R. Nandakumar, T. Jayalakshmi, M. Kaviyarasan, and P. Perumal. 2015. Intensive indoor and outdoor pilot scale culture of marine copepods. In Advances in Marine and Brackish Water Aquaculture, ed. P. Santhanam, A.R. Thirunavukkarasu, and P. Perumal, 33–42. New Delhi: Springer. (ISBN: 978-81-3222270-5).

Sargent JR, Henderson RJ., 1986. Lipids. In: Corner EDS, O'Hara SCM (eds) The biological chemistry of marine copepods. Oxford University Press, Oxford, pp 59 – 108.

Sargent J.R., McEvoy L.A., Estevez A., Bell J.G., Bell M.V., Henderson R.J., Tocher D.R., 1999. Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions. *Aquaculture* 179, pp. 217 - 229.

Sargent, J. R., McEvoy, L. A. and Bell, J. G., 1997. Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. *Aquaculture* 155, pp. 117 – 127.

Sargent, J.R., Falk-Petersen, S., 1988. The lipid biochemistry of calanoid copepods. *Hydrobiologia* 167/168, pp. 101 – 114.

Sargent, J.R., Henderson, R.J., 1986. Lipids. In: The Biological Chemistry of Marine Copepods (Ed. by E.D.S. Corner & S.C.M. O'Hara), pp. 58 – 108. Clarendon Press, Oxford.

Sargent, J.R.; McEvoy, L.A. and Bell, J.G., 1997. Requirments, Presentation and Sources of Polyun-saturated Fatty Acids in Marine Fish Larval Feeds. *Aquaculture* 155, pp. 117 - 127.

Satapoomin, S., Nielsen, T. G. and Hansen, P. J., 2004. Andaman Sea copepods: spatio-temporal variations in biomass and production, and role in the pelagic food web. *Marine Ecology Progress Series* 274, pp. 99 – 122.

Schipp G..P, Bosmans, J.M.P., Marshall, A.J., 1999. A method for hatchery culture of tropical calanoid Copepoda, *Acartia spp*. *Aquaculture* 174, pp. 81 – 88.

Seifried S. and Duèrbaum J., 2000. First clear case of carnivory in marine Copepoda Harpacticoida. *Journal of Natural History* 34, pp. 1595 – 1618.

Shick, J. M., Lesser, M. P. and Jokiel, P. L., 1996. Effects of ultraviolet radiation on corals and other coral reef organisms. *Global Change Biology* 2, pp. 527 – 545.

Shields R.J., Bell J.G., Luizi F.S., Gara B., Bromage N.R., Sargent J.R.,1999. Natural copepods are superior to enriched Artemia nauplii as feed for halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus*) in terms of survival, pigmentation and retinal morphology: relation to dietary essential fatty acids. Nutrition Journal 129, pp. 1186 – 1194.

Shields R.J., Laidley C.W., 2003. Intensively cultured paracalanid copepods: high quality diet for small tropical marine fish larvae? Global Aquaculture Advocate Archives, pp. 80.

Shields, R. J., 2001. Larviculture of marine finfish in Europe. *Aquaculture* 200, pp. 55 – 88.

Shin K., Jang M.-C., Jang P.-K., Ju S.-J., Lee T.-K. and Chang M., 2003. Influence of food quality on egg production and viability of the marine planktonic copepod *Acartia omorii*. *Progress in Oceanography* 57 (3-4), pp. 265 - 277.

Siqwepu, O., Richoux, N.B.,Vine, N.G., 2017. The effect of different dietary microalgae on the fatty acid profile, fecundity and population development of the calanoid copepod *Pseudodiaptomus hessei* (Copepoda: Calanoida). *Aquaculture* 468, pp. 162 – 168.

Skreslet, S., Borja, A., Bugliaro, L., Hansen, G., Meerko¨tter, R., Olsen, K., and Verdebout, J., 2005. Some effects of ultraviolet radiation on the reproduction of *Calanus finmarchicus* (Copepoda) and the year class formation in Arcto-Norwegian cod (Gadus morhua). *Journal of Marine Science* 62, pp. 1293 - 1300.

Smale, D.A., Wernberg, T., Oliver, E.C.J., Thomsen, M., Harvey, B.P., Straub, S.C., Burrows, M.T., Alexander, L.V., Benthuysen, J.A., Donat, M.G., Feng, M., Hobday, A.J., Holbrook, N.J., Perkins-Kirkpatrick, S.E., Scannell, H.A., Sen Gupta, A., Payne, B.L., Moore, P.J., 2019. Marine heatwaves threaten global biodiversity and the provision of ecosystem services. Nature Climate Change 9, pp. 306 – 312.

Sokolova, I.M., Lannig, G., 2008. Interactive effects of metal pollution and temperature on metabolism in aquatic ectotherms: Implications of global climate change. Climate Research 37 (2–3), pp. 181 – 201.

Sommer, U., Peter, K.H., Genitsaris, S., Moustaka-Gouni, M., 2017. Do marine phytoplankton follow Bergmann's rule sensu lato? Biological Reviews 92 (2), pp. 1011 – 1026.

Sorgeloos P., Dhert, P., Candreva, P., 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture* 200, pp. 147 – 159.

Sorgeloos, P., Bossuyt, E., Laviña, E.M., Baeza-Mesa, M., Persoone, G., 1977. Decapsulation of Artemia cysts: A simple technique for the improvement of the use of brine shrimp in aquaculture. *Aquaculture* 12, pp. 311 – 315.

Souissi Anissa, Sami Souissi, Benni W Hansen, 2014. Physiological improvement in the copepod *Eurytemora affinis* through thermal and multi generational selection. *Aquaculture Research* 2014, pp. 1 – 16.

Speekmann Christa L., Stephen M.Bollens and Sean R.Avent, 2000. The effect of ultraviolet radiation on the vertical distribution and mortality of estuarine zooplankton. *Journal of Plankton Research* 22 (12), pp. 2325 – 2350.

Sprecher, H., 2000. Metabolism of highly unsaturated n-3 and n-6 fatty acids. *Biochimica et Biophysica Acta* 1486, pp. 219 - 231.

Stearns, D. E. and R. B. Forward. 1984a. Copepod behavior in a simulated natural environment and its relation to nocturnal vertical migration. *Marine Biology* 82, pp. 91-100.

Stearns, D. E. and R. B. Forward. 1984b. Photosensitivity of the calanoid *Acartia tonsa*. *Marine Biology* 82, pp. 85 - 89.

Støttrup J.G., 2003. Production and nutritional value of copepods. In: Støttrup J.G., McEvoy L.A. (eds). Live feeds in marine aquaculture. Blackwell, Oxford, 318 pp.

Stottrup J.G., 2000. The elusive copepods: their production and suitability in marine aquaculture. *Aquaculture Research* 3, pp. 703 - 711.

Støttrup Josianne G., 2003. Chapter 5. Production and Nutritional Value. In Live Feeds in Marine Aquaculture of Copepods. Blackwell Science Ltd a Blackwell Publishing Compan.

Støttrup, J.G. & Jensen, J., 1990. Influence of algal diet on feeding and egg production of the calanoid copepod *Acartia tonsa* Dana. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 141, pp. 87–105.

Støttrup, J.G. & Norsker, N.H., 1997. Production and use of copepods in marine fish larviculture. *Aquaculture* 155, pp. 231 – 247.

Støttrup, J.G., 2000. The elusive copepods. Their production and suitability in marine aquaculture. *Aquaculture Research* 31, pp. 703 - 711.

Støttrup, J.G., 2006. A review on the status and progress in rearing copepods for marine larviculture. Advantages and disadvantages among calanoid, harpacticoid and cyclopoid copepods. Avences en Nutrición Acuícola VIII. Memorías del Octavo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, Mazatlán, Sinaloa, México, pp. 62–83.

Stottrup, J.G., Bell, J.G., Sargent, J.R., 1999. The fate of lipids during development and cold storage of eggs in the laboratory reared calanoid copepod *Acartia tonsa* Dana and in response to different algal diets. *Aquaculture* 176, pp. 257 – 269.

Su, H.M., Su, M.S. & Liao, C.I., 1997. Collection and culture of live foods for aquaculture in Taiwan. *Hydrobiologia* 358, pp. 37 – 40.

Susumu Ohtsuka & Rony Huys, 2001. Sexual dimorphism in calanoid copepods: morphology and function. *Hydrobiologia* 453/454, pp. 441 - 466.

Takashi Takahashi and Isamu Uchiyama, 2007. Morphology of the naupliar stages of some *Oithona* species (Copepoda: Cyclopoida) occurring in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Plankton & Benthos Research* 2 (1), pp. 12 – 27.

Tartarotti Barbara, Nadine Saul, Shumon Chakrabarti, Florian Trattner, Christian E.W. Steinberg and Ruben Sommaruga, 2014. UV-induced DNA damage in Cyclops abyssorum tatricus populations from clear and turbid alpine lakes. *Journal of Plankton Research* 36 (2), pp. 557 – 566.

Tartarotti Barbara, Sergio Cabrera, Roland Psenner and Ruben Sommaruga, 1999. Survivorship of Cyclops Abyssorum tatricus (Cyclopoida, Copepoda) and Boeckella gracilipes (Calanoida, Copepoda) under ambient levels of solar UVB radiation in two high-mountain lakes. *Journal of Plankton Research* 21 (3), pp. 549 –560.

Thuong, T. D., Hoang, T., 2015. Rearing the spotted seahorse *Hippocampus kuda* by feeding live and frozen copepods collected from shrimp ponds. *Aquaculture Research* 46 (6), pp. 1356 – 1362.

Tiselius, P., Jonsson, P.R., 1990. Foraging behaviour of six calanoid copepods: observations and hydrodynamic analysis. *Marine Ecology Progress Series* 66, pp. 23 – 33.

Toledo, J. D., Golez, S. N., Doi, M. and Ohno, A., 1999. Use of copepod nauplii during early feeding stage of Grouper *Epinephelus coioides*. *Fisheries Science* 65, pp. 390 – 397.

Tøttrup, J. G., Jensen, J., 1990. Influence of algal diet on feeding and egg production of the calanoid Copepoda *Cartia tonsa* Dana. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 141, pp. 87 - 105.

Truong Trinh Si-Hai, Cho Nguyen, Nguyen-Ngoc Lam, K. Thomas Jensen, 2014. Seasonal and spatial distribution of mesozooplankton in a tropical estuary, Nha Phu, South Central Viet Nam. *Biologia* 69 (1), pp. 80 - 91.

Truong, K.N., Vu, N.-A., Doan, N.X., Le, M.-H., Vu, M.T.T., Dinh, K.V., 2020. Predator cues increase negative effects of a simulated marine heatwave on tropical zooplankton. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 1514, pp. 530 – 53115.

Truong, T. S. H., Nguyen, C., Lam, N. N., Jensen, K. T., 2014. Seasonal and spatial distribution of mesozooplankton in a tropical estuary, Nha Phu South Central Viet Nam. *Biologia* 69 (1), pp. 80 – 91.

Turingan, R.G., J.L. Beck, J.M. Krebs, and J.D. Licamele., 2005. Development of feeding mechanics in marine fish larvae and the swimming behavior of zooplankton prey: Implications for rearing marine fishes. In Copepods in Aquaculture, pp. 119 – 132.

Turk, P.E., Krejci, M.E., Yang, W.T., 1982. A laboratory method for the culture of *Acartia tonsa* (Crustacea: Copepoda) using rice bran. *Journal of Agriculture and Aquatic Science* 3, pp. 25 – 27.

Turner, J. T., 2004. The importance of small planktonic copepods and their roles in the pelagic marine food webs. *Zoological Studies* 43, pp. 255 – 266.

Van der Meeren T., 2003. Analysis of biochemical components in copepods for evaluation of feed quality for juvenile production of marine fish. *Prosjektrapport nr 5. Havforskningsinstituttet*, 39 pages.

Van der Meeren T., Olsen R.E., Hamre K., Fyhn H.J., 2008. Biochemical composition of copepods for evaluation of feed quality in production of juvenile marine fish. *Aquaculture* 274, pp. 375 – 397.

Van der Meeren, T., Naas, K.E., 1997. Development of rearing techniques using large enclosed ecosystems in the mass production of marine fish fry. *Fisheries Science* 5, pp. 367 – 390.

Van der Meeren, T., 1991. Selective feeding and prediction of food consumption in turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) reared on the rotifer *Brachionus plicatilis* and natural zooplankton. *Aquaculture* 93, pp. 35 – 55.

Vasudevan, S., M.P. Arulmoorthy, and P. Gnanamoorthy., 2013. Intensive cultivation of the calanoid copepod *Oithona rigida* for mariculture purpose. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences* 3, pp. 317 – 323.

Venkataramana Vankara, Sarat C. Tripathy and Narayana Pillai Anilkumar, 2017. The occurrence of blue-pigmented *Pontella valida* Dana, 1852 (Copepoda: Calanoida: Pontellidae) in the quatorial Indian Ocean. *Journal of Crustacean Biology* 1 – 4.

Vo, V. P., & Hoang, D. T., 2012. Study of fluctuations of zooplankton in Tam Giang - Cau Hai Lagoon system, Thua Thien Hue Province (Vietnam). *Journal of Science - Hue University*, 75A (6), pp. 123 – 133.

Walter, T.C., Susumu Ohtsuka, Lourdes V. Castillo, 2006. A new species of *Pseudodiaptomus* (Crustacea: Copepoda: Calanoida) from the Philippines, with a key to pseudodiaptomids from the Philippines and comments on the status of the genus Schmackeria. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 119 (2), pp. 202 - 221.

Wang G., Xu J., Jia Q., Zeng C., Wu L. and Wu D., 2017. Effects of microalgae as diets on the survival, development and fecundity of a pelagic cyclopoid copepod *Apocyclops borneoensis*. Marine Biological Association of the United Kingdom. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 97 (6), pp. 1251.

Wang Lianggen, Feiyan Du, Xuehui Wang, Yafang Li, Jiajia Ning, 2017. Distribution and role of the genus *Oithona* (Copepoda: Cyclopoida) in the South China Sea. *Oceanologia* 59, pp. 300 - 310.

Watanabe T., 1993. Importance of docosahexaenoic acid in marine larval fish. *Aquaculture Society* 24, pp. 152 – 161.

Wilcox, J. A., Patrick, L. T. and Marcus, N. H., 2006. Improving live feeds: effect of a mixed diet of copepod nauplii (*Acartia tonsa*) and rotifers on the survival and growth of first-feeding larvae of the Southern Flounder, Paralichthys lethostigma. *Journal of the World Aquaculture Society* 37, pp. 113 – 120.

Williams, T. D., Jones, M. B., 1999. Effects of temperature and food quantity on the reproduction of *Tisbe battagliai* (Copepoda: Harpacticoida). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 236 (2), pp. 273 – 290.

Williams, T.D. Jones, M.B., 1994. Effects of temperature and food quantity on postembryonic development of *Tisbe battagliai* (Copepoda: Harpacticoida). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 183, pp. 283 – 298.

Witt U., Quantz G., Kuhlmann D., Kattner G., 1984. Survival and growth of turbot larvae *Scophthalmus maximus* L. reared on different food organisms with special regard to long-chain polyunsaturated fatty acids. *Aquacultural Engineering* 3, pp. 177 – 190.

Yen, J., 1987. Predation by a carnivorous marine copepod, *Euchaeta norvegica* Boeck, on eggs and larvae of the North Atlantic cod *Gadus morhua* L. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 112, pp. 283 – 296.

Yoshimura, K., Tanaka, K., Yoshimatsu, T., 2003. A novel culture system for the ultra-high density production of the rotifer, *Brachionus rotundiformis*- a preliminary report. *Aquaculture* 227, pp. 165 – 172.

Zagarese Horacio E., Margarita Feldman and Craig E.Williamson, 1997. UV-B-induced damage and photoreactivation in three species of Boeckella (Copepoda, Calanoida). *Journal of Plankton Research* 19 (3), pp. 357 - 367.

Zagarese, H. E. and Williamson, C. E., 1994. Modelling the impacts of UV-B radiation on ecological interactions in freshwater and marine ecosystems, In Biggs, R. H. and Joyner, M. E. B. (eds), Stratospheric Ozone Depletion/UV-B Radiation in the Biosphere. Springer-Verlag, Berlin, pp. 315 – 328.

Zamora-Terol Sara, A. David Mckinnon, and Enric Saiz, 2014. Feeding and egg production of *Oithona spp.* in tropical waters of North Queensland, Australia. *Journal of Plankton Research* 36 (4), pp. 1047 – 1059.

Zamora-Terol, S. and Saiz, E., 2013. Effects of food concentration on egg production and feeding rates of the cyclopoid copepod *Oithona davisae*. *Limnology and Oceanography* 58, pp. 376 – 387.

Zamora-Terol, S., Nielsen, T. G. and Saiz, E., 2013. Plankton community structure and role of *Oithona similis* on the western coast of Greenland during the winter-spring transition. *Marine Ecology Progress Series* 483, pp. 85 – 102.

Zhang, Q. & Uhlig, G., 1993. Effect of density on larval development and female productivity of *Tisbe holothuriae* (Copepoda, Harpacticoida) under laboratory conditions. *Helgoländ Meeresunters* 47, pp. 229 – 241.

Zheng, F., Takeuchi, T., Yoseda, K., Kobayashi, M., Hirokawa, J. Watanabe, T., 1996. Requirement of larval cod for arachidonic acid, eicosapentaenoic acid, and docosahexaenoic acid using enriched Artemia nauplii. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish* 62, pp. 669 – 676.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn đến sinh khối của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và sản xuất nauplius của loài Copepoda *P. incisus*

Yếu tố	**N1**			**N2**			**N3**			**N4**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 96	2,53	0,085	2; 96	126,69	**<0,001**	2; 96	23,39	**<0,001**	2; 96	308,72	**<0,001**
Độ mặn	7; 96	0,78	0,60	7; 96	273,29	**<0,001**	7; 96	40,56	**<0,001**	7; 96	60,43	**<0,001**
Nhiệt độ × Độ mặn	14; 96	0,47	0,95	14; 96	4,87	**<0,001**	14; 96	3,24	**<0,001**	14; 96	6,65	**<0,001**
Yếu tố	N5			N6			C1			C2		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 96	199,58	**<0,001**	2; 96	142,69	**<0,001**	2; 96	97,03	**<0,001**	2; 96	8,28	**<0,001**
Độ mặn	7; 96	32,82	**<0,001**	7; 96	69,10	**<0,001**	7; 96	55,81	**<0,001**	7; 96	44,29	**<0,001**
Nhiệt độ × Độ mặn	14; 96	4,13	**<0,001**	14; 96	7,51	**<0,001**	14; 96	2,94	**<0,001**	14; 96	3,72	**<0,001**
Yếu tố	**C3**			**C4**			**C5**			**Con đực**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 96	15,98	**<0,001**	2; 96	417,49	**<0,001**	2; 96	153,94	**<0,001**	2; 96	185,00	**<0,001**
Độ mặn	7; 96	32,12	**<0,001**	7; 96	191,42	**<0,001**	7; 96	26,26	**<0,001**	7; 96	21,00	**<0,001**
Nhiệt độ × Độ mặn	14; 96	0,75	0,72	14; 96	10,61	**<0,001**	14; 96	0,91	0,55	14; 96	2,81	0,0015
Yếu tố	**Con cái**			**Sức sinh sản**			**Tỷ lệ nở thành công**			**Sản xuất nauplius**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 96	57,17	**<0,001**	2; 96	137,09	**<0,001**	2; 96	7,96	**<0,001**	2; 96	42,84	**<0,001**
Độ mặn	7; 96	28,32	**<0,001**	7; 96	134,90	**<0,001**	7; 96	88,92	**<0,001**	7; 96	53,82	**<0,001**
Nhiệt độ × Độ mặn	14; 96	0,98	0,48	14; 96	6,96	**<0,001**	14; 96	5,16	**<0,001**	14; 96	6,98	**<0,001**

Chú thích: Giá trị P có sự khác biệt được in đậm. N1 – N6: giai đoạn nauplius 1 – 6; C1 – C5: giai đoạn copepodít 1 – 5

Phụ lục 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn đến kích thước của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và sản xuất nauplius của loài Copepoda *O. rigida* (Nhóm 1)

Yếu tố	**N1.1**			**N2.1**			**N3.1**			**N4.1**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	1; 36	1,25	0,272	1; 36	1,79	0,190	1; 36	5,34	**0,027**	1; 36	108,85	**<0,001**
Độ mặn	1; 36	1,25	0,272	1; 36	1,30	0,262	1; 36	3,36	0,075	1; 36	33,07	**<0,001**
Nhiệt độ × Độ mặn	1; 36	1,73	0,197	1; 36	2,11	0,155	1; 36	0,99	0,326	1; 36	7,47	**0,010**
Yếu tố	**N5.1**			**N6.1**			**C1.1**			**C2.1**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	1; 36	58,15	**<0,001**	1; 36	46,56	**<0,001**	1; 36	1171,43	**<0,001**	1; 36	1856,82	**<0,001**
Độ mặn	1; 36	55,97	**<0,001**	1; 36	370,95	**<0,001**	1; 36	6,74	**0,014**	1; 36	543,75	**<0,001**
Nhiệt độ × Độ mặn	1; 36	45,97	**<0,001**	1; 36	12,63	**0,001**	1; 36	315,71	**<0,001**	1; 36	8,35	**0,006**
Yếu tố	**C3.1**			**C4.1**			**C5.1**			**Con đực 1**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	1; 36	1103,62	**<0,001**	1; 36	1242,30	**<0,001**	1; 36	546,36	**<0,001**	1; 36	51,95	**<0,001**
Độ mặn	1; 36	1086,76	**<0,001**	1; 36	314,32	**<0,001**	1; 36	1339,66	**<0,001**	1; 36	80,40	**<0,001**
Nhiệt độ × Độ mặn	1; 36	172,49	**<0,001**	1; 36	1,28	0,266	1; 36	0,38	0,542	1; 36	118,17	**<0,001**
Yếu tố	**Con cái 1**			**Sức sinh sản 1**			**Tỷ lệ nở thành công 1**			**Sản xuất nauplius 1**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	1; 36	661,79	**<0,001**	1; 36	13,24	**0,001**	1; 36	16,36	**<0,001**	1; 36	2,44	**0,127**
Độ mặn	1; 36	1168,02	**<0,001**	1; 36	0,61	0,439	1; 36	0,65	0,424	1; 36	8,41	**0,006**
Nhiệt độ × Độ mặn	1; 36	0,74	0,396	1; 36	0,45	0,509	1; 36	2,62	0,114	1; 36	0,38	0,541

Chú thích: Giá trị P có sự khác biệt được in đậm. N1.1 – N6.1: giai đoạn nauplius 1 – 6; C1.1 – C5.1: giai đoạn copepodít 1 – 5

Phụ lục 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn đến kích thước của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công và sản xuất nauplius của loài Copepoda *O. rigida* (Nhóm 2)

Yếu tố	**N1.2**			**N2.2**			**N3.2**			**N4.2**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 162	0,84	0,435	2; 162	2,22	0,112	2; 162	0,20	0,821	2; 162	24,95	**<0,001**
Độ mặn	5; 162	1,34	0,250	5; 162	4,99	<0,001	5; 162	3,15	**0,010**	5; 162	88,24	**<0,001**
Nhiệt độ × Độ mặn	10; 162	0,38	0,954	10; 162	0,93	0,505	10; 162	1,50	0,145	10; 162	48,74	**<0,001**
Yếu tố	**N5.2**			**N6.2**			**C1.2**			**C2.2**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 162	23,14	**<0,001**	2; 162	74,37	**<0,001**	2; 162	1454,73	**<0,001**	2; 162	2636,82	**<0,001**
Độ mặn	5; 162	103,71	**<0,001**	5; 162	69,30	**<0,001**	5; 162	713,26	**<0,001**	5; 162	556,80	**<0,001**
Nhiệt độ × Độ mặn	10; 162	169,91	**<0,001**	10; 162	237,82	**<0,001**	10; 162	121,16	**<0,001**	10; 162	162,20	**<0,001**
Yếu tố	**C3.2**			**C4.2**			**C5.2**			**Con đực 2**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 162	2790,46	**<0,001**	2; 162	5700,73	**<0,001**	2; 162	3926,43	**<0,001**	2; 162	7382,55	**<0,001**
Độ mặn	5; 162	731,39	**<0,001**	5; 162	1130,75	**<0,001**	5; 162	3449,72	**<0,001**	5; 162	3551,84	**<0,001**
Nhiệt độ × Độ mặn	10; 162	251,73	**<0,001**	10; 162	300,64	**<0,001**	10; 162	3195,30	**<0,001**	10; 162	379,81	**<0,001**
Yếu tố	**Con cái 2**			**Sức sinh sản 2**			**Tỷ lệ nở thành công 2**			**Sản xuất nauplius 2**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 162	2888,41	**<0,001**	2; 162	164,05	**<0,001**	2; 162	44,34	**<0,001**	2; 162	130,23	**<0,001**
Độ mặn	5; 162	2631,77	**<0,001**	5; 162	7,63	**<0,001**	5; 162	6,78	**<0,001**	5; 162	13,27	**<0,001**
Nhiệt độ × Độ mặn	10; 162	181,34	**<0,001**	10; 162	9,82	**<0,001**	10; 162	4,82	**<0,001**	10; 162	5,02	**<0,001**

Chú thích: Giá trị P có sự khác biệt được in đậm. N1.2 – N6.2: giai đoạn nauplius 1 – 6; C1.2 – C5.2: giai đoạn copepodít 1 – 5

Phụ lục 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng đến kích thước của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản và sản xuất nauplius của loài Copepoda *P. incisus*

Yếu tố	**N1**			**N2**			**N3**			**N4**		
	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*
Nhiệt độ	2; 108	1,35	0,26	2; 108	7,29	**0,0011**	2; 108	583,73	<**0,001**	2; 108	769,59	<**0,001**
Chế độ chiếu sáng	3; 108	1,23	0,31	3; 108	6,73	<**0,001**	3; 108	11,43	<**0,001**	3; 108	158,98	<**0,001**
Nhiệt độ × Ckq	6; 108	0,88	0,51	6; 108	2,68	**0,018**	6; 108	4,70	<**0,001**	6; 108	17,56	<**0,001**
Yếu tố	**N5**			**N6**			**C1**			**C2**		
	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*
Nhiệt độ	2; 108	2663,5	<**0,001**	2; 108	6015,2	<**0,001**	2; 108	18105,	<**0,001**	2; 108	7621,3	<**0,001**
Chế độ chiếu sáng	3; 108	125,79	<**0,001**	3; 108	272,07	<**0,001**	3; 108	1370,6	<**0,001**	3; 108	831,49	<**0,001**
Nhiệt độ × Ckq	6; 108	23,77	<**0,001**	6; 108	27,84	<**0,001**	6; 108	37,42	<**0,001**	6; 108	89,29	<**0,001**
Yếu tố	**C3**			**C4**			**C5M**			**C5F**		
	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*
Nhiệt độ	2; 108	1035,5	<**0,001**	2; 108	1515,9	<**0,001**	2; 108	3702,4	<**0,001**	2; 108	2903,2	<**0,001**
Chế độ chiếu sáng	3; 108	265,70	<**0,001**	3; 108	173,08	<**0,001**	3; 108	236,91	<**0,001**	3; 108	661,27	<**0,001**
Nhiệt độ × Ckq	6; 108	66,02	<**0,001**	6; 108	4,58	<**0,001**	6; 108	17,61	<**0,001**	6; 108	44,38	<**0,001**
Yếu tố	**Con đực**			**Con cái**			**Sức sinh sản**			**Sản xuất nauplius**		
	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*
Nhiệt độ	2; 108	174,48	<**0,001**	2; 108	502,79	<**0,001**	2; 550	128,02	<**0,001**	2; 108	28,84	<**0,001**
Chế độ chiếu sáng	3; 108	92,06	<**0,001**	3; 108	182,38	<**0,001**	3; 550	106,64	<**0,001**	3; 108	35,91	<**0,001**
Nhiệt độ × Ckq	6; 108	10,03	<**0,001**	6; 108	18,64	<**0,001**	6; 550	8,48	<**0,001**	6; 108	2,45	0,029

Chú thích: Giá trị P có sự khác biệt được in đậm. N1 – N6: giai đoạn nauplius 1 – 6; C1 – C5: giai đoạn copepodít 1 – 5

Phụ lục 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ và chế độ chiếu sáng đến kích thước của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản và sản xuất nauplius của loài Copepoda *O. rigida*

Yếu tố	**N1**			**N2**			**N3**			**N4**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 108	1,98	0,143	2; 108	2,48	0,088	2; 108	1229,57	**<0,001**	2; 108	12115,74	**<0,001**
Chế độ chiếu sáng	3; 108	1,21	0,311	3; 108	1,21	0,311	3; 108	16,62	**<0,001**	3; 108	3422,57	**<0,001**
Nhiệt độ × Ckq	6; 108	1,68	0,133	6; 108	2,93	**0,011**	6; 108	4,35	**0,001**	6; 108	117,24	**<0,001**
Yếu tố	N5			N6			C1			C2		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 108	6979,18	**<0,001**	2; 108	4264,51	**<0,001**	2; 108	3574,54	**<0,001**	2; 108	2582,24	**<0,001**
Chế độ chiếu sáng	3; 108	2828,18	**<0,001**	3; 108	1752,87	**<0,001**	3; 108	1275,27	**<0,001**	3; 108	1647,53	**<0,001**
Nhiệt độ × Ckq	6; 108	51,06	**<0,001**	6; 108	14,52	**<0,001**	6; 108	61,09	**<0,001**	6; 108	52,24	**<0,001**
Yếu tố	**C3**			**C4**			**C5**			**Con đực**		
	df1, df2	F	**P**	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 108	8242,97	**<0,001**	2; 108	2233,84	**<0,001**	2; 108	4058,24	**<0,001**	2; 108	2071,60	**<0,001**
Chế độ chiếu sáng	3; 108	2442,35	**<0,001**	3; 108	577,25	**<0,001**	3; 108	2645,64	**<0,001**	3; 108	686,93	**<0,001**
Nhiệt độ × Ckq	6; 108	49,45	**<0,001**	6; 108	44,59	**<0,001**	6; 108	33,74	**<0,001**	6; 108	11,06	**<0,001**
Yếu tố	**Con cái**			**Sức sinh sản**			**Tỷ lệ nở thành công**			**Sản xuất nauplius**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 108	2586,58	**<0,001**	2; 108	258,99	**<0,001**	2; 108	41,06	**<0,001**	2; 108	36,24	<**0,001**
Chế độ chiếu sáng	3; 108	1030,26	**<0,001**	3; 108	26,67	**<0,001**	3; 108	7,36	**<0,001**	3; 108	31,48	<**0,001**
Nhiệt độ × Ckq	6; 108	104,65	**<0,001**	6; 108	22,27	**<0,001**	6; 108	6,56	**<0,001**	6; 108	12,29	**0,001**

Chú thích: Giá trị P có sự khác biệt được in đậm. N1 – N6: giai đoạn nauplius 1 – 6; C1 – C5: giai đoạn copepodít 1 – 6

Phụ lục 6. Ảnh hưởng của nhiệt độ và tia cực tím đến kích thước của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản và sản xuất nauplius của loài Copepoda *P. incisus*

Yếu tố	**N1**			**N2**			**N3**			**N4**		
	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*
Nhiệt độ	2; 77	75,25	<**0,001**	2; 81	89,94	<**0,001**	2; 81	439,49	<**0,001**	2; 81	542,58	<**0,001**
UV	2; 77	2,26	0,111	2; 81	5,59	**0,005**	2; 81	6,34	<**0,001**	2; 81	13,42	<**0,001**
Nhiệt độ × UV	4; 77	1,50	0,211	4; 81	3,73	**0,008**	4; 81	7,80	<**0,001**	4; 81	7,69	<**0,001**
Yếu tố	**N5**			**N6**			**C1**			**C2**		
	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*
Nhiệt độ	2; 81	294,34	<**0,001**	2; 81	349,22	<**0,001**	2; 80	34,53	<**0,001**	2; 78	112,92	<**0,001**
UV	2; 81	7,40	**0,001**	2; 81	2,92	0,060	2; 80	7,93	**0,001**	2; 78	10,12	<**0,001**
Nhiệt độ × UV	4; 81	8,77	<**0,001**	4; 81	1,44	0,229	4; 80	0,84	0,502	4; 78	6,20	<**0,001**
Yếu tố	**C3**			**C4**			**C5M**			**C5F**		
	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*
Nhiệt độ	2; 75	98,26	<**0,001**	2; 75	417,23	<**0,001**	2; 74	120,11	<**0,001**	2; 74	605,36	<**0,001**
UV	2; 75	0,86	0,429	2; 75	7,23	**0,001**	2; 74	5,47	**0,006**	2; 74	2,70	0,074
Nhiệt độ × UV	4; 75	3,06	**0,022**	4; 75	1,47	0,220	4; 74	2,79	0,032	4; 74	3,89	**0,006**
Yếu tố	**Con đực**			**Con cái**			**Sức sinh sản**			**Tỷ lệ nở thành công**		
	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*	df1, df2	F	*P*
Nhiệt độ	2; 73	1474,64	<**0,001**	2; 73	708,22	<**0,001**	2; 75	78,27	<**0,001**	2; 75	12,69	<**0,001**
UV	2; 73	2,45	0,094	2; 73	12,81	<**0,001**	2; 75	34,33	<**0,001**	2; 75	17,19	<**0,001**
Nhiệt độ × UV	4; 73	4,14	**0,004**	4; 73	2,03	0,100	3; 72	0,50	0,684	3; 72	5,53	**0,002**
Yếu tố	**Sản xuất nauplius**											
	df1, df2	F	*P*									
Nhiệt độ	2; 75	33,04	<**0,001**									
UV	2; 75	1,46	0,238									
Nhiệt độ × UV	3; 72	4,24	**0,008**									

Chú thích: Giá trị P có sự khác biệt được in đậm. N1 – N6: giai đoạn nauplius 1 – 6; C1 – C5: giai đoạn copepodít 1 – 6; C5M - C5F: giai đoạn copepodít 5 đực – cái

Phụ lục.7. Ảnh hưởng của nhiệt độ và tia cực tím đến kích thước của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản và sản xuất nauplius của loài Copepoda *O. rigida*

Yếu tố	**N1**			**N2**			**N3**			**N4**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 81	2,08	0,132	2; 81	0,90	0,412	2; 81	0,30	0,743	2; 81	392,33	**<0,001**
UV	2; 81	1,09	0,342	2; 81	0,10	0,909	2; 81	0,13	0,879	2; 81	809,95	**<0,001**
Nhiệt độ × UV	4; 81	0,53	0,713	4; 81	1,06	0,384	4; 81	0,50	0,734	4; 81	61,14	**<0,001**
Yếu tố	N5			N6			C1			C2		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 81	25,48	**<0,001**	2; 81	20,31	**<0,001**	2; 81	197,98	**<0,001**	2; 81	181,42	**<0,001**
UV	2; 81	79,35	**<0,001**	2; 81	215,17	**<0,001**	2; 81	88,32	**<0,001**	2; 81	954,32	**<0,001**
Nhiệt độ × UV	4; 81	9,56	**<0,001**	4; 81	7,68	**<0,001**	4; 81	48,04	**<0,001**	4; 81	105,72	**<0,001**
Yếu tố	**C3**			**C4**			**C5**			**Con đực**		
	df1, df2	F	**P**	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 81	150,10	**<0,001**	2; 81	214,43	**<0,001**	2; 81	5609,88	**<0,001**	2; 81	660,16	**<0,001**
UV	2; 81	682,08	**<0,001**	2; 81	1906,33	**<0,001**	2; 81	6829,14	**<0,001**	2; 81	1788,65	**<0,001**
Nhiệt độ × UV	4; 81	26,51	**<0,001**	4; 81	25,58	**<0,001**	4; 81	4693,85	**<0,001**	4; 81	166,01	**<0,001**
Yếu tố	**Con cái**			**Sức sinh sản**			**Tỷ lệ nở thành công**			**Sản xuất nauplius**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Nhiệt độ	2; 81	295,32	**<0,001**	2; 81	49,13	**<0,001**	2; 81	6.09	**0,003**	2; 81	32,86	<**0,001**
UV	2; 81	3825,24	**<0,001**	2; 81	122,96	**<0,001**	2; 81	26.55	**<0,001**	2; 81	22,64	<**0,001**
Nhiệt độ × UV	4; 81	94,79	**<0,001**	4; 81	6,38	**<0,001**	4; 81	3.21	**0,017**	4; 81	1,29	0,282

Phụ lục 8. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thức ăn đến kích thước của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản và sản xuất nauplius của loài Copepoda *P. incisus*

Chaetoceros muelleri												
Yếu tố	**N1**			**N2**			**N3**			**N4**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	0,79	0,456	2; 81	2,22	0,115	2; 81	18,45	**<0,001**	2; 81	5967,14	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	2,72	0,072	2; 81	0,71	0,496	2; 81	36,51	**<0,001**	2; 81	31505,79	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	0,65	0,630	4; 81	2,47	0,051	4; 81	25,50	**<0,001**	4; 81	263,32	**<0,001**
Yếu tố	N5			N6			C1			C2		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	66308,07	**<0,001**	2; 81	276131,39	**<0,001**	2; 81	132089,07	**<0,001**	2; 81	129680,37	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	224242,80	**<0,001**	2; 81	860255,76	**<0,001**	2; 81	1408353,32	**<0,001**	2; 81	332660,14	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	854,47	**<0,001**	4; 81	2450,14	**<0,001**	4; 81	18614,34	**<0,001**	4; 81	1515,59	**<0,001**
Yếu tố	**C3**			**C4**			**C5**			**Con đực**		
	df1, df2	F	**P**	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	83817,50	**<0,001**	2; 81	51344,71	**<0,001**	2; 81	45165,29	**<0,001**	2; 81	57108,11	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	242891,81	**<0,001**	2; 81	423535,69	**<0,001**	2; 81	91295,68	**<0,001**	2; 81	170926,62	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	881,60	**<0,001**	4; 81	1299,41	**<0,001**	4; 81	240,10	**<0,001**	4; 81	2910,46	**<0,001**
Yếu tố	**Con cái**			**Sức sinh sản**			**Tỷ lệ nở thành công**			**Nauplius/con cái**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	471263,66	**<0,001**	2; 81	67,81	**<0,001**	2; 81	5,66	**0,005**	2; 81	1,93	0,152
Nhiệt độ	2; 81	1533898,67	**<0,001**	2; 81	50,31	**<0,001**	2; 81	1,11	**0,335**	2; 81	7,61	<**0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	6512,59	**<0,001**	4; 81	22,08	**<0,001**	4; 81	0,93	**0,449**	4; 81	7,49	<**0,001**
Isochrysis galbana												
Yếu tố	**N1**			**N2**			**N3**			**N4**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	0,12	0,890	2; 81	0,09	0,911	2; 81	257,83	**<0,001**	2; 81	959,90	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	0,43	0,651	2; 81	0,56	0,572	2; 81	662,02	**<0,001**	2; 81	8533,97	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	1,19	0,324	4; 81	12,57	**<0,001**	4; 81	117,06	**<0,001**	4; 81	149,51	**<0,001**
Yếu tố	N5			N6			C1			C2		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	53426,14	**<0,001**	2; 81	7106,31	**<0,001**	2; 81	11949,13	**<0,001**	2; 81	33283,70	**<0,001**

Nhiệt độ	2; 81	195105,54	**<0,001**	2; 81	28903,05	**<0,001**	2; 81	132921,57	**<0,001**	2; 81	139395,12	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	854,28	**<0,001**	4; 81	56,89	**<0,001**	4; 81	506,48	**<0,001**	4; 81	397,02	**<0,001**
Yếu tố	**C3**			**C4**			**C5**			**Con đực**		
	df1, df2	F	**P**	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	31524,83	**<0,001**	2; 81	12829,78	**<0,001**	2; 81	48175,64	**<0,001**	2; 81	701560,59	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	92999,16	**<0,001**	2; 81	101562,78	**<0,001**	2; 81	138549,99	**<0,001**	2; 81	1592520,74	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	427,25	**<0,001**	4; 81	110,46	**<0,001**	4; 81	172,05	**<0,001**	4; 81	25288,21	**<0,001**
Yếu tố	**Con cái**			**Sức sinh sản**			**Tỷ lệ nở thành công**			**Nauplius/con cái**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	587709,75	**<0,001**	2; 81	194,23	**<0,001**	2; 81	4,10	**0,020**	2; 81	17,14	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	2826444,50	**<0,001**	2; 81	87,98	**<0,001**	2; 81	10,46	**<0,001**	2; 81	3,16	**0,048**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	13091,47	**<0,001**	4; 81	40,80	**<0,001**	4; 81	2,25	**0,071**	4; 81	3,14	**0,019**
Tetraselmis chui												
Yếu tố	**N1**			**N2**			**N3**			**N4**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	1,79	0,174	2; 81	2,00	0,142	2; 81	279,07	**<0,001**	2; 81	403,26	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	0,17	0,845	2; 81	11,95	**<0,001**	2; 81	309,08	**<0,001**	2; 81	2575,56	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	1,77	0,143	4; 81	7,49	**<0,001**	4; 81	41,28	**<0,001**	4; 81	46,01	**<0,001**
Yếu tố	N5			N6			C1			C2		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	8143,23	**<0,001**	2; 81	19995,07	**<0,001**	2; 81	11488,80	**<0,001**	2; 81	10386.82	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	28064,00	**<0,001**	2; 81	49121,37	**<0,001**	2; 81	60250,76	**<0,001**	2; 81	49700,19	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	103,06	**<0,001**	4; 81	351,46	**<0,001**	4; 81	448,75	**<0,001**	4; 81	329,94	**<0,001**
Yếu tố	**C3**			**C4**			**C5**			**Con đực**		
	df1, df2	F	**P**	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	26877,86	**<0,001**	2; 81	13767,58	**<0,001**	2; 81	26357,13	**<0,001**	2; 81	1878672,89	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	54159,13	**<0,001**	2; 81	72148,89	**<0,001**	2; 81	65894,14	**<0,001**	2; 81	2444136,98	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	82,14	**<0,001**	4; 81	131,88	**<0,001**	4; 81	29,03	**<0,001**	4; 81	19000,14	**<0,001**
Yếu tố	**Con cái**			**Sức sinh sản**			**Tỷ lệ nở thành công**			**Nauplius/con cái**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	3670754,85	**<0,001**	2; 81	127,57	**<0,001**	2; 81	19,94	**<0,001**	2; 81	2,44	**0,093**
Nhiệt độ	2; 81	5296236,12	**<0,001**	2; 81	141,66	**<0,001**	2; 81	60,63	**<0,001**	2; 81	7,68	**0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	28104,68	**<0,001**	4; 81	4,49	**0,003**	4; 81	4,73	**<0,001**	4; 81	0,81	**0,519**

Phụ lục 9. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thức ăn đến kích thước của tất cả các giai đoạn, sức sinh sản và sản xuất nauplius của loài Copepoda *O. rigida*

Chaetoceros muelleri												
Yếu tố	**N1**			**N2**			**N3**			**N4**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo (MĐT)	2; 81	0,05	0,952	2; 81	0,26	0,771	2; 81	0,03	0,974	2; 81	7,54	**0,001**
Nhiệt độ	2; 81	1,31	0,276	2; 81	2,18	0,119	2; 81	0,43	0,650	2; 81	0,66	0,521
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	0,57	0,682	4; 81	1,99	0,104	4; 81	1,35	0,257	4; 81	1,87	0,123
Yếu tố	N5			N6			C1			C2		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	9,16	**<0,001**	2; 81	130,82	**<0,001**	2; 81	408,07	**<0,001**	2; 81	706,20	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	1,30	0,279	2; 81	17,62	**<0,001**	2; 81	1133,65	**<0,001**	2; 81	2905,18	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	1,00	0,411	4; 81	7,83	**<0,001**	4; 81	9,78	**<0,001**	4; 81	17,29	**<0,001**
Yếu tố	**C3**			**C4**			**C5**			**Con đực**		
	df1, df2	F	**P**	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	515,28	**<0,001**	2; 81	559,61	**<0,001**	2; 81	687,53	**<0,001**	2; 81	1113,58	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	8480,42	**<0,001**	2; 81	3357,16	**<0,001**	2; 81	1818,90	**<0,001**	2; 81	2324,75	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	16,43	**<0,001**	4; 81	14,25	**<0,001**	4; 81	50,23	**<0,001**	4; 81	18,45	**<0,001**
Yếu tố	**Con cái**			**Sức sinh sản**			**Tỷ lệ nở thành công**			**Nauplius/con cái**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	1835,39	**<0,001**	2; 81	228,08	**<0,001**	2; 81	5,61	**0,005**	2; 81	4,79	**0,011**
Nhiệt độ	2; 81	2516,75	**<0,001**	2; 81	3,22	**0,045**	2; 81	4,37	**0,016**	2; 81	7,54	**0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	11,65	**<0,001**	4; 81	45,88	**<0,001**	4; 81	2,09	0,089	4; 81	2,83	**0,030**
Isochrysis galbana												
Yếu tố	**N1**			**N2**			**N3**			**N4**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	0,01	0,994	2; 81	0,22	0,804	2; 81	0,03	0,971	2; 81	198,72	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	0,67	0,516	2; 81	0,02	0,980	2; 81	0,69	0,504	2; 81	105,46	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	0,62	0,651	4; 81	0,28	0,890	4; 81	0,04	0,997	4; 81	12,16	**<0,001**
Yếu tố	N5			N6			C1			C2		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	612,35	**<0,001**	2; 81	5119,29	**<0,001**	2; 81	27801,41	**<0,001**	2; 81	23182,10	**<0,001**

Nhiệt độ	2; 81	140,09	**<0,001**	2; 81	690,96	**<0,001**	2; 81	16088,65	**<0,001**	2; 81	51716,02	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	40,42	**<0,001**	4; 81	179,16	**<0,001**	4; 81	170,63	**<0,001**	4; 81	163,76	**<0,001**
Yếu tố	**C3**			**C4**			**C5**			**Con đực**		
	df1, df2	F	**P**	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	33035,12	**<0,001**	2; 81	12172,62	**<0,001**	2; 81	17668,41	**<0,001**	2; 81	20287,60	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	214037,22	**<0,001**	2; 81	67109,34	**<0,001**	2; 81	42329,31	**<0,001**	2; 81	40123,89	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	252,01	**<0,001**	4; 81	35,22	**<0,001**	4; 81	381,87	**<0,001**	4; 81	636,14	**<0,001**
Yếu tố	**Con cái**			**Sức sinh sản**			**Tỷ lệ nở thành công**			**Nauplius/con cái**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	7084,96	**<0,001**	2; 81	36,03	**<0,001**	2; 81	6,61	**0,002**	2; 81	15,54	<**0,001**
Nhiệt độ	2; 81	6012,82	**<0,001**	2; 81	68,85	**<0,001**	2; 81	5,27	**0,007**	2; 81	25,82	<**0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	63,01	**<0,001**	4; 81	2,05	0,095	4; 81	1,34	0,263	4; 81	2,43	0,055
Tetraselmis chui												
Yếu tố	**N1**			**N2**			**N3**			**N4**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	1,29	0,282	2; 81	0,13	0,878	2; 81	1,84	0,166	2; 81	4,56	**0,013**
Nhiệt độ	2; 81	0,26	0,772	2; 81	0,37	0,691	2; 81	0,19	0,831	2; 81	2,07	0,133
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	0,42	0,791	4; 81	0,10	0,983	4; 81	0,60	0,664	4; 81	1,08	0,371
Yếu tố	N5			N6			C1			C2		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	9,22	**<0,001**	2; 81	193,74	**<0,001**	2; 81	243,05	**<0,001**	2; 81	353,79	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	2,64	0,078	2; 81	28,08	**<0,001**	2; 81	746,04	**<0,001**	2; 81	1946,94	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	1,91	0,116	4; 81	4,69	**0,002**	4; 81	5,69	**<0,001**	4; 81	9,41	**<0,001**
Yếu tố	**C3**			**C4**			**C5**			**Con đực**		
	df1, df2	F	**P**	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	457,51	**<0,001**	2; 81	167,88	**<0,001**	2; 81	464,04	**<0,001**	2; 81	838,28	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	3690,56	**<0,001**	2; 81	783,53	**<0,001**	2; 81	1008,50	**<0,001**	2; 81	1329,67	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	0,16	0,958	4; 81	3,18	**0,018**	4; 81	7,25	**<0,001**	4; 81	17,33	**<0,001**
Yếu tố	**Con cái**			**Sức sinh sản**			**Tỷ lệ nở thành công**			**Nauplius/con cái**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Mật độ tảo	2; 81	1125,66	**<0,001**	2; 81	5,50	**0,006**	2; 81	3,66	**0,030**	2; 81	19,35	**<0,001**
Nhiệt độ	2; 81	1598,74	**<0,001**	2; 81	179,53	**<0,001**	2; 81	3,66	**0,030**	2; 81	17,70	**<0,001**
Nhiệt độ × MĐT	4; 81	14,19	**<0,001**	4; 81	0,53	**0,713**	4; 81	1,75	**0,148**	4; 81	1,98	0,106

Phụ lục 10. Phân tích ảnh hưởng của 3 yếu tố loài tảo, mật độ tảo và nhiệt độ đến sinh trưởng các giai đoạn và sinh sản của *P. incisus*

Yếu tố	**N1**			**N2**			**N3**			**N4**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Loài tảo (LT)	2; 243	0,24	0,787	2; 243	5,85	**0,003**	2; 243	106,18	**<0,001**	2; 243	6812,94	**<0,001**
Mật độ tảo	2; 243	0,78	0,460	2; 243	0,69	0,504	2; 243	91,16	**<0,001**	2; 243	2884,54	**<0,001**
Nhiệt độ (NĐ)	2; 243	0,05	0,949	2; 243	7,02	**0,001**	2; 243	666,19	**<0,001**	2; 243	19552,30	**<0,001**
Loài tảo x MĐT	4; 243	1,45	0,218	4; 243	1,93	0,105	4; 243	229,82	**<0,001**	4; 243	39,23	**<0,001**
Loài tảo x NĐ	4; 243	0,85	0,494	4; 243	6,36	**<0,001**	4; 243	63,21	**<0,001**	4; 243	143,63	**<0,001**
MĐT x Nhiệt độ	4; 243	1,40	0,235	4; 243	16,17	**<0,001**	4; 243	90,04	**<0,001**	4; 243	232,26	**<0,001**
LT x MĐT x NĐ	8; 243	1,50	0,157	8; 243	3,76	**<0,001**	8; 243	25,17	**<0,001**	8; 243	27,10	**<0,001**
Yếu tố	**N5**			**N6**			**C1**			**C2**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Loài tảo (LT)	2; 243	47039,81	**<0,001**	2; 243	26032,02	**<0,001**	2; 243	84359,92	**<0,001**	2; 243	137308,44	**<0,001**
Mật độ tảo	2; 243	65781,75	**<0,001**	2; 243	49815,76	**<0,001**	2; 243	45210,75	**<0,001**	2; 243	80240,73	**<0,001**
Nhiệt độ (NĐ)	2; 243	230238,18	**<0,001**	2; 243	159338,37	**<0,001**	2; 243	380784,68	**<0,001**	2; 243	294825,44	**<0,001**
Loài tảo x MĐT	4; 243	291,99	**<0,001**	4; 243	267,11	**<0,001**	4; 243	527,80	**<0,001**	4; 243	748,20	**<0,001**
Loài tảo x NĐ	4; 243	801,83	**<0,001**	4; 243	980,19	**<0,001**	4; 243	328,94	**<0,001**	4; 243	58,70	**<0,001**
MĐT x Nhiệt độ	4; 243	291,98	**<0,001**	4; 243	65,79	**<0,001**	4; 243	2701,01	**<0,001**	4; 243	928,13	**<0,001**
LT x MĐT x NĐ	8; 243	315,53	**<0,001**	8; 243	250,94	**<0,001**	8; 243	205,40	**<0,001**	8; 243	223,51	**<0,001**
Yếu tố	**C3**			**C4**			**C5**			**Con đực**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Loài tảo (LT)	2; 243	193681,52	**<0,001**	2; 243	122039,11	**<0,001**	2; 243	109100,60	**<0,001**	2; 243	240290,65	**<0,001**
Mật độ tảo	2; 243	106138,85	**<0,001**	2; 243	49466,14	**<0,001**	2; 243	106685,31	**<0,001**	2; 243	630685,98	**<0,001**
Nhiệt độ (NĐ)	2; 243	270555,88	**<0,001**	2; 243	353149,31	**<0,001**	2; 243	262854,93	**<0,001**	2; 243	1280057,27	**<0,001**
Loài tảo x MĐT	4; 243	366,99	**0,004**	4; 243	902,72	**<0,001**	4; 243	566,04	**<0,001**	4; 243	7324,38	**<0,001**
Loài tảo x NĐ	4; 243	896,16	**<0,001**	4; 243	1139,52	**<0,001**	4; 243	1641,98	**<0,001**	4; 243	1221,06	**<0,001**
MĐT x Nhiệt độ	4; 243	278,79	**<0,001**	4; 243	89,32	**0,001**	4; 243	250,48	**<0,001**	4; 243	4695,08	**<0,001**
LT x MĐT x NĐ	8; 243	304,73	**<0,001**	8; 243	312,65	**<0,001**	8; 243	44,66	**<0,001**	8; 243	6519,46	**<0,001**
Yếu tố	**Con cái**			**Sức sinh sản**			**Tỷ lệ nở thành công**			**Nauplius/con cái**		

	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Loài tảo (LT)	2; 243	1058503,14	**<0,001**	2; 243	14,88	**<0,001**	2; 243	202,10	**<0,001**	2; 243	4,22	**0,016**
Mật độ tảo	2; 243	2653551,30	**<0,001**	2; 243	348,64	**<0,001**	2; 243	26,44	**<0,001**	2; 243	10,54	**<0,001**
Nhiệt độ (NĐ)	2; 243	7230214,79	**<0,001**	2; 243	248,05	**<0,001**	2; 243	68,50	**<0,001**	2; 243	10,80	**<0,001**
Loài tảo x MĐT	4; 243	49117,92	**<0,001**	4; 243	3,67	**0,006**	4; 243	11,29	**<0,001**	4; 243	5,23	**0,001**
Loài tào x NĐ	4; 243	34273,18	**<0,001**	4; 243	8,27	**<0,001**	4; 243	37,39	**<0,001**	4; 243	12,85	**<0,001**
MĐT x Nhiệt độ	4; 243	6040,96	**0,016**	4; 243	30,04	**<0,001**	4; 243	5,47	**<0,001**	4; 243	4,94	**0,001**
LT x MĐT x NĐ	8; 243	14079,71	**<0,001**	8; 243	17,14	**<0,001**	8; 243	3,27	**0,001**	8; 243	4,09	**<0,001**

Phụ lục 11. Phân tích ảnh hưởng của 3 yếu tố loài tảo, mật độ tảo và nhiệt độ đến sinh trưởng các giai đoạn và sinh sản của *O. rigida*

Yếu tố	**N1**			**N2**			**N3**			**N4**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Loài tảo (LT)	2; 243	0,37	0,692	2; 243	0,44	0,645	2; 243	0,65	0,523	2; 243	6,12	**0,003**
Mật độ tảo (MĐT)	2; 243	0,84	0,433	2; 243	0,33	0,722	2; 243	0,71	0,494	2; 243	21,87	**<0,001**
Nhiệt độ (NĐ)	2; 243	0,16	0,853	2; 243	1,97	0,142	2; 243	0,43	0,651	2; 243	0,92	0,398
Loài tảo x MĐT	4; 243	0,50	0,735	4; 243	1,14	0,336	4; 243	0,92	0,455	4; 243	2,14	0,076
Loài tảo x NĐ	4; 243	1,06	0,379	4; 243	1,67	0,158	4; 243	0,14	0,967	4; 243	0,64	0,633
MĐT x Nhiệt độ	4; 243	0,49	0,745	4; 243	0,13	0,972	4; 243	1,05	0,380	4; 243	0,23	0,922
LT X MĐT X NĐ	8; 243	0,51	0,848	8; 243	0,97	0,460	8; 243	0,99	0,443	8; 243	1,15	0,329
Yếu tố	**N5**			**N6**			**C1**			**C2**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Loài tảo (LT)	2; 243	8,35	**<0,001**	2; 243	98,00	**<0,001**	2; 243	2931,18	**<0,001**	2; 243	7970,45	**<0,001**
Mật độ tảo	2; 243	41,99	**<0,001**	2; 243	714,60	**<0,001**	2; 243	1651,00	**<0,001**	2; 243	2101,27	**<0,001**
Nhiệt độ (NĐ)	2; 243	0,01	0,989	2; 243	7,16	**0,001**	2; 243	3896,49	**<0,001**	2; 243	78,26	**<0,001**
Loài tảo x MĐT	4; 243	4,08	**0,003**	4; 243	25,69	**<0,001**	4; 243	3,26	**0,013**	4; 243	14,82	**<0,001**
Loài tảo x NĐ	4; 243	0,46	0,762	4; 243	0,67	0,611	4; 243	95,98	**<0,001**	4; 243	203,75	**<0,001**
MĐT x Nhiệt độ	4; 243	0,24	0,918	4; 243	1,08	0,365	4; 243	13,36	**<0,001**	4; 243	8,31	**<0,001**
LT X MĐT X NĐ	8; 243	0,62	0,763	8; 243	0,82	0,585	8; 243	11,61	**<0,001**	8; 243	13,66	**<0,001**
Yếu tố	**C3**			**C4**			**C5**			**Con đực**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P
Loài tảo (LT)	2; 243	22462,26	**<0,001**	2; 243	5806,14	**<0,001**	2; 243	5949,40	**<0,001**	2; 243	8124,47	**<0,001**
Mật độ tảo	2; 243	2370,69	**<0,001**	2; 243	1074,97	**<0,001**	2; 243	2480,54	**<0,001**	2; 243	4376,02	**<0,001**
Nhiệt độ (NĐ)	2; 243	3043,76	**<0,001**	2; 243	881,99	**<0,001**	2; 243	998,19	**<0,001**	2; 243	1806,07	**<0,001**
Loài tảo x MĐT	4; 243	3,93	**0,004**	4; 243	8,34	**<0,001**	4; 243	36,92	**<0,001**	4; 243	26,65	**<0,001**
Loài tảo x NĐ	4; 243	100,34	**<0,001**	4; 243	14,75	**<0,001**	4; 243	44,61	**<0,001**	4; 243	61,08	**<0,001**
MĐT x Nhiệt độ	4; 243	15,46	**<0,001**	4; 243	4,80	**0,001**	4; 243	5,44	**<0,001**	4; 243	3,73	**0,006**
LT X MĐT X NĐ	8; 243	11,11	**<0,001**	8; 243	4,74	**<0,001**	8; 243	30,35	**<0,001**	8; 243	37,85	**<0,001**
Yếu tố	**Con cái**			**Sức sinh sản**			**Tỷ lệ nở thành công**			**Nauplius/con cái**		
	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P	df1, df2	F	P

Loài tảo (LT)	2; 243	6588,74	**<0,001**	2; 243	19,10	**<0,001**	2; 243	13,87	**<0,001**	2; 243	69,85	**<0,001**
Mật độ tảo	2; 243	5518,95	**<0,001**	2; 243	153,18	**<0,001**	2; 243	13,97	**<0,001**	2; 243	15,48	**<0,001**
Nhiệt độ (NĐ)	2; 243	4041,67	**<0,001**	2; 243	148,27	**<0,001**	2; 243	5,71	**0,004**	2; 243	11,62	**<0,001**
Loài tảo x MĐT	4; 243	39,39	**<0,001**	4; 243	57,86	**<0,001**	4; 243	1,87	0,117	4; 243	4,70	**0,001**
Loài tào x NĐ	4; 243	90,76	**<0,001**	4; 243	63,02	**<0,001**	4; 243	4,37	**0,002**	4; 243	10,29	**<0,001**
MĐT x Nhiệt độ	4; 243	3,13	**0,016**	4; 243	20,37	**<0,001**	4; 243	1,94	0,104	4; 243	2,89	**0,023**
LT X MĐT X NĐ	8; 243	6,31	**<0,001**	8; 243	14,58	**<0,001**	8; 243	1,37	0,212	8; 243	2,53	**0,012**

PHỤ LỤC 12. KẾT QUẢ SO SÁNH CÁC NGHIỆM THỨC CỦA THÍ NGHIỆM 1 (NHIỆT ĐỘ X ĐỘ MẶN)

1. Thí nghiệm 1.1 – Loài *P. incisus*

1.1. Sinh khối con đực của *P. incisus*

Tukey Pairwise Comparisons: Temperature

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Temperature	N	Mean	Grouping		
26	40	1.36375	A		
30	40	1.22979		B	
34	40	1.18540			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Salinity	N	Mean	Grouping				
15	15	1.33354	A				
20	15	1.32344	A	B			
10	15	1.27860		B	C		
25	15	1.25274			C	D	
30	15	1.24642			C	D	
5	15	1.24561			C	D	
35	15	1.21364				D	E
40	15	1.18319					E

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Temperature*Salinity	N	Mean	Grouping								
26 20	5	1.47129	A								
26 15	5	1.47086	A								
26 25	5	1.39102	A	B							
26 10	5	1.37606	A	B	C						
26 30	5	1.34035		B	C	D					
26 5	5	1.31872		B	C	D	E				
26 35	5	1.28554			C	D	E	F			
30 15	5	1.26553				D	E	F	G		
34 15	5	1.26424				D	E	F	G		
30 20	5	1.25656				D	E	F	G	H	
26 40	5	1.25618				D	E	F	G	H	
30 10	5	1.24914				D	E	F	G	H	I
34 20	5	1.24248				D	E	F	G	H	I
30 25	5	1.23623					E	F	G	H	I
30 30	5	1.23456					E	F	G	H	I
30 5	5	1.23111					E	F	G	H	I	J
34 10	5	1.21059						F	G	H	I	J
30 35	5	1.20328						F	G	H	I	J
34 5	5	1.18700						F	G	H	I	J
34 30	5	1.16434							G	H	I	J
30 40	5	1.16189								H	I	J
34 35	5	1.15210									I	J
34 40	5	1.13150										J
34 25	5	1.13097										J

Means that do not share a letter are significantly different.

1.2. Sinh khối con cái của *P. incisus* (thí nghiệm 1.1)

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Temperature	N	Mean	Grouping	
26	**40**	**2.32766**	**A**	
30	40	2.17982		B

34	40	2.03865	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Salinity	N	Mean	Grouping				
15	**15**	**2.40438**	**A**				
20	15	2.37261	A	B			
10	15	2.26065		B	C		
5	15	2.19857			C	D	
25	15	2.16017			C	D	E
30	15	2.11974				D	E
35	15	2.02812					E F
40	15	1.91211					F

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Temperature*Salinity	N	Mean	Grouping								
26 15	**5**	**2.60953**	**A**								
26 20	5	2.57458	A	B							
30 15	5	2.42533	A	B	C						
26 10	5	2.38739	A	B	C	D					
30 20	5	2.38490	A	B	C	D	E				
26 25	5	2.32836	A	B	C	D	E	F			
26 5	5	2.31616		B	C	D	E	F			
30 10	5	2.29396		B	C	D	E	F	G		
26 30	5	2.27240			C	D	E	F	G	H	
34 15	5	2.17826			C	D	E	F	G	H	I
30 5	5	2.17766			C	D	E	F	G	H	I
34 20	5	2.15834			C	D	E	F	G	H	I
30 25	5	2.15712			C	D	E	F	G	H	I
26 35	5	2.12507				D	E	F	G	H	I
34 5	5	2.10189				D	E	F	G	H	I J
34 10	5	2.10059					E	F	G	H	I J
30 30	5	2.06812						F	G	H	I J
30 35	5	2.02128							G	H	I J
34 30	5	2.01871							G	H	I J
26 40	5	2.00781							G	H	I J
34 25	5	1.99504								H	I J
34 35	5	1.93801									I J
30 40	5	1.91016									I J
34 40	5	1.81836									J

Means that do not share a letter are significantly different.

1.3. Sức sinh sản

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Temperature	N	Mean	Grouping		
26	326	20.1452	A		
30	286	18.9712		B	
34	252	16.0575			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Salinity	N	Mean	Grouping	
10	153	21.8542	A	
15	145	21.4391	A	
20	112	21.2419	A	
5	103	19.8604		B

25	101	18.9764	B			
30	100	15.9306		C		
35	90	15.0111		C		
40	60	12.8167			D	

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Temperature*Salinity	N	Mean	Grouping										
26 10	52	25.1731	A										
30 15	62	23.4839	A	B									
26 15	51	23.3333	A	B									
30 10	51	22.5294		B	C								
30 5	33	22.2727		B	C	D							
30 20	30	21.8000		B	C	D							
26 20	52	21.6923		B	C	D							
26 5	40	20.8750			C	D	E						
26 25	41	20.8293			C	D	E						
34 20	30	20.2333				D	E	F					
30 25	30	18.8667					E	F	G				
26 30	40	18.1250						F	G				
34 10	50	17.8600							G				
34 15	32	17.5000							G	H			
34 25	30	17.2333							G	H	I		
26 35	30	16.6333							G	H	I	J	
34 5	30	16.4333							G	H	I	J	
30 30	30	15.3667								H	I	J	K
30 35	30	15.2000								H	I	J	K
26 40	20	14.5000									I	J	K	L
34 30	30	14.3000										J	K	L
34 35	30	13.2000											K	L
30 40	20	12.2500												L
34 40	20	11.7000												L

Means that do not share a letter are significantly different.

1.4. Tỷ lệ nở thành công

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Temperatures	N	Mean	Grouping		
34	40	1.89284	A		77.13399
30	40	1.85276	A	B	70.24592
26	40	1.82210		B	65.38959

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Salinity (‰)	N	Mean	Grouping		
15	15	1.99225	A		97.23132
20	15	1.98621	A		95.87462
5	15	1.97343	A		93.06542
10	15	1.96847	A		91.99723
25	15	1.94850	A	B	87.8178
30	15	1.86144		B	71.6842

35	15	1.64510	C	43.16721
40	15	1.47180	D	28.63466

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Temperatures*Salinity (‰)	N	Mean	Grouping				
26 10	5	2.00432	A				99.99968
30 10	5	1.99527	A				97.91679
26 15	5	1.99527	A				97.91679
30 15	5	1.99527	A				97.91679
26 20	5	1.98621	A				95.87462
30 20	5	1.98621	A				95.87462
34 15	5	1.98621	A				95.87462
34 20	5	1.98621	A				95.87462
30 25	5	1.98515	A				95.63846
34 30	5	1.98515	A				95.63846
26 5	5	1.97610	A				93.64551
34 5	5	1.97610	A				93.64551
34 25	5	1.97610	A				93.64551
30 5	5	1.96810	A				91.91803
34 10	5	1.90582	A	B			79.50447
26 25	5	1.88426	A	B			75.60551
26 30	5	1.87945	A	B			74.76175
30 30	5	1.71972		B	C		51.44692
34 35	5	1.71972		B	C		51.44692
30 35	5	1.66625			C	D	45.37138
34 40	5	1.60746			C	D	39.50046
26 35	5	1.54934			C	D	34.42746
30 40	5	1.50610				D	31.07008
26 40	5	1.30183					E 19.03688

Means that do not share a letter are significantly different.

1.5. Số nauplii/con cái sau 30h

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Temperatures	N	Mean	Grouping		
26	40	14.7698	A		
30	40	11.1456		B	
34	40	9.9983		B	

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Salinity (‰)	N	Mean	Grouping				
20	15	18.5500	A				
15	15	15.7478		B			
25	15	14.1256		B	C		
5	15	13.0810		B	C	D	
10	15	12.0033			C	D	
30	15	10.9156				D	
35	15	6.5733					E
40	15	4.7733					E

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Temperatures*Salinity (‰)	N	Mean	Grouping						
26 20	5	20.4200	A						
26 15	5	19.4600	A	B					
26 10	5	19.2800	A	B					
34 20	5	17.6800	A	B	C				
30 20	5	17.5500	A	B	C				
30 15	5	16.6633	A	B	C	D			
26 5	5	15.6650	A	B	C	D	E		
26 25	5	15.4667	A	B	C	D	E		
26 30	5	14.9067	A	B	C	D	E		
30 25	5	14.0100		B	C	D	E	F	
30 5	5	13.5313			C	D	E	F	
34 25	5	12.9000			C	D	E	F	
34 30	5	12.2000			C	D	E	F	
30 10	5	11.5700				D	E	F	
34 15	5	11.1200				D	E	F	G	
34 5	5	10.0467					E	F	G	H
26 35	5	8.5600						F	G	H
30 30	5	5.6400							G	H
34 35	5	5.6000							G	H
30 35	5	5.5600							G	H
34 40	5	5.2800								H
34 10	5	5.1600								H
30 40	5	4.6400								H
26 40	5	4.4000								H

Means that do not share a letter are significantly different.

2. Thí nghiệm 1.2 – Loài *O. rigida*

NHÓM 1

2.1. Kích thước con đực nhóm 1 (Phân tích độ mặn 5, 10 ppt)

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

temp	N	Mean	Grouping
1	727	347.832	A
2	1069	347.295	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

do man	N	Mean	Grouping
1	857	347.781	A
2	939	347.346	A

Mean

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

temp*do man	N	Mean	Grouping
1 1	367	348.375	A
2 2	579	347.403	A
1 2	360	347.290	A
2 1	490	347.187	A

Means that do not share a letter are significantly different.

2.2. Kích thước con cái nhóm 1

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

temp	N	Mean	Grouping	
1	890	364.624	A	
2	989	361.468		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

do man	N	Mean	Grouping	
2	885	364.240	A	
1	994	361.852		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

temp*do man	N	Mean	Grouping		
1 2	424	365.854	A		
1 1	466	363.394	A	B	
2 2	461	362.626		B	C
2 1	528	360.311			C

Means that do not share a letter are significantly different.

2.3. Sức sinh sản

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ	N	Mean	Grouping	
2	20	13.4083	A	
1	20	10.7750		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Độ mặn	N	Mean	Grouping
2	20	12.3750	A
1	20	11.8083	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ*Độ mặn	N	Mean	Grouping	
2 2	10	13.4500	A	
2 1	10	13.3667	A	
1 2	10	11.3000	A	B
1 1	10	10.2500		B

Means that do not share a letter are significantly different.

2.4. Tỷ lệ nở

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ	N	Mean	Grouping	
2	20	1.98142	A	
1	20	1.93197		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Độ mặn	N	Mean	Grouping
2	20	1.96225	A
1	20	1.95114	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ*Độ mặn	N	Mean	Grouping	
2 1	10	1.98621	A	
2 2	10	1.97663	A	
1 2	10	1.94787	A	B
1 1	10	1.91607		B

Means that do not share a letter are significantly different.

2.5. Số nauplii/con cái sau 30h

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ	N	Mean	Grouping
2	20	4.895	A
1	20	4.300	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Độ mặn	N	Mean	Grouping	
2	20	5.150	A	
1	20	4.045		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ*Độ mặn	N	Mean	Grouping	
2 2	10	5.33	A	
1 2	10	4.97	A	B
2 1	10	4.46	A	B
1 1	10	3.63		B

Means that do not share a letter are significantly different.

3. THÍ NGHIỆM 1.2 (NHÓM 2 – Phân tích ở các độ mặn 15 - 40 ppt)

3.1. Kích thước con đực

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

temp	N	Mean	Grouping		
1	2622	350.419	A		
2	2923	347.606		B	
3	2977	345.757			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

do man	N	Mean	Grouping			
6	1383	350.621	A			
5	1494	350.215	A			
4	1437	348.496		B		
8	1541	347.197			C	
7	1380	346.371			C	
3	1287	344.666				D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

temp*do man	N	Mean	Grouping							
1 6	412	353.658	A							
1 5	453	352.232	A	B						
2 5	511	351.153		B						
1 4	495	351.121		B						
2 6	503	351.113		B						
1 8	484	350.988		B	C					
1 7	426	348.620			C	D				
2 4	432	348.408				D	E			
3 5	530	347.262				D	E	F		
3 6	468	347.092				D	E	F		
3 7	462	346.056					E	F	G	
3 4	510	345.959						F	G	
2 8	521	345.910						F	G	
1 3	352	345.898					E	F	G	H
3 8	536	344.694							G	H
2 3	464	344.617							G	H
2 7	492	344.438							G	H
3 3	471	343.483								H

Means that do not share a letter are significantly different.

3.2. Kích thước con cái nhóm 2

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

temp	N	Mean	Grouping		
1	2863	370.047	A		
2	2729	367.835		B	
3	2881	365.262			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

do man	N	Mean	Grouping		
6	1370	372.093	A		
5	1540	371.177	A		
4	1373	367.636		B	
7	1444	365.968		B	C
3	1300	364.925			C
8	1446	364.488			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

temp*do man	N	Mean	Grouping			
1 6	485	374.956	A			
1 5	544	373.655	A	B		
2 5	490	372.673	A	B		
2 6	427	372.594	A	B		
1 4	479	371.200		B	C	
1 7	431	368.797			C	D

3 6	458	368.730	C	D			
1 3	442	367.289		D	E		
3 5	506	367.204		D	E		
2 8	491	365.854		D	E	F	
2 4	435	365.854		D	E	F	
3 4	459	365.854		D	E	F	
2 7	478	365.854		D	E	F	
1 8	482	364.386			E	F	
2 3	408	364.180			E	F	
3 3	450	363.306				F	
3 7	535	363.255				F	
3 8	473	363.224				F	

Means that do not share a letter are significantly different.

3.3. Sức sinh sản nhóm 2

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

temp	N	Mean	Grouping		
2	60	18.4222	A		
1	60	15.5444		B	
3	60	8.4194			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Độ mặn	N	Mean	Grouping		
5	30	16.1556	A		
6	30	15.9722	A		
7	30	14.0222	A		B
3	30	13.0611			B
8	30	12.9278			B
4	30	12.6333			B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

temp*Độ mặn	N	Mean	Grouping					
1 6	10	21.3000	A					
2 7	10	21.2000	A					
2 5	10	20.6000	A	B				
1 5	10	20.3667	A	B				
2 8	10	18.5000	A	B	C			
2 6	10	17.8667	A	B	C			
2 3	10	17.0000	A	B	C			
1 4	10	15.8333		B	C	D		
2 4	10	15.3667			C	D	E	
1 3	10	13.8333			C	D	E	F	
1 7	10	11.1000				D	E	F	G
1 8	10	10.8333					E	F	G
3 7	10	9.7667						F	G
3 8	10	9.4500						F	G
3 6	10	8.7500							G
3 3	10	8.3500							G
3 5	10	7.5000							G
3 4	10	6.7000							G

Means that do not share a letter are significantly different.

3.4. Tỷ lệ nở nhóm 2

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ	N	Mean	Grouping
2	60	1.98537	A
1	60	1.98304	A

3	60	1.90233	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Độ mặn	N	Mean	Grouping		
7	30	1.98603	A		
6	30	1.98133	A	B	
5	30	1.96590	A	B	C
8	30	1.94675	A	B	C
3	30	1.94018		B	C
4	30	1.92129			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ*Độ mặn	N	Mean	Grouping			
1 7	10	2.00432	A			
1 5	10	2.00432	A			
1 8	10	2.00432	A			
2 5	10	1.99527	A			
2 6	10	1.99074	A	B		
2 4	10	1.98621	A	B		
1 6	10	1.98568	A	B		
2 8	10	1.98568	A	B		
2 3	10	1.97715	A	B		
2 7	10	1.97715	A	B		
3 7	10	1.97663	A	B		
1 4	10	1.96757	A	B		
3 6	10	1.96757	A	B		
1 3	10	1.93204	A	B	C	
3 3	10	1.91134	A	B	C	
3 5	10	1.89811		B	C	D
3 8	10	1.85025			C	D
3 4	10	1.81008				D

Means that do not share a letter are significantly different.

3.5. Số nauplii/ con cái sau 30h

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

temp	N	Mean	Grouping		
1	60	9.51167	A		
2	60	8.35500		B	
3	60	3.91500			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Đọ mặn	N	Mean	Grouping		
6	30	9.03333	A		
7	30	8.43333	A		
5	30	7.78000	A	B	
3	30	6.35667		B	C
4	30	6.04667			C
8	30	5.91333			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

temp*Đọ mặn	N	Mean	Grouping	
2 6	10	12.14	A	
1 7	10	10.82	A	B

1 8	10	10.32	A	B	C				
1 5	10	9.97	A	B	C				
1 6	10	9.81	A	B	C				
2 5	10	9.05	A	B	C				
2 7	10	8.72		B	C	D			
1 3	10	8.54		B	C	D			
2 3	10	8.01		B	C	D	E		
2 4	10	7.72		B	C	D	E		
1 4	10	7.61			C	D	E	F	
3 7	10	5.76				D	E	F	G	
3 6	10	5.15					E	F	G	H
2 8	10	4.49						F	G	H
3 5	10	4.32							G	H
3 8	10	2.93							G	H
3 4	10	2.81							G	H
3 3	10	2.52								H

Means that do not share a letter are significantly different

PHỤ LỤC 13. KẾT QUẢ SO SÁNH CÁC NGHIỆM THỨC CỦA THÍ NGHIỆM 2 (NHIỆT ĐỘ X CHẾ ĐỘ CHIẾU SÁNG)

4. THÍ NGHIỆM 2.1 - Loài *P. incisus*

4.1. Kích thước con đực

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ	N	Mean	Grouping		
1	40	634.358	A		
2	40	615.838		B	
3	40	609.324			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Chế độ chiếu sáng	N	Mean	Grouping	
2	30	630.050	A	
3	30	628.355	A	
1	30	611.892		B
4	30	609.064		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ*Chế độ chiếu sáng	N	Mean	Grouping			
1 2	10	652.561	A			
1 3	10	646.359	A			
2 3	10	624.755	B			
1 1	10	620.360	B	C		
2 2	10	619.981	B	C		
1 4	10	618.153	B	C		
3 2	10	617.608	B	C		
3 3	10	613.950		C	D	
2 1	10	611.555		C	D	E
2 4	10	607.061			D	E	F
3 1	10	603.761				E	F
3 4	10	601.976					F

Means that do not share a letter are significantly different.

4.2. Kích thước con cái

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ	N	Mean	Grouping		
1	40	748.564	A		
2	40	733.748		B	
3	40	695.967			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Chế độ chiếu sáng	N	Mean	Grouping			
2	30	744.613	A			
3	30	738.075		B		
1	30	718.444			C	
4	30	703.241				D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ*Chế độ chiếu sáng	N	Mean	Grouping						
1 2	10	782.940	A						
1 3	10	758.700		B					
2 3	10	749.940		B	C				
2 2	10	740.520			C	D			
2 1	10	734.552				D			
1 1	10	730.140				D	E		
1 4	10	722.478					E		
3 2	10	710.379						F	
2 4	10	709.981						F	
3 3	10	705.585						F	
3 1	10	690.642							G
3 4	10	677.264								H

Means that do not share a letter are significantly different.

4.3. Sức sinh sản

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ	N	Mean	Grouping		
1	150	22.8376	A		
2	174	18.5841		B	
3	238	16.3563			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Chế độ chiếu sáng	N	Mean	Grouping			
2	135	22.4526	A			
3	115	20.4234		B		
4	137	19.1017			C	
1	175	15.0596				D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ*Chế độ chiếu sáng	N	Mean	Grouping					
1 2	16	28.3750	A					
1 3	18	24.2778		B				
1 4	54	22.4074		B	C			
2 2	24	20.6250			C	D		
2 3	51	19.4706				D	E	
2 4	45	18.5556				D	E	F
3 2	95	18.3579				D	E	F
3 3	46	17.5217					E	F	G
3 4	38	16.3421						F	G
1 1	62	16.2903							G
2 1	54	15.6852							G
3 1	59	13.2034								H

Means that do not share a letter are significantly different.

4.4. Tỷ lệ nở

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ	N	Mean	Grouping		
1	40	1.99840	A		
3	40	1.98076		B	
2	40	1.96100			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Chế độ chiếu sáng	N	Mean	Grouping	
2	30	2.00281	A	
3	30	1.99323	A	
1	30	1.98852	A	
4	30	1.93564		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ*Chế độ chiếu sáng	N	Mean	Grouping		
1 1	10	2.00432	A		
1 2	10	2.00432	A		
2 2	10	2.00432	A		
2 3	10	2.00432	A		
1 4	10	1.99979	A		
3 2	10	1.99979	A		
3 1	10	1.99527	A		
3 3	10	1.99021	A		
1 3	10	1.98515	A	B	
2 1	10	1.96599	A	B	
3 4	10	1.93776		B	
2 4	10	1.86936			C

Means that do not share a letter are significantly different.

4.5. Số nauplii/con cái sau 30h

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ	N	Mean	Grouping

1	40	22.5148	A		
2	40	19.8009		B	
3	40	15.7040			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Chế độ chiếu sáng	N	Mean	Grouping		
3	30	23.8080	A		
2	30	21.2200	A		
4	30	18.5204		B	
1	30	13.8111			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ*Chế độ chiếu sáng	N	Mean	Grouping					
1 3	10	27.8106	A					
1 2	10	25.0305	A	B				
2 3	10	23.3279	A	B	C			
1 4	10	22.9153	A	B	C			
2 2	10	20.6596		B	C	D		
3 3	10	20.2856		B	C	D		
2 4	10	19.4660		B	C	D	E	
3 2	10	17.9700			C	D	E	F	
2 1	10	15.7500				D	E	F	G
1 1	10	14.3026					E	F	G
3 4	10	13.1800						F	G
3 1	10	11.3806							G

Means that do not share a letter are significantly different.

5. THÍ NGHIỆM 2.2. Loài *O. rigida*

5.1. Kích thước con đực

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
1	220	360.301	A		
2	1019	343.138		B	
3	558	329.733			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

CHẾ ĐỘ CHIẾU SÁNG	N	Mean	Grouping		
2	450	358.105	A		
3	470	346.085		B	
1	375	340.475			C
4	502	332.896				D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*CHẾ	N	Mean	Grouping

ĐỘ CHIẾU SÁNG									
1 2	33	376.201	A						
1 3	94	363.259		B					
1 1	28	355.401			C				
2 2	283	354.994			C				
1 4	65	346.341				D			
3 2	134	343.120				D	E		
2 3	226	342.543				D	E		
2 1	247	340.970					E		
2 4	263	334.044						F	
3 3	150	332.454						F	
3 1	100	325.055							G
3 4	174	318.302								H

Means that do not share a letter are significantly different.

5.2. Kích thước con cái

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
1	314	378.186	A		
2	861	361.340		B	
3	461	345.120			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

CHẾ ĐỘ CHIẾU SÁNG	N	Mean	Grouping			
2	480	374.223	A			
3	427	367.805		B		
1	315	356.723			C	
4	414	347.444				D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*CHẾ ĐỘ CHIẾU SÁNG	N	Mean	Grouping							
1 2	132	398.004	A							
1 3	87	386.039		B						
2 2	229	375.972			C					
2 3	220	368.293				D				
1 1	47	367.929				D	E			
1 4	48	360.772					E	F		
2 1	190	356.226						F		
3 3	120	349.084							G	
3 2	119	348.693							G	
3 1	78	346.013							G	
2 4	222	344.869							G	
3 4	144	336.691								H

Means that do not share a letter are significantly different.

5.3. Sức sinh sản

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping
1	246	9.37370	A
2	226	9.00441	A

3	167	5.74477	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

CHẾ ĐỘ CHIẾU SÁNG	N	Mean	Grouping
3	186	8.73606	A
4	147	8.21922	A
1	175	8.19725	A
2	131	7.01131	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*CHẾ ĐỘ CHIẾU SÁNG	N	Mean	Grouping				
2 4	50	10.5000	A				
1 1	67	10.3731	A				
2 3	68	10.1324	A	B			
1 3	76	9.1711		B	C		
1 4	56	9.0357		B	C		
1 2	47	8.9149		B	C		
2 1	66	8.9091			C		
3 3	42	6.9048				D	
2 2	42	6.4762				D	E
3 2	42	5.6429				D	E
3 1	42	5.3095					E
3 4	41	5.1220					E

Means that do not share a letter are significantly different.

5.4. Tỷ lệ nở

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
2	40	90.75	A		
1	40	82.25		B	
3	40	71.75			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

CHẾ ĐỘ CHIẾU SÁNG	N	Mean	Grouping	
2	30	86.3333	A	
1	30	84.0000	A	
3	30	80.3333	A	B
4	30	75.6667		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*CHẾ ĐỘ CHIẾU SÁNG	N	Mean	Grouping	
2 4	10	95	A	
2 1	10	93	A	
1 2	10	91	A	B

1 1	10	90	A	B			
2 2	10	90	A	B			
2 3	10	85	A	B	C		
1 3	10	82	A	B	C	D	
3 2	10	78		B	C	D	E
3 3	10	74			C	D	E
3 1	10	69				D	E
1 4	10	66					E
3 4	10	66					E

Means that do not share a letter are significantly different.

5.5. Số nauplii/con cái sau 30h

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
2	40	8.1400	A		
3	40	6.1400			B
1	40	6.0375			B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

CHẾ ĐỘ CHIẾU SÁNG	N	Mean	Grouping		
1	30	8.23333	A		
3	30	6.97333		B	
2	30	6.75667		B	
4	30	5.12667			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*CHẾ ĐỘ CHIẾU SÁNG	N	Mean	Grouping		
2 3	10	9.29	A		
1 1	10	9.28	A		
2 1	10	7.83	A	B	
2 4	10	7.73	A	B	
2 2	10	7.71	A	B	
3 1	10	7.59	A	B	
3 3	10	6.62		B	C
3 2	10	6.54		B	C
1 2	10	6.02		B	C
1 3	10	5.01			C	D
1 4	10	3.84				D
3 4	10	3.81				D

Means that do not share a letter are significantly different.

PHỤ LỤC 14. KẾT QUẢ SO SÁNH CÁC NGHIỆM THỨC CỦA THÍ NGHIỆM 3 (NHIỆT ĐỘ X TIA CỰC TÍM)

6. THÍ NGHIỆM 3.1 – Loài *P. incisus*

6.1. Kích thước con đực

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping
1	301	722.649	A

2	686	620.107		B
3	572	618.216		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

UV	N	Mean	Grouping		
2	692	655.616	A		
3	401	652.986	A		B
1	466	652.370			B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*UV	N	Mean	Grouping		
1 2	160	725.152	A		
1 3	7	724.739	A		
1 1	134	718.056	A		
3 2	216	622.290		B	
2 3	204	620.875		B	
2 1	166	620.041		B	C
2 2	316	619.404		B	
3 1	166	619.013		B	C
3 3	190	613.345			C

Means that do not share a letter are significantly different.

6.2. Kích thước con cái

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ	N	Mean	Grouping		
1	22	856.985	A		
2	30	743.141		B	
3	30	731.345			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

UV	N	Mean	Grouping		
2	30	782.956	A		
1	30	782.150	A		
3	22	766.366		B	

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Nhiệt độ*UV	N	Mean	Grouping				
1 1	10	868.666	A				
1 2	10	862.568	A	B			
1 3	2	839.721		B			
2 2	10	751.513			C		
2 1	10	743.390			C	D	
3 2	10	734.786				D	E
2 3	10	734.522				D	E
3 1	10	734.394				D	E
3 3	10	724.856					E

Means that do not share a letter are significantly different.

6.3. Sức sinh sản

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
1	126	23.7521	A		
2	194	16.8934		B	
3	177	16.3177		B	

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

UV	N	Mean	Grouping		
1	170	21.6100	A		
2	195	18.8930		B	
3	132	16.4602			C

Means that do not share a letter are significantly different.

6.4. Tỷ lệ nở

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
2	30	91.1111	A		
3	30	85.0000		B	
1	20	76.3889			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

UV	N	Mean	Grouping		
UV0	30	92.7778	A		
UVA	30	85.2778		B	
UVB	20	74.4444			C

Means that do not share a letter are significantly different.

6.5. Số nauplii/con cái sau 30h

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
1	20	19.8668	A	
2	30	14.1094		B
3	30	13.4033		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

UV	N	Mean	Grouping
1	30	16.5028	A
2	30	15.7800	A
3	20	15.0968	A

Means that do not share a letter are significantly different.

7. THÍ NGHIỆM 3.2 – Loài *O. rigida*

7.1. Kích thước con đực

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
1	1283	355.155	A	
2	1261	354.415	A	
3	1114	351.241		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

UV	N	Mean	Grouping		
1	1094	355.864	A		
2	1231	355.282	A		
3	1333	349.665		B	

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*UV	N	Mean	Grouping		
1 1	433	357.968	A		
1 2	461	357.759	A		
2 1	363	357.522	A		
2 2	390	356.098	A	B	
3 1	298	352.103		B	C
3 2	380	351.990			C
1 3	389	349.740			C
3 3	436	349.631			C
2 3	508	349.626			C

Means that do not share a letter are significantly different.

7.2. Kích thước con cái

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
2	1291	358.261	A	
1	1398	357.841	A	
3	1046	355.876		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

UV	N	Mean	Grouping	
1	1103	360.313	A	
2	1364	359.609	A	
3	1268	352.057		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*UV	N	Mean	Grouping			
1 1	426	361.731	A			
2 1	384	361.344	A	B		
2 2	434	361.302	A	B		
1 2	577	359.893	A	B	C	
3 1	293	357.862		B	C	
3 2	353	357.631			C	
2 3	473	352.137				D
3 3	400	352.134				D
1 3	395	351.899				D

Means that do not share a letter are significantly different.

7.3. Sức sinh sản

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
1	83	25.5024	A	
2	102	20.5810		B
3	90	20.0000		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

UV	N	Mean	Grouping		
1	102	26.0365	A		
2	90	23.3667		B	
3	83	16.6802			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*UV	N	Mean	Grouping			
1 1	30	30.5000	A			
1 2	30	25.8333		B		
2 1	42	25.4762		B		
2 2	30	22.9333		B	C	
3 1	30	22.1333			C	
3 2	30	21.3333			C	
1 3	23	20.1739			C	
3 3	30	16.5333				D
2 3	30	13.3333				D

Means that do not share a letter are significantly different.

7.4. Tỷ lệ nở

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
1	30	95.3333	A	
2	30	94.6667	A	
3	30	89.0000		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

UV	N	Mean	Grouping	
1	30	98.0000	A	
2	30	96.3333	A	
3	30	84.6667		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*UV	N	Mean	Grouping	
1 1	10	98	A	
1 2	10	98	A	
2 1	10	98	A	
3 1	10	98	A	
2 2	10	97	A	
3 2	10	94	A	
1 3	10	90	A	
2 3	10	89	A	
3 3	10	75		B

Means that do not share a letter are significantly different.

7.5. Số nauplii/con cái sau 30h

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
1	30	13.1600	A	
2	30	10.5167		B
3	30	9.6700		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

UV	N	Mean	Grouping		
1	30	12.5100	A		
2	30	11.3267		B	
3	30	9.5100			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*UV	N	Mean	Grouping			
1 1	10	15.20	A			
1 2	10	13.24	A	B		
2 1	10	11.39		B	C	
1 3	10	11.04		B	C	
3 1	10	10.94		B	C	
2 2	10	10.58			C	
3 2	10	10.16			C	D
2 3	10	9.58			C	D
3 3	10	7.91				D

Means that do not share a letter are significantly different.

PHỤ LỤC 15. KẾT QUẢ SO SÁNH CÁC NGHIỆM THỨC CỦA THÍ NGHIỆM 4 (NHIỆT ĐỘ X THỨC ĂN)

8. THÍ NGHIỆM 4.1 - *P. incisus*

8.1. Kích thước con đực

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
1	9943	637.697	A		
2	9580	613.501		B	
3	10581	586.197			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping		
1	8266	620.733	A		
3	8344	616.885		B	
2	13494	599.776			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
2	10846	623.846	A		
3	11118	621.928		B	
1	8140	591.620			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping				
1 1	2718	647.430	A				
1 3	2585	641.995		B			
1 2	4640	623.664			C		
2 1	2546	620.823				D	
2 3	2390	618.690					E
2 2	4644	600.990						F

3 1	3002	593.947	G
3 3	3369	589.969	H
3 2	4210	574.674	I

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping
1 2	3409	651.338	A
1 3	3994	648.017	B
2 2	3457	624.625	C
2 3	3125	623.056	D
1 1	2540	613.735	E
3 2	3980	595.576	F
3 3	3999	594.711	F
2 1	2998	592.822	G
3 1	2602	568.304	H

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping
1 2	2863	631.903	A
1 3	3193	630.030	B
3 2	2811	627.294	C
3 3	3188	623.735	D
2 2	5172	612.341	E
2 3	4737	612.019	E
1 1	2210	600.267	F
3 1	2345	599.625	F
2 1	3585	574.969	G

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping						
1 1 2	1018	662.993	A						
1 1 3	1174	659.014		B					
1 3 2	591	657.010		B					
1 3 3	1089	650.003			C				
1 2 3	1731	635.034				D			
1 2 2	1800	634.011				D			
2 1 2	701	631.989				D	E		
2 1 3	664	629.996					E	F	
2 3 2	885	628.882					E	F	
2 3 3	829	627.173						F	
1 1 1	526	620.282							G
1 3 1	905	618.973							G
2 2 2	1871	613.002								H
2 2 3	1632	611.998								H
1 2 1	1109	601.949									I
3 1 3	1355	601.079									I
3 1 2	1144	600.726									I
2 1 1	1181	600.483									I
2 3 1	676	600.014									I
3 3 2	1335	595.991										J
3 3 3	1270	594.030										J
3 2 2	1501	590.010											K
3 2 3	1374	589.024											K
3 1 1	503	580.036												L

3 3 1	764	579.886		L	
2 2 1	1141	577.970		L	
3 2 1	1335	544.989			M

Means that do not share a letter are significantly different.

8.2. Kích thước con cái

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
1	10702	747.715	A		
2	10640	723.724		B	
3	9744	682.789			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping		
1	7994	728.281	A		
3	7166	721.900		B	
2	15926	704.047			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
2	11432	730.522	A		
3	12114	728.568		B	
1	7540	695.138			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping						
1 1	2753	759.592	A						
1 3	2559	750.222		B					
2 1	2606	734.844			C				
1 2	5390	733.332			C	D			
2 3	2059	730.689				D			
2 2	5975	705.639					E		
3 1	2635	690.408						F	
3 3	2548	684.790							G
3 2	4561	673.169								H

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping						
1 2	3982	760.550	A						
1 3	4579	756.348		B					
2 2	3752	736.671			C				
2 3	3745	734.360			C				
1 1	2141	726.247				D			
2 1	3143	700.142					E		
3 3	3790	694.996						F	
3 2	3698	694.345						F	
3 1	2256	659.025							G

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping														
1 1 2	1100	767.982	A														
1 3 2	671	766.639	A														
1 1 3	1137	765.000	A														
1 3 3	1287	759.016		B													
1 2 2	2211	747.030			C												
1 1 1	516	745.793			C	D											
1 2 3	2155	745.029			C	D											
2 1 2	777	745.017			C	D											
2 1 3	724	742.993			C	D											
2 3 2	659	740.997			C	D											
2 3 3	748	739.077				D											
1 3 1	601	725.011					E										
2 2 2	2316	723.998					E										
2 2 3	2273	721.009					E	F									
2 1 1	1105	716.521						F	G								
2 3 1	652	711.993							G	H							
1 2 1	1024	707.936								H	I						
3 1 2	1055	702.005									I	J					
3 1 3	1206	702.003									I	J					
3 3 3	1064	695.984										J	K				
3 3 2	858	694.024											K				
3 2 2	1785	687.007												L			
3 2 3	1520	687.001												L			
2 2 1	1386	671.911													M		
3 1 1	374	667.215													M	N	
3 3 1	626	664.361														N	
3 2 1	1256	645.499															O

Means that do not share a letter are significantly different.

8.3. Sức sinh sản

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
1	270	20.3815	A		
2	270	15.0259		B	
3	270	14.1704			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping		
2	270	17.4741	A		
1	270	16.1259		B	
3	270	15.9778		B	

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
3	270	19.3222	A		
2	270	18.3000		B	
1	270	11.9556			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping	
1 2	90	22.3667	A	
1 3	90	19.4222		B

1 1	90	19.3556	B				
2 1	90	15.7111		C			
3 2	90	15.2556		C	D		
2 2	90	14.8000		C	D	E	
2 3	90	14.5667		C	D	E	
3 3	90	13.9444			D	E	
3 1	90	13.3111				E	

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping				
1 3	90	24.1667	A				
1 2	90	23.7889	A				
2 3	90	17.7444	B				
3 3	90	16.0556		C			
2 2	90	15.9778		C			
3 2	90	15.1333		C			
1 1	90	13.1889			D		
2 1	90	11.3556				E	
3 1	90	11.3222				E	

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping			
2 3	90	20.7778	A			
1 3	90	18.9667		B		
2 2	90	18.6556		B		
1 2	90	18.5000		B		
3 3	90	18.2222		B		
3 2	90	17.7444		B		
2 1	90	12.9889			C	
3 1	90	11.9667			C	D
1 1	90	10.9111				D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping						
1 1 3	30	25.4667	A						
1 3 2	30	24.3000	A						
1 2 3	30	24.1000	A						
1 2 2	30	24.0333	A						
1 1 2	30	23.0333	A						
1 3 3	30	22.9333	A						
3 2 3	30	19.1667	B						
2 2 3	30	19.0667	B	C					
1 2 1	30	18.9667	B	C					
2 1 2	30	17.7000	B	C	D				
2 1 3	30	17.3667	B	C	D	E			
2 3 3	30	16.8000	B	C	D	E			
2 2 2	30	16.1333	B	C	D	E	F		
3 2 2	30	15.8000		C	D	E	F		
3 3 3	30	14.9333			D	E	F	G	
3 3 2	30	14.8333			D	E	F	G	
3 1 2	30	14.7667			D	E	F	G	
2 3 2	30	14.1000				E	F	G	H
3 1 3	30	14.0667				E	F	G	H
2 3 1	30	12.8000					F	G	H	I

3 3 1	30	12.0667		G	H	I	J
2 1 1	30	12.0667		G	H	I	J
3 1 1	30	11.1000			H	I	J
1 3 1	30	11.0333			H	I	J
3 2 1	30	10.8000			H	I	J
1 1 1	30	9.5667				I	J
2 2 1	30	9.2000					J

Means that do not share a letter are significantly different.

8.4. Tỷ lệ nở

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
2	90	95.0000	A		
3	90	93.0000	A		
1	90	82.2222		B	

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping		
3	90	97.1111	A		
1	90	96.6667	A		
2	90	76.4444		B	

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
2	90	94.9630	A		
1	90	88.1852		B	
3	90	87.0741		B	

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping			
2 1	30	99.0000	A			
2 3	30	98.0000	A			
3 1	30	97.6667	A			
3 3	30	97.0000	A			
1 3	30	96.3333	A			
1 1	30	93.3333	A	B		
2 2	30	88.0000		B	C	
3 2	30	84.3333			C	
1 2	30	57.0000				D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping			
2 2	30	98.6667	A			
3 2	30	96.0000	A	B		
2 3	30	94.0000	A	B		
2 1	30	92.3333		B		
3 3	30	92.3333		B		
3 1	30	90.6667		B		
1 2	30	90.2222		B		
1 1	30	81.5556			C	
1 3	30	74.8889				D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
3 2	30	99.2222	A		
1 2	30	98.3333	A		
1 3	30	97.0000	A		
3 1	30	96.5556	A		
3 3	30	95.5556	A		
1 1	30	94.6667	A		
2 2	30	87.3333		B	
2 1	30	73.3333			C
2 3	30	68.6667			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping					
3 1 3	10	100.000	A					
3 3 2	10	100.000	A					
2 1 3	10	100.000	A					
3 1 2	10	99.000	A					
2 1 2	10	99.000	A					
2 3 2	10	99.000	A					
1 3 2	10	98.667	A					
2 1 1	10	98.000	A					
2 2 2	10	98.000	A					
2 3 3	10	98.000	A					
2 3 1	10	97.000	A	B				
3 3 1	10	97.000	A	B				
1 1 2	10	97.000	A	B				
1 3 1	10	95.667	A	B	C			
1 3 3	10	94.667	A	B	C	D		
3 1 1	10	94.000	A	B	C	D	E	
3 3 3	10	94.000	A	B	C	D	E	
1 1 1	10	92.000	A	B	C	D	E	
1 1 3	10	91.000	A	B	C	D	E	
3 2 2	10	89.000	A	B	C	D	E	
2 2 3	10	84.000		B	C	D	E	F
3 2 3	10	83.000			C	D	E	F
2 2 1	10	82.000				D	E	F
3 2 1	10	81.000					E	F
1 2 2	10	75.000						F
1 2 1	10	57.000							G
1 2 3	10	39.000								H

Means that do not share a letter are significantly different.

8.5. Số nauplii/con cái

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
2	90	177.456	A	
1	90	167.556	A	B
3	90	137.100		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping

2	90	190.656	A	
3	90	164.700	A	B
1	90	126.756		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
2	90	187.100	A	
3	90	165.600	A	B
1	90	129.411		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping		
2 2	30	276.833	A		
1 3	30	222.733	A	B	
3 2	30	165.667		B	C
1 1	30	150.467		B	C
3 3	30	136.633		B	C
2 3	30	134.733		B	C
1 2	30	129.467			C
2 1	30	120.800			C
3 1	30	109.000			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
1 2	30	209.133	A		
1 3	30	194.733	A	B	
2 3	30	185.433	A	B	C
3 2	30	179.633	A	B	C
2 1	30	174.400	A	B	C
2 2	30	172.533	A	B	C
3 3	30	116.633		B	C
3 1	30	115.033		B	C
1 1	30	98.800			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
2 2	30	237.867	A		
3 2	30	181.733	A	B	
2 1	30	181.367	A	B	
3 3	30	176.767	A	B	
1 3	30	167.300	A	B	
2 3	30	152.733	A	B	C
1 2	30	141.700		B	C
3 1	30	135.600		B	C
1 1	30	71.267			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI	N	Mean	Grouping

TẢO*MẬT ĐỘ							
1 3 3	10	319.9	A				
2 2 2	10	289.8	A	B			
2 2 1	10	282.2	A	B			
2 2 3	10	258.5	A	B	C		
1 3 2	10	251.1	A	B	C	D	
3 2 2	10	242.0	A	B	C	D	
1 1 3	10	209.8	A	B	C	D	E
1 1 2	10	194.5	A	B	C	D	E
3 3 2	10	184.0	A	B	C	D	E
1 2 2	10	181.8	A	B	C	D	E
2 1 3	10	160.2	A	B	C	D	E
2 3 1	10	156.5	A	B	C	D	E
3 3 1	10	153.1	A	B	C	D	E
1 2 1	10	152.1	A	B	C	D	E
3 2 3	10	145.2	A	B	C	D	E
2 3 3	10	137.6	A	B	C	D	E
3 1 3	10	131.9		B	C	D	E
2 1 2	10	117.7		B	C	D	E
3 1 2	10	112.9		B	C	D	E
2 3 2	10	110.1		B	C	D	E
3 2 1	10	109.8		B	C	D	E
1 3 1	10	97.2			C	D	E
2 1 1	10	84.5			C	D	E
3 1 1	10	82.2			C	D	E
3 3 3	10	72.8				D	E
1 2 3	10	54.5					E
1 1 1	10	47.1					E

Means that do not share a letter are significantly different.

9. THÍ NGHỆM 4.2 - *O. rigida*

9.1. Kích thước con đực

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
1	11383	364.329	A		
2	11526	354.648		B	
3	11481	344.541			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping		
1	12388	359.799	A		
3	11115	352.813		B	
2	10887	350.906			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
3	11527	358.906	A	
2	11405	358.482	A	
1	11458	346.129		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping
1 1	4201	371.039	A

1 3	3684	362.876	B					
1 2	3498	359.072		C				
2 1	4118	358.682		C				
2 3	3724	352.693			D			
2 2	3684	352.568			D			
3 1	4069	349.676				E		
3 3	3707	342.869					F	
3 2	3705	341.076						G

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping					
1 3	3824	368.901	A					
1 2	3632	368.844	A					
2 2	3974	358.351		B				
2 3	3773	358.130		B				
1 1	3927	355.243			C			
3 3	3930	349.687				D		
3 2	3799	348.252					E	
2 1	3779	347.463					E	
3 1	3752	335.682						F

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping					
1 3	4123	364.377	A					
1 2	4013	364.019	A					
3 3	3727	357.107		B				
3 2	3745	356.507		B				
2 3	3677	355.233			C			
2 2	3647	354.921			C			
1 1	4252	351.001				D		
3 1	3643	344.824					E	
2 1	3563	342.562						F

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping									
1 1 2	1303	378.002	A									
1 1 3	1408	375.104		B								
1 3 3	1246	368.496			C							
1 3 2	1204	366.968			C							
1 2 3	1170	363.102				D						
2 1 3	1342	363.018				D						
1 2 2	1125	361.561				D	E					
2 1 2	1404	361.059				D	E					
1 1 1	1490	360.010					E					
2 2 2	1290	357.459						F				
2 3 2	1280	356.536						F	G			
2 2 3	1195	355.975						F	G			
2 3 3	1236	355.395						F	G	H		
3 1 3	1373	355.010							G	H	I	
1 3 1	1234	353.164								H	I	J
3 1 2	1306	352.995									I	J
1 2 1	1203	352.554										J
2 1 1	1372	351.970										J
3 3 3	1245	347.429											K

3 2 3	1312	346.623			K	L			
2 3 1	1208	346.148			K	L			
3 3 2	1261	346.019			K	L			
3 2 2	1232	345.744			K	L			
2 2 1	1199	344.271				L			
3 1 1	1390	341.023					M		
3 3 1	1201	335.160						N	
3 2 1	1161	330.863							O

Means that do not share a letter are significantly different.

9.2. Kích thước con cái

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
1	11454	384.073	A		
2	11431	376.560		B	
3	11375	366.568			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping		
1	12341	383.650	A		
3	10944	372.126		B	
2	10975	371.425			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
2	11441	380.454	A	
3	11276	380.298	A	
1	11543	366.448		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping					
1 1	4118	390.996	A					
2 1	4111	383.332		B				
1 3	3698	381.091			C			
1 2	3638	380.132			C			
3 1	4112	376.623				D		
2 2	3712	373.647					E	
2 3	3608	372.702					E	
3 3	3638	362.586						F	
3 2	3625	360.494							G

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping					
1 3	3797	389.912	A					
1 2	3773	388.276		B				
2 2	3819	382.094			C			
2 3	3747	380.688				D		
1 1	3884	374.031					E	
3 2	3849	370.993						F
3 3	3732	370.295						F
2 1	3865	366.898							G

3 1	3794	358.416	H

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping			
1 2	4135	388.320	A			
1 3	4035	387.985	A			
3 2	3634	376.837		B		
3 3	3640	376.597		B		
2 3	3601	376.314		B		
2 2	3672	376.205		B		
1 1	4171	374.645			C	
3 1	3670	362.945				D
2 1	3702	361.755				D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping										
1 1 3	1340	395.959	A										
1 1 2	1406	395.014	A										
2 1 2	1349	388.978		B									
2 1 3	1364	388.044		B	C								
1 2 3	1227	387.004		B	C								
1 3 3	1230	386.774		B	C	D							
1 3 2	1199	385.687			C	D							
1 2 2	1168	384.125				D	E						
1 1 1	1372	382.013					E	F					
3 1 2	1380	380.968						F					
3 1 3	1331	379.951						F	G				
2 2 2	1261	379.528						F	G				
2 3 2	1209	377.776							G	H			
2 2 3	1191	377.322							G	H			
2 3 3	1192	376.698								H			
2 1 1	1398	372.972									I		
1 3 1	1269	370.812									I	J	
1 2 1	1243	369.268										J	K
3 1 1	1401	368.952										J	K
3 3 2	1226	367.047											K	L
3 3 3	1218	366.318												L	M
3 2 2	1243	364.962												L	M
3 2 3	1183	364.616												L	M
2 2 1	1260	364.092													M
2 3 1	1207	363.631													M
3 3 1	1194	354.391														N
3 2 1	1199	351.905														N

Means that do not share a letter are significantly different.

Comparisons for KÍCH THƯỚC

Tukey Pairwise Comparisons: NHIỆT ĐỘ

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
1	11383	364.329	A		
2	11526	354.648		B	
3	11481	344.541			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: LOÀI TẢO

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping		
1	12388	359.799	A		
3	11115	352.813		B	
2	10887	350.906			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: MẬT ĐỘ

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
3	11527	358.906	A	
2	11405	358.482	A	
1	11458	346.129		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping				
1 1	4201	371.039	A				
1 3	3684	362.876		B			
1 2	3498	359.072			C		
2 1	4118	358.682			C		
2 3	3724	352.693				D	
2 2	3684	352.568				D	
3 1	4069	349.676					E
3 3	3707	342.869						F
3 2	3705	341.076							G

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: NHIỆT ĐỘ*MẬT ĐỘ

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping				
1 3	3824	368.901	A				
1 2	3632	368.844	A				
2 2	3974	358.351		B			
2 3	3773	358.130		B			
1 1	3927	355.243			C		
3 3	3930	349.687				D	
3 2	3799	348.252					E
2 1	3779	347.463					E
3 1	3752	335.682						F

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
1 3	4123	364.377	A	
1 2	4013	364.019	A	
3 3	3727	357.107		B
3 2	3745	356.507		B

2 3	3677	355.233	C
2 2	3647	354.921	C
1 1	4252	351.001	D
3 1	3643	344.824	E
2 1	3563	342.562	F

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping													
1 1 2	1303	378.002	A													
1 1 3	1408	375.104		B												
1 3 3	1246	368.496			C											
1 3 2	1204	366.968			C											
1 2 3	1170	363.102				D										
2 1 3	1342	363.018				D										
1 2 2	1125	361.561				D	E									
2 1 2	1404	361.059				D	E									
1 1 1	1490	360.010					E									
2 2 2	1290	357.459						F								
2 3 2	1280	356.536						F	G							
2 2 3	1195	355.975						F	G							
2 3 3	1236	355.395						F	G	H						
3 1 3	1373	355.010							G	H	I					
1 3 1	1234	353.164								H	I	J				
3 1 2	1306	352.995									I	J				
1 2 1	1203	352.554										J				
2 1 1	1372	351.970										J				
3 3 3	1245	347.429											K			
3 2 3	1312	346.623											K	L		
2 3 1	1208	346.148											K	L		
3 3 2	1261	346.019											K	L		
3 2 2	1232	345.744											K	L		
2 2 1	1199	344.271												L		
3 1 1	1390	341.023													M	
3 3 1	1201	335.160														N
3 2 1	1161	330.863															O

Means that do not share a letter are significantly different.

9.3. Sức sinh sản

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
1	150	19.5259	A		
2	150	16.5809		B	
3	150	13.6081			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping	
2	90	17.4056	A	
3	270	16.9333	A	
1	90	15.3761		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping
3	150	19.0841	A

2	150	17.3917		B	
1	150	13.2393			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping				
1 2	30	24.5111	A				
2 1	30	17.5928		B			
1 3	90	17.4778		B			
2 3	90	17.2667		B			
1 1	30	16.5889		B	C		
3 3	90	16.0556		B	C		
2 2	30	14.8833			C	D	
3 2	30	12.8222				D	E
3 1	30	11.9467					E

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping			
1 2	50	21.5667	A			
2 3	50	21.1789	A			
1 3	50	20.5111	A			
1 1	50	16.5000		B		
3 3	50	15.5622		B	C	
3 2	50	15.3889		B	C	
2 2	50	15.2194		B	C	
2 1	50	13.3444			C	
3 1	50	9.8733				D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping			
3 3	90	23.1444	A			
2 2	30	18.6333		B		
3 2	90	17.4000		B		
1 3	30	17.0689		B		
2 3	30	17.0389		B		
2 1	30	16.5444		B		
1 2	30	16.1417		B		
1 1	30	12.9178			C	
3 1	90	10.2556				D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping				
2 3 3	30	29.3667	A				
1 2 2	10	26.2667	A	B			
1 2 1	10	23.8333		B	C		
1 2 3	10	23.4333		B	C	D	
1 3 2	30	20.1333			C	D	E
1 3 3	30	20.0333			C	D	E
3 3 3	30	20.0333			C	D	E
3 3 2	30	19.7333			C	D	E

2 1 3	10	19.5200	C	D	E	F						
1 1 2	10	18.3000		D	E	F	G					
1 1 3	10	18.0667			E	F	G	H				
2 1 2	10	17.3250			E	F	G	H				
2 2 2	10	16.0000			E	F	G	H	I			
2 1 1	10	15.9333			E	F	G	H	I			
2 2 3	10	14.6500				F	G	H	I	J		
2 2 1	10	14.0000					G	H	I	J	K	
3 2 2	10	13.6333					G	H	I	J	K	
3 1 3	10	13.6200					G	H	I	J	K	
1 1 1	10	13.4000					G	H	I	J	K	
3 2 3	10	13.0333					G	H	I	J	K	
3 1 2	10	12.8000						H	I	J	K	
2 3 2	30	12.3333							I	J	K	
1 3 1	30	12.2667							I	J	K	
3 2 1	10	11.8000							I	J	K	L
2 3 1	30	10.1000									K	L
3 1 1	10	9.4200								J	K	L
3 3 1	30	8.4000										L

Means that do not share a letter are significantly different.

9.4. Tỷ lệ nở

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
3	90	96.3333	A	
2	90	94.1111	A	B
1	90	92.3333		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping	
3	90	96.3333	A	
2	90	95.7778	A	
1	90	90.6667		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
2	90	96.4444	A	
3	90	95.6667	A	
1	90	90.6667		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping		
2 3	30	98.0000	A		
2 2	30	97.6667	A		
3 3	30	97.3333	A		
3 2	30	96.0000	A	B	
3 1	30	95.6667	A	B	
1 3	30	93.6667	A	B	
1 2	30	93.6667	A	B	
1 1	30	89.6667		B	C
2 1	30	86.6667			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
3 2	30	98.3333	A		
3 3	30	97.6667	A		
2 2	30	95.6667	A		
1 2	30	95.3333	A		
1 3	30	95.3333	A		
2 3	30	94.0000	A		
3 1	30	93.0000	A		
2 1	30	92.6667	A		B
1 1	30	86.3333			B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
3 2	30	98.3333	A	
2 3	30	97.6667	A	
3 3	30	97.3333	A	
2 2	30	96.0000	A	
1 2	30	95.0000	A	
2 1	30	93.6667	A	
3 1	30	93.3333	A	
1 3	30	92.0000	A	
1 1	30	85.0000		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
2 2 2	10	99	A		
2 3 2	10	99	A		
3 1 2	10	99	A		
3 3 2	10	98	A	B	
1 3 2	10	98	A	B	
3 2 2	10	98	A	B	
3 2 3	10	98	A	B	
2 2 3	10	98	A	B	
2 3 3	10	98	A	B	
3 3 3	10	98	A	B	
1 2 3	10	97	A	B	
2 3 1	10	97	A	B	
3 1 3	10	97	A	B	
1 1 2	10	97	A	B	
2 2 1	10	96	A	B	
1 3 3	10	96	A	B	
3 3 1	10	96	A	B	
1 1 3	10	93	A	B	
1 2 1	10	93	A	B	
3 2 1	10	92	A	B	C
1 2 2	10	91	A	B	C
3 1 1	10	91	A	B	C
2 1 2	10	89	A	B	C
1 3 1	10	87	A	B	C
2 1 3	10	86	A	B	C
2 1 1	10	85		B	C
1 1 1	10	79			C

Means that do not share a letter are significantly different.

9.5. Số nauplii/con cái

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
2	90	83.6444	A	
3	90	63.8111		B
1	90	58.8000		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping	
3	90	105.422	A	
2	90	55.778		B
1	90	45.056		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping	
2	90	85.2222	A	
1	90	65.6556		B
3	90	55.3778		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO	N	Mean	Grouping			
3 3	30	121.767	A			
2 3	30	120.633	A			
1 3	30	73.867		B		
1 2	30	68.433		B		
2 2	30	67.600		B	C	
2 1	30	62.700		B	C	D
3 1	30	38.367			C	D	E
1 1	30	34.100				D	E
3 2	30	31.300					E

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
2 2	30	110.967	A		
3 2	30	77.367		B	
2 3	30	73.567		B	C
1 2	30	67.333		B	C
3 1	30	67.267		B	C
2 1	30	66.400		B	C
1 1	30	63.300		B	C
3 3	30	46.800			C
1 3	30	45.767			C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping		
3 2	30	130.567	A		
3 3	30	92.933		B	
3 1	30	92.767		B	
2 1	30	69.933		B	C

2 2	30	67.167	B	C	
1 2	30	57.933		C	D
1 3	30	42.967		C	D
1 1	30	34.267			D
2 3	30	30.233			D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

NHIỆT ĐỘ*LOÀI TẢO*MẬT ĐỘ	N	Mean	Grouping							
2 3 2	10	165.3	A							
3 3 1	10	141.0	A	B						
3 3 2	10	132.2	A	B	C					
2 3 3	10	123.2	A	B	C	D				
1 2 1	10	97.7		B	C	D	E			
1 3 2	10	94.2		B	C	D	E	F		
3 3 3	10	92.1		B	C	D	E	F		
2 2 2	10	88.6		B	C	D	E	F	G	
2 1 2	10	79.0			C	D	E	F	G	H
2 3 1	10	73.4			C	D	E	F	G	H
2 2 1	10	70.9				D	E	F	G	H
1 2 2	10	69.3				D	E	F	G	H	I
1 3 1	10	63.9				D	E	F	G	H	I
1 3 3	10	63.5				D	E	F	G	H	I
3 1 2	10	56.3					E	F	G	H	I
2 1 1	10	54.9					E	F	G	H	I
2 1 3	10	54.2					E	F	G	H	I
3 2 2	10	43.6					E	F	G	H	I
2 2 3	10	43.3					E	F	G	H	I
3 2 1	10	41.2					E	F	G	H	I
3 1 3	10	39.2					E	F	G	H	I
1 1 2	10	38.5					E	F	G	H	I
1 2 3	10	38.3					E	F	G	H	I
1 1 3	10	35.5						F	G	H	I
1 1 1	10	28.3							G	H	I
3 1 1	10	19.6								H	I
3 2 3	10	9.1									I

Means that do not share a letter are significantly different.