

ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ VÀ VI TẢO LÀM THỨC ĂN ĐẾN SINH TRƯỞNG, SINH SẢN CỦA LOÀI COPEPODA *Pseudodiaptomus annandalei*

EFFECTS OF TEMPERATURE AND MICROALGAE AS FOOD ON GROWTH AND REPRODUCTION OF THE COPEPOD *Pseudodiaptomus annandalei*

**Đoàn Xuân Nam, Trần Thị Lê Trang, Trần Văn Dũng,
Lê Minh Hoàng, Đinh Văn Khương, Phạm Quốc Hùng**

Viện Nuôi trồng Thủy sản, Trường Đại học Nha Trang

Tác giả liên hệ: Trần Thị Lê Trang. Email: letrang@ntu.edu.vn

Ngày nhận bài: 11/02/2025; Ngày phản biện thông qua: 16/04/2025; Ngày duyệt đăng: 20/05/2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm đánh giá tác động của ba loài vi tảo khác nhau (*Chaetoceros muelleri*, *Isochrysis galbana*, *Tetraselmis chuii*) ở hai mức nhiệt độ (30°C và 34°C) đến tăng trưởng, tỷ lệ sống, khả năng sinh sản, tỷ lệ trứng nở và tổng số ấu trùng của loài *Pseudodiaptomus annandalei*. Trong thí nghiệm đầu tiên, ấu trùng mới nở được nuôi trong bình thủy tinh 5 lít nước với mật độ ban đầu 500 con/L, sử dụng ba loài vi tảo khác nhau làm thức ăn ở hai mức nhiệt độ. Mỗi nghiệm thức được lặp lại ba lần. Hằng ngày, mỗi nghiệm thức được thu 300 ml nước mẫu để xác định giai đoạn phát triển và đo tốc độ tăng trưởng chiều dài của loài *P. annandalei* ở các giai đoạn khác nhau. Thí nghiệm thứ hai được thực hiện với 500 ấu trùng mới nở trong bình thủy tinh 1 lít nước, duy trì các điều kiện nhiệt độ và nguồn thức ăn giống thí nghiệm trước. Các thông số được theo dõi gồm tỷ lệ sống, khả năng sinh sản, tỷ lệ trứng nở và số lượng ấu trùng trên mỗi con cái. Mười con đực trưởng thành và mười con cái trưởng thành được bố trí trong bình thủy tinh 1 lít nước, sử dụng ba loài vi tảo khác nhau làm thức ăn, mỗi nghiệm thức được lặp lại năm lần. Hằng ngày, số lượng ấu trùng được ghi nhận trong 10 ngày để tính tổng số ấu trùng trên mỗi con cái. Kết quả cho thấy, quần thể *P. annandalei* phát triển nhanh hơn và có các chỉ tiêu sinh sản cao hơn khi nuôi ở 30°C so với 34°C. Trong ba loài vi tảo khác nhau thử nghiệm, việc sử dụng *I. galbana* hoặc *C. muelleri* làm thức ăn giúp *P. annandalei* có tốc độ tăng trưởng chiều dài tốt hơn so với khi ăn *T. chuii*. Do đó, sự kết hợp giữa nhiệt độ 30°C và hai loài vi tảo *I. galbana* hoặc *C. muelleri* được xem là điều kiện tối ưu để nuôi sinh khối loài Copepoda này.

Từ khóa: Vi tảo, *Pseudodiaptomus annandalei*, phát triển, sinh sản, tỷ lệ sống, tỷ lệ nở.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of three different microalgae species (*Chaetoceros muelleri*, *Isochrysis galbana*, *Tetraselmis chuii*) under two temperature conditions (30°C and 34°C) on the growth, survival rate, reproductive capacity, hatching rate, and total number of larvae of *Pseudodiaptomus annandalei*. In the first experiment, newly hatched larvae were cultured in 5-liter glass containers at an initial density of 500 individuals/L, using three different microalgae species as feed at two temperature levels. Each treatment was replicated three times. Daily, 300 ml of water was sampled to determine developmental stages and measure the growth rate of adults based on body length. The second experiment was conducted with 500 newly hatched larvae in 1-liter glass containers, maintaining the same temperature conditions and different microalgae species as in the previous experiment. The monitored parameters included survival rate, reproductive capacity, hatching rate, and the number of larvae per female. Ten adult males and ten adult females were placed in 1-liter glass containers and fed one of the three different microalgae species. Each treatment was replicated five times. The number of larvae was recorded daily over ten days to determine the total number of larvae per female. The results showed that the *P. annandalei* population grew faster and exhibited higher reproductive indicators at 30°C than at 34°C. Among the three tested different microalgae species, feeding *P. annandalei* with *I. galbana* or *C. muelleri* resulted in better growth in body

length than feeding with *T. chuii*. Therefore, the combination of 30°C and the microalgae species *I. galbana* or *C. muelleri* is considered the optimal condition for the mass culture of this copepod species.

Keywords: Microalgae, *Pseudodiaptomus annandalei*, growth, reproduction, survival, hatching.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ương nuôi ấu trùng là giai đoạn đầu tiên và quan trọng nhất trong quy trình sản xuất giống thủy sản, đặc biệt đối với các loài cá biển. Khi mới nở, ấu trùng cá chuyển từ giai đoạn dinh dưỡng nội sinh (sử dụng noãn hoàng) sang giai đoạn bắt đầu ăn thức ăn bên ngoài, làm gia tăng tỷ lệ tử vong do tác động của các yếu tố lý, hóa và sinh học trong môi trường nước cũng như đặc điểm sinh học của ấu trùng [29]. Hầu hết các loài cá biển nhiệt đới như cá bẹ, cá bớp, cá chẽm, cá chim, cá hồng, cá mú có kích thước ấu trùng nhỏ, miệng hẹp và hệ tiêu hóa chưa hoàn thiện khi bắt đầu tiêu thụ thức ăn bên ngoài. Do đó, việc cung cấp nguồn thức ăn phù hợp, dễ tiêu hóa và giàu dinh dưỡng là yếu tố then chốt giúp ấu trùng phát triển tốt.

Luân trùng và *Artemia* thường được sử dụng làm nguồn thức ăn sống cung cấp dinh dưỡng khởi đầu trong nuôi trồng thủy sản do quy trình nuôi đơn giản, khả năng đạt mật độ sinh khối cao của luân trùng [24] và sự sẵn có của trứng nghỉ *Artemia* trên thị trường [8]. Tuy nhiên, so với nhóm giáp xác chân chèo, hai đối tượng này vẫn tồn tại một số hạn chế đáng kể về giá trị dinh dưỡng và đặc điểm sinh học. Giáp xác chân chèo nổi bật hơn nhờ kích thước đa dạng, dao động từ khoảng 70 đến 10.000 μm [36], và kiểu di chuyển đặc trưng – bơi giật giạt theo kiểu dích dắc hoặc bơi nghi ở cả giai đoạn ấu trùng lẫn trưởng thành. Kiểu di chuyển này giúp kích thích phản xạ bắt mồi và làm tăng tốc độ ăn của ấu trùng cá [5]. Hơn nữa, giáp xác chân chèo có thành phần dinh dưỡng vượt trội, đặc biệt là hàm lượng axit béo không no chuỗi dài (DHA và EPA), thường cao hơn so với luân trùng và *Artemia* đã được làm giàu. Tỷ lệ DHA/EPA trong giáp xác chân chèo đạt khoảng 2, trong khi phospholipid chiếm hơn 50% tổng số lipid [8]. Những đặc điểm này giúp cải thiện khả năng bắt mồi của ấu trùng, tối ưu hóa quá

trình chuyển hóa và cung cấp các dưỡng chất thiết yếu, từ đó nâng cao tốc độ tăng trưởng và tỷ lệ sống của ấu trùng cá.

Giáp xác chân chèo có tới 7 bộ, trong đó 3 bộ (Calanoida, Cyclopoida và Harpacticoida) có nhiều đại diện sống trôi nổi tự do làm thức ăn sống trong NTTS. *Pseudodiaptomus annandalei*, thuộc bộ Calanoida, đóng vai trò quan trọng trong việc chuyển hóa và vận chuyển chất dinh dưỡng trong hệ sinh thái nước lợ và khu vực cửa sông rừng ngập mặn nhiệt đới [6, 30]. Đồng thời, loài này cũng là nguồn thức ăn sống có giá trị dinh dưỡng cao cho ấu trùng cá biển [30]. Ngoài tự nhiên, *P. annandalei* có khả năng lựa chọn thức ăn phù hợp nhằm đáp ứng nhu cầu dinh dưỡng và năng lượng trong quá trình phát triển cũng như sinh sản [20]. Loài này chủ yếu ăn thực vật phù du và có khả năng thu lọc vi tảo. Khi nguồn thức ăn khan hiếm, chúng có thể chuyển sang phương thức săn mồi chủ động bằng cách tạo dòng xoáy nước để gom và tiêu thụ thức ăn [9, 27].

Các nghiên cứu gần đây về *P. annandalei* khi được nuôi bằng các loài tảo khác nhau [14-15] cho thấy mối liên quan giữa thành phần vi tảo và các chất dinh dưỡng quan trọng như HUFA, axit amin thiết yếu, làm cho vi tảo trở thành yếu tố then chốt trong quá trình phát triển và sinh sản của loài này. Ba loài vi tảo thường được sử dụng tại các trại sản xuất giống ở Việt Nam gồm *Chaetoceros muelleri*, *Isochrysis galbana* và *Tetraselmis chuii*. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định loài vi tảo thích hợp nhất để nuôi sinh khối *P. annandalei*.

Biến đổi khí hậu đã làm nhiệt độ hệ sinh thái biển nhiệt đới tăng hơn 1°C trong vòng 100 năm qua, và dự báo tốc độ gia tăng có thể gấp ba đến bốn lần vào cuối thế kỷ 21 [16, 34]. Hiện nay, nhiệt độ bề mặt đại dương tại khu vực nhiệt đới hiện đã tiến gần đến ngưỡng chịu đựng của giáp xác chân chèo

[38]. Sự ấm lên có thể mang lại tác động tích cực hoặc tiêu cực đối với các nhóm sinh vật khác nhau. Đối với *P. annandalei*, nhiệt độ cao có thể ảnh hưởng đến tăng trưởng và sinh sản. Tuy nhiên, vẫn còn thiếu các nghiên cứu đánh giá tác động của sự gia tăng nhiệt độ đối với loài Copepoda này tại các vùng ven biển nhiệt đới. Hiện chưa có nghiên cứu nào xem xét mức độ phù hợp của ba loài vi tảo đối với *P. annandalei* trong điều kiện nhiệt độ cao (34°C) tương ứng với bối cảnh biến đổi khí hậu. Vì vậy, nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ và nguồn thức ăn vi tảo đối với sự tăng trưởng và sinh sản của loài này, cung cấp dữ liệu quan trọng để xây dựng quy trình nuôi sinh khối loài *P. annandalei* hiệu quả.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Copepoda thí nghiệm

Loài *P. annandalei* được thu thập từ ao nuôi trồng thủy sản tại Trại thực nghiệm Nuôi trồng Thủy sản, Trường Đại học Nha Trang, nơi có độ mặn nước dao động từ 19 - 20‰. Mẫu được thu bằng lưới vớt động vật phù du, sau đó sử dụng lưới lọc 200 μm để tách riêng các cá thể Copepoda trưởng thành. Những con cái mang hai bọc trứng được phân lập trong đĩa petri và thuần hóa trong điều kiện nhiệt độ 30°C và 34°C trong vòng 3 ngày trước khi tiến hành thí nghiệm.

2. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm 1: Đánh giá tác động của nhiệt độ và ba loài vi tảo khác nhau lên sự phát triển và tốc độ tăng trưởng chiều dài của *P. annandalei*.

Thí nghiệm được thiết kế theo hai nhân tố với ba loài vi tảo khác nhau (*I. galbana*, *C. muelleri* và *T. chuii*), hai mức nhiệt độ (30°C và 34°C), và ba lần lặp lại, tổ hợp thành 18 đơn vị thí nghiệm. Mỗi đơn vị thí nghiệm được bố trí vào thể tích nước nuôi 5 lít chứa 500 con cái mang hai bọc trứng. Các bình được đặt trong bể ổn nhiệt với thiết bị kiểm soát nhiệt độ duy trì ở 30°C và 34°C, kết hợp

với sục khí nhẹ. Sau 30 giờ, các con cái được loại bỏ bằng vợt lọc 200 μm , giữ lại ấu trùng trong môi trường nước ban đầu. Ấu trùng được nuôi với ba loài vi tảo khác nhau cho đến khi đạt giai đoạn trưởng thành. Mỗi ngày vào lúc 8 giờ sáng, 300 ml nước được lấy mẫu từ mỗi bình để xác định giai đoạn phát triển và đo kích thước của ấu trùng mới nở, con đực trưởng thành và con cái trưởng thành. Tốc độ tăng trưởng theo chiều dài (SGR_L) của con đực và con cái được đo bằng kính hiển vi soi nổi.

Thí nghiệm 2: Đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ và ba loài vi tảo khác nhau lên tỷ lệ sống, khả năng sinh sản, tỷ lệ nở và tổng số ấu trùng trên mỗi con cái trong vòng 10 ngày.

Thí nghiệm được thiết kế với ba loài vi tảo khác nhau (*I. galbana*, *C. muelleri* và *T. chuii*), hai mức nhiệt độ (30°C và 34°C), và năm lần lặp lại, tổ hợp thành 30 đơn vị thí nghiệm. Mỗi bình thủy tinh 5 lít nước chứa 500 con cái mang hai bọc trứng. Sau 30 giờ, con cái được loại bỏ bằng vợt lọc 200 μm , và ấu trùng được thu bằng vợt lọc 25 μm . Khoảng 500 ấu trùng được bố trí vào thể tích nước nuôi 1 lít trong mỗi bình thủy tinh từng đơn vị thí nghiệm. Các bình được đặt trong bể ổn nhiệt có thiết bị kiểm soát nhiệt độ duy trì ở 30°C và 34°C. Ấu trùng được nuôi bằng các loài vi tảo khác nhau cho đến khi trưởng thành. Khi các cá thể trưởng thành, chúng được sử dụng để đánh giá các chỉ tiêu như tỷ lệ sống, số lần sinh sản, tỷ lệ nở (xác định trong giếng nuôi 3 ml nước), và số lượng ấu trùng trên mỗi con cái (được bố trí vào thể tích nước nuôi 125 ml trong chai thủy tinh). Ngoài ra, một nhóm gồm 10 con cái và 10 con đực được bố trí vào thể tích nước nuôi 1 lít trong mỗi bình thủy tinh để theo dõi tổng số ấu trùng trên mỗi con cái trong vòng 10 ngày. Mẫu được thu hằng ngày vào lúc 8 giờ sáng để ghi nhận số lượng ấu trùng sinh ra.

3. Chế độ chăm sóc và quản lý thí nghiệm

Ba loài vi tảo khác nhau được duy trì bằng phương pháp nuôi cấy bán liên tục trong môi trường nước biển có độ mặn 25‰, đã được

lọc qua màng 0,5 μm và khử trùng, đồng thời bổ sung môi trường f/2. Hệ thống nuôi bao gồm bình thủy tinh 5 lít nước và bình nhựa 20 lít nước, được duy trì trong phòng điều hòa với nhiệt độ ổn định ở 25°C. Tảo được khuấy đều bằng khí nén nhằm duy trì trạng thái lơ lửng, đảm bảo tăng trưởng ổn định dưới điều kiện chiếu sáng liên tục 24 giờ/ngày.

Loài *P. annandalei* được nuôi bằng ba loài vi tảo khác nhau nhằm duy trì mật độ sinh khối như nhau: 800 $\mu\text{g C/L}$, với tần suất cho ăn một lần mỗi ngày vào lúc 9 giờ sáng. Môi trường nuôi có độ mặn 20‰, được lọc qua lõi 0,5 μm , với nhiệt độ được kiểm soát ở hai mức 30°C và 34°C, và chu kỳ chiếu sáng 12 giờ sáng - 12 giờ tối.

4. Phương pháp thu và phân tích mẫu

Giai đoạn phát triển: Mẫu được thu bằng vợt lọc có kích thước mắt lưới 25 μm và cố định trong dung dịch Lugol 5%. Sử dụng kính hiển vi soi nổi (Olympus SZ61), tỷ lệ phần trăm các giai đoạn phát triển được xác định. Các giai đoạn bao gồm: ấu trùng, con non, con đực trưởng thành và con cái trưởng thành, được phân biệt dựa trên đặc điểm hình thái cơ thể và sự phát triển của các phần phụ, theo mô tả của Golez và cộng sự (2004) [14].

Tốc độ tăng trưởng theo chiều dài (SGR_L): Kích thước của ấu trùng (*Nauplius I*) và con trưởng thành được đo bằng kính hiển vi soi nổi có gắn thước đo trên thị kính. Kích thước con trưởng thành được xác định từ đỉnh đầu đến cuối phần đầu ngực, với mỗi đơn vị thí nghiệm gồm 50 con đực và 50 con cái. Kích thước ấu trùng (*Nauplius I*) được xác định bằng cách đo từ đầu đến tận cùng gai đuôi, với mỗi đơn vị thí nghiệm gồm 50 ấu trùng. Các giá trị đo lường được chuyển đổi sang kích thước thực tế với độ chính xác 10 μm , dựa trên phép hiệu chỉnh bằng thước chuẩn trên kính hiển vi soi nổi ở cùng mức phóng đại.

Kích thước Copepoda = $(n \times 1000)/TC$

Trong đó: n là số vạch đo được tương ứng với kích thước của Copepoda trên kính hiển vi soi nổi tại cùng mức phóng đại; TC là số vạch tương ứng với thước chuẩn (1 mm = 1000 μm = TC) trên kính hiển vi tại

cùng mức phóng đại.

$$\text{SGR}_L (\%/ \text{ngày}) = [(\text{Ln}L_2 - \text{Ln}L_1)/(t_2 - t_1)] \times 100$$

Trong đó: L_1 là kích thước trung bình của ấu trùng (*Nauplius I*), L_2 là kích thước trung bình của con đực và con cái trưởng thành; t_1 là ngày đầu tiên nuôi ($t_1 = 1$), t_2 là thời gian cần thiết để Copepoda đạt đến giai đoạn trưởng thành.

Tỷ lệ sống đến giai đoạn trưởng thành được xác định bằng số lượng cá thể trưởng thành còn sống, chia cho tổng số ấu trùng ban đầu được thả nuôi.

$$\text{Tỷ lệ sống } (\%) = (\text{Số lượng con trưởng thành}/500) \times 100$$

Sức sinh sản trên mỗi lần đẻ được xác định bằng số lượng trứng có trong hai bọc trứng trên mỗi con cái. Mẫu được thu ngẫu nhiên với 50 con cái cho mỗi đơn vị thí nghiệm. Dưới kính hiển vi soi nổi, hai bọc trứng trên mỗi con cái được mở bằng kim mảnh, và số lượng trứng trong cả hai bọc được đếm trực tiếp.

Tỷ lệ nở thành công được xác định bằng cách gán giá trị “1” cho con cái có trứng nở thành ấu trùng và “0” cho con cái có trứng không nở thành ấu trùng. Mỗi đơn vị thí nghiệm được bố trí 12 con cái (mỗi con mang hai bọc trứng), tương ứng với 12 giếng trong mỗi vi nuôi, với năm lần lặp lại cho mỗi thí nghiệm. Mỗi giếng chứa 3 ml nước sạch và được cung cấp một trong ba loài vi tảo khác nhau làm thức ăn. Các vi nuôi được đặt trong bể ổn nhiệt duy trì ở hai mức nhiệt độ thí nghiệm. Sau 30 giờ, con cái được kiểm tra dưới kính hiển vi soi nổi để xác định tỷ lệ nở.

$$\text{Tỷ lệ nở thành công } (\%) = (\text{số lượng con cái "số 1"}/12 \text{ con cái}) \times 100$$

Số lượng ấu trùng trên mỗi con cái được xác định bằng cách tính tổng số ấu trùng nở ra, sau đó chia cho mười con cái (mỗi con mang hai bọc trứng) trong mỗi đơn vị thí nghiệm. Thí nghiệm được thực hiện trong các chai thủy tinh chứa 125 ml nước sạch, với năm lần lặp lại cho mỗi thí nghiệm. Sau 30 giờ, số lượng ấu trùng trong mỗi mẫu được đếm dưới kính hiển vi soi nổi.

Số lượng ấu trùng/Cái = Tổng số lượng ấu trùng/10 con cái

Tổng số ấu trùng trên mỗi con cái trong 10 ngày: Các con trưởng thành được thu bằng vợt lọc có mắt lưới 200 μm và chuyển vào các bình thủy tinh chứa nước mới, được nuôi bằng ba loài vi tảo khác nhau ở hai mức nhiệt độ. Số lượng ấu trùng trên mỗi con cái được xác định trung bình dưới kính hiển vi soi nổi. Tổng số ấu trùng trên mỗi con cái trong 10 ngày được tính bằng cách cộng dồn số lượng ấu trùng ghi nhận hàng ngày trong mỗi đơn vị thí nghiệm, với tổng số liệu thu thập từ 10 mẫu (từ ngày 1 đến ngày 10).

5. Phương pháp xử lý số liệu

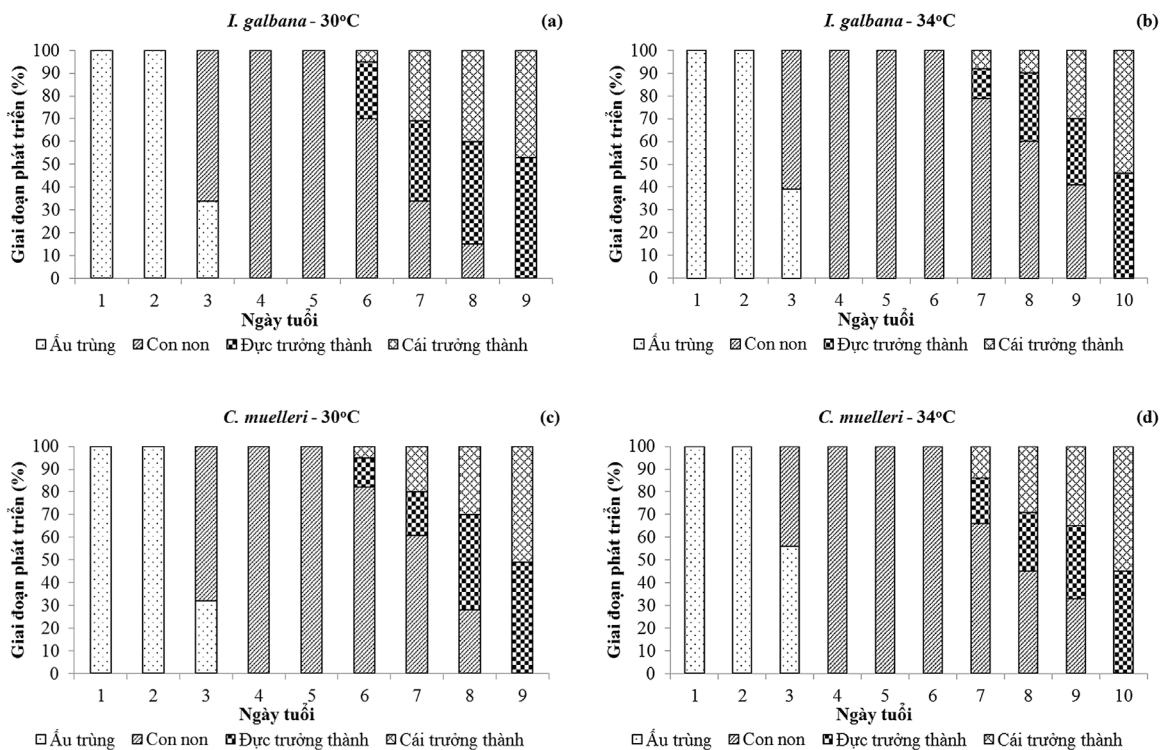
Trong các thí nghiệm, số liệu về giai đoạn phát triển, kích thước ấu trùng mới nở và kích thước con trưởng thành được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn ($Mean \pm SD$). Các chỉ số liên quan đến tốc độ tăng trưởng theo chiều dài (SGR_L), tỷ lệ sống, tỷ lệ nở, sức sinh sản, số lượng ấu trùng trên mỗi con cái và tổng số ấu trùng trên mỗi con

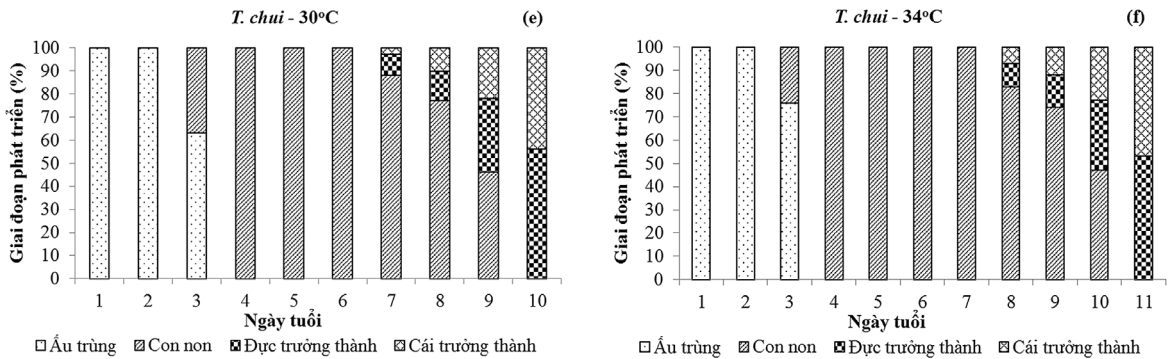
cái trong 10 ngày được thể hiện dưới dạng trung bình $\pm$ sai số chuẩn ($Mean \pm SE$). Toàn bộ dữ liệu được phân tích bằng phần mềm Microsoft Excel 2010 và SPSS phiên bản 22, sử dụng phương pháp phân tích phương sai một yếu tố và hai yếu tố (*One-way ANOVA* và *Two-way ANOVA*), kết hợp với phép so sánh Duncan ở mức ý nghĩa $P < 0,05$.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

1. Ảnh hưởng tương tác của sự cho ăn ba loài vi tảo khác nhau với hai nhiệt độ lên các giai đoạn phát triển của *P. annandalei*

Quần thể *P. annandalei* nuôi ở nhiệt độ 30°C phát triển nhanh hơn một ngày so với quần thể *P. annandalei* nuôi ở 34°C khi sử dụng ba loài vi tảo khác nhau làm thức ăn. Bên cạnh đó, các nhóm Copepoda được nuôi với *I. galbana* hoặc *C. muelleri* có tốc độ phát triển tương đương nhau và nhanh hơn một ngày so với nhóm được nuôi với *T. chuii* ở cả hai mức nhiệt độ 30°C và 34°C (Hình 1).



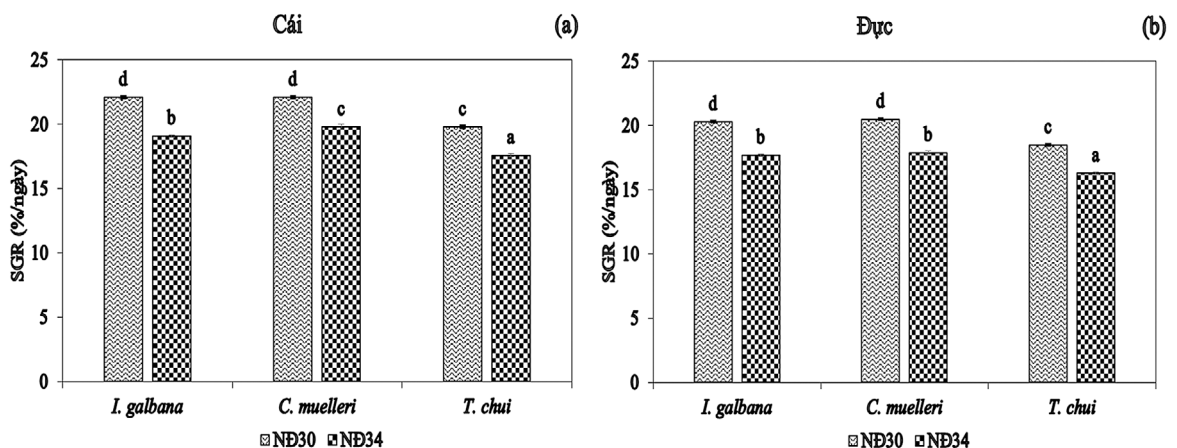


Hình 1. Quá trình phát triển của *P. annandalei* sử dụng ba loài tảo khác nhau ở hai mức nhiệt độ.

Giai đoạn ấu trùng của *P. annandalei* kết thúc sau ba ngày tuổi, với giai đoạn con non (*Copepodit 1*) xuất hiện vào ngày thứ 3, bất kể nhiệt độ hay loại vi tảo được sử dụng làm thức ăn. Ở nhiệt độ 30°C, giai đoạn con non (*Copepodit 5*) kéo dài đến ngày thứ 8 đối với quần thể nuôi bằng *I. galbana* (15% còn lại) và *C. muelleri* (28% còn lại), trong khi ở nhóm được nuôi bằng *T. chuii*, giai đoạn này kéo dài đến ngày thứ 9 (46% còn lại) (Hình 1a, c, e). Trong khi đó, ở nhiệt độ 34°C, giai đoạn con non kéo dài đến ngày thứ 9 đối với quần thể nuôi bằng *I. galbana* (41% còn lại) và *C. muelleri* (33% còn lại), trong khi quần thể nuôi bằng *T. chuii* kéo dài đến ngày thứ 10 (47% còn lại) (Hình 1b, d, f). Quần thể nuôi bằng *I. galbana* hoặc *C. muelleri* tại nhiệt độ 30°C đạt trưởng thành từ ngày thứ 6, sớm hơn một ngày so với nhóm nuôi bằng *T. chuii*. Ở nhiệt độ 34°C, quá trình trưởng thành diễn ra muộn hơn một ngày so

với quần thể nuôi ở 30°C, không phân biệt loài vi tảo được sử dụng. Tại nhiệt độ 30°C, toàn bộ quần thể đạt trưởng thành vào ngày thứ 9 khi được nuôi bằng *I. galbana* hoặc *C. muelleri*, trong khi nhóm nuôi bằng *T. chuii* đạt trưởng thành vào ngày thứ 10. Tương tự, ở nhiệt độ 34°C, quá trình trưởng thành hoàn toàn diễn ra muộn hơn một ngày so với nhóm nuôi ở 30°C đối với tất cả các nghiệm thức sử dụng ba loài vi tảo khác nhau (Hình 1).

SGR_L của con cái và con đực nuôi bằng ba loài vi tảo khác nhau ở nhiệt độ 30°C cao hơn đáng kể so với nhóm được nuôi ở 34°C (Hình 2a, b, $P < 0,05$). Ở cả hai mức nhiệt độ, con cái và con đực nuôi bằng *I. galbana* hoặc *C. muelleri* có SGR_L cao hơn so với nhóm được nuôi bằng *T. chuii* (Hình 2a, b, $P < 0,05$). Đáng chú ý, ở nhiệt độ 34°C, con cái đạt SGR_L cao nhất khi được nuôi bằng *C. muelleri* (Hình 2a, $P < 0,05$).



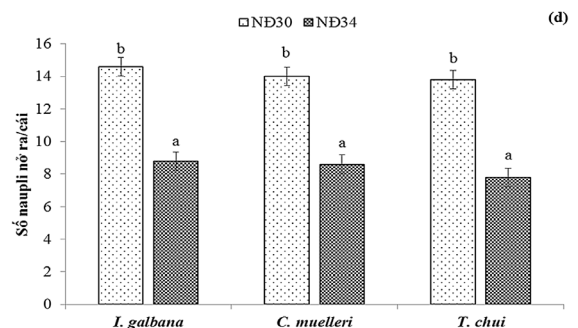
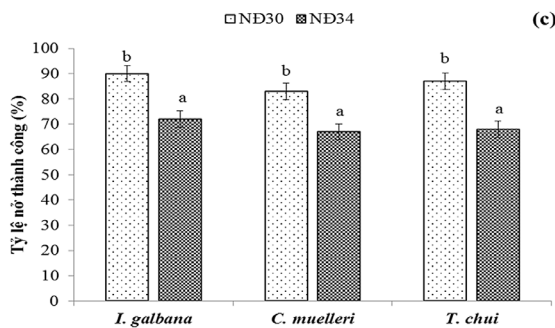
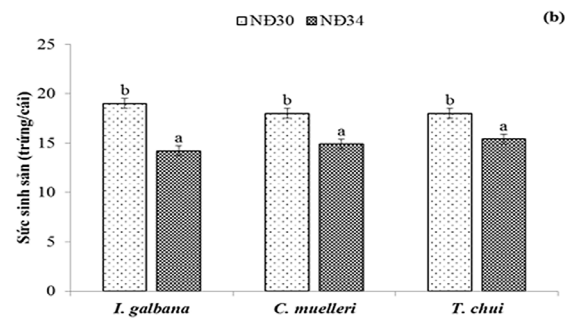
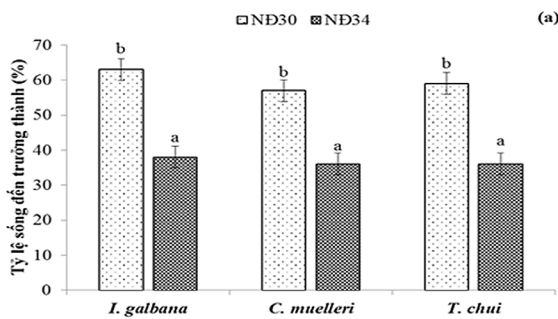
Hình 2. Tốc độ tăng trưởng theo chiều dài (SGR_L) của con cái (a) và con đực (b) *P. annandalei*.

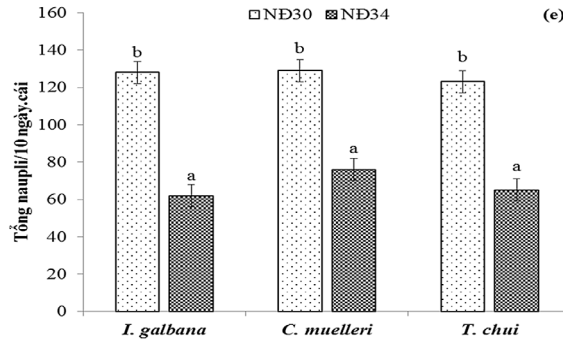
Các chữ cái khác nhau thể hiện sai khác có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) giữa ba loài vi tảo ở 30°C, 34°C.

So với quần thể *P. annandalei* nuôi ở 34°C, quần thể nuôi ở 30°C có tốc độ phát triển nhanh hơn và tốc độ tăng trưởng theo chiều dài cao hơn. Nguyên nhân có thể là do nhiệt độ 30°C nằm trong khoảng tối ưu cho sự phát triển của *P. annandalei*, trong khi 34°C vượt ngưỡng thích hợp của loài này [23]. Bên cạnh đó, *P. annandalei* được nuôi với *I. galbana* và *C. muelleri* đạt trưởng thành sớm hơn và có tốc độ tăng trưởng theo chiều dài (SGR_L) cao hơn so với nhóm được nuôi bằng *T. chuii*. Do tất cả các quần thể *P. annandalei* hoàn thành giai đoạn ấu trùng vào ngày thứ 3, sự chậm phát triển quan sát được có thể liên quan đến tốc độ tăng trưởng chậm trong các giai đoạn con non. Một nghiên cứu trước đây cũng ghi nhận sự khác biệt về tốc độ phát triển của *P. elongatus* khi được nuôi với các loài vi tảo khác nhau [21], cho thấy sự khác biệt này có thể bắt nguồn từ đặc điểm tăng trưởng của từng giai đoạn con non và thành phần dinh dưỡng của các loài vi tảo sử dụng làm thức ăn. Các giai đoạn

phát triển của Copepoda có sự khác biệt về khả năng bắt mồi và tiêu hóa thức ăn [22]. Trong giai đoạn con non, đặc biệt là giai đoạn đầu, khả năng di chuyển và tìm kiếm thức ăn còn hạn chế so với giai đoạn trưởng thành. Phần lớn Copepoda vẫn phụ thuộc vào việc lọc các tế bào tảo lơ lửng trong cột nước để tiêu thụ, do đó, cần một nguồn thức ăn phù hợp để đảm bảo cung cấp đủ năng lượng cho sự phát triển. *T. chuii* có kích thước tế bào lớn hơn đáng kể so với *I. galbana* và *C. muelleri*, đồng thời có xu hướng lắng xuống đáy nhanh hơn. Mật độ *T. chuii* trong nước giảm nhanh hơn so với hai loài còn lại, với mật độ ban đầu (9.000 tế bào/mL) chỉ bằng 1/10 so với *C. muelleri* [26] và khoảng 1/3 so với *I. galbana* [3].

2. Tác động kết hợp của ba loài vi tảo khác nhau và hai mức nhiệt độ đến tỷ lệ sống, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công, số lượng ấu trùng trên mỗi con cái và tổng số ấu trùng trên mỗi con cái trong 10 ngày của *P. annandalei*.





Hình 3. Tác động của ba loài vi tảo khác nhau và hai mức nhiệt độ đến tỷ lệ sống (a), sức sinh sản (b), tỷ lệ nở thành công (c), số lượng ấu trùng trên mỗi con cái (d) và tổng số ấu trùng trên mỗi con cái *P. annandalei* trong 10 ngày (e).

Các chữ cái khác nhau thể hiện sai khác có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) giữa 3 loài vi tảo ở nhiệt độ 30°C và 34°C.

Bảng 1. Kết quả phân tích phương sai hai yếu tố (Two-way ANOVA): đánh giá ảnh hưởng của ba loài vi tảo khác nhau và hai mức nhiệt độ đối với tỷ lệ sống, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công, số lượng ấu trùng trên mỗi con cái và tổng số ấu trùng trên mỗi con cái trong 10 ngày của *P. annandalei*.

Chỉ tiêu	Yếu tố ảnh hưởng								
	Nhiệt độ			Loài vi tảo			Nhiệt độ × Loài vi tảo		
	df	F	P	df	F	P	df	F	P
Tỷ lệ sống	1	83,516	<0,001	2	1,072	0,358	2	0,221	0,804
Sức sinh sản	1	91,351	<0,001	2	0,721	0,487	2	3,342	0,037
Tỷ lệ nở thành công	1	56,754	<0,001	2	0,745	0,486	2	0,188	0,830
Số ấu trùng/Cái	1	152,495	<0,001	2	1,258	0,302	2	0,144	0,866
Tổng số ấu trùng/Cái	1	143,464	<0,001	2	0,968	0,394	2	0,864	0,441

Giá trị P in đậm thể hiện khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Bảng 1 cho thấy nhiệt độ có ảnh hưởng đáng kể đến tỷ lệ sống, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công, số lượng ấu trùng trên mỗi con cái và tổng số ấu trùng trên mỗi con cái trong 10 ngày ($P < 0,05$, Bảng 1 - Nhiệt độ). Ngoài ra, sự tương tác giữa nhiệt độ và loài vi tảo cũng có tác động đáng kể đến sức sinh sản ($P < 0,05$, Bảng 1 - Nhiệt độ × Loài vi tảo). Tuy nhiên, sự khác biệt giữa ba loài vi tảo riêng lẻ và sự tương tác của chúng với nhiệt độ không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Bảng 1 - Loài vi tảo và Nhiệt độ × Loài vi tảo). *P. annandalei* nuôi ở 30°C có các chỉ tiêu tăng trưởng và sinh sản cao hơn đáng kể so với nhóm nuôi ở 34°C ($P < 0,05$, Hình 3). Cụ thể, tỷ lệ sống đến giai đoạn trưởng thành trung bình cao hơn 23% (Hình 3a), sức sinh

sản trung bình tăng thêm 3,5 trứng trên mỗi con cái (Hình 3b), tỷ lệ nở thành công cao hơn 20% (Hình 3c), và số lượng ấu trùng trung bình trên mỗi con cái cao hơn 5,7 ấu trùng (Hình 3d) so với Copepoda nuôi ở 34°C. Ngoài ra, tổng số ấu trùng trên mỗi con cái được nuôi cùng một loài tảo trong 10 ngày ở nhiệt độ 30°C cũng cao hơn khoảng 1,5 lần so với nhóm nuôi ở 34°C (Hình 3e). Ở cùng mức nhiệt độ, *P. annandalei* được nuôi bằng ba loài vi tảo khác nhau có tỷ lệ sống và các chỉ số sinh sản tương đương nhau, sự khác biệt này không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($P > 0,05$, Hình 3).

Các nghiên cứu gần đây cho thấy quần thể *P. annandalei* nuôi ở nhiệt độ 30°C có tốc độ phát triển và khả năng sinh sản cao hơn so

với quần thể nuôi ở 34°C [11]. Tương tự, một số loài Copepoda khác như *P. incisus* cũng đạt trưởng thành nhanh hơn, có kích thước lớn hơn, sinh khối cao hơn và số lượng ấu trùng trên mỗi con cái nhiều hơn khi nuôi ở 30°C so với 34°C [39, 40]. Ngoài ra, các loài *P. pelagicus* và *Tigriopus californicus* cũng ghi nhận khả năng sinh sản cao hơn ở 30°C so với 34°C [18, 32], cho thấy 30°C là điều kiện tối ưu cho sự phát triển của *P. annandalei* [23]. Một nghiên cứu khác chỉ ra rằng khi *P. annandalei* được nuôi bằng ba loài vi tảo khác nhau (*I. galbana*, *C. muelleri* và *T. chuii*) ở 35°C, tốc độ thải phân giảm so với nhóm nuôi ở 30°C, điều này có thể ảnh hưởng tiêu cực đến sự phát triển và khả năng sinh sản của loài này [10]. Thành phần dinh dưỡng của các loài vi tảo khác nhau và lượng tảo cung cấp đóng vai trò quan trọng trong việc ảnh hưởng đến sức sinh sản của Copepoda. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng vi tảo có thể tác động đến sức sinh sản [33], tỷ lệ nở thành công và số lượng ấu trùng [22, 40]. Hơn nữa, mật độ tảo cũng có mối quan hệ trực tiếp đến số lượng ấu trùng được sinh ra ở con cái trưởng thành [41]. Nghiên cứu trên *Acartia tonsa* cho thấy khả năng sinh sản của loài này tăng tỷ lệ thuận với nồng độ vi tảo trong môi trường nuôi cho đến khi đạt mức tối ưu [12, 25]. Ngoài ra, thành phần sinh hóa của các loài vi tảo cũng có sự khác biệt đáng kể. Mặc dù thành phần amino axit giữa các loài tảo tương đối tương đồng, hàm lượng và loại axit béo lại có sự khác biệt rõ rệt [4]. Ví dụ, vi tảo *Tetraselmis* sp. chứa EPA nhưng không có DHA, trong khi *C. muelleri* có hàm lượng EPA cao nhưng chỉ chứa một lượng nhỏ DHA [28]. Ngược lại, *I. galbana* có hàm lượng DHA cao nhưng không chứa EPA [37]. Lipid đóng vai trò quan trọng trong khả năng sinh sản của Copepoda, do trứng của chúng có hàm lượng lipid cao [13]. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng các axit béo không no như DHA và EPA rất cần thiết để tối ưu hóa cho sinh sản ở Copepoda [17, 19]. Ngoài ra, loài vi tảo được sử dụng làm thức ăn cũng ảnh hưởng đáng kể đến khả

năng sinh sản của Copepoda [21]. Ví dụ, loài *Temora longicornis* có sức sinh sản cao hơn khi được nuôi bằng các loài vi tảo giàu HUFA như *Thalassiosira weissflogii*, *Isochrysis* sp. và *Phaeocystis globosa* [2].

Ngược lại, nghiên cứu này cho thấy các chỉ số sinh sản (sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công, số lượng ấu trùng trên mỗi con cái và tổng số ấu trùng trên mỗi con cái trong 10 ngày) không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức sử dụng ba loài vi tảo khác nhau. Điều này có thể được lý giải bởi lượng vi tảo cung cấp và khả năng tổng hợp hoặc chuyển hóa HUFA của *P. annandalei*. Ba nghiệm thức sử dụng vi tảo có nồng độ dao động khoảng 800 µg C/L, đảm bảo cung cấp đầy đủ dưỡng chất cho con trưởng thành và cung cấp năng lượng cần thiết cho quá trình sinh sản của Copepoda [10]. Hơn nữa, kết quả nghiên cứu cho thấy dù được nuôi bằng *T. chuii* - một loài vi tảo không chứa DHA - *P. annandalei* vẫn duy trì hàm lượng DHA cao trong cơ thể [31]. Điều này cho thấy loài này có khả năng chuyển hóa và tổng hợp HUFA như DHA và EPA từ axit béo linolenic (18:3ω3) có trong thức ăn vi tảo, tương tự như một số loài Copepoda khác [7]. Nhờ cơ chế này, *P. annandalei* có thể đáp ứng nhu cầu cao về HUFA cần thiết cho sinh sản ngay cả khi được nuôi bằng các loài vi tảo thiếu HUFA. Một nghiên cứu trước đây trên *A. tonsa* cũng ghi nhận rằng khả năng sinh sản của loài này không bị ảnh hưởng khi được cung cấp các loài vi tảo có thành phần HUFA khác nhau [35]. Trong thí nghiệm này, *P. annandalei* nuôi bằng ba loài vi tảo khác nhau có tỷ lệ sinh sản tương đương nhau. Điều này gợi ý rằng nếu phối trộn ba loài vi tảo khác nhau làm thức ăn cho *P. annandalei*, kết quả có thể không khác biệt đáng kể so với việc sử dụng riêng từng loài vi tảo. Tuy nhiên, để có kết luận chính xác hơn, cần thực hiện thêm các nghiên cứu chuyên sâu. Ngoài ra, việc sử dụng một loài vi tảo đơn lẻ trong nuôi Copepoda có thể giúp tối ưu hóa quy trình, giảm chi phí nhân lực và tiết kiệm không gian so với việc nuôi kết hợp nhiều loài vi tảo.

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Nhiệt độ có tác động đáng kể đến quá trình phát triển và sinh sản của *P. annandalei*. Khi được duy trì ở 30°C, quần thể *P. annandalei* đạt giai đoạn trưởng thành sớm hơn một ngày so với nhóm nuôi ở 34°C. Đồng thời, tốc độ tăng trưởng theo chiều dài và các chỉ tiêu sinh sản cũng cao hơn so với *P. annandalei* nuôi ở nhiệt độ 34°C. Sự phát triển của *P. annandalei* có sự khác biệt rõ rệt khi sử dụng các loài vi tảo khác nhau làm nguồn thức ăn. Cụ thể, quần thể *P. annandalei* được nuôi bằng *I. galbana* hoặc *C. muelleri* đạt trưởng thành sớm hơn một ngày so với nhóm nuôi bằng *T. chuii*.

Việc sử dụng ba loài vi tảo khác nhau không có tác động đáng kể đến tỷ lệ sống, sức

sinh sản, tỷ lệ nở thành công, số lượng ấu trùng trên mỗi con cái và tổng số ấu trùng trên mỗi con cái trong 10 ngày. Phân tích thống kê cho thấy các khác biệt, nếu có, không đạt ý nghĩa thống kê ($p > 0.05$).

2. Kiến nghị

Cần tiếp tục nghiên cứu khả năng nuôi sinh khối *P. annandalei* bằng các loài vi tảo khác nhau (*I. galbana* hoặc *C. muelleri*) trong hệ thống bể có thể tích lớn, đặc biệt trong điều kiện nhiệt độ cao 34°C.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong khuôn khổ đề tài mã số B2024-TSN-15. Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn đến Bộ Giáo dục và Đào tạo đã hỗ trợ kinh phí thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Alajmi Fahad, Zeng Chaoshu, and Jerry Dean R, *Improvement in the reproductive productivity of the tropical calanoid copepod Parvocalanus crassirostris through selective breeding*. Aquaculture, 2014. 420: p. 18-23.
2. Arendt, K., et al., *Effects of dietary fatty acids on the reproductive success of the calanoid copepod Temora longicornis*. Marine Biology, 2005. 146(3): p. 513-530.
3. Berggreen, U., B. Hansen, and T. Kiørboe, *Food size spectra, ingestion and growth of the copepod Acartia tonsa during development: Implications for determination of copepod production*. Marine biology, 1988. 99(3): p. 341-352.
4. Brown, M., et al., *Nutritional properties of microalgae for mariculture*. Aquaculture, 1997. 151(1-4): p. 315-331.
5. Buskey, E.J., *Behavioral characteristics of copepods that affect their suitability as food for larval fishes*, in *Copepods in Aquaculture*, C.-S. Lee, P.J. O'Bryen, and N.H. Marcus, Editors. 2005, Blackwell Publishing Ltd.: Oxford, UK. p. 91-105.
6. Chew, L., et al., *Phytoplankton fuel the energy flow from zooplankton to small nekton in turbid mangrove waters*. Marine Ecology Progress Series, 2012. 469: p. 7-24.
7. Christopher, C.P., Vanessa M. French, and M.J. Whitticar, *Lipid class and fatty acid composition of copepods Calanus finmarchicus, C. glacialis, Pseudocalanus sp., Tisbe furcata and Nitokra lacustris fed various combinations of autotrophic and heterotrophic protists*. Journal of Plankton Research, 2012. 34(5): p. 356-375.
8. Conceição, L.E., et al., *Live feeds for early stages of fish rearing*. Aquaculture research, 2010. 41(5): p. 613-640.
9. Dhanker, R., R. Kumar, and J.-S. Hwang, *Predation by Pseudodiaptomus annandalei (Copepoda: Calanoida) on rotifer prey: size selection, egg predation and effect of algal diet*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2012. 414: p. 44-53.
10. Doan, N.X., et al., *Temperature-and sex-specific grazing rate of a tropical copepod Pseudodiaptomus annandalei to food availability: Implications for live feed in aquaculture*. Aquaculture Research, 2018. 49(12): p. 3864-3873.
11. Doan, N.X., et al., *Extreme temperature impairs growth and productivity in a common tropical marine copepod*. Scientific reports, 2019. 9(1): p. 4550.
12. Dam, H.G., W.T. Peterson, and D.C. Bellantoni, *Seasonal feeding and fecundity of the calanoid copepod*

- Acartia tonsa* in Long Island Sound: is omnivory important to egg production? *Hydrobiologia*, 1994. 292(1): p. 191-199.
13. Gatten, R., et al., *On the nutrition and metabolism of Zooplankton XIV. Utilization of lipid by Calanus helgolandicus during maturation and reproduction*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 1980. 60(2): p. 391-399.
 14. Golez, M.N., et al., *Post-embryonic development and reproduction of Pseudodiaptomus annandalei (Copepoda: Calanoida)*. Plankton Biology and Ecology, 2004. 51(1): p. 15-25.
 15. He, X., et al., *Maternal investment in the offspring of Pseudodiaptomus annandalei under nitrogen deficiency*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2016. 485: p. 102-111.
 16. Jayaraman, T., *The Paris agreement on climate change: Background, analysis, and implications*. Review of Agrarian Studies, 2015. 5(2): p. 42-59.
 17. Jónasdóttir, S., *Effects of food quality on the reproductive success of Acartia tonsa and Acartia hudsonica: laboratory observations*. Marine Biology, 1994. 121(1): p. 67-81.
 18. Kelly, M.W., et al., *Adaptation to climate change: trade-offs among responses to multiple stressors in an intertidal crustacean*. Evolutionary applications, 2016. 9(9): p. 1147-1155.
 19. Kiørboe, T., F. Møhlenberg, and K. Hamburger, *Bioenergetics of the planktonic copepod Acartia tonsa: relation between feeding, egg production and respiration, and composition of specific dynamic action*. Mar Ecol Prog Ser, 1985. 26(1-2): p. 85-97.
 20. Kiørboe, T. and H. Jiang, *To eat and not be eaten: optimal foraging behaviour in suspension feeding copepods*. Journal of the Royal Society Interface, 2013. 10(78): p. 20120693.
 21. Koski, M., W.K. Breteler, and N. Schogt, *Effect of food quality on rate of growth and development of the pelagic copepod Pseudocalanus elongatus (Copepoda, Calanoida)*. Marine Ecology Progress Series, 1998. 170: p. 169-187.
 22. Koski, M., et al., *Life-stage-specific differences in exploitation of food mixtures: diet mixing enhances copepod egg production but not juvenile development*. Journal of plankton research, 2006. 28(10): p. 919-936.
 23. Lehet, P., et al., *Respiration rates of the copepod Pseudodiaptomus annandalei in tropical waters: beyond the thermal optimum*. Journal of Plankton Research, 2016. 38(3): p. 456-467.
 24. Lubzens, E., O. Zmora, and Y. Barr, *Biotechnology and aquaculture of rotifers*, in *Rotifera IX*, S.H. Sanoamuang L., Shiel R.J., Gulati R.D. (eds), Editor. 2001, Springer. p. 337-353.
 25. McManus, G.B. and C.A. Foster, *Seasonal and fine-scale spatial variations in egg production and triacylglycerol content of the copepod Acartia tonsa in a river-dominated estuary and its coastal plume*. Journal of plankton research, 1998. 20(4): p. 767-785.
 26. McKinnon, A., et al., *The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in aquaculture*. Aquaculture, 2003. 223(1-4): p. 89-106.
 27. Michels, J. and S.N. Gorb, *Mandibular gnathobases of marine planktonic copepods—feeding tools with complex micro-and nanoscale composite architectures*. Beilstein journal of nanotechnology, 2015. 6(1): p. 674-685.
 28. Natalia, V.Z. and A.A. Nina, *Fatty acid composition of 15 species of marine microalgae*. Phytochemistry, 1995. 39(2): p. 351-356.
 29. Olsen, Y., T. Van der Meeren, and K.I. Reitan, *First feeding technology*, in *Culture of cold-water marine fish*, K.E. Moksness (E), Olsen (Y), Editor. 2004, Blackwell: YO Trondhjem. p. 279-336.
 30. Rayner, T.A., et al., *Biochemical composition of the promising live feed tropical calanoid copepod Pseudodiaptomus annandalei (Sewell 1919) cultured in Taiwanese outdoor aquaculture ponds*. Aquaculture, 2015. 441: p. 25-34.
 31. Rayner, T.A., J.-S. Hwang, and B.W. Hansen, *Minimizing the use of fish oil enrichment in live feed by use of a self-enriching calanoid copepod Pseudodiaptomus annandalei*. Journal of Plankton Research, 2017: p. 1-8.
 32. Rhyne, A.L., C.L. Ohs, and E. Stenn, *Effects of temperature on reproduction and survival of the calanoid copepod Pseudodiaptomus pelagicus*. Aquaculture, 2009. 292(1-2): p. 53-59.
 33. Siqwepu, O., N.B. Richoux, and N.G. Vine, *The effect of different dietary microalgae on the fatty*

- acid profile, fecundity and population development of the calanoid copepod Pseudodiaptomus hessei (Copepoda: Calanoida)*. Aquaculture, 2017. 468: p. 162-168.
34. Stocker, T.F., et al., *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of IPCC the intergovernmental panel on climate change*, 2014, Cambridge University Press.
35. Støttrup, J.G. and J. Jensen, *Influence of algal diet on feeding and egg-production of the calanoid copepod Acartia tonsa Dana*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1990. 141(2-3): p. 87-105.
36. Støttrup, J.G., *Production and nutritional value of copepods*. in *Live Feeds in Marine Aquaculture*, J.G. Støttrup, and McEvoy, L.A., Editor. 2003, Blackwell Science: Oxford, UK. p. 145 – 205.
37. Sukenik, A. and R. Wahnou, *Biochemical quality of marine unicellular algae with special emphasis on lipid composition. I. Isochrysis galbana*. Aquaculture, 1991. 97(1): p. 61-72.
38. Tewksbury, J.J., R.B. Huey, and C.A. Deutsch, *Putting the heat on tropical animals*. Science-New York then Washington, 2008. 320(5881): p. 1296.
39. Thuy T. Nguyen, et al., *Salinity and temperature effects on productivity of a tropical calanoid copepod Pseudodiaptomus incisus*. Aquaculture Research, 2020.
40. Truong, K.N., et al., *Predator cues increase negative effects of a simulated marine heatwave on tropical zooplankton*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2020. 530: p. 151415.
41. Zhang, J., et al., *How to increase productivity of the copepod Acartia tonsa (Dana): effects of population density and food concentration*. Aquaculture research, 2015. 46(12): p. 2982-2990.