



ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ MẶN ĐẾN SINH TRƯỞNG VÀ PHÁT TRIỂN CỦA COPEPODA *Apocyclops panamensis*

Trần Nguyên Ngọc, Lê Minh Tuệ, Nguyễn Anh Tuấn, Võ Đức Nghĩa,
Nguyễn Đức Thành, Trần Thị Thúy Hằng, Nguyễn Văn Huy*

Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế, 102 Phùng Hưng, Huế, Việt Nam

* Tác giả liên hệ: Nguyễn Văn Huy <huy.nguyen@hueuni.edu.vn>

(Ngày nhận bài: 23-6-2021; Ngày chấp nhận đăng: 12-10-2021)

Tóm tắt. Nghiên cứu này xác định ảnh hưởng của độ mặn đến (1) sinh trưởng và phát triển; (2) kích thước; (3) tỷ lệ mang trứng; (4) thời gian của các giai đoạn trong vòng đời của copepoda *Apocyclops panamensis* phân lập từ ao nuôi tôm chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) thương phẩm. Thí nghiệm được bố trí theo kiểu ngẫu nhiên hoàn toàn với ba lần lặp lại trong các bình tam giác thể tích 250 mL với ba nghiệm thức độ mặn (10, 20, 30‰). Vòng đời của copepoda được xác định bằng cách cho mười cá thể copepoda trưởng thành mang trứng vào mười đĩa cấy tế bào loại 5 mL, tương ứng với mười lần lặp lại. Kết quả cho thấy tốc độ sinh trưởng và phát triển, kích thước cơ thể và tỷ lệ mang trứng của copepoda chịu tác động của độ mặn. Nuôi copepoda loài *Apocyclops panamensis* ở độ mặn 20‰ cho kết quả tốt hơn so với ở 10‰ và 30‰ ($p < 0,05$). Tổng thời gian phát triển của giai đoạn Nauplius là 2–3 ngày, Copepodite kéo dài 9–14 ngày và giai đoạn mang trứng kéo dài 2–3 ngày. Sức sinh sản của *Apocyclops panamensis* đạt $5,5 \pm 1,05$ trứng/con cái/ngày và nhịp sinh sản $34,01 \pm 5,77$ h.

Từ khóa: *Apocyclops panamensis*, độ mặn, sinh trưởng và phát triển

Effects of salinity on growth and development of Copepod *Apocyclops panamensis*

Tran Nguyen Ngoc, Le Minh Tue, Nguyen Anh Tuan, Vo Duc Nghia, Nguyen Duc Thanh,
Tran Thi Thuy Hang, Nguyen Van Huy*

University of Agriculture and Forestry, Hue University, 102 Phung Hung St., Hue, Vietnam

* Correspondence to Nguyen Van Huy <huy.nguyen@hueuni.edu.vn>

(Submitted: Jun 23, 2021; Accepted: October 12, 2021)

Abstract. This study determines the effect of salinity on (1) growth and development; (2) body size; (3) egg-carrying rate; (4) life cycle stages of copepod *Apocyclops panamensis* isolated from an intensive white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) pond. The experiment was conducted in a completely randomized design with three replicates in 250 mL flasks with three salinity treatments (10, 20, 30‰). The copepod life cycle was determined by raising ten egg-carrying adult copepods in ten flasks of 5 mL cell culture plates (ten replicates). The results show that the growth and development rate, body size and egg-carrying rate of copepod depend on salinity. The 20‰ salinity provides better results than 10 and 30‰ ($p < 0.05$). The total development time of the nauplius stage is about 2–3 days, copepodite lasts 9–14 days, and the egg-carrying lasts about 2–3 days. The fecundity of *Apocyclops panamensis* is $5,5 \pm 1,05$ eggs/female/day, and the reproductive span is $34,01 \pm 5,77$ h.

Keywords: *Apocyclops panamensis*, salinity, growth and development

1 Đặt vấn đề

Copepoda (giáp xác chân chèo) đã được chứng minh là nguồn thức ăn ưa thích và phù hợp cho ấu trùng của nhiều loài cá biển vì kích thước nhỏ, di chuyển chậm theo hình zigzag, giá trị dinh dưỡng cao, đặc biệt là hàm lượng acid docosahexaenoic (DHA) và acid béo không bão hòa (HUFA) rất cao [1]. Ấu trùng cá biển có thể hấp thụ dễ dàng DHA và các acid béo cần thiết khác có trong copepoda hơn là trong artemia [2]. Hầu hết copepoda sống ở biển, nhưng cũng có nhiều loài nước ngọt (khoảng 2.814 loài) và một số loài sống trong rêu mốc, màng mỏng giữa đất – nước và xác bã thực vật phân hủy. Phần lớn phổ thức ăn của nhiều loài động vật biển hình thành từ copepoda, đặc biệt là các loài cá ăn động vật nổi.

Copepoda được nuôi phổ biến trong các trại sản xuất cá giống và ương tôm giống [3]. Quá trình sinh trưởng và phát triển của copepoda trong môi trường tự nhiên cũng như trong các trại giống thủy sản chịu ảnh hưởng lớn của các yếu tố môi trường, trong đó nhiệt độ và độ mặn đã được nhiều tác giả công bố [4, 5]. Nhiệt độ và độ mặn ảnh hưởng đến sự phân bố không gian theo mùa và đến sự tăng trưởng, tỷ lệ sống cũng như sinh sản trong điều kiện nuôi. Trong khoảng 17,5–30 °C, tốc độ sinh sản và tỷ lệ nở của copepoda thường thấp hơn ở nhiệt độ thấp [6]. Tốc độ lọc thấp hơn đáng kể ở độ mặn 10‰ so với các mức độ mặn khác và tăng nhanh khi độ mặn lớn hơn 15‰ và đạt tỷ lệ đạt tối đa ở độ mặn 20–30‰ [7]. Các giai đoạn sinh trưởng khác nhau trong vòng đời cũng chịu ảnh hưởng của độ mặn. Cruz-Rosado và cs. [8] đã công bố đối với loài *Apocyclops panamensis*, giai đoạn Nauplii và copepodite thích hợp với ngưỡng nhiệt độ và độ mặn tương ứng là 32 °C, 32‰ và 32 °C, 32‰.

Bên cạnh đó, biến đổi khí hậu đang ảnh hưởng rất lớn đến các vùng ven biển nói chung và đầm phá tỉnh Thừa Thiên Huế nói riêng. Việc nhiệt độ và độ mặn thường xuyên thay đổi đã ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và phát triển của nhiều đối tượng, trong đó có copepoda. Vì vậy, việc tìm ra mức độ mặn thích hợp để tăng khả năng sinh sản và phát triển của copepoda là rất cần

thiết. Theo Pan và cs. [9], độ mặn ảnh hưởng đến sinh sản và kích thước cơ thể của copepoda *Apocyclops royi*. Sinh khối copepoda và thành phần loài thay đổi đáng kể theo sự biến động của các thông số môi trường, bao gồm cả sự thay đổi theo mùa [10]. Nghiên cứu này được tiến hành nhằm xác định: ảnh hưởng của độ mặn đến (1) sinh trưởng và phát triển; (2) kích thước; (3) tỷ lệ mang trứng; (4) thời gian của các giai đoạn trong vòng đời của copepoda *Apocyclops panamensis* phân lập từ ao nuôi tôm chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) thương phẩm.

2 Vật liệu và phương pháp

2.1 Thu mẫu và phân lập copepoda

Mẫu copepoda được thu từ ao nuôi tôm chân trắng tại Trung tâm Ứng dụng và Chuyển giao công nghệ thủy sản. Trước khi thu mẫu, mở quạt nước trước 30 phút, sử dụng lưới thu mẫu động vật phù du với mắt lưới 75 μm , đảm bảo cho lưới thu cách mặt nước khoảng 20–30 cm theo phương pháp của Lindley và Phelps [11]. Copepoda thu từ ao nuôi tôm được nuôi giữ trong các thùng 20 L có sục oxy và cho ăn bằng tảo *Chaetoceros sp* trong vòng một tháng để tiến hành phân lập từng cá thể trưởng thành. Mẫu thu được vận chuyển về phòng thí nghiệm để tiến hành phân tích dưới kính hiển vi soi nổi theo phương pháp của Goswami [12] và Nguyễn Văn Khôi [13].

2.2 Nuôi tảo sinh khối làm thức ăn thí nghiệm

Nước biển có độ mặn 28–30‰ sử dụng ương nuôi tảo được lọc bằng túi lọc (1 μm) và hấp tiệt trùng kỹ trước khi đưa vào nuôi. Tảo sử dụng trong thí nghiệm là *Chaetoceros sp.*, nuôi trong môi trường F2. Đây là thức ăn phù hợp nhất khi nuôi sinh khối copepoda phục vụ ương ấu trùng cá biển [14]. Quá trình nuôi tảo được tiến hành trước một tuần trong phòng thí nghiệm ở 25 ± 1 °C. Tảo sử dụng cho copepoda ăn trong quá trình bố trí thí nghiệm được duy trì ở pha cân bằng.

2.3 Bố trí thí nghiệm và xác định các chỉ tiêu nghiên cứu

Thí nghiệm 1:

Ảnh hưởng của độ mặn đến sinh trưởng và phát triển của copepoda

Thí nghiệm được bố trí theo kiểu ngẫu nhiên hoàn toàn với ba lần lặp lại trong các bình tam giác có thể tích 250 mL với ba nghiệm thức độ mặn khác nhau (10, 20 và 30‰). Copepoda nuôi sinh khối trong bể 4 m³ được thu hoạch bằng vợt lưới mịn, lọc để thu những cá thể trưởng thành để cho vào các đơn vị thí nghiệm với mật độ ban đầu là ba cá thể (ct)/mL. Thời gian thí nghiệm là 16 ngày. Mẫu được thu 2 ngày/lần vào 8 giờ sáng, bằng cách dùng pipet hút ngẫu nhiên năm điểm trong bình, mỗi lần 1 mL, mẫu trước khi đếm được cố định bằng formaline 5%, sau đó hút 1 mL lên bông đếm Sedgwick Rafter để đếm, quan sát bằng kính hiển vi ở thị kính 10 \times .

Theo dõi các chỉ tiêu nghiên cứu

Mật độ copepoda được tính theo công thức (1):

$$ME\ (ct/mL) = \frac{N}{n} \quad (1)$$

trong đó N là tổng số copepoda trong các lần đếm (cá thể); n là số mẫu thu.

Tốc độ tăng trưởng của quần thể copepoda được tính bằng công thức (2) [23].

$$r = (\ln N_t - \ln N_0)/t \quad (2)$$

trong đó N_0 là mật độ copepoda ban đầu (ct/mL); N_t là mật độ copepoda tại thời điểm t (cá thể/mL); t là thời gian nuôi (ngày).

$$\text{Tỷ lệ mang trứng (\%)} = \frac{\text{Số copepoda mang trứng}}{\text{tổng số copepoda kiểm tra}} \times 100 \quad (3)$$

Kích thước copepoda được theo dõi dưới kính hiển vi có gắn trục vi thị kính ở thị kính 10×.

Thí nghiệm 2: Xác định khả năng sinh sản (thời gian phát triển phôi, thời gian thành thực, nhịp sinh sản, sức sinh sản) của loài *Apocyclops panamensis* qua các giai đoạn từ ấu trùng đến trưởng thành. Thí nghiệm này được tiến hành theo kết quả ở thí nghiệm 1.

Để xác định các giai đoạn trong vòng đời của copepoda, ấu trùng nauplii vừa nở từ cá thể mang trứng được bố trí vào 10 đĩa cấy tế bào loại 5 mL. Ấu trùng được kiểm tra thường xuyên trực tiếp trong đĩa bằng kính hiển vi soi nổi, đến khi phát hiện chuyển qua giai đoạn mới thì tiến hành đo kích thước trên kính hiển vi bằng cách dùng pipet nhựa hút nhẹ nhàng ấu trùng, đưa lên lam kính và đo dưới kính hiển vi có trục vi thị kính ở vật kính 10 trong 10–15 s, sau đó thả lại ấu trùng vào cốc, tiếp tục theo dõi và đo kích thước tương tự cho các giai đoạn tiếp theo [3]. Thời gian chuyển giai đoạn từ ấu trùng nauplii đến khi trưởng thành cũng được ghi nhận ở mỗi giai đoạn. Thời gian thành thực (h) được tính từ lúc nở cho đến khi thành thực lần đầu (bắt đầu đẻ trứng). Chu kỳ sống là thời gian sống của copepoda (h) được theo dõi từ giai đoạn ấu trùng nauplius mới nở cho đến khi chết.

Khả năng sinh sản của copepoda được bố trí với 10 cá thể copepoda trưởng thành mang trứng và bố trí trong 10 đĩa cấy tế bào loại 5 mL tương ứng với 10 lần lặp lại. Sức sinh sản là số lượng trứng sinh ra/con cái/ngày. Trứng của từng cá thể cái sau khi đẻ được tách riêng để tiếp tục theo dõi thời gian phát triển phôi (h), tính từ lúc trứng mới đẻ cho đến khi nở (xuất hiện ấu trùng nauplius). Nhịp sinh sản là thời gian giữa hai lần đẻ trứng (h).

Nghiên cứu được tiến hành từ 15-4-2021 đến 30-5-2021 tại Trung tâm Nghiên cứu, Ứng dụng và Chuyển giao công nghệ Thủy sản, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế. Các thí nghiệm được bố trí trong phòng có sử dụng điều hòa ở 25 ± 1 °C. Copepoda thí nghiệm được cho

ăn bằng tảo *Chaetoceros* sp., bổ sung 1 lần/ngày nhằm duy trì mật độ trong khoảng 350.000–400.000 tế bào/mL.

2.4 Theo dõi các yếu tố môi trường

Các yếu tố môi trường: pH đo bằng test pH; NH₃ đo bằng test NH₃; nhiệt độ của môi trường được xác định bằng nhiệt kế thủy ngân; oxy hòa tan đo bằng test DO. Các chỉ tiêu về môi trường được đo 3 ngày/lần vào lúc 8 giờ sáng.

2.5 Xử lý số liệu

Thu thập số liệu cho đến khi kết thúc thí nghiệm, xử lý số liệu bằng phần mềm Microsoft Excel 2010. So sánh giá trị trung bình về sự sai khác giữa các nghiệm thức được tiến hành bằng phần mềm SPSS, version 22.0, sử dụng kiểm định Tukey trong phương pháp phân tích phương sai 1 nhân tố ảnh hưởng ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

3 Kết quả và thảo luận

3.1 Biến động môi trường trong thời gian thí nghiệm

Các yếu tố môi trường trong suốt quá trình thí nghiệm được trình bày trong Bảng 1. Nhiệt độ thí nghiệm nằm trong ngưỡng thích hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của *Apocyclops panamensis*.

Theo Li và cs. [7], trong phạm vi nhiệt độ nước từ 15 đến 35 °C, loài copepoda *Schmackeria dubia* phát triển tốt. Tỷ lệ lọc và bắt mồi tăng cao khi nhiệt độ nước tăng lên và tối ưu ở khoảng 25–30 °C.

Tương tự, Raju [5] cho rằng ngưỡng nhiệt độ thích hợp đối với loài *Oithona rigida* là 26–34 °C. pH ghi nhận được trong quá trình thí nghiệm dao động trong khoảng 7,63–7,93. Sự biến động

Bảng 1. Các yếu tố môi trường trong quá trình thí nghiệm

Ngày nuôi	pH			NH ₃ /NH ₄ ⁺			DO		
	10‰	20‰	30‰	10‰	20‰	30‰	10‰	20‰	30‰
3	7,67±0,12	7,63±0,06	7,67±0,12	0,04±0,01	0,05±0,01	0,05±0,01	5,43±0,12	5,43±0,12	5,43±0,12
6	7,80±0,20	7,87±0,23	7,70±0,10	0,07±0,01	0,08±0,02	0,06±0,02	5,37±0,12	5,30±0,20	5,23±0,12
9	7,73±0,12	7,87±0,12	7,80±0,00	0,12±0,02	0,11±0,02	0,11±0,02	5,47±0,29	5,23±0,12	5,23±0,23
12	7,70±0,10	7,90±0,10	7,87±0,23	0,14±0,05	0,15±0,07	0,16±0,06	5,30±0,20	5,37±0,12	5,30±0,20
15	7,87±0,12	7,93±0,12	7,80±0,00	0,14±0,01	0,15±0,04	0,17±0,05	5,30±0,12	5,23±0,12	5,37±0,00
18	7,80±0,20	7,80±0,00	7,73±0,12	0,16±0,02	0,18±0,05	0,17±0,04	5,17±0,20	5,23±0,12	5,30±0,12

pH ở các nghiệm thức có sự chênh lệch không đáng kể. Theo Li và cs. [7], tốc độ lọc của copepoda *Schmackeria dubia* đều tăng theo pH (5–8,5) và giảm mạnh ở pH 9,5.

Hàm lượng DO dao động trong khoảng 5,17–5,47 mg·L⁻¹. Giữa các nghiệm thức không có sự chênh lệch nhiều do được bố trí trong bình có thể tích nhỏ. Hàm lượng NH₃/NH₄⁺ ở các nghiệm thức có xu hướng tăng dần theo thời gian, đạt cao nhất vào ngày thứ 18 ở cả ba nghiệm thức. Sự tích lũy thức ăn dư thừa và chất thải của copepoda, cũng như tảo tàn tăng lên theo thời gian nuôi. Tuy nhiên, việc siphon thay nước định kỳ đã giúp giảm bớt hàm lượng chất hữu cơ trong môi trường nuôi. Hàm lượng NH₃/NH₄⁺ dao động trong khoảng 0,05–0,18 mg·L⁻¹. Chênh lệch giữa các nghiệm thức không lớn và nằm trong khoảng thích hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của *Apocyclops panamensis*.

3.2 Mật độ quần thể của copepoda khi nuôi ở các độ mặn khác nhau

Thí nghiệm được tiến hành trong thời gian 18 ngày. Kết quả thu được về sự biến động quần thể copepoda *Apocyclops panamensis* được trình bày ở Bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của độ mặn đến mật độ của copepoda (ct·mL⁻¹)

Ngày nuôi	10‰	20‰	30‰
	M ± SD	M ± SD	M ± SD
0	3,00 ± 1,00	3,00 ± 1,00	3,00 ± 1,00
2	4,00 ± 2,65 ^a	3,00 ± 2,00 ^a	7,00 ± 2,66 ^a
4	3,00 ± 1,73 ^a	3,33 ± 1,53 ^a	10,00 ± 2,50 ^b
6	5,00 ± 3,61 ^a	5,67 ± 3,222 ^a	14,00 ± 2,66 ^b
8	9,00 ± 6,93 ^a	10,33 ± 1,16 ^a	16,00 ± 4,00 ^a
10	9,33 ± 3,51 ^a	11,67 ± 1,15 ^a	17,67 ± 0,57 ^b
12	10,67 ± 2,52 ^a	14,33 ± 0,57 ^{ab}	19,33 ± 2,51 ^b
14	13,67 ± 5,51 ^a	17,33 ± 3,22 ^a	15,00 ± 1,72 ^a
16	17,33 ± 2,88 ^a	22,67 ± 2,52 ^b	11,00 ± 2,00 ^a
18	9,00 ± 1,00 ^a	15,00 ± 2,00 ^b	8,67 ± 1,53 ^a

Ghi chú: Các ký tự khác nhau trên cùng một hàng cho biết sự sai khác có ý nghĩa thống kê về giá trị trung bình giữa các nghiệm thức ($p < 0,05$).

Bảng 3. Hệ số tăng trưởng của copepoda theo thời gian

Ngày nuôi	10‰	20‰	30‰
	M ± SD	M ± SD	M ± SD
2	0,14 ± 0,27	0	0,42 ± 0,36
4	-0,14 ± 0,40 ^a	0,05 ± 0,59 ^a	0,18 ± 0,39 ^a
6	0,26 ± 0,45 ^a	0,27 ± 0,45 ^a	0,17 ± 0,19 ^a
8	0,29 ± 0,45 ^a	0,30 ± 0,41 ^a	0,07 ± 0,07 ^a
10	0,02 ± 0,21 ^a	0,06 ± 0,05 ^a	0,05 ± 0,13 ^a
12	0,07 ± 0,19 ^a	0,10 ± 0,03 ^a	0,04 ± 0,08 ^a
14	0,12 ± 0,13 ^a	0,10 ± 0,07 ^a	-0,13 ± 0,08 ^a
16	0,12 ± 0,15 ^a	0,13 ± 0,14 ^a	-0,16 ± 0,05 ^a
18	-0,33 ± 0,11 ^a	-0,21 ± 0,05 ^a	-0,12 ± 0,13 ^a

Ghi chú: Các ký tự khác nhau trên cùng một hàng cho biết sự sai khác có ý nghĩa thống kê về giá trị trung bình giữa các nghiệm thức ($p < 0,05$).

Kết quả sau 18 ngày nuôi cho thấy mật độ copepoda của những ngày đầu tăng chậm và không tăng ở độ mặn 10 và 20‰. Sự sinh trưởng của copepoda bắt đầu tăng nhanh từ ngày nuôi thứ 6 và tăng liên tục theo thời gian nuôi ở các nghiệm thức thí nghiệm. Sự sinh trưởng của copepoda ở độ mặn 30‰ cho mật độ cao nhất vào ngày nuôi thứ 12 (19,33 ct·mL⁻¹) và sau đó có dấu hiệu giảm. Trong khi đó, sự sinh trưởng của copepoda vẫn tiếp tục tăng ở hai nghiệm thức còn lại và cho mật độ cao nhất vào ngày nuôi thứ 16 ở độ mặn 10 và 20‰ là 17,33 và 22,67 ct·mL⁻¹ và sau đó giảm nhanh chóng. Mật độ copepoda tại thời điểm kết thúc thí nghiệm ở độ mặn 10, 20 và 30‰ lần lượt là 9, 15 và 9 ct·mL⁻¹. Có sự sai khác có ý nghĩa thống kê giữa nghiệm thức 20‰ so với các nghiệm thức 10 và 30‰ ($p < 0,05$).

Thí nghiệm chứng minh được rằng *Apocyclops panamensis* nuôi ở độ mặn 20‰ có vòng đời kéo dài hơn hai ngày so với hai NT còn lại từ giai đoạn Nauplius đến giai đoạn trưởng thành. Điều này cho thấy độ mặn 20‰ là môi trường sống thích hợp với loài. Cruz-Rosado và cs. [8] cũng đã khẳng định đây là loài có khả năng chịu đựng sự thay đổi lớn về nhiệt độ và có khả năng thích ứng tốt với sự thay đổi của độ mặn (tốt nhất là 28‰). Tuy nhiên, theo Noor và cs. [15], việc nuôi sinh khối loài *Oithona simplex* làm thức ăn cho các trại sản xuất giống ở độ mặn 30‰ là tốt nhất, nhưng độ mặn thích hợp nhất theo nghiên cứu này là 20‰. Tương tự, War [16] công bố rằng sinh khối copepoda đạt mật độ 10,23 ct·mL⁻¹ lúc thu hoạch để làm thức ăn cho ấu trùng cá. Ngoài ra, Altaff và Janakiraman [17] công bố mật độ sinh khối *Apocyclops dengizicus* tại trại sản xuất giống là 14,9 ct·mL⁻¹. Theo Raju và cs. [18], tổng mật độ của copepoda loài *O. Rigida* là 44 ct·mL⁻¹ trong vòng 35 ngày nuôi, cao hơn so với các công bố trước đây và ở nghiên cứu này.

3.3 Tỷ lệ mang trứng của copepoda khi nuôi ở các độ mặn khác nhau

Ngoài nhiệt độ, tỷ lệ mang trứng của copepoda cũng chịu ảnh hưởng của độ mặn. Theo Assavaaree và cs. [19], độ mặn càng phù hợp thì tỷ lệ mang trứng càng cao, đồng nghĩa với việc sinh trưởng của quần thể copepoda càng nhanh.

Tương tự, tốc độ sinh trưởng của quần thể hay tỷ lệ tăng trưởng của copepoda khi nuôi ở ba độ mặn khác nhau cho kết quả khác nhau. Khi nuôi copepoda ở độ mặn 30‰, tỷ lệ mang trứng là 29%, cao nhất vào ngày thứ 12 (Bảng 4). Còn tỷ lệ mang trứng của copepoda ở nghiệm thức 10 và 20‰ đạt cao nhất 22 và 36% vào ngày nuôi thứ 14, sau đó giảm dần.

3.4 Ảnh hưởng của độ mặn đến sự thay đổi kích thước cơ thể copepoda

Kích thước cơ thể của copepoda đóng vai trò quan trọng đối với ấu trùng tôm cá biển khi sử dụng làm thức ăn vì kích thước có thể quá lớn so với cỡ miệng của ấu trùng cá khi mới hình thành. Sau 20 ngày nuôi, độ mặn đã có ảnh hưởng đến kích thước của copepoda (Bảng 5).

Bảng 4. Ảnh hưởng của độ mặn đến tỷ lệ mang trứng

Ngày nuôi	10‰	20‰	30‰
	M ± SD	M ± SD	M ± SD
2	0,07 ± 0,12 ^a	0,06 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,07 ^a
4	0,11 ± 0,01 ^a	0,12 ± 0,02 ^a	0,13 ± 0,06 ^a
6	0,13 ± 0,17 ^a	0,14 ± 0,08 ^a	0,15 ± 0,05 ^a
8	0,14 ± 0,10 ^b	0,20 ± 0,05 ^a	0,18 ± 0,06 ^a
10	0,16 ± 0,03 ^b	0,24 ± 0,07 ^a	0,25 ± 0,03 ^a
12	0,18 ± 0,10 ^b	0,30 ± 0,06 ^a	0,29 ± 0,06^a
14	0,22 ± 0,03^b	0,36 ± 0,12^a	0,22 ± 0,04 ^c
16	0,12 ± 0,09 ^c	0,18 ± 0,03 ^a	0,15 ± 0,04 ^b

Ghi chú: Các ký tự khác nhau trên cùng một hàng cho biết sự sai khác có ý nghĩa thống kê về giá trị trung bình giữa các nghiệm thức ($p < 0,05$).

Bảng 5. Ảnh hưởng của các mức độ mặn đến kích thước của copepoda qua các giai đoạn (μm)

Nghiệm thức	Nauplius	Copepodite	Trưởng thành
	M ± SD	M ± SD	M ± SD
10‰	93,84 ± 11,06 ^a	463,29 ± 24,53 ^a	968,05 ± 6,46 ^a
20‰	102,20 ± 16,31 ^a	498,36 ± 108,41 ^a	976,14 ± 23,54 ^a
30‰	153,90 ± 17,60 ^b	570,24 ± 10,31 ^a	990,38 ± 22,56 ^a

Ghi chú: Các ký tự khác nhau trên cùng một cột cho biết sự sai khác có ý nghĩa thống kê về giá trị trung bình giữa các nghiệm thức ($p < 0,05$).

Ở giai đoạn nauplius và độ mặn 30‰, copepoda có kích thước lớn nhất là 153,9 μm ; ở độ mặn 20‰ là 102,20 μm và thấp nhất ở độ mặn 10‰ là 93,84 μm . Có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về kích thước copepoda khi nuôi ở độ mặn 30‰ so với ở độ mặn 10 và 20‰ ($p < 0,05$). Tuy nhiên, sự thay đổi về kích thước copepoda ở giai đoạn copepodite và con trưởng thành không có ý nghĩa thống kê ở các độ mặn thí nghiệm ($p > 0,05$). Kích thước copepoda của loài *Apocyclops panamensis* ở nghiên cứu này lớn hơn so với của loài *Apocyclops dengizicus* [17] và loài *Oithona rigida* phân lập từ cửa sông (độ mặn < 10‰) [20]. Tuy nhiên, nghiên cứu này cho thấy chiều dài cơ thể ở giai đoạn Nauplius là 93,837–153,903 μm , nhỏ hơn nhiều so với chiều dài trong nghiên cứu của Altaff và Janakiraman [17] (253 μm) khi sử dụng tảo đơn bào làm thức ăn cho copepoda, nhưng kích thước ở giai đoạn copepodite lại tương tự nghiên cứu này.

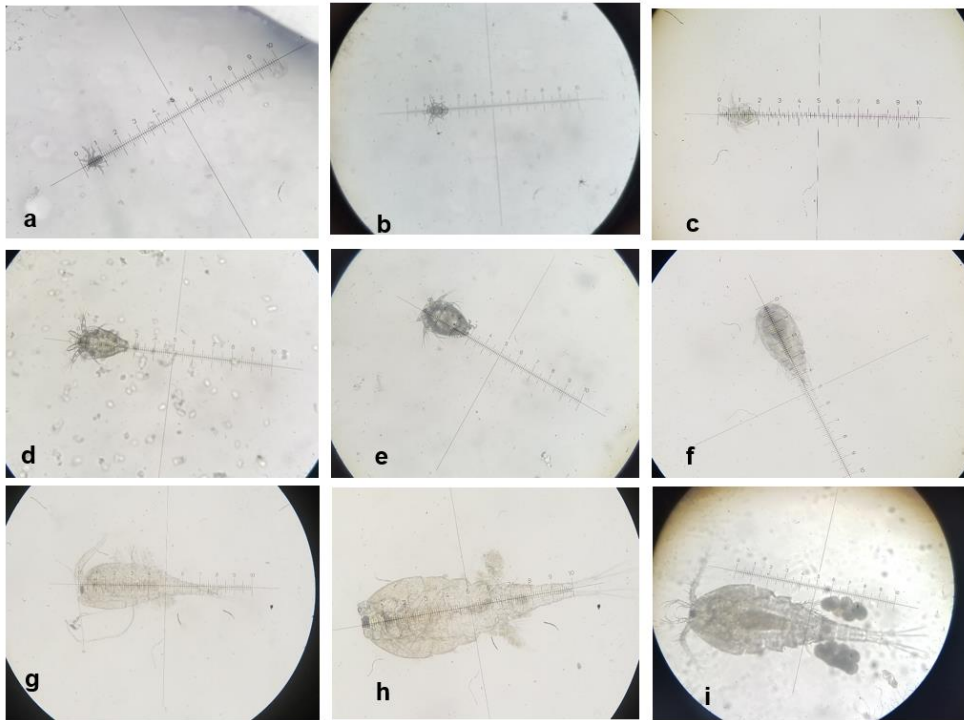
3.5 Kích thước và thời gian phát triển của copepoda

Sau 16 ngày nuôi, thời gian phát triển và kích thước qua từng giai đoạn của copepoda được xác định như sau: giai đoạn nauplius có chiều dài cơ thể trong khoảng 100–400 μm , giai đoạn copepodite là 400–1050 μm và kích thước lớn nhất ở giai đoạn trưởng thành là 1280 μm (Bảng 6).

Thời gian phát triển của từng giai đoạn ở copepoda *Apocyclops panamensis* tương đối ngắn; đa số các giai đoạn có thời gian phát triển 10–13 h. Trong đó, tổng thời gian phát triển của giai đoạn nauplius khoảng 2–3 ngày. Tổng thời gian phát triển copepodite kéo dài 9–14 ngày và giai đoạn mang trứng kéo dài khoảng 2–3 ngày.

Bảng 6. Kích thước và thời gian phát triển các giai đoạn của copepoda

Giai đoạn	Chiều dài (μm)	Thời gian phát triển (h)
Nauplius 1	100–120	8–10
Nauplius 2	120–150	9–11
Nauplius 3	150–210	10–12
Nauplius 4	210–260	10–12
Nauplius 5	260–320	13–15
Nauplius 6	320–400	10–13
Copepodite 1	400–550	9–12
Copepodite 2	550–740	10–13
Copepodite 3	740–900	9–12
Copepodite 4	900–1050	10–14
Copepodite 5	1050–1150	170–285
Copepoda mang trứng	1050–1280	48–72



Hình 1. Hình ảnh thể hiện sự phát triển về kích thước của một số giai đoạn copepoda

a. Nauplius 100 μm ; b. Naplius 150 μm ; c. Nauplius 200 μm ; d. Nauplius 260 μm ; e. Nauplius 380 μm ;
f. Copepodite 500 μm ; g. Copepodite 800 μm ; h. Copepodite 1120 μm ; i. Copepoda mang trứng 1280 μm

3.6 Đặc điểm sinh sản và thời gian phát triển phôi của *Apocyclops panamensis*

Apocyclops panamensis là loài có tốc độ sinh sản lớn, nhịp sinh sản trung bình là $34,01 \pm 5,77$ h; chậm nhất là 42,58 h và nhanh nhất là 26,38 h, nhanh hơn không đáng kể so với nhịp sinh sản của loài *Schmackeria dubia* (36,22 h) [21].

Sức sinh sản ở *Apocyclops panamensis* trung bình là $5,5 \pm 1,05$ trứng/con cái/ ngày. So với những loài khác như loài *Temora stylefera* có thể đẻ từ 12–54 trứng/con cái/ngày và loài *Calanus helgolandicus* có thể đẻ từ 13–43 trứng/con cái/ngày [22]. Sức sinh sản của copepoda thường phụ thuộc vào sự có mặt của tảo làm thức ăn và thức ăn từ các loài tảo khác nhau cũng ảnh hưởng đến sức sinh sản của copepoda [23]. Nhiệt độ cũng là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sức sinh sản của copepoda loài *Pseudocyclops umbraticus*, theo Brugnano và cs. [24], sức sinh sản chỉ đạt trung bình 2,3 trứng/con cái/ngày ở 14°C và 6,1 trứng/con cái/ngày ở 24°C .

Thời gian phát triển phôi của *Apocyclops panamensis* tương đối ngắn, dao động trong khoảng 2–3 ngày, trung bình $57,43 \pm 3,12$ h. Nhiệt độ càng thấp, thời gian phát triển phôi của copepoda càng dài [25].

4 Kết luận và đề nghị

Độ mặn ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển, kích thước cơ thể, tỷ lệ mang trứng của copepoda loài *Apocyclops panamensis*. Sự sinh trưởng và phát triển và tỷ lệ mang trứng của copepoda ở độ mặn 20‰ cao hơn so với độ mặn 10 và 30‰. Kích thước của copepoda ở giai đoạn nauplius khi nuôi ở độ mặn 30‰ lớn hơn khi nuôi ở độ mặn 10 và 20‰, trong khi đó kích thước của copepoda ở giai đoạn copepodite và trưởng thành không sai khác có ý nghĩa thống kê khi nuôi ở độ mặn 10, 20 và 30‰. Tổng thời gian phát triển trong vòng đời của copepoda như sau: nauplius 2–3 ngày; copepodite 9–14 ngày; trưởng thành 2–3 ngày.

Copepoda loài *Apocyclops panamensis* được phân lập từ ao nuôi tôm có khả năng thích ứng tốt ở điều kiện môi trường ở Thừa Thiên Huế. Đây là loài có một số ưu điểm như thích ứng tốt với môi trường, tốc độ tăng sinh khối nhanh, kích thước nhỏ nên rất phù hợp để phát triển nuôi sinh khối như là thức ăn tươi sống trong nuôi trồng thủy sản.

Thông tin tài trợ

Nghiên cứu này được Đại học Huế cấp kinh phí trong đề tài mã số DHH2020-02-140.

Tài liệu tham khảo

1. Reitan, K. I. and Rainuzzo (1994), Influence of lipid composition of live feed on growth, survival and pigmentation of turbot larvae, *Aquaculture*, 2, 33–48.
2. Evoy, M. C., Naess, L. A., T. Bell, and L. J. G. (1998), Lipid and fatty acid composition of normal and malpigmented Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus* fed enriched artemia: comparison with fry fed wild Copepoda, *Aquaculture*, 163, 237–250.
3. Vũ Ngọc Út and Dương Thị Hoàng Oanh (2013), *Giáo trình thực vật và động vật thủy sinh*, Nxb. Đại học Cần Thơ.
4. Chinnery, F. E. and J.A. Williams (2004), The influence of temperature and Salinity on *Acartia* (Copepoda: Calanoida) nauplii survival, *Marine Biology*, 145, 733–738.
5. Raju, P. (2012), Laboratory Culture of Marine Cyclopoid Copepod *Oithona rigida* Giesbrecht, *Indian Journal Of Natural Sciences*, 3(14), 1177–1181.
6. Ambler, J. W., J. E. Cloern, and A. Hutchinson (1985), Seasonal cycles of zooplankton from San Francisco Bay, *Hydrobiologia*, 129, 177–197.
7. Li, C., L. X., H. X., and G. B. (2008), Effects of temperature, salinity, pH, and light on filtering and grazing rates of a calanoid copepoda (*Schmackeria dubia*), *The Scientific World JOURNAL*, 8, 1219–1227.

8. Cruz-Rosado, L., W. Contreras-Sánchez, U. Hernández-Vidal, J. Pérez-Urbiola, and M. García (2020), Population growth of a generational cohort of the copepod *Apocyclops panamensis*, *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*.
9. Pan, Y. -J., A. Souissi, S. Souissi, and J. -S. Hwang (2016), Effects of salinity on the reproductive performance of *Apocyclops royi* (Copepoda, Cyclopoida), *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 475, 108–113.
10. Renz, J. and H. -J. Hirche (2005), Life cycle of *Pseudocalanus acuspes* Giesbrecht (Copepoda, Calanoida) in the Central Baltic Sea: I. Seasonal and spatial distribution, *Marine Biology*, 148, 567–580.
11. Lindley, L. C. and R. P. Phelps (2009), Production and Collection of Copepod Nauplii from Brackish Water Ponds, *Journal of Applied Aquaculture*, 21(2), 96–109.
12. Goswami, S. C. (2004), *Zooplankton Methodology, Collection & Identification – a field Manual*, National Institute of Oceanography.
13. Nguyễn Văn Khôi (2001), *Động vật chí Việt Nam, Phân lớp chân mái chèo – Copepoda, Biển*, Nxb. Khoa học và Kỹ thuật.
14. Cao Văn Hạnh (2003), *Ảnh hưởng của các loại tảo đơn bào và chế độ cho ăn lên sinh trưởng và phát triển của Copepoda sử dụng trong ương cá biển*, Viện Nghiên cứu Nuôi trồng thủy sản 1: Viện Nghiên cứu Nuôi trồng thủy sản 1, 330–337.
15. Noor, N. S. M., A. Arshad, S. M. N. Amin, and M. S. 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), 33–40.
16. War, M. (2010), Culture of zooplankton for rearing fish larvae, *Poll Res.*, 29(2), 91–93.
17. Altaff, K. and A. Janakiraman (2015), Effect of temperature on mass culture of three species of zooplankton, *Brachionus plicatilis*, *Ceriodaphnia reticulata* and *Apocyclops dengizicus*, *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(4), 49–53.
18. Raju, P., M. Kathiresan, S. Ananth, R. Nandakumar, T. Jayalakshmi, P. Ananthi, A. Shenbaga Devi, and P. Santhanam (2012), Laboratory Culture of Marine Cyclopoid Copepod *Oithona rigida* Giesbrecht, *Indian Journal Of Natural Sciences*, 3(14), 0976–0997.
19. Assavaaree, M., Atsushi Hagiwara, Takayuki Kogane, and Misao Arimoto (2003), Effect of temperature on resting egg formation of the tropical SS-type rotifer *Brachionus rotundiformis* Tschugunoff, *Fisheries Science*, 69(3), 520–528.
20. Santhanam, P. and P. Perumal (2012), Effect of temperature, salinity and algal food concentration on population density growth and survival of marine copepod *Oithona rigida* Giesbrecht, *Indian Journal of Geo - Marine Sciences* 41(4), 369–376.

21. Vũ Ngọc Út and Huỳnh Phước Vinh (2014), Một số đặc điểm của Copepoda Schmackeria dubia, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, (2), 292–299
22. Ianora, A. (2005), *Birth control effects of diatoms on copepod reproduction: implications for aquaculture studies*, in *Copepods in Aquaculture*, Blackwell Scientific Publications Ltd Melbourne, 31–48.
23. Ianora, A., s. Poulet, and A. Miralto (2003), The effects of diatoms on copepod reproduction: A review, *Phycologia*, 42, 351–363.
24. Brugnano, C., A. Granata, L. Guglielmo, R. Minutoli, and G. Zagami (2014), Fecundity and development of the benthic-pelagic copepod *Pseudocyclops umbraticus*: Effects of temperature, *Aquatic Biology*, 20, 245–254.
25. Golez, M. S. N., T. Takahashi, T. Ishimaru, and A. Ohno (2004), Post-embryonic development and reproduction of *Pseudodiaptomus annandalei* (Copepoda: Calanoida), *Plankton Biology and Ecology*, 51, 15–25.