

**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***

***EFFECTS OF DENSITY OF DIETARY MICROALGAL *ISOCHRYSIS GALBANA* ON
FECUNDITY AND HATCHING RATE OF COPEPOD *APOCYCLOPS ROYI****

**Nguyễn Thị Thủy^{1,2}, Lê Minh Hoàng², Đoàn Xuân Nam²,
Bùi Văn Cảnh², Nguyễn Thị Thành¹, Đinh Văn Khương²**

¹ Khoa Nông nghiệp và Tài nguyên môi trường, Trường Đại học Đồng Tháp

² Viện Nuôi trồng thủy sản, Trường Đại học Nha Trang

Tác giả liên hệ: Lê Minh Hoàng (Email: hoanglm@ntu.edu.vn)

Ngày nhận bài: 01/06/2021; Ngày phân biên thông qua: 22/9/2021; Ngày duyệt đăng: 29/09/2021

Tóm tắt

Nghiên cứu được thực hiện để đánh giá ảnh hưởng của mật độ vi tảo *Isochrysis galbana* đến sức sinh sản và tỷ lệ nở thành công của loài *Copepoda Apocyclops royi*. Thí nghiệm được tiến hành với 3 nghiệm thức mật độ vi tảo làm thức ăn cho *Copepoda* được quy về đơn vị $\mu\text{g C/L}$ là: 160; 800 và 1600 $\mu\text{g C/L}$. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 10 lần. *Copepoda A. royi* được cho ăn vi tảo theo 3 nghiệm thức trên từ giai đoạn Nauplius 3 đến khi trưởng thành. Khi *A. royi* trưởng thành, sức sinh sản của chúng được xác định dựa trên số trứng trung bình của 30 con *Copepoda* cái thu được ở mỗi nghiệm thức. Tỷ lệ nở thành công được xác định dựa trên tỷ lệ nở của trứng của 10 cá thể cái với mỗi nghiệm thức. Kết quả cho thấy sức sinh sản của *A. royi* cao nhất ở nghiệm thức 1600 $\mu\text{g C/L}$ và thấp nhất ở 160 $\mu\text{g C/L}$. Tỷ lệ nở thành công cao nhất ở nghiệm thức 800 $\mu\text{g C/L}$, tiếp đến là 1600 $\mu\text{g C/L}$ và thấp nhất ở 160 $\mu\text{g C/L}$ ($P < 0,05$). Nghiên cứu này cung cấp thông tin về chế độ cho ăn ảnh hưởng đến sức sinh sản và tỷ lệ nở thành công của *A. royi*, góp phần phát triển kỹ thuật nuôi sinh khối giáp xác chân chèo phục vụ cho ương nuôi giống hải sản.

Từ khóa: *Apocyclops royi*, sức sinh sản, tỷ lệ nở thành công, vi tảo

Abstract

This study was carried out to evaluate the effect of microalgae *Isochrysis galbana* density on the fertility and hatching success of a cyclopoid copepoda *Apocyclops royi*. The experiment was conducted with 3 treatments of *I. galbana* equivalent to 160; 800 and 1600 $\mu\text{g C/L}$. Each treatment had 10 replicates. *Copepoda A. royi* was fed microalgae according to 3 treatments from nauplius stage 3 to adult. When *A. royi* matured, their fertility was determined based on the average number of eggs of 30 females *Copepoda* in each treatment; the hatching success rate was determined based on the hatching rate of the eggs from 10 females per treatment. The results showed that the fertility of *A. royi* was highest at the *I. galbana* density of 1600 and lowest at 160 $\mu\text{g C/L}$. The hatching success rate was highest in treatment 800, followed by 1600 and lowest at 160 $\mu\text{g C/L}$ ($P < 0,05$). This study provides essential information on the effect of feeding regime on fertility and successful hatching rate of *A. royi*, which is of great significance in the development of culture techniques for biomass production of copepods.

Keywords: *Apocyclops royi*, Fecundity, hatching success, microalgae

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Copepoda có vai trò quan trọng trong hệ sinh thái biển và nuôi trồng thủy sản. Chúng chiếm 80% sinh khối của động vật phù du trong biển và đại dương. Copepoda đóng vai trò quan trọng trong chu trình các bon của biển

và đại dương [15, 21]. Copepoda là sinh vật trung gian chuyển vật chất từ sinh vật sản xuất đến sinh vật tiêu thụ như cá, giáp xác, thân mềm [14, 24]. Copepoda là thức ăn tốt cho ấu trùng cá biển bởi ba đặc tính: giá trị dinh dưỡng cao; kích thước nhỏ và đa dạng; di chuyển

chậm [25, 30, 34, 36]. Các nghiên cứu trước đã khẳng định giá trị dinh dưỡng của Copepoda vượt trội hơn cả luân trùng và *Artemia* [12, 35] với hàm lượng axit béo không no cao [11]; các vitamin như vitamin A [38], vitamin C, vitamin E [42].

Giá trị của Copepoda với nuôi trồng thủy sản còn ở sự đa dạng về thành phần loài. Hiện nay, Copepoda có hơn 11 500 loài đã được phân loại thuộc 7 bộ với số lượng lớn các loài tập trung ở 3 bộ Calanoida, Cyclopoida và Harpacticoida [18]. Sự lựa chọn loài Copepoda cho ấu trùng cá biển trở nên thuận lợi hơn nhưng nuôi sinh khối chúng còn nhiều khó khăn. Sự thiếu hụt thông tin về điều kiện môi trường tối ưu cho sự sinh trưởng và sinh sản của các loài Copepoda nhiệt đới đã làm việc nuôi sinh khối chúng còn khó khăn.

Copepoda chịu ảnh hưởng lớn của các yếu tố môi trường (nhiệt độ, độ mặn, hóa chất); chất lượng và số lượng thức ăn. Hầu hết các nghiên cứu đã tập trung vào các yếu tố môi trường tác động đến tăng trưởng và sinh sản của Copepoda, trong khi các quan sát về yếu tố thức ăn hạn chế. Các nghiên cứu dinh dưỡng của Copepoda tập trung vào mối quan hệ giữa các loài tảo, thành phần các axit béo với tăng trưởng, sinh sản của chúng. Sự thiếu hụt thông tin về sinh sản của Copepoda nói chung và các loài nhiệt đới nói riêng đã ảnh hưởng đến nuôi sinh khối Copepoda.

Các nghiên cứu về Copepoda hiện nay tập trung vào các loài ở vùng ôn đới và bộ Calanoida. Thông tin về các loài Copepoda nhiệt đới rất hạn chế. *A. royi* là loài Copepoda nhiệt đới, thuộc bộ Cyclopoida, phân lớp Copepoda, phân bố nhiều ở vùng biển Nam Trung Bộ của Việt Nam.

Trong nuôi trồng thủy sản, Copepoda có vai trò lớn trong sản xuất giống cá biển nhưng hiện nay vẫn chưa nuôi sinh khối được giống như các loài thức ăn tự nhiên khác như luân trùng hay *Artemia*. Vì thế, những thông tin về các thông số kỹ thuật như điều kiện môi trường và chế độ cho ăn cho Copepoda là rất cần thiết. Nghiên cứu này cung cấp thông số về mật độ vi tảo cho ăn thích hợp với loài *A. royi*. Đặc điểm

rất quan trọng của thức ăn tự nhiên là khả năng sinh sản nhanh và nhiều.

Hiệu quả sinh sản của Copepoda khác nhau khi được ăn các loài tảo khác nhau [13, 36]. Kết quả nghiên cứu của Pan *et al.* (2018) [36] cho biết *A. royi* có sức sinh sản cao nhất (22,1 trứng/con cái) khi ăn hỗn hợp vi tảo *Isochrysis galbana* + *Nannochloropsis oculata* và chỉ là 17,8 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 [29]. Kích thước vi tảo *I. galbana* (3 – 6 µm) phù hợp với *A. royi* [36] và *Apocyclops dengizicus* [13]. Loài vi tảo *I. galbana* là lựa chọn làm thức ăn rất phù hợp cho Copepoda. Loài vi tảo này kích thước bé, có khả năng vận động và đặc biệt là giá trị dinh dưỡng rất tốt với hàm lượng HUFAs cao [36].

Các nghiên cứu trước đây tập trung xem xét ảnh hưởng của các loài vi tảo, chỉ có Wang *et al.* (2017) [43] khảo sát về mật độ vi tảo trên *Apocyclops borneoensis*. Hiện nay, ảnh hưởng mật độ vi tảo lên sinh sản của loài *A. royi* chưa được nghiên cứu. Nghiên cứu này xem xét, làm rõ tác động của mật độ vi tảo đến sức sinh sản và tỷ lệ nở thành công của loài *A. royi*.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

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

Đối tượng nghiên cứu: Loài *Apocyclops royi*

Thời gian nghiên cứu: từ tháng 4/2020 đến tháng 8/2020

Địa điểm nghiên cứu: Trại nghiên cứu Nuôi trồng Hải sản Cam Ranh, Trường Đại học Nha Trang

2.2. Phương pháp bố trí thí nghiệm

2.2.1. Vật liệu nghiên cứu

Mẫu Copepoda được thu tại ao nuôi tôm tại Cam Ranh. Loài *Apocyclops royi* được phân lập dựa trên đặc điểm hình thái theo Nguyễn Văn Khôi (2021) [1]. *A. royi* được nuôi sinh khối để làm vật liệu thí nghiệm.

Nguồn vi tảo *Isochrysis galbana* thuần được cung cấp bởi Phòng Vi tảo Yên Trang, Nha Trang, Khánh Hòa. Vi tảo được nuôi theo

phương pháp bán liên tục trong bình tam giác 5 L, ở điều kiện nhiệt độ 25°C trong phòng máy lạnh, độ mặn 25 ppt, môi trường f/2 [7]. Các bình nuôi vi tảo được sục khí và chiếu sáng 24/24 bằng đèn 60 W (Philip). Khi mật độ đạt $5 \times 10^6 - 7 \times 10^6$ tế bào/ml, vi tảo được thu để làm thức ăn cho *A. royi*.

2.2.2. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí với 3 mức mật độ vi tảo gồm 6.178, 30.888 và 61.776 tế bào/ml, tương đương với 160, 800 và 1600 $\mu\text{g C/L}$. Mật độ vi tảo được quy đổi sang $\mu\text{g C/L}$ dựa trên nghiên cứu của Kjørboe et al (1988) [23] với vi tảo *I. galbana* (25,9 pg C/tế bào). *A. royi* được nuôi ở nhiệt độ 30°C và độ mặn 30 ppt. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 10 lần. Tổng đơn vị thí nghiệm là 30.

Thu mẫu naupli để nuôi đến trưởng thành nhằm xác định sức sinh sản:

- Bố trí Copepoda cái mang trứng vào 30 đơn vị thí nghiệm: 50 con/đơn vị thí nghiệm (1)

- Đơn vị thí nghiệm: ly plastic (PE) với 1000 ml (thể tích nước 720 ml)

- Lọc lấy nauplius: sau 30 giờ bố trí (1), lọc lấy nauplii qua lưới 50 μm

Như vậy có 30 đơn vị thí nghiệm có nauplius được nuôi với 3 nghiệm thức thí nghiệm.

Bố trí nuôi nauplius đến trưởng thành:

Các đơn vị thí nghiệm của cùng một nghiệm thức được đặt ngẫu nhiên vào 1 bể composte (80 × 60 × 50 cm), ổn định nhiệt ở 30°C. *A. royi* được cho ăn 3 lần/ngày vào lúc 6h, 14h và 22h. Thể tích nước vi tảo cho ăn phụ thuộc vào mật độ vi tảo. Copepoda được nuôi đến khi 100% cá thể trong đơn vị thí nghiệm trưởng thành.

Ngay khi 100% Copepoda trong các đơn vị thí nghiệm trưởng thành, tiến hành thu mẫu để bố trí xác định thông số về tỷ lệ nở thành công.

2.2.3. Phương pháp thu và đếm mẫu

Xác định số trứng/cá thể cái/lần đẻ

Sau khi 100% cá thể *A. royi* trưởng thành, 30 cá thể cái mang trứng ở mỗi nghiệm thức được thu lại để đếm số trứng. *A. royi* được cố định bằng fomol 4% trong đĩa petri. Trứng được tách ra khỏi bọc trứng bằng kim giải phẫu. Số trứng của mỗi cá thể cái được đếm dưới kính

soi nổi SZ51 (Olympus, Japan). *A. royi* mang trứng ($n = 100$ cá thể cái) ngoài tự nhiên cũng được thu để đếm số trứng để so sánh với kết quả thí nghiệm.

Xác định số lượng trứng không nở và số lượng nauplii nở ra từ từng cá thể cái

Cá thể cái mang trứng ($n = 30$) được thu từ mỗi nghiệm thức. Chúng được bố trí vào các giếng (3 ml) và 1 Copepoda/giếng, sao cho mỗi đơn vị thí nghiệm đều có Copepoda được lấy để bố trí. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 10 lần. Sau 30 giờ bố trí, tiến hành thu mẫu để xác định tỷ lệ nở thành công.

Để xác định số lượng trứng không nở và số lượng nauplii, các cá thể cái mang trứng được nuôi riêng trong từng giếng. Sau 30h, mẫu sẽ được cố định bằng lugol 4%. Số lượng trứng không nở, số nauplii trong từng giếng được xác định dưới kính soi nổi SZ51 (Olympus, Japan). Số liệu được sử dụng để xác định chỉ số tỷ lệ nở thành công (%).

Xác định chiều dài cơ thể Copepoda mẹ

Copepoda mẹ được cố định bằng fomalin 4%, sau đó được điều chỉnh và đo dưới kính soi nổi SZ51 (Olympus, Japan) có gắn thước đo. Chiều dài được tính từ phần đỉnh đầu đến hết phần thân.

2.2.4. Phương pháp tính các chỉ số

Sức sinh sản đặc trưng: Được xác định dựa vào số lượng trứng đếm được trên mỗi cá thể cái ở mục 2.2.3.

Sức sinh sản đặc trưng = Khối lượng trứng của cá thể cái ($\mu\text{g C}$) / Khối lượng của cá thể cái ($\mu\text{g C}$).

Trong đó, sự quy đổi về μgC của Khối lượng trứng và Khối lượng của cá thể cái dựa theo Grønning et al. (2019) [16] và Rayner et al. (2015) [37].

Khối lượng trứng của cá thể cái ($\mu\text{g C}$) = $0,067 \mu\text{g C} \times \text{Số trứng trong 2 túi trứng}$ [16]

Khối lượng cá thể cái ($\mu\text{g C}$) = $2,19 \times 10^{-9} \times L^{3,136}$ (với L là chiều dài của cá thể mẹ, μm) [37]

Tỷ lệ nở thành công (%) = $\text{Số nauplii} / (\text{Số nauplii} + \text{Số trứng chưa nở}) \times 100$

2.2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Sử dụng phương pháp phân tích phương sai

một yếu tố (one-way ANOVA) trên phần mềm Minitab®19 (Minitab Inc, Mỹ) để so sánh sự khác nhau giữa các nghiệm thức thí nghiệm với độ tin cậy 95%. Số liệu được biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình ± sai số chuẩn (SE). Các biểu đồ được vẽ với phần mềm SigmaPlot 14.5 for Windows (Systat Software, Inc, Đức).

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sức sinh sản

Kết quả nghiên cứu này đã cho thấy loài Copepoda *A. royi* đã có thể sinh sản thành công ở cả ba mức mật độ vi tảo thí nghiệm với số lượng trứng và tỷ lệ khác nhau. Số lượng trứng của hai buồng trứng ở con cái cao nhất ở nghiệm thức 1600 µg C/L và thấp nhất ở nghiệm thức 160 µg C/L ($P < 0,05$) (Bảng 1). Sức sinh sản của Copepoda thu từ tự nhiên và nghiệm thức 800 µg C/L không có sự khác biệt

ý nghĩa thống kê ($P = 0,12$). Ảnh hưởng của mật độ thức ăn đến sức sinh sản đặc trưng có sự khác biệt so với của Copepoda thu từ tự nhiên ($P < 0,05$). Kết quả được trình bày tại Bảng 2. Theo đó, sức sinh sản đặc trưng của Copepoda thu từ tự nhiên thấp hơn so với sức sinh sản của cả ba nghiệm thức thí nghiệm.

Kết quả này đã phản ánh đúng như các nhận định về ảnh hưởng của tảo đến khả năng sinh sản của Copepoda. Copepoda được cung cấp các axit béo thiết yếu thích hợp sẽ làm tăng khả năng sinh sản của chúng [2]. Tảo *I. galbana* có hàm lượng DHA cao nhất [2] và đã được đánh giá là thức ăn tốt nhất với loài *Apocyclops dengizicus* [2] Trong nghiên cứu này đã sử dụng tảo *I. galbana* làm thức ăn cho *A. royi* và là điều kiện tốt để *A. royi* trong các nghiệm thức có được sức sinh sản cao hơn so với *A. royi* thu từ tự nhiên.

Bảng 1. Số lượng trứng ở *Apocyclops royi* nuôi ở các mật độ vi tảo khác nhau và thu từ tự nhiên

Nghiệm thức	Số mẫu (n)	Số trứng/cá thể cái
Mật độ vi tảo 160 µgC/L	30	20,667 ± 0,550 ^c
Mật độ vi tảo 800 µgC/L	30	23,848 ± 0,299 ^b
Mật độ vi tảo 1600 µgC/L	30	29,233 ± 0,604 ^a
Tự nhiên	100	25,300 ± 0,365 ^b

Các chữ cái khác nhau trong cùng cột thể hiện sự sai khác có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$)

Bảng 2. Sức sinh sản đặc trưng của *Apocyclops royi* nuôi ở các mật độ vi tảo khác nhau và thu từ tự nhiên

Nghiệm thức	Số mẫu (n)	Chiều dài trung bình (µm ± SD)	Sức sinh sản đặc trưng
Mật độ vi tảo 160 µgC/L	30	504,07 ± 28,88 ^c	2,1359 ± 0,066 ^a
Mật độ vi tảo 800 µgC/L	30	535,11 ± 22,77 ^b	2,0447 ± 0,048 ^a
Mật độ vi tảo 1600 µgC/L	30	555,28 ± 32,46 ^a	2,2655 ± 0,099 ^a
Tự nhiên	100	567,80 ± 22,49 ^a	1,8442 ± 0,035 ^b

Các chữ cái khác nhau trong cùng cột thể hiện sự sai khác có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$)

Các nghiên cứu trước chỉ ra rằng khả năng sinh sản của Copepoda chịu ảnh hưởng bởi loài vi tảo làm thức ăn. Kết quả về số lượng nauplius/con cái trong 12 ngày liên tục của loài *Apocyclops borneoensis* khác nhau ở các mức thí nghiệm của mật độ tảo *I. galbana* [39]. Theo nghiên cứu này, số nauplius/con cái cao nhất là 200 và thấp nhất là 70 tương ứng với mật độ tảo 17 µg C/L và 0,07 µg C/L. Sinh sản của loài *A.*

borneoensis bị ức chế khi ăn tảo với mật độ cao: với tảo *Nitzschia closterium* mật độ ≥ 8.5 µg C/L; với tảo *Skeletonema costatum* mật độ ≥ 17 µg C/L [39]. Nghiên cứu dinh dưỡng ở các loài Copepoda chủ yếu là những nghiên cứu trên các loài Copepoda ôn đới như *Temora longicornis* [7, 20]; *Calanus finmarchicus* [33]; *Eurytemora affinis* [26]; *Acartia clausi* [4, 10]; *Apocyclops dengizicus* [13, 29, 36]; *Acartia tonsa* [21].

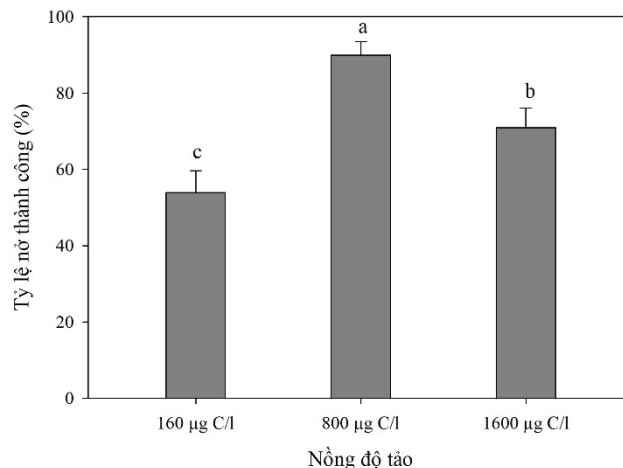
Các nghiên cứu về dinh dưỡng trên các loài Copepoda nhiệt đới chưa nhiều, có một vài thí nghiệm trên *Pseudodiaptomus annandalei* [8]; *Oithona rigida* [39] và *A. royi* [36]. Nội dung của các nghiên cứu về dinh dưỡng của Copepoda là tập trung vào vai trò của loài vi tảo, thành phần các axit béo và mật độ vi tảo đến tăng trưởng và sinh sản của chúng. Theo Doan et al. (2018) [8], mật độ vi tảo *I. galbana* 800 và 1600 $\mu\text{g C/L}$ cho kết quả sử dụng thức ăn tốt trên loài *P. annandalei*.

Chất lượng của thức ăn ảnh hưởng đến sinh sản của Copepoda [41]. Do vậy, các nghiên cứu trước đã cho biết việc đáp ứng đủ và cân đối các thành phần dinh dưỡng trong thức ăn cho Copepoda là cơ sở thiết lập các mức thí nghiệm [27, 28, 31, 40]. Số lượng trứng của Copepoda cái tăng lên khi tăng lượng thức ăn đến mức tối ưu [6, 22]. Trong nghiên cứu này, các mức thí nghiệm kế thừa kết quả nghiên cứu của Doan et al. (2018) [8]. Nghiên cứu này đã cho *A. royi* ăn vi tảo *I. galbana* với 3 mức mật độ. Sức sinh sản cao nhất ở chế độ ăn 1600 $\mu\text{g C/L}$ và thấp nhất ở mức 160 $\mu\text{g C/L}$ ($P <$

0,05). Sức sinh sản đặc trưng của *A. royi* cao hơn ở các nghiệm thức thí nghiệm so với thu từ tự nhiên. Kết quả phản ánh tương tự như nhận định của các nghiên cứu của Pan et al. (2018) [36] và Wang et al. (2017) [43]. Điều này có thể được giải thích là do hàm lượng DHA trong tảo *I. galbana* đáp ứng được nhu cầu và có tác động tốt đến khả năng sinh sản của *A. royi*. Các nghiên cứu của Lee et al. (2006) [28], Pan et al. (2018) [36] và Wang et al. (2017) [43] cũng chỉ ra rằng thành phần dinh dưỡng của vi tảo ảnh hưởng đến sinh sản của Copepoda. Đây cũng là cơ sở để những nghiên cứu tiếp theo sẽ đánh giá ảnh hưởng của sự kết hợp giữa các loài vi tảo đến sinh trưởng, sinh sản của Copepoda.

3.2. Tỷ lệ nở thành công

Kết quả của nghiên cứu này đã cho thấy tỷ lệ nở thành công của *A. royi* của nghiệm thức cho ăn với mật độ vi tảo 1600 $\mu\text{g C/L}$ bằng 60% so với mật độ vi tảo 800 $\mu\text{g C/L}$ (Hình 1). Thông số này có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, cao nhất ở mật độ vi tảo 800 $\mu\text{g C/L}$, tiếp đến là nghiệm thức 1600 $\mu\text{g C/L}$, thấp nhất là nghiệm thức 160 $\mu\text{g C/L}$ (Hình 1).



Hình 1. Tỷ lệ nở thành công của *A. royi* nuôi ở các mật độ vi tảo khác nhau.

Số liệu là giá trị trung bình \pm SE. Các chữ cái khác nhau trên các cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $P < 0,05$.

Trong nghiên cứu này, tỷ lệ nở thành công của *A. royi* cao nhất và thấp nhất tương ứng với các mật độ vi tảo 800 và 160 $\mu\text{g C/L}$. Kết quả của thí nghiệm này cho thấy tỷ lệ nở ở mật độ 1600 $\mu\text{g C/L}$ giảm so với mật độ 800 $\mu\text{g C/L}$. Kết quả này là do phản ứng sinh lý phức tạp

của *A. royi*. Hiện tượng này có thể giải thích bởi cả con đực và con cái vì chúng đều bị ảnh hưởng bởi chế độ dinh dưỡng cao hơn (cùng là ăn tảo *I. galbana* với mật độ cao), con đực gặp phải tình trạng giảm khả năng sinh tinh, phóng tinh, tỷ lệ tinh trùng dị hình tăng nên giảm khả

năng thụ tinh trong khi con cái gặp hiện tượng rụng trứng không đúng chu kỳ nên giảm tỷ lệ thụ tinh. Do vậy, tỷ lệ nở của *A. royi* ở mật độ 1600 µg C/L lại thấp hơn mật độ 800 µg C/L. Quá trình chuyển hóa năng lượng và sinh hóa sinh sản của Copepoda còn chưa được hiểu rõ, đặc biệt thành phần nào của thức ăn quyết định đến khả năng sinh sản của Copepoda [17]. 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 [32, 40], ví dụ với loài *Apocyclops borneoensis* [43]. Nghiên cứu của Arendt et al. (2005) [3] cũng cho thấy thành phần axit béo không no mạch dài ảnh hưởng đến tỷ lệ nở của trứng loài Copepoda *Temora longicornis*.

Ianora và ctv. (2003) [19] đã cho biết tỷ lệ nở của loài *Calanus helgolandicus* giảm và gần như không nở vào ngày thứ 9 khi ăn tảo *S. costatum* với mật độ 10⁵ tế bào/ml trong 15 ngày. Dutz và ctv (2008) [9] 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. Qua các công bố này cho thấy rằng mật độ vi tảo ảnh hưởng đến tỷ lệ nở của Copepoda. Điều này được giải thích là do hai axit béo không bão hòa trong vi tảo *S. costatum* 2-trans-4-trans-octadienal và 2-trans-4-trans-heptadiena đạt đến một hàm lượng nhất định sẽ ảnh hưởng đến quá trình phát triển phôi, ảnh hưởng đến sinh lý và khả năng sống của ấu trùng Copepoda [5].

Nghiên cứu này đã đóng góp thông tin ban đầu về sự thích hợp của vi tảo *I. galbana* trong nuôi Copepoda *A. royi* để chúng có thể sinh

sản tốt. Kết quả cũng đã chứng minh rằng chất lượng và số lượng của chế độ ăn ảnh hưởng đáng kể đến khả năng sinh sản của *A. royi* mặc dù các mối quan hệ rất phức tạp và chưa được hiểu rõ.

IV. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Sức sinh sản đặc trưng của *A. royi* cao nhất ở chế độ ăn với mật độ vi tảo *I. galbana* 61.776 tế bào/ml tương ứng với mật độ vi tảo 1600 µg C/L.

Tỷ lệ nở thành công của *A. royi* cao nhất ở chế độ ăn với mật độ vi tảo *I. galbana* 30.888 tế bào/ml tương ứng với mật độ vi tảo 800 µg C/L.

4.2. Khuyến nghị

Nghiên cứu ảnh hưởng của kết hợp của các loài vi tảo khác đến sinh trưởng, sinh sản và tỷ lệ nở thành công của loài *A. royi* và các loài Copepoda khác.

Nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần và tỷ lệ các axit béo không no mạch dài đến đặc điểm sinh học sinh sản của *A. royi* và các loài Copepoda khác.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo (mã số: B2019-TSN-562-08: Nghiên cứu đặc điểm sinh học, sinh thái của giáp xác chân chèo (*Pseudodiaptomus annandalei*) trong bối cảnh biến đổi khí hậu). Cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo đã tài trợ kinh phí cho thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Văn Khôi (2001), Động vật chí Việt Nam: Phân lớp Chân Mái Chèo-Copepoda, Biển Vol. 9. Hà Nội, Nhà Xuất Bản Khoa Học và Kỹ Thuật, Trung tâm Khoa học tự nhiên và Công nghệ quốc gia.
2. Vũ Ngọc Út, Trương Quốc Phú & 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.
3. 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.
4. Calliari D. & Tiselius P. (2005), "Feeding and reproduction in a small calanoid copepod: *Acartia clausi* can

- compensate quality with quantity”, *Marine Ecology Progress Series*, 298, pp. 241-250.
5. Ceballos S. & Ianora A. (2003), “Different diatoms induce contrasting effects in the copepod *Temora stylifera*”, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 294, pp. 189-202.
 6. Dam H.G., Peterson W.T. & Bellantoni D.C. (1994), “Seasonal feeding and fecundity of the calanoid copepod *Acartia tonsa* in Long Island Sound: is omnivory important to egg production?”, *Hydrobiologia*, 292(1), pp. 191-199.
 7. Devreker D., Souissi S. & Seuront L. (2005), “Effects of chlorophyll concentration and temperature variation on the reproduction and survival of *Temora longicornis* (Copepoda, Calanoida) in the Eastern English Channel”, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 318(2), pp. 145-162.
 8. Doan N.X., Vu M.T., Nguyen H.T., Tran H.T., Pham H.Q. & 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.
 9. Dutz J., Koski M. & Jo’nasdo’ttir S.H. (2008), “Copepod reproduction is unaffected by diatom aldehydes or lipid composition”, *Limnology and Oceanography*, 53, pp. 225-235.
 10. Dutz J. & Peters J. (2008), “Importance and nutritional value of large ciliates for the reproduction of *Acartia clausi* during the post spring-bloom period in the North Sea”, *Aquatic microbial ecology*, 50(3), pp. 261-277.
 11. Evjemo J.O. & 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.
 12. 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.
 13. 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.
 14. Fockede N. & Mees J. (1999), “Feeding of the hyperbenthic mysid *Neomysis integer* in the maximum turbidity zone of the Elbe, Westerschelde and Gironde estuaries”, *Journal of Marine Systems*, 22(2-3), pp. 207-228.
 15. Frangoulis C., Christou E. & Hecq J. (2004), “Comparison of marine copepod outfluxes: nature, rate, fate and role in the carbon and nitrogen cycles”, *Advances in marine biology*, 47, pp. 254.
 16. Grønning J., Doan N.X., Dinh N.T., Dinh K.V. & Nielsen T.G. (2019), “Ecology of *Pseudodiaptomus annandalei* in tropical aquaculture ponds with emphasis on the limitation of production”, *Journal of Plankton Research*, 41(5), pp. 741-758.
 17. Hirche H.-J. (1996), “The reproductive biology of the marine copepod, *Calanus finmarchicus*—a review”, *Ophelia*, 44(1-3), pp. 111-128.
 18. Humes A.G. (1994), How many copepods?, in: *Ecology and morphology of copepods* Springer. pp. 1-7.
 19. Ianora A., Poulet S.A. & Miralto A. (2003), “The effects of diatoms on copepod reproduction: a review”, *Phycologia*, 42, pp. 351-363.
 20. Jónasdóttir S.H., Visser A.W. & Jespersen C. (2009), “Assessing the role of food quality in the production and hatching of *Temora longicornis* eggs”, *Marine Ecology Progress Series*, 382, pp. 139-150.
 21. Jónasdóttir S.H., Visser A.W., Richardson K. & Heath M.R. (2015), “Seasonal copepod lipid pump

- promotes carbon sequestration in the deep North Atlantic”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(39), pp. 12122-12126.
22. 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”, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 26(1-2), pp. 85-97.
23. Kiørboe T., Møhlenberg F. & Tiselius P. (1988), “Propagation of planktonic copepods: production and mortality of eggs”, *Hydrobiologia*, 167(1), pp. 219-225.
24. Kleppel G. (1993), “On the diets of calanoid copepods”, *Marine Ecology-Progress Series*, 99, pp. 183-183.
25. Koedijk R., Folkvord A., Foss A., Pittman K., Stefansson S., Handeland S. & Imsland A. (2010), “The influence of first-feeding diet on the Atlantic cod *Gadus morhua* phenotype: survival, development and long-term consequences for growth”, *Journal of Fish Biology*, 77(1), pp. 1-19.
26. Kozlowsky-Suzuki B., Karjalainen M., Lehtiniemi M., Engström-Öst J., Koski M. & Carlsson P. (2003), “Feeding, reproduction and toxin accumulation by the copepods *Acartia biflosa* and *Eurytemora affinis* in the presence of the toxic cyanobacterium *Nodularia spumigena*”, *Marine Ecology Progress Series*, 249, pp. 237-249.
27. Lee H.-W., Ban S., Ando Y., Ota T. & Ikeda T. (1999), “Deleterious effect of diatom diets on egg production and hatching success in the marine copepod *Pseudocalanus newmani*”, *Plankton Biology and Ecology*, 46(2), pp. 104-112.
28. Lee K.W., Park H.G., Lee S.-M. & Kang H.-K. (2006), “Effects of diets on the growth of the brackish water cyclopoid copepod *Paracyclops nana* Smirnov”, *Aquaculture*, 256(1-4), pp. 346-353.
29. 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 biflosa*”, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 355(2), pp. 95-102.
30. McKinnon A., Duggan S., Nichols P., Rimmer M., Semmens G. & Robino B. (2003), “The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in aquaculture”, *Aquaculture*, 223(1-4), pp. 89-106.
31. Milione M., Zeng C. & Group T.C.A.R. (2007), “The effects of algal diets on population growth and egg hatching success of the tropical calanoid copepod, *Acartia sinjiensis*”, *Aquaculture*, 273(4), pp. 656-664.
32. 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.
33. Nejstgaard J.C., Gismervik I. & Solberg P.T. (1997), “Feeding and reproduction by *Calanus finmarchicus*, and microzooplankton grazing during mesocosm blooms of diatoms and the coccolithophore *Emiliania huxleyi*”, *Marine Ecology Progress Series*, 147, pp. 197-217.
34. Øie G., Galloway T., Sørøy M., Holmvaag Hansen M., Norheim I., Halseth C., Almli M., Berg M., Gagnat M. & Wold P.A. (2017), “Effect of cultivated copepods (*Acartia tonsa*) in first-feeding of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and ballan wrasse (*Labrus bergylta*) larvae”, *Aquaculture Nutrition*, 23(1), pp. 3-17.
35. Olivotto I., Tokle N., Nozzi V., Cossignani L. & Carnevali O. (2010), “Preserved copepods as a new technology for the marine ornamental fish aquaculture: A feeding study”, *Aquaculture*, 308(3-4), pp. 124-131.
36. 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.
37. Rayner T.A., Jørgensen N.O., Blanda E., Wu C.-H., Huang C.-C., Mortensen J., Hwang J.-S. & 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.
38. 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(1-2), pp. 159-164.
39. Santhanam P. & 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 Geo-Marine Sciences*, 41(4), pp. 369-376.
40. Shin K., Jang M.-C., Jang P.-K., Ju S.-J., Lee T.-K. & 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.
41. Støttrup J.G. (2003), Production and nutritional value of copepods, in: *Live feeds in marine aquaculture*, Støttrup J. và McEvoy L.A., Editors. pp. 145-205.
42. 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(2-4), pp. 375-397.
43. Wang G., Xu J., Jia Q., Zeng C., Wu L. & 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.