

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ MẶN ĐẾN CÁC CHỈ SỐ SINH TRƯỞNG VÀ PHÁT TRIỂN CỦA LUÂN TRÙNG (*BRACHIONUS PLICATILIS*)

ASSESSING THE EFFECTS OF SALINITY VARIATIONS ON GROWTH AND DEVELOPMENTAL PARAMETERS OF THE ROTIFER (*BRACHIONOUS PLICATILIS*)

Phùng Khánh Chuyên*, Trịnh Đăng Mậu, Trần Nguyễn Quỳnh Anh

Trường Đại học Sư phạm – Đại học Đà Nẵng, Đà Nẵng, Việt Nam¹

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: pkchuyen@ued.udn.vn

(Nhận bài / Received: 08/02/2023; Sửa bài / Revised: 24/01/2024; Chấp nhận đăng / Accepted: 19/02/2024)

Tóm tắt - Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của các độ mặn khác nhau lên luân trùng *Brachionus plicatilis*. Các nghiệm thức khác nhau với các độ mặn trong khoảng từ 5-35ppt được thiết kế để đánh giá các chỉ tiêu sinh học, sinh sản và phát triển của loài. Kết quả nghiên cứu cho thấy độ mặn cao kéo dài thời gian sống của luân trùng, và đạt cao nhất ở độ mặn 35ppt (273,00±72,52 (h)). Tuy nhiên, độ mặn cao lại có tác động đáng kể đến sự sinh sản của chúng, như làm gia tăng thời gian thành dục, thời gian phôi, thời gian sinh sản, nhịp sinh sản, đồng thời làm giảm đi số con non được sinh ra. Sự suy giảm số lượng con non lớn nhất được quan sát tại độ mặn cao nhất, 35ppt, với giá trị trung bình là 1,67±0,58 (con), so với các giá trị quan sát được tại độ mặn 5ppt-30ppt, dao động từ 9,00±4,69 - 25,50±0,58 (con).

Từ khóa - Tác động; độ mặn; chỉ số sinh trưởng; phát triển; thời gian sống; thời gian thành dục; thời gian phôi; thời gian sinh sản; nhịp sinh sản; số con non; luân trùng; *Brachionus plicatilis*

1. Đặt vấn đề

Rotifer (Luân trùng) là một loài động vật không xương sống, đặc trưng bởi vòng đời khá ngắn bao gồm một giai đoạn bào xác trong điều kiện áp lực. Luân trùng là nhóm nổi trội, đóng vai trò quan trọng trong hệ sinh thái, nguồn thức ăn cho các bậc dinh dưỡng cao hơn trong thủy vực và là sinh vật chỉ thị của chất lượng nước đã được ghi nhận một cách rộng rãi [1]. Luân trùng còn tham gia vào vòng tuần hoàn các chất dinh dưỡng và từ đó ảnh hưởng đến cấu trúc thành phần loài của thực vật phù du trong thủy vực [2]. Nhờ vào những thuộc tính này, luân trùng trở nên rất thích hợp cho việc sử dụng để thử nghiệm về tác động của sự thay đổi các yếu tố môi trường và các tác nhân ô nhiễm lên sinh vật phù du trong phòng thí nghiệm [1]. Một trong những tác nhân đó là độ mặn của môi trường, và đối với các cửa sông được đặc trưng bởi sự dao động về độ mặn, đặc biệt là ở vùng khí hậu nhiệt đới và á nhiệt đới [3]. Trong số đó, các nghiên cứu sinh thái học về loài *Brachionus plicatilis* (*B. plicatilis*) đã cung cấp những kiến thức sâu sắc về động học quần thể và sinh thái học quần xã động vật phù du thủy vực [4]. Ngoài ra, *B. plicatilis* còn là nguồn thức ăn quan trọng trong nuôi trồng thủy hải sản [5]. Chính do sự quan tâm về cả giá trị sinh thái học và thương mại, *B. plicatilis* thường được sử dụng

Abstract - This study aims to evaluate the effects of different salinities on the rotifer *Brachionus plicatilis*. Biological, reproductive and developmental parameters of the species were assessed to understand the influence of salinity variations on *Brachionus plicatilis*, with treatments of salinity ranging from 5-35ppt. Results of the study showed that, high salinity prolonged the lifespan of the rotifer, and it reached the highest at the salinity of 35ppt (273.00±72.52 (hrs)). However, high salinity had a significant effect on their reproduction, such as increased the time of maturation, embryo time, reproductive time, reproductive interval, and at the same time reduced the number of accumulative young offspring. The greatest decrease in juvenile numbers was observed at the highest salinity, 35ppt, with a mean value of 1.67±0.58 (offspring), compared with values observed at salinity of 5ppt-30ppt, ranging from 9.00±4.69 - 25.50±0.58 (offspring).

Key words - Effect; salinity; reproductive and developmental parameters; lifespan; maturation; embryo time; reproductive time; reproductive interval; accumulative young offspring; rotifer; *Brachionus plicatilis*

để đánh giá ảnh hưởng của nhiều nhân tố môi trường, bao gồm độ mặn. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng các loài luân trùng phản ứng khác nhau đối với độ mặn. Bên cạnh đó, độ mặn còn đóng vai trò cơ bản trong bối cảnh biến đổi khí hậu và việc nghiên cứu về đa dạng sinh học của các loài động vật nhỏ sẽ giúp cung cấp những thông tin nền tảng cho các chương trình quan trắc sinh học dài hạn về các hệ sinh thái [1]. Vì vậy, bài báo này nghiên cứu đánh giá về sự phản hồi của loài *B. plicatilis* với các độ mặn khác nhau, trong khoảng từ 5-35ppt, thông qua sự đo đạc các chỉ số sinh học khác nhau như thời gian sống, thời gian thành dục, thời gian phát triển phôi, thời gian sinh sản, nhịp sinh sản, số trứng, số con non.

2. Đối tượng, phương pháp nghiên cứu và thiết kế thí nghiệm

2.1. Đối tượng nghiên cứu

B. plicatilis được phân lập từ Hồ Bàu Tràm, thành phố Đà Nẵng, được nuôi duy trì trong phòng thí nghiệm công nghệ tảo của Khoa Sinh - Môi trường - Trường Đại học Sư phạm - Đại học Đà Nẵng.

Luân trùng được nuôi trong điều kiện môi trường thích hợp: ánh sáng 120μmol photon m⁻² s⁻¹, nhiệt độ 25±1°C, được duy trì trong 50-100mL môi trường nước

¹ The University of Danang - University of Science and Education, Danang, Vietnam (Phung Khanh Chuyen, Trinh Dang Mau, Tran Nguyen Quynh Anh)

mặn với độ mặn 15ppt, pH duy trì trong khoảng 7,0-7,5. Luân trùng được cho ăn bằng tảo *Chlorella vulgaris* với mật độ $>1 \times 10^6$ tế bào/mL mỗi 24h.

2.2. Thiết kế thí nghiệm ảnh hưởng của độ mặn đến *Brachionus plicatilis*

Nghiên cứu được thực hiện với các nghiệm thức khác nhau, tương ứng với 5 độ mặn: 5ppt, 15ppt, 20ppt, 25ppt, 30ppt và 35ppt. Với mỗi độ mặn, số cá thể luân trùng sử dụng cho thí nghiệm là 10 (cá thể), độ lặp là 4 lần.

10 cá thể luân trùng non ở độ tuổi dưới 6h được chuyển vào đĩa nuôi cấy gồm 12 giếng, mỗi giếng chứa 4mL môi trường với các nồng độ muối thí nghiệm như đã nêu trên. Các thông số được đánh giá trong các thí nghiệm bao gồm: Thời gian sống, thời gian thành dục, thời gian phát triển phôi, thời gian sinh sản, nhịp sinh sản, số trứng, số con non.

Các thông số này của luân trùng được xác định bằng cách quan sát dưới kính hiển vi soi nổi (Leica S9i, Germany).

- Thời gian sống: là thời gian từ lúc luân trùng được nở ra cho đến lúc chết, tính bằng giờ (h).
- Thời gian phát triển phôi (h) được tính từ lúc trứng mới được đẻ ra cho đến khi nở.
- Thời gian thành dục (h) là thời gian từ lúc nở cho đến khi thành thực lần đầu. Thời gian thành thực lần đầu được xác định là thời điểm con cái mang trứng lần đầu tiên.
- Nhịp sinh sản: là thời gian giữa 2 lần đẻ trứng (h). Quan sát và ghi nhận thời gian giữa 2 lần đẻ trứng, theo dõi liên tục trong 3 chu kỳ đẻ trứng và tính nhịp sinh sản của luân trùng.
- Số con non: tổng số con non được sinh ra trong thời gian sống của luân trùng (con).

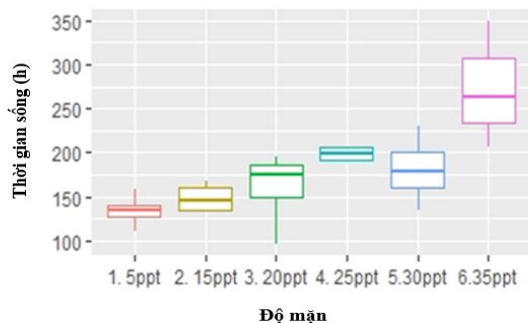
2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu được thu thập và được xử lý bằng phần mềm R (R-studio, R Core Team, 2022). So sánh thống kê được thực hiện qua phân tích ANOVA và sự khác biệt giữa các giá trị trung bình được so sánh bằng cách sử dụng phân tích hậu định Tukey's với độ tin cậy $\alpha=0,05$. Số liệu được biểu diễn bằng giá trị trung bình \pm sai số chuẩn ($M \pm SE$).

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Ảnh hưởng của độ mặn đến thời gian sống của *B. plicatilis*

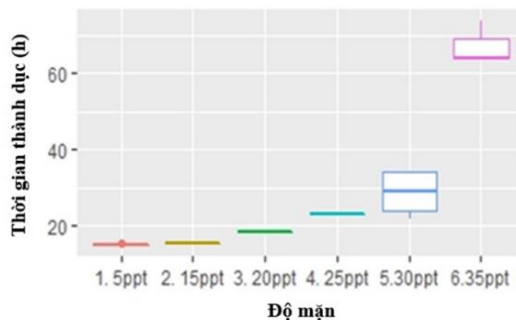
Kết quả nghiên cứu về thời gian sống của luân trùng (*B. plicatilis*) tại các độ mặn khác nhau từ 5-35ppt được biểu diễn ở Hình 1 dưới đây:



Hình 1. Thời gian sống của luân trùng *B. plicatilis* ở những độ mặn khác nhau

Thời gian sống của luân trùng *B. plicatilis* nói chung có xu hướng tăng tỉ lệ thuận với độ mặn, ngoại trừ tại 25ppt thời gian sống cao hơn ($180,75 \pm 40,33$ (h)) so với tại 30ppt ($198,50 \pm 8,66$ (h)). Thời gian sống thấp nhất quan sát được tại độ mặn 5ppt ($134,00 \pm 19,60$ (h)) và cao nhất tại 35ppt ($273,00 \pm 72,52$ (h)).

3.2. Ảnh hưởng của độ mặn đến thời gian thành dục của *B. plicatilis*

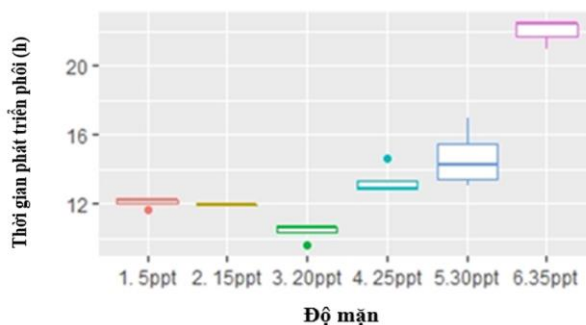


Hình 2. Thời gian thành dục của luân trùng *B. plicatilis* ở những độ mặn khác nhau

Kết quả nghiên cứu thể hiện ở Hình 2 cho thấy, trong khoảng độ mặn nghiên cứu từ 5-35ppt, độ mặn càng cao thì thời gian thành dục của luân trùng *B. plicatilis* càng dài. Tuy nhiên, thời gian thành dục tại độ mặn 5ppt và 15ppt không có sự khác biệt nhau về mặt thống kê, cũng như tại 20ppt không có sự khác biệt về thống kê so với tại 5, 15, 25ppt; ngược lại thì có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về thời gian thành dục tại 30 và 35ppt so với tại 20ppt. Thời gian thành dục tại độ mặn cao nhất 35ppt là dài nhất với trị số 67 ± 6 (h), với sự khác biệt so với tất cả các độ mặn nghiên cứu còn lại từ 5-30ppt (giá trị dao động từ 15-28 (h)).

3.3. Ảnh hưởng của độ mặn đến thời gian phát triển phôi của *B. plicatilis*

Kết quả nghiên cứu về sự thay đổi độ mặn đến thời gian phát triển phôi của luân trùng được biểu diễn ở Hình 3 sau đây:

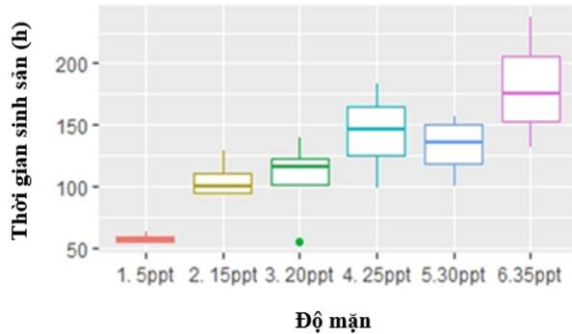


Hình 3. Thời gian phát triển phôi của luân trùng *B. plicatilis* ở những độ mặn khác nhau

Tại độ mặn thấp từ 5-20ppt, thời gian phát triển phôi không khác nhau (từ $10,33 \pm 0,50$ - $12,04 \pm 0,25$ (h)). Tại độ mặn 25ppt, thời gian phôi có trị số trung bình là $13,29 \pm 0,92$ (h), dài hơn so với tại 20ppt (trị số trung bình là $10,33 \pm 0,50$ (h)) và ngắn hơn so với tại độ mặn 35ppt (trị số trung bình là $22,00 \pm 0,87$ (h)). Giá trị thời gian phôi tại độ mặn 35ppt dài hơn so với tất cả các giá trị tại các độ mặn thấp hơn từ 5ppt-30ppt.

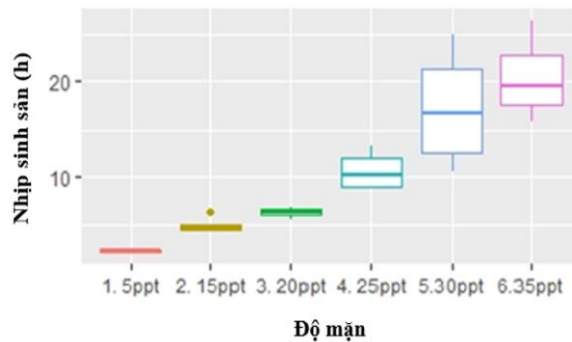
3.4. Ảnh hưởng của độ mặn đến thời gian sinh sản của *B. plicatilis*

Độ mặn cao kéo dài thời gian sinh sản (reproductive period) của loài luân trùng *B. plicatilis*. Cụ thể ở độ mặn 15 và 20ppt, tuy thời gian sinh sản tại 2 độ mặn này không có sự khác biệt với nhau nhưng lại cao gấp gần 2 lần so với tại độ mặn 5ppt (Hình 4). Tương tự, cũng không quan sát thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa 25ppt và 30ppt, nhưng tại 2 độ mặn này thì thời gian sinh sản cao hơn so với tại các độ mặn thấp hơn trong nghiên cứu và thấp hơn so với tại độ mặn 35ppt.



Hình 4. Thời gian sinh sản của luân trùng *B. plicatilis* ở các độ mặn khác nhau

3.5. Ảnh hưởng của độ mặn đến nhịp sinh sản của *B. plicatilis*



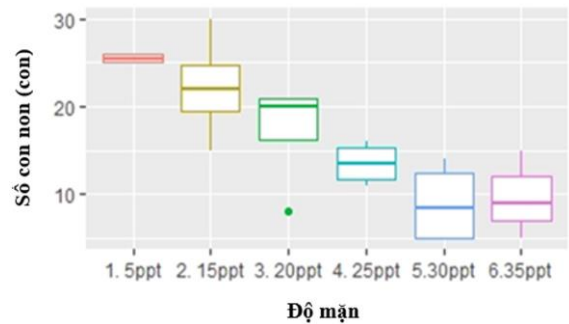
Hình 5. Nhịp sinh sản của luân trùng *B. plicatilis* ở các độ mặn khác nhau

Từ kết quả thí nghiệm có thể nhận thấy, độ mặn càng cao thì nhịp sinh sản càng lớn (Hình 5). Tuy nhiên, ở 3 độ mặn 5, 15 và 20ppt, sự khác biệt về nhịp sinh sản không có giá trị thống kê. Giá trị tại 3 độ mặn này tuy không khác biệt với nhịp sinh sản tại 25ppt nhưng thấp hơn so với giá trị tại độ mặn 30ppt và 35ppt.

3.6. Ảnh hưởng của độ mặn đến số lượng con sinh ra của *B. plicatilis*

Kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của các độ mặn khác nhau lên số lượng con non sinh ra trong suốt thời gian sống của *B. plicatilis* được biểu diễn ở Hình 6.

Số lượng con non giảm dần khi tăng dần nồng độ muối từ 5-35ppt (Hình 6). Giữa các nồng độ muối khác nhau từ 5ppt-20ppt (17-26 (con)) hay từ 20-35ppt (9-14 (con)) không có dao động lớn về số con sinh ra. Số con non tại 5ppt và 15ppt có sự khác biệt so với tại độ mặn khảo sát cao nhất 35ppt, ngược lại, số con tại nồng độ 20 và 25ppt không có sự khác biệt có ý nghĩa so với tại độ mặn 35ppt.



Hình 6. Số lượng con non của luân trùng *B. plicatilis* ở các độ mặn khác nhau

4. Bàn luận

Brachionus plicatilis (*B. plicatilis*) là loài luân trùng thuộc nhóm rộng muối (eurhaline), sống và sinh sản trong môi trường có nồng độ muối rộng, từ 1 đến 97ppt [5, 6]. Các yếu tố môi trường được đánh giá là có nhiều ảnh hưởng đến sự phân bố và cạnh tranh lẫn nhau của luân trùng *B. plicatilis* [7]. Trong đó, độ mặn là yếu tố quan trọng trong đa dạng và cạnh tranh giữa các loài luân trùng [8, 9, 10], từ đó có tính quyết định đến sự phân bố của luân trùng trong các hệ sinh thái tự nhiên [11]. Độ mặn cũng là một yếu tố sinh thái có ảnh hưởng lớn trong nuôi trồng thủy sản [12]. Do đó, việc nghiên cứu tác động của độ mặn đến loài luân trùng *B. plicatilis* rất có ý nghĩa ở cả khía cạnh sinh thái học và kinh tế [9].

Kết quả nghiên cứu cho thấy, tăng độ mặn làm tăng thời gian sống, kéo dài thời gian thành dục, thời gian phát triển phôi, thời gian sinh sản, nhịp sinh sản và làm giảm số lượng con non được sinh ra. Đặc biệt, tại nồng độ muối nghiên cứu cao nhất (35ppt), số lượng con non được sinh ra chỉ đạt $1,67 \pm 0,58$ (con), so với trị số trung bình tại 5ppt là $25,50 \pm 0,58$ (con). Kết quả này tương đồng với kết quả của nhiều nghiên cứu khác trên đối tượng luân trùng, như nghiên cứu [13, 14]. Nghiên cứu [14] đã đánh giá ảnh hưởng của độ mặn lên các thông số sinh học khác nhau (về khía cạnh sinh lý và phân tử) của quần thể luân trùng *B. plicatilis*. Kết quả nghiên cứu cho thấy, độ mặn tăng trên 15ppt, như ở 25ppt và 35ppt, đã làm giảm tốc độ tăng trưởng của quần thể luân trùng. Nghiên cứu này cũng cho thấy, sự thay đổi hàm lượng ROS (Reactive oxygen species) và hoạt động của các enzym chống oxy hóa, các gen liên quan đến chống oxy hóa cũng thay đổi khi độ mặn tăng cao. Điều này có thể giải thích cho cơ chế của sự giảm tốc độ tăng trưởng của *B. plicatilis* khi độ mặn tăng trên 15ppt.

Về ảnh hưởng đến nhịp sinh sản, đạt cao nhất tại 30-35ppt với *B. plicatilis* trong nghiên cứu này, trong khi ở loài *B. koreanus* đạt cao nhất tại 14ppt [13]. Sự khác biệt về kết quả này có thể giải thích do các loài luân trùng khác nhau có phản ứng khác nhau với các độ mặn nghiên cứu. Điều này phù hợp với nhận định của Miracle và Serra [15] rằng, tác động của độ mặn đến các thông số đời sống của luân trùng phụ thuộc vào loài và kiểu gen. Ngược lại, đối với thời gian sống của *B. plicatilis*, kết quả nghiên cứu cho thấy ở loài này đạt cao nhất tại 35ppt, tương đồng với thời gian sống của *B. koreanus* tại độ mặn này trong nghiên cứu [13].

Đối với loài luân trùng *B. plicatilis*, có bằng chứng xác đáng cho thấy, luân trùng thích nghi cao có thể điều chỉnh nồng độ muối của các chất lỏng của động vật khoang giả (như luân trùng) nhờ vào các tế bào ngọn lửa (tế bào bài tiết chuyên biệt của động vật không xương sống đơn giản nhất) và các túi co bóp [15]. Tất cả các tế bào trong cơ thể loài này đều có thể chịu đựng được hoặc kiểm soát được độ thẩm thấu thay vì có một bộ phận cơ quan chuyên biệt kiểm soát dòng chất lỏng bên trong cơ thể. Điều này có thể giải thích về kết quả thời gian sống của *B. plicatilis* kéo dài khi độ mặn tăng.

Thời gian thành dục và thời gian phát triển phôi của luân trùng *B. plicatilis* trong nghiên cứu này có xu hướng bị kéo dài khi tăng độ mặn từ 5-35ppt. Nghiên cứu của Sarma và cộng sự [16] cũng đưa ra nhận định độ mặn có ảnh hưởng đến khả năng thành dục của luân trùng. Khi độ mặn tăng, năng lượng dành cho việc điều hòa áp suất thẩm thấu của luân trùng cũng tăng lên, dẫn đến giảm năng lượng dành cho quá trình thành thực và phát triển phôi, kết quả là kéo dài thời gian thành dục [16, 17].

Trong các nghiên cứu trước đây cho thấy, độ mặn có ảnh hưởng đến thời gian sống, sinh sản và tỉ lệ tăng trưởng quần thể luân trùng [18, 19], với độ mặn 5ppt là độ mặn tối thiểu để loài sống sót và sinh trưởng. Như vậy, kết quả nghiên cứu này cũng thống nhất với nhận định từ các nghiên cứu trước, thể hiện ở việc *B. plicatilis* sinh trưởng và phát triển tại độ mặn trên 5ppt. Luân trùng không thể sinh trưởng được ở dưới 5ppt được giải thích có thể do sự không thích nghi về mặt sinh lý học, cũng như giảm sút số lượng quần thể do thiếu quá trình sinh sản hữu tính [19].

Kết quả nghiên cứu về sức sinh sản của luân trùng thống nhất với kết quả nghiên cứu khác như [12]: số con non sinh ra đạt cao nhất ở 5ppt, và giảm ở nồng độ muối cao (25 và 35ppt) so với độ mặn 15ppt.

Kết quả nghiên cứu [20] cho thấy, bên cạnh nhiệt độ và loài tảo làm thức ăn thì độ mặn là yếu tố có ảnh hưởng lớn đến tỉ lệ tăng trưởng quần thể của *B. plicatilis*. Ở độ mặn thấp đến trung bình (5-20ppt), tỉ lệ tăng trưởng quần thể cao hơn so với ở độ mặn cao (20-40ppt). Kế thừa kết quả từ các nghiên cứu trước đây, bằng cách kiểm soát các yếu tố như thời gian phát triển phôi, mức sinh sản, mức độ sống sót và thời gian sinh sản, từ đó sẽ ảnh hưởng đến tỉ lệ tăng trưởng của quần thể [20]. Như [9] đã xác định rằng, ở nồng độ muối cao (20-60ppt), luân trùng sẽ điều chỉnh sự thẩm thấu qua màng và từ đó làm giảm tỉ lệ tăng trưởng và số lượng trứng sinh ra, dẫn đến giảm sự sinh sản ở luân trùng.

Như vậy, nghiên cứu này đã chứng minh được luân trùng *B. plicatilis* phản ứng với sự thay đổi độ mặn thông qua sự thay đổi về thời gian sống và khả năng sinh sản. Ngoài các thông số đánh giá như trong nghiên cứu này, một số các thông số khác cũng được sử dụng để đánh giá tác động của thay đổi độ mặn lên *B. plicatilis*. Kim và cộng sự [21] nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố bên ngoài, trong đó có độ mặn, đến sự di chuyển của con cái loài luân trùng *B. plicatilis*. Kết quả cho thấy độ mặn tăng làm giảm khả năng di chuyển của chúng và điều này được đánh giá như một cách luân trùng *B. plicatilis* phản

ứng với áp lực đến từ các yếu tố môi trường, bao gồm cả độ mặn. Trong nghiên cứu [22], độ mặn ảnh hưởng đến thành phần loài và mật độ của luân trùng, cụ thể là khi độ mặn tăng thì số lượng loài luân trùng trong thủy vực giảm nhưng mật độ loài cao. Những nghiên cứu này gợi ý cho những nghiên cứu tiếp theo về phản ứng của loài luân trùng *B. plicatilis* đối với sự thay đổi về độ mặn ở những khía cạnh khác nhau, nhằm cung cấp dữ liệu khoa học mang tính toàn vẹn hơn.

Có thể thấy, độ mặn thích hợp cho khả năng sinh sản của luân trùng *B. plicatilis* trong nghiên cứu này nằm trong khoảng 5-20ppt, độ mặn tăng cao trên 20ppt sẽ ảnh hưởng tiêu cực đến sự sinh sản, đặc biệt là ở độ mặn cao nhất trong nghiên cứu là 35ppt. Các kết quả nghiên cứu này cung cấp thêm dữ liệu về phản ứng sinh học của loài luân trùng với sự thay đổi các yếu tố môi trường [16, 23], cụ thể trong nghiên cứu này là độ mặn. Điều này rất có ý nghĩa trong thực tiễn, đặc biệt là trong bối cảnh biến đổi khí hậu, mà sự thay đổi về độ mặn là một trong những đặc trưng quan trọng.

5. Kết luận

Sự thay đổi về độ mặn có ảnh hưởng đến các thông số sinh học và phát triển, sinh sản của luân trùng *Brachionous plicatilis*. Độ mặn gia tăng kéo dài thời gian sống nhưng cũng làm cho thời gian thành dục, thời gian sinh sản, thời gian phát triển của phôi và nhịp sinh sản của luân trùng gia tăng. Đồng thời khả năng sinh sản của loài luân trùng này bị ức chế khi tăng độ mặn, nhất là tại 20-35ppt, được biểu thị bởi sự suy giảm mạnh về số lượng con non được sinh ra, so với tại 15ppt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] B. Anderson and B. Phillips, "Saltwater toxicity tests", in *Marine Ecotoxicology*, Academic Press, Amsterdam: Elsevier Inc., 1996.
- [2] T. W. Snell and C. R. Janssen, "*Microscale Testing in Aquatic Toxicology - Advance, Techniques, and Practice*", CRC Press. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2018.
- [3] H. Chanson and M. Trevelyan, "Turbulence in small sub-tropical estuary with semi-diurnal tides", in *Proceeding of 2nd International conference on estuaries and coasts (ICEC)*, Guangzhou, Guangdong Province, China: Pearl River (Renmin Zhujiang), 2007, pp. 140-151.
- [4] A. Gómez, M. Serra, G. R. Carvalho, and D. H. Lunt, "Speciation in ancient cryptic species complexes: evidence from the molecular phylogeny of *Brachionus plicatilis* (Rotifera)", *Evolution*, vol. 56, no. 7, pp. 1431-1444, 2002.
- [5] E. Lubzens, O. Zmora, and Y. Barr, "Biotechnology and aquaculture of rotifers", in *Rotifera IX: Proceedings of the IXth International Rotifer Symposium*, Khon Kaen, Thailand, 2001, pp. 337-353.
- [6] S. Wullur, Y. Sakakura, and A. Hagiwara, "The marine monogonont rotifer *Proales similis* de Beauchamp: culture and feeding to small mouth marine fish larvae", *Aquaculture*, vol. 293, no. 1-2, pp. 62-67, 2009.
- [7] R. Ortells, A. Gómez, and M. Serra, "Coexistence of cryptic rotifer species: ecological and genetic characterisation of *Brachionus plicatilis*", *Freshwater biology*, vol. 48, no. 12, pp. 2194-2202, 2003.
- [8] F. Leasi and W.H. De Smet, "Thalassic rotifers from the United States: Descriptions of two new species and notes on the effect of salinity and ecosystem on biodiversity", *Diversity*, vol. 12, no. 1, pp. 28, 2020.
- [9] C. D. Lowe, S. J. Kemp, A. D. Bates, and D. J. S. Montagnes, "Evidence that the rotifer *Brachionus plicatilis* is not an osmoconformer", *Marine Biology*, vol. 146, no. 5, pp. 923-929, 2005.

- [10] E. Paturej and A. Gutkowska, "The effect of salinity levels on the structure of zooplankton communities", *Archives of Biological Sciences*, vol. 67, no. 2, pp. 483-492, 2015.
- [11] P. S. Joshi, "Influence of salinity on population growth of a rotifer, *Brachionus plicatilis* (Mullen)", *J. Indian Fish. Assoc.* vol. 18, pp. 75-81, 1988.
- [12] M. C. Lee *et al.*, "Effects of salinity and temperature on reproductivity and fatty acid synthesis in the marine rotifer *Brachionus rotundiformis*", *Aquaculture*, vol. 546, pp. 737282, 2022.
- [13] M. C. Lee *et al.*, "Interrelationship of salinity shift with oxidative stress and lipid metabolism in the monogonont rotifer *Brachionus koreanus*", *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular & Integrative Physiology*, vol. 214, pp. 79-84, 2017.
- [14] J. Han and K. W. Lee, "Influence of salinity on population growth, oxidative stress and antioxidant defense system in the marine monogonont rotifer *Brachionus plicatilis*", *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, vol. 250, pp. 110487, 2020.
- [15] M. R. Miracle and M. Serra, "Salinity and temperature influence in rotifer life history characteristics", in *Rotifer Symposium V: Proceedings of the Fifth Rotifer Symposium*, Gargnano, Italy: Springer Netherlands, 1989, pp. 81-102.
- [16] S. S. S. Sarma, R. D. Gulati, and S. Nandini, "Factors affecting egg-ratio in planktonic rotifers", in *Rotifera X: Rotifer Research: Trends, New Tools and Recent Advances, Proceedings of the Xth International Rotifer Symposium*. Illmitz, Austria: Springer, 2005, pp. 361-373.
- [17] T. S. Ngoc, V. N. Ut, and P. T. T. Ngan, "Effects of salinity on biological characteristics and population growth of freshwater rotifer *Brachionus angularis*", *CTU Journal of Science*, vol. 38, no. 1, pp. 95-100, 2015.
- [18] C. Tomas, H.S. Bum, and K. H. Jun, "Lifespan and fecundity of three types of rotifer, *Brachionus plicatilis* by an individual culture", *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 26, no. 6, pp. 511-518, 1993.
- [19] R. M. Viayeh, H. Mohammadi, and A. B. Shafiei, "Population growth of six Iranian *Brachionus rotifer* strains in response to salinity and food type", *International Review of Hydrobiology*, vol. 95, no. 6, pp. 461-470, 2010.
- [20] X. W. Yin and W. Zhao, "Studies on life history characteristics of *Brachionus plicatilis* of Müller (Rotifera) in relation to temperature, salinity and food algae", *Aquatic Ecology*, vol. 42, no. 1, pp. 165-176, 2008.
- [21] H. J. Kim, M. Ohtani, A. Kakumu, Y. Sakakura, and A. Hagiwara, "External factors that regulate movement in the marine rotifer *Brachionus plicatilis*", *Fisheries science*, vol. 86, no. 4, pp. 655-663, 2020.
- [22] H. P. Vinh, N. T. K. Lien, N. T. Sinh, N. T. Phuong, and V. N. Ut, "Influence of water quality on distribution of Rotifera in My Thanh river, Soc Trang", *Journal of Fisheries Science and Technology, Nha Trang University*, vol. 4, pp. 156-163, 2019.
- [23] L. Edward, P. Laxmilatha, K. Sreeramulu, L. Ranjith, and S. Megarajan, "Influence of certain environmental parameters on mass production of rotifers: A review", *Journal of the Marine Biological Association of India*, vol. 62, no. 1, pp. 49-53, 2020.