

**EFFECTS OF POTASSIUM DICHROMATE ON THE SURVIVAL
AND REPRODUCTION OF *Moina micrura* Kurz. 1875
(Cladocera: Moinidae)**

**Trinh Dang Mau^{*}, Le Vu Khanh Trang, Nguyen Nhung Thuy Trinh,
Tran Ngoc Son, Vo Van Minh**

Faculty of Biology and Environment Science, The University of Education,
Danang University, Danang, Vietnam

Received 19 May 2018, accepted 10 March 2019

ABSTRACT

Nowadays, heavy metal pollution is an urgent problem in the world including Vietnam. An analytical approach is very important to identify, assess and forecast environmental risks from toxic components, in which ecotoxicology is considered to be the optimal tool. We conducted a study on *M. micrura* in order to contribute the creation of a biological basis for the use of zooplankton as an early warning of the risk of water pollution. The results showed that *M. micrura* was isolated from 29/3 Park Lake, Da Nang City, central Vietnam. The acute toxicity test of potassium dichromate on *M. micrura* showed LC 50 at 12, 24 and 48 hours were 0.26, 0.15 and 0.08 mg.l⁻¹ K₂Cr₂O₇, respectively. EC 50 was 0.015 mg.l⁻¹ K₂Cr₂O₇ for egg parameter and 0.009 mg.l⁻¹ K₂Cr₂O₇ for neonate parameter. The results of acute and chronic toxicity tests showed that *M. micrura* was more sensitive than *D. magna*, *D. pulex* and *C. cornuta*.

Keywords: *Moina micrura*, Cladoceran, heavy metals, ecological toxicology.

Citation: Trinh Dang Mau, Le Vu Khanh Trang, Nguyen Nhung Thuy Trinh, Tran Ngoc Son, Vo Van Minh, 2019. Effects of potassium dichromate on the survival and reproduction of *Moina micrura* Kurz. 1875 (Cladocera: Moinidae), 41(1): 101–107. <https://doi.org/10.15625/0866-7160/v41n1.12568>.

^{*}*Corresponding author email:* trinh dang mau@gmail.com

©2019 Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA POTASSIUM DICHROMATE ĐẾN *Moina micrura* Kurz. 1875 (Cladocera: Moinidae)

Trịnh Đăng Mậu*, Lê Vũ Khánh Trang, Nguyễn Nhung Thủy Trinh,
Trần Ngọc Sơn, Võ Văn Minh

Khoa Sinh - Môi trường, Trường Đại học Sư phạm, Đại học Đà Nẵng

Ngày nhận bài 19-5-2018, ngày chấp nhận 10-3-2019

TÓM TẮT

Hiện nay, ô nhiễm kim loại nặng đang là vấn đề rất có tính chất toàn cầu. Cần có phương pháp phân tích để xác định, đánh giá và dự báo các rủi ro môi trường từ các thành phần chất độc, trong đó phương pháp độc học sinh thái được xem là công cụ tối ưu. Chúng tôi đã thực hiện nghiên cứu độc học trên *M. micrura* nhằm góp phần tạo cơ sở sinh học trong việc sử dụng động vật phù du làm sinh vật cảnh báo sớm nguy cơ ô nhiễm nguồn nước. Kết quả đã phân lập được loài *M. micrura* từ hồ Công viên 29/3, thành phố Đà Nẵng. Thử nghiệm độc học cấp tính của potassium dichromate đến loài *M. micrura* cho thấy LC_{50} tại 3 mốc thời gian 12 giờ, 24 giờ và 48 giờ lần lượt là 0,26 mg/l, 0,15 mg/l và 0,08 mg/l. Đối với thí nghiệm độc mãn tính, kết quả EC_{50} của $K_2Cr_2O_7$ ảnh hưởng lên số lượng trứng của một con mẹ là 0,015 mg/L và số lượng con sống là 0,009 mg/l.

Từ khoá: *Moina micrura*, kim loại nặng, độc học sinh thái.

*Địa chỉ liên hệ email: hthue@igr.ac.vn

MỞ ĐẦU

Cùng với sự phát triển nhanh các khu công nghiệp là sự gia tăng khối lượng các chất ô nhiễm, trong đó kim loại nặng được xem là một trong những mối đe dọa đối với hệ sinh thái và đặc biệt là sức khỏe con người (Kühn, 1989). Hệ thống xử lý nước thải tại nhiều nhà máy, xí nghiệp sản xuất ở Việt Nam vẫn chưa được đầu tư đúng mức, do đó, nước thải chưa đạt tiêu chuẩn xả thải theo yêu cầu, nghiêm trọng nhất là nước thải chứa kim loại nặng. Một trong các kim loại nặng có mức độ nguy hiểm cao đối với sức khỏe con người là hợp chất của chromium. Đây là hợp chất mà Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ đã xác định là một trong những nguyên nhân gây ung thư ở người (Jacobs et al., 2005).

Giám sát nồng độ hóa chất là phương pháp phổ biến được áp dụng rộng rãi để giám sát các chất hóa học trong môi trường. Tuy

nhiên nó lại tồn tại một số hạn chế như: không thể phát hiện sự những biến cố thất thường trong môi trường; khoảng thời gian giữa các lần thu mẫu khá dài và không thu được kết quả phân tích tức thời nên nếu có biến cố xảy ra sẽ không thể đưa ra các biện pháp ngăn chặn kịp thời. Để nâng cao hiệu quả chương trình giám sát, việc kết hợp với các loài sinh vật được áp dụng để hỗ trợ cho các phương pháp phân tích lí-hóa. Với mục tiêu này, những nghiên cứu về độc học đã được thực hiện trên nhiều loài sinh vật khác nhau.

Trong số nhiều sinh vật có thể sử dụng để thử nghiệm độc tính môi trường nước, giáp xác râu ngành (Cladocera) được xem là nhóm sinh vật tiềm năng làm chỉ thị cho đánh giá chất lượng nước. Cladocera được sử dụng để phát hiện những thay đổi bất lợi trong môi trường nước thông qua các phản ứng của chúng về hành vi, sinh trưởng, sinh sản và khả

năng sống sót. Đầu thế kỉ XX, Ernest Warren đã nhận định giống *Daphnia*, đặc biệt là loài *D. magna* Straus là một loài điển hình cho nghiên cứu tính độc của sodium chloride, đặt nền móng cho độc học sinh thái (Warren, 1990). Nhiều nghiên cứu sau đó đã tiến hành thử nghiệm ảnh hưởng của các loại độc chất khác nhau lên các loài thuộc giống *Daphnia*, góp phần tạo cơ sở dữ liệu về ảnh hưởng của độc chất lên loài động vật giáp xác này. Một số kim loại nặng đã được sử dụng để thử nghiệm đánh giá tính độc lên loài này như kẽm, đồng, cadimi, chì (Bodar et al., 1989). Ngoài *D. magna* được sử dụng rộng rãi trong đánh giá độc học, một số loài khác thuộc bộ này cũng đã được thử nghiệm như *Ceriodaphnia dubia*, *Pseudosida ramosa*, *C. cornuta*, *M. micrura*.

Moina micrura, một loài phù du, có phân bố rộng ở nhiều thủy vực nước ngọt nội địa khác nhau. Loài này đã được ghi nhận phân bố rộng trên thế giới, ngoại trừ vùng lạnh (Goulden, 1968). *M. micrura* là một trong những loài đại diện của nhóm giáp xác Cladocera nhỏ sống ở các hồ nông, hồ ôn đới, ao cá nước lợ nhiệt đới (Petrušek et al., 2004). Chúng còn được xem là một trong những sinh vật làm thức ăn tốt cho cá và tôm trong giai đoạn ấu trùng. Trong nghiên cứu của Iwai et al. (2010), đã chứng minh *M. micrura* có thể sử dụng như sinh vật chỉ thị quan trắc sinh học để đánh giá sự ô nhiễm thuốc trừ sâu trong hệ sinh thái thủy vực Thái Lan.

Ở Việt Nam, nghiên cứu độc học trên các loài Cladocera còn tương đối hạn chế, chưa có sự đa dạng về loài cũng như số lượng độc chất, *D. magna* là loài được nghiên cứu nhiều nhất (Lê Huy Tuấn và nnk., 2016; Nguyễn Trung Kiên và nnk., 2017; Vo và nnk., 2016; Đào Thanh Sơn và nnk., 2016). Do đó, thực hiện nghiên cứu độc học trên *M. micrura* góp phần tạo cơ sở sinh học trong việc sử dụng động vật phù du làm sinh vật cảnh báo sớm nguy cơ ô nhiễm nguồn nước ở Việt Nam dựa vào phân tích các mức độ sống sót và sinh sản của sinh vật để đánh giá độ độc của hóa chất. Bên cạnh đó, phân lập *M. micrura* có ý nghĩa kinh tế khi chúng là một trong những loài được sử dụng làm thức ăn cho cá.

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phân lập và nuôi cấy *Moina micrura*

Mẫu động vật phù du được thu từ hồ Công viên 29/3 thành phố Đà Nẵng. *Moina micrura* được định danh theo khóa định loại của Goulden (1968) và Dodson et al. (2010).

M. micrura được phân lập bằng môi trường nước mềm được đề nghị bởi Hội thử nghiệm và vật liệu Hoa Kỳ (môi trường ASTM). Mẫu phân lập tiến hành trong điều kiện chu kì sáng: tối là 12:12 giờ và thức ăn được bổ sung hàng ngày với vi tảo lục *Chlorella vulgaris* (10^5 tế bào/l) tươi, được cung cấp từ phòng thí nghiệm công nghệ sinh học tảo, Khoa Sinh-Môi trường, trường Đại học Sư phạm, Đại học Đà Nẵng. Trong quá trình thử nghiệm, môi trường nuôi được thay mới 3 lần/tuần. Con non *M. micrura* dưới 24 giờ tuổi được sử dụng cho tất cả các thí nghiệm trong nghiên cứu. Môi trường nước mềm sử dụng trong phân lập được sử dụng làm môi trường nền trong các thí nghiệm độc học cấp tính và độc học mãn tính.

Thí nghiệm thử độc cấp tính

Mười nồng độ $K_2Cr_2O_7$ 0,00 (mẫu đối chứng); 0,05; 0,08; 0,1; 0,125; 0,2; 0,25; 0,375; 0,5 và 0,8 mg/l được đưa vào thử nghiệm với 4 lần lặp lại cho mỗi nồng độ, mỗi lần lặp thử nghiệm với 4 cá thể *M. micrura*. Sinh vật được nuôi thử nghiệm trong môi trường có thể tích 20ml, không cho ăn và nuôi hoàn toàn trong tối suốt quá trình thí nghiệm. *M. micrura* được duy trì trong khoảng thời gian 48 giờ. Các giá trị nhiệt độ và pH được kiểm tra hàng ngày bằng máy đo pH (Mettler Toledo). Số lượng cá thể chết được xác định ở 3 mốc thời gian sau 12, 24 và 28 giờ để xác định được LC_{50} theo mốc thời gian.

Thí nghiệm thử độc mãn tính

Sinh vật được phơi nhiễm ở 5 nồng độ 0,002; 0,005; 0,01; 0,0125; 0,02; 0,05 và 0,00 (mẫu đối chứng). Mỗi nồng độ được lặp lại 4 lần, mỗi lần lặp thử nghiệm với một cá thể *M. micrura*. Thí nghiệm được thực hiện trong môi trường nuôi cấy tĩnh với thể tích 20 ml. Môi trường thử nghiệm được làm mới 2 ngày

một lần chuyển cá thể nuôi sang bình nuôi mới đã được pha sẵn môi trường thử nghiệm cùng nồng độ phơi nhiễm tương ứng. Sinh vật được cho ăn hàng ngày bằng tảo *Chlorella vulgaris* với mật độ 10^7 tế bào/l. Thí nghiệm được thực hiện trong 10 ngày (240 giờ). Nhiệt độ và pH được kiểm tra hằng ngày bằng máy Mettler Toledo. Các tham số được theo dõi trong quá trình thử nghiệm để xác định giá trị EC_{50} gồm: 1) Số lượng con mẹ còn sống cuối thí nghiệm; 2) Tổng số trứng của một con mẹ; 3) Tổng số con sống cuối thí nghiệm được sinh ra từ một con mẹ. Các thí nghiệm được kiểm tra hằng ngày để xác định số con được sinh ra, tách ra khỏi con mẹ và nuôi riêng trong cốc khác đến khi kết thúc thí nghiệm.

Phương pháp phân tích số liệu

Số liệu được so sánh các giá trị trung bình bằng phân tích phương sai (ANOVA) và kiểm tra Tukey's với $\alpha = 0,05$ và phân tích tương quan hồi quy trên phần mềm R (R

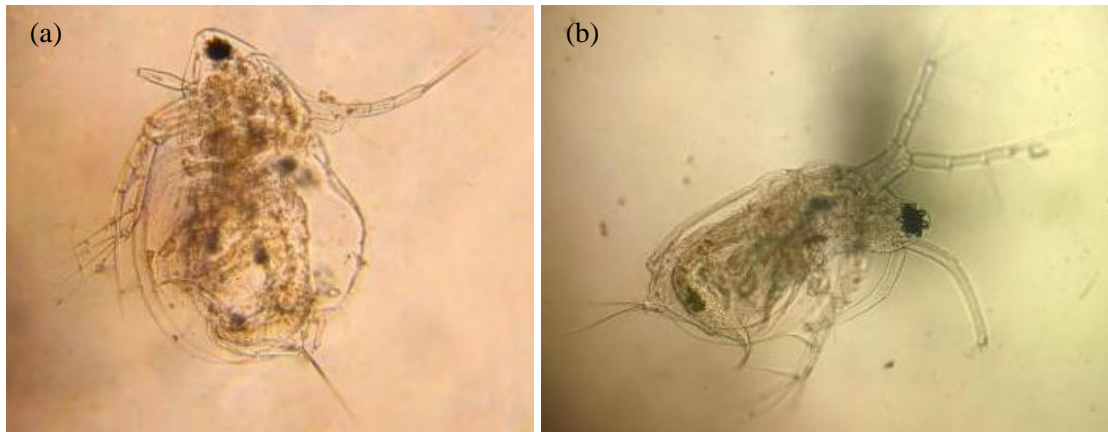
Development Core Team, 2013). Dữ liệu từ thử nghiệm độc cấp tính và mãn tính được phân tích bằng phương pháp Probit để tính giá trị LC_{50} và EC_{50} (Gaddum, 1948).

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mẫu phù du được thu và phân lập thành công từ hồ Công viên 29/3 được chúng tôi xác định là loài *Moina micrura*, theo những đặc điểm hình thái sau (hình 1):

Râu II có 2 nhánh, mỗi nhánh có 3 lông. Một nhánh của râu II có 4 đốt, nhánh còn lại có 3 đốt. Râu I chỉ có một đốt, chiều dài gần bằng chiều rộng của đầu. Đầu lớn có hóc mắt rất phát triển và mắt lớn, không có sự xuất hiện của ocellus. Đuôi bụng (postabdomen) ngắn và rộng, có 3 đến 11 răng và 1 răng đôi rất dài.

M. micrura đực có cơ thể nhỏ hơn con cái. Con đực và cái được phân biệt qua râu I, ở con đực bộ phận này dài gấp gần 4 lần ở con cái.



Hình 1. *Moina micrura* cái (a) và đực (b)

Chiều dài và chiều rộng trung bình tương ứng của *M. micrura* cái là $530 \pm 80 \mu\text{m}$ và $328 \pm 60 \mu\text{m}$, lớn hơn so với *M. micrura* đực thu và phân lập tại hồ bê tông thuộc khuôn viên trường đại học Christ (Irinjalakuda, Ấn Độ) (kích thước tương ứng là $490 \mu\text{m}$ và $240 \mu\text{m}$) (Jana, 1985).

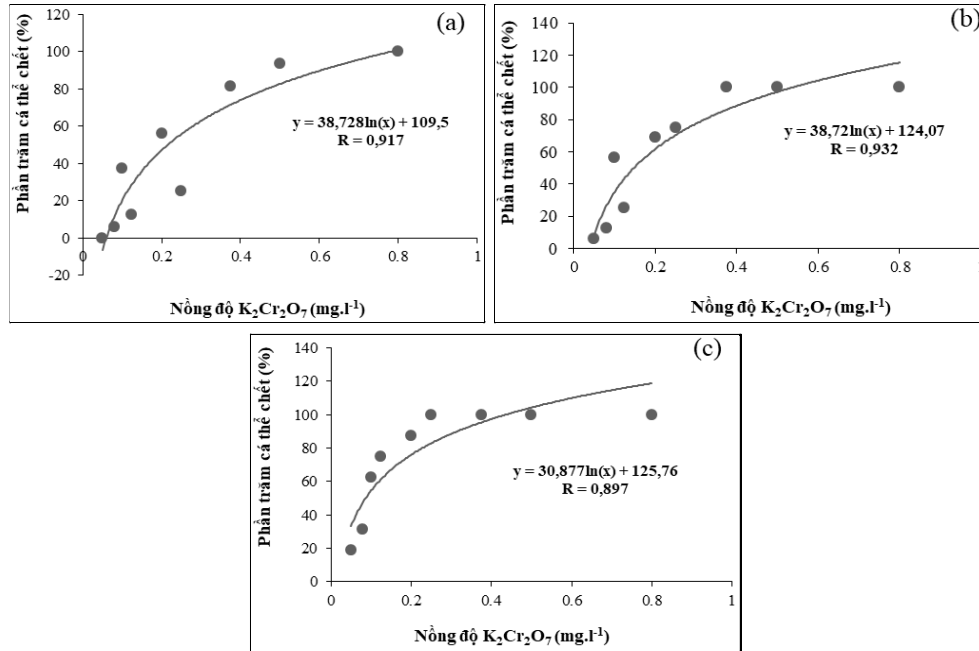
Để đánh giá tính nhạy cảm của *M. micrura* đối với độc chất $K_2Cr_2O_7$, thực hiện nghiên cứu xác định ngưỡng nồng độ độc chất làm chết 50% cá thể tại 3 mốc thời gian 12, 24

và 48 giờ. Trong quá trình tiến hành thí nghiệm, các yếu tố nhiệt độ, pH được kiểm soát nằm trong khoảng đảm bảo cho sự sinh trưởng và phát triển của *M. micrura*. pH trung bình trong thời gian thí nghiệm dao động khoảng $7,78 \pm 0,10$, nhiệt độ trong quá trình thí nghiệm được duy trì ở $27,07 \pm 0,29 \text{ C}$.

Qua kết quả phân tích cho thấy có sự tương quan thuận giữa nồng độ $K_2Cr_2O_7$ với tỷ lệ phân trăm số lượng cá thể chết. Hệ số tương quan (r) giữa nồng độ và các biến đầu

có sự tương quan rất mạnh ($r > 0,8$), độ tin cậy cao $p < 0,01$. Điều này cho thấy *M. micrura* có sự nhạy cảm cao đối với độc chất

$K_2Cr_2O_7$, có thể sử dụng để phát hiện ô nhiễm Cr^{6+} , cảnh báo những rủi ro sinh thái đối với môi trường và sinh vật.



Hình 2. Tương quan giữa nồng độ $K_2Cr_2O_7$ và phần trăm cá thể chết qua 12 giờ (a), 24 h (b) và 48 giờ (c)

Giá trị 12-h LC_{50} , 24-h LC_{50} và 48-h LC_{50} lần lượt là $0,26 \text{ mg.l}^{-1}$, $0,15 \text{ mg.l}^{-1}$ và $0,08 \text{ mg.l}^{-1}$. Trong đó, tại nồng độ $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$ $K_2Cr_2O_7$ trong thời gian thử nghiệm 12h không có biểu hiện chết của sinh vật. Trong suốt thí nghiệm này, mẫu đối chứng có mức sống sót là 100% (hình 2).

So sánh giá trị 48-h LC_{50} của $K_2Cr_2O_7$ giữa các loài cladoceran, *M. micrura* nhạy cảm tương đồng với loài *Pseudosida ramosa* ($0,08 \text{ mg.l}^{-1}$) (Jaishankar, 2014). Trái lại, *M. micrura* nhạy cảm hơn nhiều lần so với loài *Daphnia magna* ($1,57 \text{ mg.l}^{-1}$) (Lu & cs., 2017). Tương tự, khi so sánh với loài *Ceriodaphnia cornuta* được phân lập từ sông Sài Gòn-Đồng Nai (Lan Chi, 2004), *M. micrura* nhạy cảm hơn *C. cornuta* (1,8 lần) đối với độc chất $K_2Cr_2O_7$. Điều này có thể giải thích do môi trường sông Sài Gòn-Đồng Nai chịu ảnh hưởng từ nước thải của ngành nghề sản xuất dệt nhuộm, may mặc, với đặc trưng hàm lượng Cr^{6+} cao. Vì vậy, loài *C. cornuta*

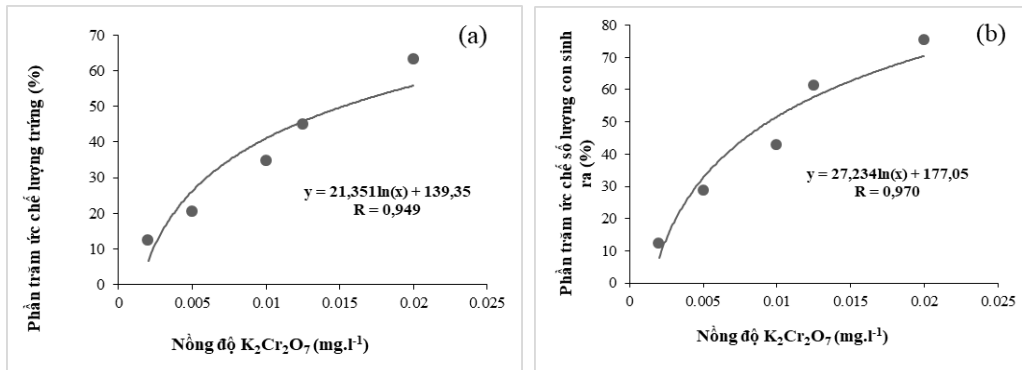
được phân lập từ môi trường này có sức chống chịu với Cr^{6+} cao hơn.

Đối với các loài động vật bậc cao hơn, nghiên cứu này vẫn chứng tỏ *M. micrura* là một loài nhạy cảm hơn nhiều với độc chất $K_2Cr_2O_7$. Loài cá ngựa vằn (*Danio rerio*) được phơi nhiễm với $K_2Cr_2O_7$, giá trị 48-h LC_{50} của con trưởng thành là $141,38 \text{ mg.l}^{-1} Cr^{6+}$ (Domingues & nnk., 2010), cao gấp nhiều lần *M. micrura*. Bên cạnh đó, loài vi khuẩn *Vibrio fischeri* được chứng minh kém nhạy cảm hơn *M. micrura*, với giá trị 24-h LC_{50} là $799 \pm 126 \mu\text{mol.l}^{-1} Cr^{6+}$ (tương ứng với $117,45 \text{ mg.l}^{-1} K_2Cr_2O_7$) (Fulladosa et al., 2005). Qua kết quả độc cấp tính, nghiên cứu cho thấy *M. micrura* là một loài phù hợp cho việc giám sát chromium ở nồng độ thấp trong nước.

Nghiên cứu đánh giá độc chất $K_2Cr_2O_7$ qua hai tham số là số lượng trứng và con sinh ra còn sống đến cuối thí nghiệm bởi một con

mẹ. Giá trị pH và nhiệt độ được quy trị ổn định trong suốt thí nghiệm, với pH dao động

trong khoảng $7,74 \pm 0,11$ và nhiệt độ trong khoảng $25,08 \pm 0,25^\circ\text{C}$.



Hình 3. Tương quan giữa nồng độ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ và phần trăm ức chế lượng trứng (a), số lượng con sinh ra (b)

Mối tương quan giữa lượng trứng, tổng số con non sinh ra với độc chất potassium dichromate được thể hiện ở hình 3 cho thấy, giữa chúng có mối tương quan thuận. Hệ số tương quan (r) giữa nồng độ và các tham số đều có sự tương quan rất mạnh ($r > 0,9$), điều này cho thấy có sự tương quan tốt và độ tin cậy cao giữa nồng độ độc chất với các biến.

Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị EC_{50} trong 10 ngày thử nghiệm của *M. micrura* là $0,015 \text{ mg.l}^{-1}$ đối với biến số lượng trứng và $\text{EC}_{50} = 0,009 \text{ mg.l}^{-1}$ đối với biến con sống đến cuối thí nghiệm. Điều này cho thấy, *M. micrura* là một loài nhạy cảm hơn so với *D. magna* và *D. pulex*, là những loài thường được sử dụng trong thử nghiệm độc học mãn tính. Kühn et al. (năm ?) đã thực hiện đánh giá ảnh hưởng của độc chất lên *D. magna*, nồng độ không quan sát thấy phản ứng $\text{NOEC} = 0,018 \text{ mg.l}^{-1}$ (Jaishankar, 2014), trong khi đó nồng độ gây ức chế 50% số lượng trứng và con sinh ra bởi một con mẹ lần lượt là $0,015 \text{ mg.l}^{-1}$ và $0,009 \text{ mg.l}^{-1}$. So sánh này cho thấy *M. micrura* nhạy cảm hơn *D. magna* đối với ảnh hưởng mãn tính của độc chất $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Kết quả khẳng định thêm cho tiềm năng sử dụng loài *M. micrura* như một sinh vật giám sát chất lượng nước trong thời gian dài (240 giờ).

KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã phân lập được loài *Moina micrura* từ hồ Công viên 29/3 Đà Nẵng. *M.*

micrura sinh trưởng và phát triển tốt trong môi trường nước mềm ASTM. *M. micrura* rất nhạy cảm với độc chất $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, biểu hiện bằng những thay đổi bất thường trong khả năng sống sót và sinh sản của chúng. Do đó, chúng có thể ứng dụng làm sinh vật chỉ thị chất lượng môi trường nước.

Nghiên cứu này chỉ bước đầu đánh giá sự nhạy cảm của *M. micrura* với độc chất $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, cần nghiên cứu đa dạng loại độc chất hơn trên *M. micrura* nói riêng và sinh vật nói chung nhằm tạo ra cơ sở dữ liệu cho việc đánh giá độc học trên sinh vật.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bodar C. W. M., Zee A. V. D., Voogt P. A., Wynne, H., Zandee D. I., 1989. Toxicity of heavy metals to early life stages of *Daphnia magna*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 17(3): 333–338.
- Dodson S. L., Cáceres C. E., Rogers, D. C., 2010. Cladocera and other Branchiopoda. In *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Academic Press, pp. 773–827
- Domingues I., Oliveira R., Lourenço J., Grisolia C. K., Mendo S., Soares A. M. V. M., 2010. Biomarkers as a tool to assess effects of chromium (VI): comparison of responses in zebrafish early life stages and adults. *Comparative Biochemistry and*

- Physiology Part C. *Toxicology & Pharmacology*, 152(3): 338–345.
- Đào Thanh Sơn, Trần Phước Thảo, Nguyễn Thị Thu Liên, Nguyễn Thanh Sơn, Bùi Bá Trung, 2016. Ghi nhận đầu tiên về độc tính của loài vi khuẩn lam *Planktothrix rubescens* phân lập từ ao nuôi cá tỉnh Sóc Trăng. *Tạp chí Sinh học*, 38(1): 115–123.
- Fulladosa E., Murat J. C., Villaescusa I., 2005. Effect of cadmium (II), chromium (VI), and arsenic (V) on long-term viability-and growth-inhibition assays using *Vibrio fischeri* marine bacteria. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 49(3): 299–306.
- Gaddum J. H., 1948. Probit Analysis. *Nature*, 161(4090): 417–418.
- Goulden C. E., 1968. The systematics and evolution of the Moinidae. *Transactions of the American Philosophical Society*, 58(6): 1–101.
- Iwai C. B., Somparn A., Noller B., 2011. Using zooplankton, *Moina micrura* Kurz to evaluate the ecotoxicology of pesticides used in paddy fields of Thailand. In *Pesticides in the Modern World-Risks and Benefits*. InTech, pp: 267–280.
- Jacobs J. A., Testa S. M., 2005. Overview of chromium (VI) in the environment: background and history. *Chromium (VI) handbook*, 1–21.
- Jaishankar M., Tseten T., Anbalagan N., Mathew B. B., Beeregowda K. N., 2014. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2): 60–72.
- Jana B. B., Pal G. P., 1985. The life history parameters of *Moina micrura* (Kurz.) grown in different culturing media. *Water Research*, 19(7): 863–867.
- Kühn R., Pattard M., Pernak K. D., Winter, A., 1989. Results of the harmful effects of water pollutants to *Daphnia magna* in the 21-day reproduction test. *Water Research*, 23(4): 501–510.
- Lan Chi D. H., BeckerVan Slooten K., Tarradellas J., 2004. Tropical ecotoxicity testing with *Ceriodaphnia cornuta*. *Environmental Toxicology: An International Journal*, 19(5): 497–504.
- Lu G., Yang H., Xia J., Zong Y., Liu J., 2017. Toxicity of Cu and Cr nanoparticles to *Daphnia magna*. *Water, Air & Soil Pollution*, 228(1): 18.
- Lê Huy Tuấn, Bùi Thị Diệu, Lê Thị Ánh Tuyết, 2016. Nghiên cứu độc tính cấp của florfenicol đối với một số loài sinh vật thủy sinh. *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Hồng Đức*, 30: 145–155.
- Nguyễn Trung Kiên, Trần Thị Thu Hương, Dương Thị Thủy, 2017. Ảnh hưởng độc tính của vật liệu nano đồng (Cu) đến sự sinh trưởng của *Daphnia magna* Strauss. *Tạp chí Sinh học*, 39(2): 245–251.
- Petrusek A., Černý M., Audenaert E., 2004. Large intercontinental differentiation of *Moina micrura* (Crustacea: Anomopoda): one less cosmopolitan cladoceran? *Hydrobiologia*, 526(1): 73–81.
- R Development Core Team, 2013. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Vo T. M. C., Pham T. L., Dao T. S., 2016. Detrimental impacts of toxic *Microcystis aeruginosa* from Vietnam on life history traits of *Daphnia magna*. *Journal of Vietnamese Environment*, 8(1): 56–61.
- Warren E., 1900. Memoirs: On the Reaction of *Daphnia magna* (Straus) to certain Changes in its Environment. *Journal of Cell Science*, 2(170): 199–224.