Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Số 81, 2026

HÓA – SINH – MÔI TRƯỜNG

ĐÁNH GIÁ ĐỘC TÍNH CẤP TÍNH CỦA VẬT LIỆU NANO TITANIUM DIOXIDE (TiO_2) VÀ ZINC OXIDE (ZnO) TRÊN LUÂN TRÙNG NƯỚC LỢ VÀ NƯỚC MẶN BRACHIONUS PLICATILIS

LƯƠNG TẤN NHẬT[1], TRẦN XUÂN NGỌC ÁNH[1], LÊ HÙNG ANH[1*], JOAQUIM-JUSTO CÉLIA[2]

[1]*Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý Môi trường, Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

[2]*Phòng thí nghiệm Sinh thái học Động vật và Độc chất học Môi trường (LEAE), Đơn vị Nghiên cứu Khoa học Nước ngọt và Đại dương (FOCUS), Viện Hóa học, Đại học Liège, Vương Quốc Bỉ*

[*] *Tác giả liên hệ: lehunganh@iuh.edu.vn*

DOIs: https://www.doi.org/10.46242/jstiuh.v81i3.5998

Tóm tắt: Việc sử dụng rộng rãi các vật liệu nano như TiO_2 và ZnO trong công nghiệp và môi trường đang gây ra mối lo ngại về độc tính đối với hệ sinh thái thủy sinh. Nghiên cứu này đánh giá độc tính cấp tính sau 24 giờ của TiO_2 và ZnO lên sinh vật chỉ thị là loài luân trùng nước lợ và nước mặn *Brachionus plicatilis*. Kết quả cho thấy ZnO thể hiện độc tính cao nhất ở điều kiện không lọc, có ánh sáng là dưới 6,00 mg/L, thấp nhất ở điều kiện lọc và không có ánh sáng là 324,14 mg/L. Ngược lại, TiO_2 không gây độc ở các nồng độ khảo sát (200 mg/L; 400 mg/L; 600 mg/L; 800 mg/L và 1000 mg/L) tại tất cả các điều kiện. Nghiên cứu góp phần bổ sung dữ liệu độc học sinh thái về vật liệu nano tại Việt Nam và nhấn mạnh vai trò của *B. plicatilis* như một sinh vật chỉ thị tiềm năng trong đánh giá rủi ro môi trường. Từ đó, cho phép đánh giá nhanh các vật liệu mới trước khi ứng dụng xử lý ô nhiễm môi trường.

Từ khóa: Độc tính cấp tính, Sinh vật chỉ thị, luân trùng nước lợ và nước mặn, *Brachionus plicatilis*, Titanium dioxide (TiO_2), Zinc oxide (ZnO).

1 GIỚI THIỆU

Ngày nay, việc ứng dụng rộng rãi các vật liệu nano kỹ thuật (Engineered Nanomaterials – ENMs), đặc biệt là titanium dioxide (TiO_2) và zinc oxide (ZnO), trong lĩnh vực công nghiệp, nông nghiệp và công nghệ môi trường hiện nay đang là mối quan ngại lớn về nguy cơ phát tán không kiểm soát vào hệ sinh thái thủy sinh. Với kích thước siêu nhỏ và các đặc tính lý hóa đặc biệt như diện tích bề mặt riêng cao, khả năng quang xúc tác và tiềm năng khử - oxy hóa, các hạt nano TiO_2 và ZnO là những tác nhân có thể gây độc trong môi trường, đặc biệt khi chúng sinh ra các gốc oxy hóa mạnh (Reactived oxygen species - ROS) dưới điều kiện tự nhiên [1], [2]. Những ROS này có thể làm rối loạn cân bằng nội bào, gây stress oxy hóa và suy giảm chức năng sinh lý quan trọng ở các sinh vật thủy sinh. Từ đó, đe dọa đến cá thể và cấu trúc bậc dinh dưỡng trong hệ sinh thái thông qua chuỗi thức ăn [3-5]. Trong số các sinh vật chỉ thị được sử dụng trong đánh giá độc học sinh thái, luân trùng nước lợ và nước mặn *Brachionus plicatilis (B. plicatilis)* phù hợp với các thử nghiệm độc tính cấp tính và mãn tính tiêu chuẩn. Với vai trò là sinh vật tiêu thụ bậc một trong hệ sinh thái biển và nước lợ, *B. plicatilis* đóng vai trò quan trọng trong chu trình dinh dưỡng và truyền năng lượng [6-8]. Chúng được sử dụng phổ biến trong lĩnh vực đánh giá độc tính sinh thái đặc biệt là đánh giá độc tính hệ sinh thái biển do khả năng phân bố rộng rãi, độ nhạy cao, dễ nuôi cấy, kích thước phù hợp, thời gian thế hệ ngắn [9], [10]. *B. plicatilis* có hai cơ chế sinh sản: sinh sản vô tính và hữu tính. Trong điều kiện môi trường thuận lợi, cá thể cái sinh sản vô tính, sinh ra thế hệ con giống hệt mẹ. Trong điều kiện bất lợi (mật độ quần thể cao, thiếu dinh dưỡng), chúng sẽ chuyển sang sinh sản hữu tính để tạo trứng nghỉ và trứng này có khả năng tồn tại lâu dài [11], [12].

Đánh giá độc tính là điều hết sức cần thiết vì có thể dự báo được tác dụng của nước thải trước và sau xử lý đối với hệ sinh thái của nguồn tiếp nhận. Vì vậy, tác giả Nguyễn Khánh Hoàng cùng các cộng sự đã sử dụng *D. magna* để đánh giá hiệu quả xử lý của nước thải sản xuất bia thông qua các thử nghiệm độc tính trên *D. magna* [13]. Bên cạnh đó, tác giả Nguyễn Xuân Hoàn cùng cộng sự đã sử dụng *Branchionus calyciflorus (Rotifer)* áp dụng bước đầu đánh giá độc tính nước thải công nghiệp [14]. Ở một nghiên cứu khác, tác giả Shilan Mohammadi và cộng sự đã kết luận rằng: *B. plicatilis* có thể được sử dụng làm mô hình sinh học để nghiên cứu các chất gây ô nhiễm nước biển bằng các hạt nano và đặc biệt hơn là nZnO [15]. Tại Việt Nam, việc sử dụng *B. plicatilis* trong nghiên cứu độc tính môi trường và đánh giá chất lượng nước

© 2026 Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

còn tương đối hạn chế và chưa phổ biến rộng rãi. Phần lớn các nghiên cứu trong nước tập trung chủ yếu vào các sinh vật chỉ thị nước ngọt như *Daphnia magna* do tính sẵn có, dễ nuôi và đã được tiêu chuẩn hóa trong các hướng dẫn thử nghiệm quốc tế [16-18]. Trong khi đó, *B. plicatilis* là sinh vật chỉ thị quan trọng trong môi trường nước mặn và lợ, được sử dụng phổ biến trong các nghiên cứu quốc tế liên quan đến độc tính của kim loại nặng, thuốc trừ sâu và vật liệu nano [19], [20], nhưng vẫn còn ít được ứng dụng tại Việt Nam.

Nghiên cứu này được thực hiện để đánh giá độc tính cấp tính của các vật liệu nano TiO_2 và ZnO đối với loài luân trùng nước lợ và mặn *B. plicatilis* trong điều kiện phòng thí nghiệm. Sau quá trình phản ứng của vật liệu nano trong môi trường nước biển nhân tạo, nghiên cứu sử dụng bốn điều kiện thí nghiệm để đánh giá độc tính bao gồm: lọc và không lọc, có ánh sáng và không có ánh sáng. Các điều kiện trên được sử dụng nhằm khảo sát ảnh hưởng sự có mặt của vật liệu nano trong mẫu sau quá trình phản ứng, và sự ảnh hưởng của điều kiện ánh sáng đối với độc tính trên luân trùng nước lợ và mặn *B. plicatilis.* Từ đó, so sánh độc tính của TiO_2 và ZnO khi ở cùng điều kiện thí nghiệm và lựa chọn ứng dụng cho các nghiên cứu ứng dụng xử lý nước thải thực tế.

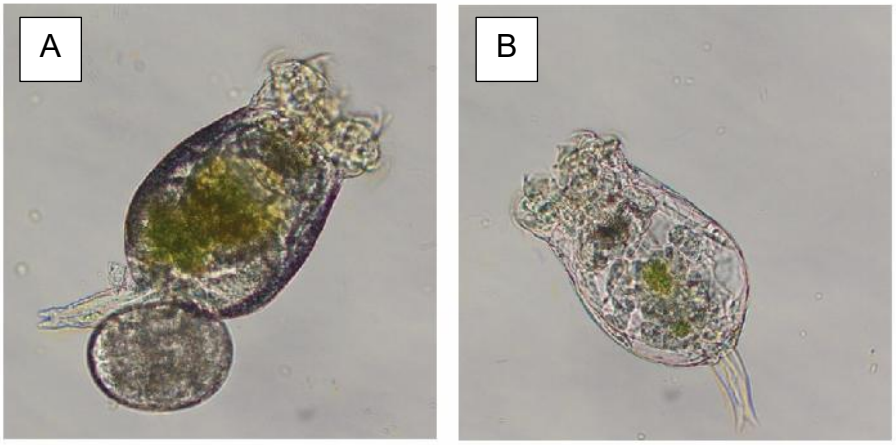
2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Vật liệu Nano

Hóa chất chuẩn: Nghiên cứu sử dụng TiO_2 xuất xứ từ Cộng Hòa Séc, ZnO xuất xứ từ Tây Ban Nha. Cả hai loại vật liệu nano này đều là loại P25 và được mua từ công ty Thermo Fisher Scientific.

2.2 Sinh vật thử nghiệm sinh học

Luân trùng *B. plicatilis* được ấp từ trứng cung cấp bởi Công ty Microbiotests, Vương quốc Bỉ, với tên thương mại là ROTOXKIT M. Trứng luân trùng được ấp trong môi trường nước muối nhân tạo có độ mặn 20 ppt, dưới điều kiện chiếu sáng và nhiệt độ phòng (khoảng 20°C). Các thao tác tuân thủ theo khuyến cáo của nhà sản xuất. Hình ảnh luân trùng *B. plicatilis* sử dụng trong điều kiện được thể hiện tại hình 1.



Nguồn: Tác giả

Hình 1. Luân trùng *B. plicatilis*. Chú thích: A: cá thể mang trứng, B: cá thể trưởng thành

2.3 Phương pháp đánh giá độc tính cấp tính với *B. plicatilis*

Chuẩn bị mẫu dung dịch đánh giá độc tính: Mỗi điều kiện được tiến hành với 05 nồng độ khác nhau của vật liệu nano. Vật liệu nano TiO_2 hoặc ZnO được cân với khối lượng phù hợp cho vào các bể thạch anh. Mỗi bể với thể tích 400 mL được bổ sung 350 mL môi trường nước muối nhân tạo với độ mặn 5 ppt. Toàn bộ dung dịch được khuấy đều bằng thanh khuấy từ có chiều dài 5 cm trong 6 giờ với tốc độ 100 đến 120 vòng/phút dưới đèn UV công suất 16,7W. Sau thời gian phản ứng, dung dịch được chia thành hai phần: một phần được sử dụng trực tiếp để đánh giá độc tính, phần còn lại được lọc qua màng 0,2 µm để loại bỏ hoàn toàn chất quang xúc tác. Các thử nghiệm độc tính được thực hiện theo quy định do các tổ chức quốc tế ban

hành; tiêu chuẩn ISO 19820 và ASTM E1440-91(2012) [21], [22]. Tất cả các điều kiện đều được thực hiện tại phòng điều kiện độc chất học sinh thái tại trường đại học Liège, Vương quốc Bỉ.

Đối với sinh vật chỉ thị *B. plicatilis*, thực hiện thí nghiệm đánh giá độc tính trong các giếng, với thể tích mỗi giếng là 2 mL. Nồng độ chất quang xúc tác được lựa chọn khác nhau ở các điều kiện thí nghiệm khác nhau. Mỗi nồng độ có sự lặp lại 3 lần, được thực hiện với 4 giếng. Sử dụng kính hiển vi và pipette Pasteur bắt 30 - 35 cá thể vào giếng 1. Sau đó, bắt 10 cá thể từ giếng 1 vào giếng 2. Làm tương tự như vậy với giếng số 2, giếng số 3 và giếng số 4. Kết quả thí nghiệm được ghi nhận ở giếng số 2, 3 và 4. Sau khi bắt luân trùng vào các nồng độ thích hợp, ủ các giếng ở nhiệt độ 25°C.

Bên cạnh đó, nghiên cứu còn đánh giá độc tính trên các sinh vật chỉ thị trong điều kiện sáng (24/24 giờ) và tối. Thực hiện đánh giá độc tính với chất độc tham chiếu là Potassium dichromate song song với các nghiệm thức đánh giá độc tính của vật liệu nano, với nồng độ 100 mg/L; 180 mg/L; 320 mg/L; 560 mg/L và 1000 mg/L. Sau 24 giờ, số cá thể *B. plicatilis* còn sống được ghi nhận lại. Theo hướng dẫn từ nhà cung cấp, giá trị LC_{50} 24 giờ của mẫu tham chiếu trong khoảng 266 mg/L đến 315 mg/L và tỷ lệ chết ở các mẫu trắng phải dưới 10%. Nghiên cứu thực hiện đánh giá độc tính của vật liệu nano TiO_2 và ZnO trên 4 điều kiện (bảng 1). Dãy nồng độ khảo sát độc tính của TiO_2 là 200 mg/L; 400 mg/L; 600 mg/L; 800 mg/L và 1000 mg/L. Bên cạnh đó, từ kết quả tiền thí nghiệm cho thấy ZnO ở các nồng độ từ 200 mg/L đến 1000 mg/L có độc tính cao, dẫn đến sinh vật thử nghiệm chết hoàn toàn. Vì vậy, để tìm ra LC_{50} chính xác, nồng độ ZnO được điều chỉnh và chia thành các mức thấp hơn sao cho phù hợp với từng điều kiện. Dãy nồng độ khảo sát độc tính của ZnO sau khi điều chỉnh được thể hiện tại bảng 1.

Bảng 1. Khoảng nồng độ đánh giá độc tính của ZnO trên *B. plicatilis* tại 24 giờ ở các điều kiện thí nghiệm

Số thứ tự	Điều kiện	Dãy nồng độ (mg/L)
1	Lọc 0,2 µm và có ánh sáng	100 mg/L; 120 mg/L; 140 mg/L; 160 mg/L và 180 mg/L
2	Lọc 0,2 µm và không có ánh sáng	100 mg/L; 200 mg/L; 300 mg/L; 400 mg/L và 500 mg/L
3	Không lọc và có ánh sáng	3 mg/L; 3,8 mg/L; 4,6 mg/L; 5,2 mg/L và 6 mg/L
4	Không lọc và không có ánh sáng	2,5 mg/L; 5 mg/L; 10 mg/L; 20 mg/L; 40 mg/L

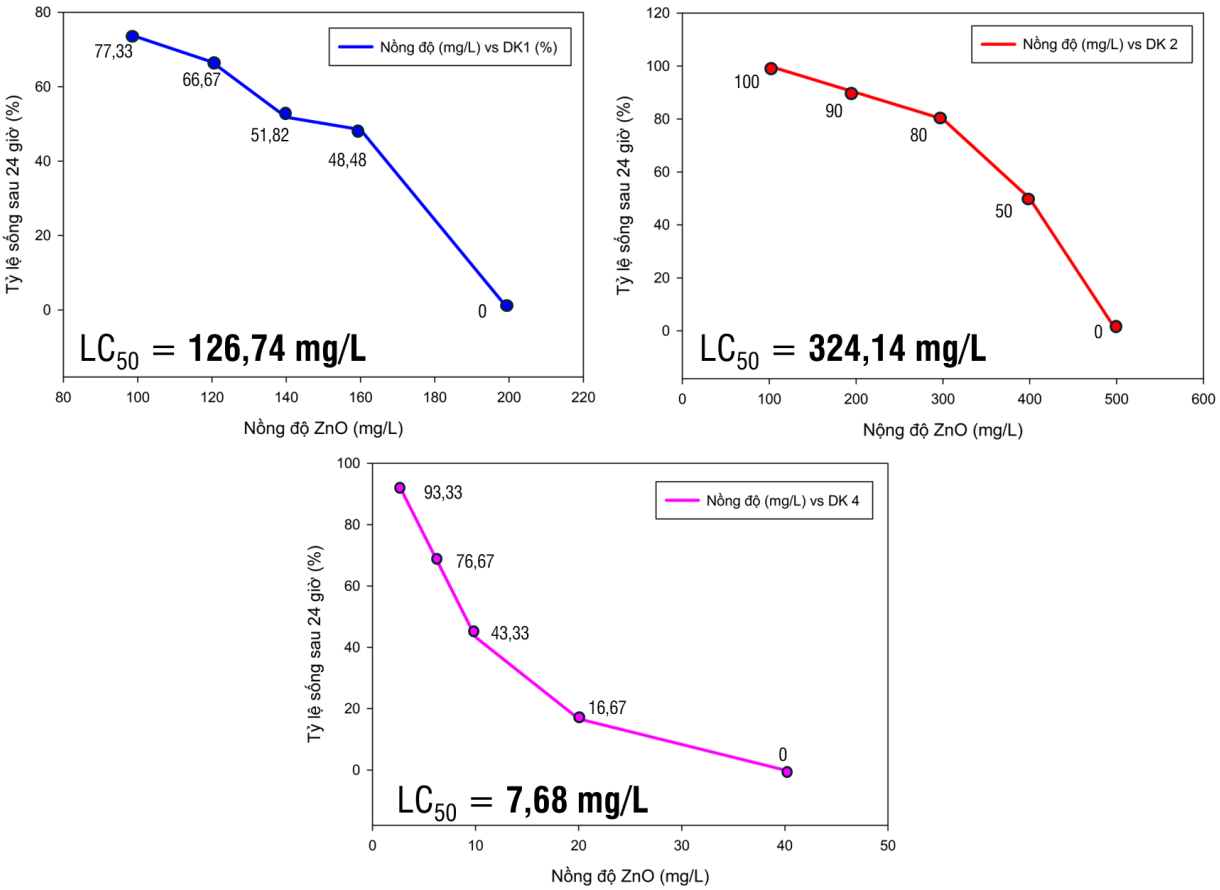
2.4 Xác định LC_{50}

LC_{50} được định nghĩa là nồng độ của một chất gây tử vong cho 50% quần thể sinh vật thử nghiệm. Thông số này có vai trò rất quan trọng trong lĩnh vực độc học, nhằm đánh giá mức độ độc hại của các hóa chất đối với các loài sinh vật khác nhau. LC_{50} thường được thực hiện bằng cách cho nhóm sinh vật tiếp xúc với các nồng độ khác nhau của chất cần kiểm tra và quan sát tỷ lệ tử vong trong một khoảng thời gian xác định [23], [24]. Dữ liệu cơ bản của nghiên cứu được lưu trữ vào phần mềm Microsoft Excel để xử lý, tính toán số liệu thô. Sau khi thu được bộ dữ liệu, thực hiện xử lý số liệu, kiểm tra độ tin cậy và ý nghĩa thống kê thông qua phần mềm SPSS phiên bản 26. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp probit để tính toán ra LC_{50} tại thời điểm 24 giờ, dữ liệu sẽ được quy đổi thành giá trị probit. Sau đó, thực hiện kiểm định độ phù hợp mô hình, kiểm tra ý nghĩa thống kê của biến (Nồng độ, tỷ lệ sống sau 24 giờ) [25].

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả đánh giá độc tính ZnO trên luân trùng *B. plicatilis*

Kết quả đánh giá độc tính của ZnO trên *luân trùng B. plicatilis* sau 24 giờ được trình bày trong Hình 2.



Hình 2. Độc tính của ZnO trên *B. plicatilis* sau 24 giờ

Chú thích: Điều kiện 1 (DK1: lọc 0,2 µm và có ánh sáng); Điều kiện 2 (DK2: lọc 0,2 µm và không có ánh sáng); Điều kiện 4 (DK4: không lọc và không ánh sáng).

Dựa trên số liệu thực nghiệm, tiến hành phân tích dữ liệu trên phần mềm SPSS để ước tính giá trị LC_{50}, kết quả lần lượt là 126,74 mg/L; 324,14 mg/L; dưới 6 mg/L; 7,68 mg/L tương ứng với các điều kiện 1,2,3,4. Bên cạnh đó, khi tiến hành thử nghiệm trên dãy nồng độ 3 mg/L; 3,8 mg/L; 4,6 mg/L; 5,2 mg/L và 6 mg/L (Điều kiện 3), kết quả cho thấy tỷ lệ tử vong của sinh vật thử nghiệm vượt 50% tại 6 mg/L. Tuy nhiên, ở các nồng độ còn lại, kết quả độc tính không ổn định. Sự không ổn định này có thể do bước nhảy giữa các nồng độ quá nhỏ, lượng ZnO sử dụng ở các nồng độ thấp, dẫn đến sai số trong quá trình cân và đánh giá độc tính. Do đó, trong phạm vi dãy nồng độ này, có thể kết luận rằng giá trị LC_{50} sau 24 giờ nằm dưới 6 mg/L.

Kết quả tổng hợp đánh giá độc tính của chất quang xúc tác ZnO trên luân trùng nước mặn và nước lợ *B. plicatilis* được thể hiện tại bảng 2.

Bảng 2. Tổng hợp giá trị LC_{50} của ZnO trên 4 điều kiện

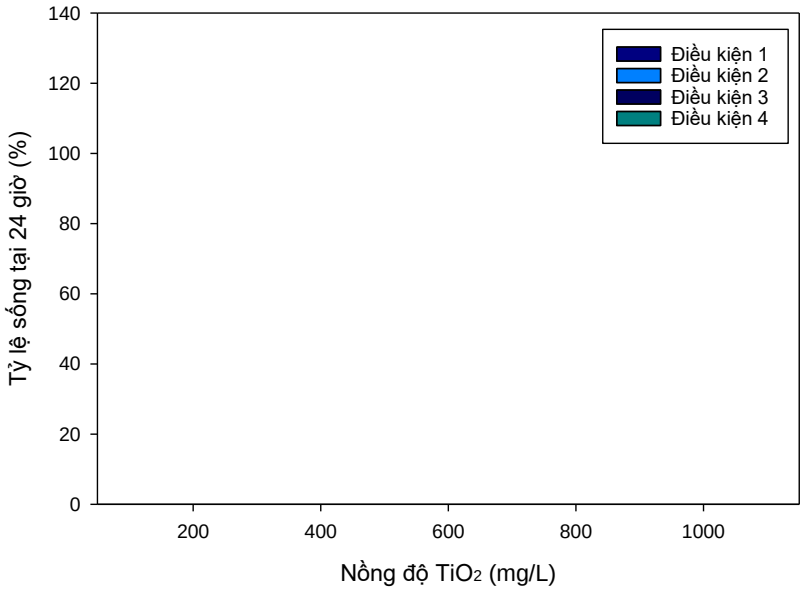
Số thứ tự	**Điều kiện**	**LC_{50} 24 giờ (mg/L)**
1	Lọc 0,2 µm và đặt mẫu trong điều kiện có ánh sáng	126,74
2	Lọc 0,2 µm và đặt mẫu trong điều kiện không có ánh sáng	324,14
3	Không lọc và đặt mẫu trong điều kiện có ánh sáng	<6

4	Không lọc và đặt mẫu trong điều kiện không có ánh sáng	7,68

Độc tính cao nhất được tìm thấy tại điều kiện 3 khi không loại bỏ ZnO và đặt mẫu đánh giá độc tính dưới ánh sáng, giá trị LC_{50} ước tính dưới 6 mg/L. Một số nghiên cứu xác định độc tính của ZnO trên sinh vật chỉ thị cụ thể: ngưỡng độc tính trên loài giáp xác copepod giá trị LC_{50} được tìm thấy là 168 mg/L [26]; trên tảo *Dunaliella salina* giá trị LC_{50} được phát hiện là khoảng 10 mg/L [27]. Vì vậy, độc tính của ZnO trên *B. Plicatilis* tại điều kiện của nghiên cứu này cao hơn so với các nghiên cứu trước đó. Thế nên *B. plicatilis* có độ nhạy với ZnO hơn.

Tuy nhiên, độc tính của ZnO thấp nhất tại điều kiện 2 khi loại bỏ ZnO và đặt mẫu trong bóng tối, giá trị LC_{50} ước tính được là 324,14 mg/L. Những kết quả trên cho thấy sự ảnh hưởng của điều kiện môi trường (ánh sáng và lọc 0,2 µm) đến độc tính của ZnO.

3.2 Kết quả đánh giá độc tính TiO_2 trên *B. plicatilis*



Hình 2. Kết quả đánh giá độc tính TiO_2 trên *B. plicatilis*

Kết quả nghiên cứu (Hình 2) cho thấy tỷ lệ sống của *B. plicatilis* duy trì ở mức cao (≥ 93%) trong tất cả các điều kiện và nồng độ. Cụ thể tại điều kiện 1, tỷ lệ sống cao từ 96,67% đến 100%, cho thấy dung dịch sau quá trình phản ứng và được lọc loại bỏ chất quang xúc tác không gây ảnh hưởng đến sinh vật chỉ thị sau 24 giờ thử nghiệm. Tại điều kiện 2, tỷ lệ sống của sinh vật chỉ thị cao từ 93,33% đến 100%. Do sau khi loại bỏ chất quang xúc tác TiO_2, khả năng tiếp xúc vật lý hoặc phản ứng với sinh vật đã giảm. Hơn nữa, mẫu được đặt trong điều kiện không có ánh sáng nên độc tính gây ra trên sinh vật chỉ thị giảm do khả năng sinh ra ROS bị hạn chế [28], [29]. Tại điều kiện 3, tỷ lệ sống của sinh vật chỉ thị tương tự như điều kiện 2. Nhưng tại nồng độ 400 mg/L, tỷ lệ sống giảm nhẹ xuống 93,33%, là mức thấp nhất trong các điều kiện thí nghiệm, nhưng vẫn được đánh giá là "không độc" theo chuẩn OECD [18]. Tại điều kiện 4, tỷ lệ sống 100% tại mọi nồng độ cho thấy TiO_2 không gây độc trong điều kiện tối, kể cả khi không lọc.

Kết quả đánh giá độc tính trên luân trùng *B. plicatilis* trong vòng 24 giờ tại 4 điều kiện thí nghiệm cho thấy TiO_2 không gây độc ở các nồng độ 200 mg/L; 400 mg/L; 600 mg/L; 800 mg/L và 1000 mg/L. Kết quả phù hợp với khuyến cáo của nhà sản xuất LC_{50} của TiO_2 đối với động vật không xương sống ở nước ngọt và nước biển với nồng độ ít nhất là 1000 mg/L [30]. Ngoài ra, nghiên cứu của tác giả Keller và cộng sự, cụ thể đã chỉ ra rằng TiO_2 có tính ổn định cao trong môi trường nước và ít tác động đến sinh vật thử nghiệm trong khoảng thời gian ngắn [31], [32]. Hơn nữa, các thí nghiệm đánh giá độc tính tại nghiên cứu này ở dạng tĩnh nên các hạt nano TiO_2 có xu hướng kết tụ lại với nhau gây giảm diện tích bề mặt tiếp xúc với ánh sáng và trên thực tế thực tế là Ti^{4+} hầu như không hòa tan so với kim loại như Zn^{2+} dẫn đến giảm lượng ROS sinh ra [33], [34].

3.3 Thảo luận

Kết quả đánh giá độc tính cấp tính trong 24 giờ đối với *B. plicatilis* trên hai vật liệu nano TiO_2 và ZnO. Cho thấy, TiO_2 không gây độc với sinh vật chỉ thị ở nồng độ dưới 1000 mg/L tại tất cả điều kiện thí nghiệm. Tỷ lệ sống của *B. plicatilis* ở tất cả các điều kiện trên 93%, phản ánh sự ổn định cao. Điều này phù hợp với dữ liệu LC_{50} đã được công bố, cụ thể TiO_2 có ngưỡng độc tính cao thường lớn hơn 1000 mg/L đối với động vật không xương sống thủy sinh [30]. Ngược lại, ZnO thể hiện độc tính rõ rệt và biến thiên mạnh dưới ảnh hưởng của điều kiện thí nghiệm. Việc loại bỏ vật liệu nano ZnO thông qua bước lọc 0,2 µm làm cho độc tính thấp hơn. Các ảnh hưởng của tác nhân vật lý được loại bỏ hoàn toàn, chỉ còn lại ion hòa tan sau quá trình phản ứng. Vì vậy, trong các điều kiện không lọc, độc tính cao, cho thấy vai trò quan trọng của kích thước và hình thái hạt ZnO trong việc gây tổn thương cơ học hoặc hấp phụ vào bề mặt sinh vật [35], [36]. Vì vậy, độc tính của ZnO của nghiên cứu này bị ảnh hưởng bởi hai yếu tố là lọc và ánh sáng. Cụ thể:

Ảnh hưởng của điều kiện lọc 0,2 µm đến độc tính của ZnO: Dựa trên kết quả trên, có thể nhận thấy độc tính tăng khi không loại bỏ chất quang xúc tác. Khi sử dụng đầu lọc 0,2 µm, các hạt ZnO có kích thước lớn bị loại bỏ, trong khi các ion sinh ra sau quá trình phản ứng có thể đi qua và tiếp xúc với sinh vật chỉ thị. Quá trình lọc làm giảm khả năng tiếp xúc của sinh vật với các hạt ZnO lớn, dẫn đến giảm độc tính. Ngược lại, khi không lọc, sinh vật tiếp xúc trực tiếp với hạt ZnO, những hạt này có thể bám vào cơ thể luân trùng thông qua việc di chuyển trong môi trường thử nghiệm, gây ảnh hưởng đến khả năng tiêu hóa thức ăn và hấp thụ dinh dưỡng của sinh vật [15], [37].

Ảnh hưởng của ánh sáng đến với độc tính của ZnO: Ánh sáng đóng vai trò quan trọng trong việc làm tăng độc tính của ZnO trong môi trường. Khi có ánh sáng và trong điều kiện vẫn còn ZnO trong môi trường thử nghiệm, quá trình quang hóa của ZnO tiếp tục diễn ra, tạo ra các sản phẩm như ROS và ion Zn^{2+}. Mặt khác, ánh sáng có thể gây căng thẳng với các sinh vật chỉ thị [38]. Điều này được thể hiện rõ qua sự khác biệt giữa các điều kiện thử nghiệm có ánh sáng và không có ánh sáng, độc tính tăng lên khi tiến hành thử nghiệm trong điều kiện có ánh sáng.

4 KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đánh giá độc tính cấp tính của hai vật liệu nano phổ biến là TiO_2 và ZnO trên loài luân trùng nước lợ và nước mặn *B. plicatilis*. Kết quả cho thấy, TiO_2 không gây độc ở các nồng độ khảo sát, trong khi ZnO thể hiện độc tính cao, LC_{50} ước tính dưới 6 mg/L tại điều kiện không lọc và có ánh sáng. Bên cạnh đó, độc tính của ZnO thấp ở điều kiện lọc và không có ánh sáng LC_{50} = 324,14 mg/L. Ngoài ra, vật liệu chất quang xúc tác sau xử lý chất ô nhiễm cần được lọc để loại bỏ các ảnh hưởng của hạt $nTiO_2$ ra ngoài môi trường kể cả khi TiO_2 có ít độc với môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] M. Khan, A. H. Naqvi, and M. Ahmad, "Comparative study of the cytotoxic and genotoxic potentials of zinc oxide and titanium dioxide nanoparticles," *Toxicol Rep*, vol. 2, pp. 765–774, Jan. 2015, doi: 10.1016/J.TOXREP.2015.02.004.

[2] G. S. Gupta and A. Dhawan, "Fate and potential hazards of nanoparticles in the environment," *Nanoparticle Therapeutics: Production Technologies, Types of Nanoparticles, and Regulatory Aspects*, pp. 581–602, Jan. 2022, doi: 10.1016/B978-0-12-820757-4.00004-1.

[3] S. Wagner, J. Bloh, C. Kasper, and D. Bahnemann, "Toxicological issues of nanoparticles employed in photocatalysis," *Green*, vol. 1, no. 2, pp. 171–188, Jul. 2011, doi: 10.1515/GREEN.2011.013/MACHINEREADABLECITATION/RIS.

[4] D. Torres-Garcia *et al.*, "Lethal and sub-lethal effects of nanosized titanium dioxide particles on Hydropsyche exocellata Dufour, 1841," *Aquat Insects*, vol. 41, no. 1, pp. 85–103, Jan. 2020, doi: 10.1080/01650424.2020.1712422.

[5] V. Galhano *et al.*, "Effects of wastewater-spiked nanoparticles of silver and titanium dioxide on survival, growth, reproduction and biochemical markers of Daphnia magna," *Science of The Total Environment*, vol. 839, p. 156079, Sep. 2022, doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2022.156079.

[6] V. F. Kovalenko, V. V. Goncharuk, and A. N. Golovkov, "Bioassay of Seawater Using the Saltwater Rotifer Brachionus plicatilis Müller," *Journal of Water Chemistry and Technology 2020 42:4*, vol. 42, no. 4, pp. 287–290, Oct. 2020, doi: 10.3103/S1063455X20040062.
[7] T. W. Snell, B. D. Moffat, C. Janssen, and G. Persoone, "Acute toxicity tests using rotifers. III. Effects of temperature, strain, and exposure time on the sensitivity of Brachionus plicatilis," *Environ Toxicol Water Qual*, vol. 6, no. 1, pp. 63–75, Feb. 1991, doi: 10.1002/TOX.2530060106;PAGEGROUP:STRING:PUBLICATION.
[8] M. Osorio *et al.*, "USE OF BRACHIONUS PLICATILIS (ROTIFERA) TO ASSESS THE QUALITY OF MARINE WATER IN CALLAO BAY, PERU," *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, vol. 22, no. 2, pp. 103–116, Jun. 2022, doi: 10.5894/RGCI-N441.
[9] X. D. Li, X. Y. Wang, M. E. Xu, Y. Jiang, T. Yan, and X. C. Wang, "Progress on the usage of the rotifer Brachionus plicatilis in marine ecotoxicology: A review," *Aquatic Toxicology*, vol. 229, p. 105678, Dec. 2020, doi: 10.1016/J.AQUATOX.2020.105678.
[10] T. W. Snell and C. Joaquim-Justo, "Workshop on rotifers in ecotoxicology," *Hydrobiologia*, vol. 593, no. 1, pp. 227–232, Nov. 2007, doi: 10.1007/S10750-007-9045-X/METRICS.
[11] C. P. Stelzer and T. W. Snell, "Induction of sexual reproduction in Brachionus plicatilis (Monogononta, Rotifera) by a density-dependent chemical cue," *Limnol Oceanogr*, vol. 48, no. 2, pp. 939–943, Mar. 2003, doi: 10.4319/LO.2003.48.2.0939;WEBSITE:WEBSITE:ASLOPUBS.
[12] T. W. Snell and C. R. Janssen, "Rotifers in ecotoxicology: a review," *Hydrobiologia*, vol. 313–314, no. 1, pp. 231–247, Nov. 1995, doi: 10.1007/BF00025956/METRICS.
[13] Nguyễn Khánh Hoàng, Mai Thành Nghề, Nguyễn Hồ Thái Sơn, Nguyễn Hồng Thiên, and Nguyễn Xuân Hoàn, "Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sản xuất Bia dựa vào độc tính tác động trên chỉ thị sinh học Daphnia magna," *Tạp chí Đại học Công nghiệp*, vol. 1, no. 22, pp. 47–53, Jan. 2016, Accessed: Feb. 27, 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/314081202_Danh_gia_hieu_qua_xu_ly_nuoc_thai_san_xuat_Bia_dua_vao_doc_tinh_tac_dong_tren_chi_thi_sinh_hoc_Daphnia_magna
[14] N. X. Hoàn and N. Khánh Hoàng, "ĐÁNH GIÁ ĐỘC TÍNH MỘT SỐ NGƯỚC THẢI CÔNG NGHIỆP TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH AN GIANG DỰA VÀO ĐÁP ỨNG CỦA ĐỘNG VẬT VI GIÁP XÁC," *Tạp chí Khoa học công nghệ và Thực phẩm*, vol. 16, no. 1, pp. 30–37, 2018.
[15] S. Mohammadi, N. Ahmadifard, B. Atashbar, A. Nikoo, and R. Manaffar, "Long-term effect of zinc oxide nanoparticles on population growth, reproductive characteristics and zinc accumulation of marine rotifer, Brachionus plicatilis," *International Journal of Aquatic Biology*, vol. 9, no. 5, pp. 333–343, Dec. 2021, doi: 10.22034/IJAB.V9I5.1292.
[16] C. I. Weber, "METHODS FOR MEASURING THE ACUTE TOXICITY OF EFFLUENTS AND RECEIVING WATERS TO FRESHWATER AND MARINE ORGANISMS (Fourth Edition)," 1993.
[17] OECD, "Guidance Document on Aquatic Toxicity Testing of Difficult Substances and Mixtures," May 2019, doi: 10.1787/0ED2F88E-EN.
[18] OECD, "Test No. 202: Daphnia sp. Acute Immobilisation Test," Nov. 2004, doi: 10.1787/9789264069947-EN.
[19] H. Lin *et al.*, "Changes in transcriptome regulations of a marine rotifer Brachionus plicatilis under methylmercury stress," *Comp Biochem Physiol Part D Genomics Proteomics*, vol. 49, p. 101177, Mar. 2024, doi: 10.1016/J.CBD.2023.101177.
[20] C. Wang *et al.*, "Physiological effects and molecular response in the marine rotifer Brachionus plicatilis after combined exposure to nanoplastics and copper," *Mar Pollut Bull*, vol. 194, p. 115332, Sep. 2023, doi: 10.1016/J.MARPOLBUL.2023.115332.

[21] "ISO 19820:2016." Accessed: Jul. 01, 2025. [Online]. Available: https://www.iso.org/standard/66269.html
[22] "ASTM E1440-91," Dec. 2012, doi: 10.1520/E1440-91R12.
[23] S. C. Gad, "LD50/LC50 (Lethal Dosage 50/Lethal Concentration 50)," *Encyclopedia of Toxicology: Third Edition*, pp. 58–60, Jan. 2014, doi: 10.1016/B978-0-12-386454-3.00867-8.
[24] V. Kumar, O. P. Sheoran, S. Rani, and K. Malik, "Development of a web-based tool for probit analysis to compute LC50/LD50/GR50 for its use in toxicology studies," *Journal of Applied and Natural Science*, vol. 12, no. 4, pp. 641–646, Dec. 2020, doi: 10.31018/JANS.V12I4.2408.
[25] "Probit Analysis," *J Pharm Sci*, vol. 60, no. 9, p. 1432, Sep. 1971, doi: 10.1002/jps.2600600940.
[26] T. A. Jarvis, R. J. Miller, H. S. Lenihan, and G. K. Bielmyer, "Toxicity of ZnO nanoparticles to the copepod Acartia tonsa, exposed through a phytoplankton diet," *Environ Toxicol Chem*, vol. 32, no. 6, pp. 1264–1269, Jun. 2013, doi: 10.1002/ETC.2180,.
[27] S. Dobretsov, P. Sathe, T. Bora, M. Barry, M. T. Z. Myint, and M. Al Abri, "Toxicity of Different Zinc Oxide Nanomaterials at 3 Trophic Levels: Implications for Development of Low-Toxicity Antifouling Agents," *Environ Toxicol Chem*, vol. 39, no. 7, pp. 1343–1354, Jul. 2020, doi: 10.1002/ETC.4720.
[28] D. Vernez *et al.*, "Airborne nano-TiO2 particles: An innate or environmentally-induced toxicity?," *J Photochem Photobiol A Chem*, vol. 343, pp. 119–125, Jun. 2017, doi: 10.1016/J.JPHOTOCHEM.2017.04.022.
[29] D. Zhou *et al.*, "Toxicity of Titanium Dioxide Nanoparticles Induced by Reactive Oxygen Species," *Reactive Oxygen Species*, vol. 8, no. 23, pp. 267-275–267–275, Sep. 2019, Accessed: Jun. 27, 2025. [Online]. Available: https://www.rosj.org/index.php/ros/article/view/243
[30] "Registration Dossier - ECHA." Accessed: Mar. 25, 2025. [Online]. Available: https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/15560/6/2/4?utm_source=chatgpt.com
[31] A. A. Keller, S. McFerran, A. Lazareva, and S. Suh, "Global life cycle releases of engineered nanomaterials," *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 15, no. 6, pp. 1–17, Jun. 2013, doi: 10.1007/S11051-013-1692-4/FIGURES/14.
[32] N. Londono, A. R. Donovan, H. Shi, M. Geisler, and Y. Liang, "Impact of TiO2 and ZnO nanoparticles on an aquatic microbial community: effect at environmentally relevant concentrations," *Nanotoxicology*, vol. 11, no. 9–10, pp. 1140–1156, Nov. 2017, doi: 10.1080/17435390.2017.1401141.
[33] H. Falfushynska, I. Sokolova, R. S. Stoika, H. Falfushynska, I. Sokolova, and R. S. Stoika, "Uptake, Biodistribution, and Mechanisms of Toxicity of Metal-Containing Nanoparticles in Aquatic Invertebrates and Vertebrates," *Biomedical Nanomaterials*, pp. 227–263, 2022, doi: 10.1007/978-3-030-76235-3_9.
[34] L. C. Ann *et al.*, "Structural morphology and in vitro toxicity studies of nano- and micro-sized zinc oxide structures," *J Environ Chem Eng*, vol. 3, no. 1, pp. 436–444, Mar. 2015, doi: 10.1016/J.JECE.2014.12.015.
[35] J. R. Santos-Rasera, R. T. R. Monteiro, and H. W. P. de Carvalho, "Investigation of acute toxicity, accumulation, and depuration of ZnO nanoparticles in Daphnia magna," *Science of The Total Environment*, vol. 821, p. 153307, May 2022, doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2022.153307.
[36] C. R. Miller and A. N. Rice, "A synthesis of the risks of marine light pollution across organismal and ecological scales," *Aquat Conserv*, vol. 33, no. 12, pp. 1590–1602, Dec. 2023, doi: 10.1002/AQC.4011;CTYPE:STRING:JOURNAL.

ASSESSMENT OF THE ACUTE TOXICITY OF NANOMATERIALS TITANIUM DIOXIDE (TiO_2) AND ZINC OXIDE (ZNO) ON THE BRACKISH AND MARINE ROTIFER BRACHIONUS PLICATILIS

LUONG TAN NHAT[1], TRAN XUAN NGOC ANH[1], LE HUNG ANH[1*], JOAQUIM-JUSTO CÉLIA[2]

[1]*Institute of Environmental Science, Engineering and Management, Industrial University of Ho Chi Minh City*

[2]*Laboratory of Animal Ecology and Ecotoxicology, Laboratory of Animal Ecology and Ecotoxicology (LEAE), Freshwater and Oceanic Sciences Unit of Research (FOCUS), Chemistry Institute, University of Liège – Belgium.*

** Corresponding author: lehunganh@iuh.edu.vn*

ABSTRACT

Concerns regarding the toxicity of nanoparticles like ZnO and TiO_2 to aquatic ecosystems have been raised by their extensive use in industry and the environment. The indicator organism, the brackish and marine rotifer species *Brachionus*, is used in this work to assess the acute toxicity of TiO_2 and ZnO following a 24 hours exposure. According to the findings, ZnO had the lowest toxicity under filtered circumstances without light (324,14 mg/L) and the maximum toxicity under unfiltered settings with light (less than 6,00 mg/L). On the other hand, in all circumstances, TiO_2 did not exhibit any harmful effects at the measured doses (200 mg/L, 400 mg/L, 600 mg/L, 800 mg/L, and 1000 mg/L). This work emphasizes the potential of *B. plicatilis* as an indicator species for environmental risk assessment and adds to the ecotoxicological data on nanomaterials in Vietnam. As a result, it encourages the quick assessment of novel materials prior to their use in the remediation of environmental contaminants.

Keywor1-5587-Nguyen Thi Phuong Chi.pdfds: *Indicator organism, Brackish and marine rotifer, Brachionus plicatilis, Acute toxicity, Titanium dioxide (TiO_2), Zinc oxide (ZnO).*

Ngày nhận bài: 04/04/2025

Ngày nhận đăng: 26/9/2025