



Tổng hợp và đặc trưng vật liệu Cu–NiO cấu trúc nano cho bước đầu ứng dụng phân hủy thuốc bảo vệ thực vật trong đất

Nguyễn Thị Anh Trâm¹, Huỳnh Thị Túy Ngọc¹, Trịnh Ngọc Băng Thanh¹, Nguyễn Thị Cẩm Diệu¹,
Nguyễn Đăng Giảng Châu¹, Dương Tuấn Quang², Trương Thế Nhật Anh³

¹Khoa Hóa, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

²Khoa Hóa, Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế

³Trường Trung học phổ thông chuyên Quốc Học – Huế

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình xử lý:

Ngày nhận bài: 10/12/2025

Ngày nhận bản chỉnh sửa: 25/12/2025

Ngày nhận đăng: 26/12/2025

Ngày xuất bản: 20/02/2026

Từ khóa:

Cu–NiO;

Xúc tác quang;

Cypermethrin;

Propiconazole;

Xử lý đất.

TÓM TẮT

Niken oxit (NiO) là một chất bán dẫn loại p có nhiều ứng dụng trong xúc tác, cảm biến và xử lý môi trường. Trong nghiên cứu này, vật liệu NiO biến tính Copper (Cu–NiO) đã được tổng hợp bằng phương pháp thủy nhiệt, sử dụng tiền chất $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ và Urea, sau đó nung ở 500 °C. Cấu trúc và đặc trưng vật liệu được khảo sát bằng XRD, SEM, TEM, FTIR, EDS. Kết quả cho thấy vật liệu Cu–NiO có cấu trúc lập phương tâm mặt của NiO với sự hiện diện đồng đều của nguyên tố Cu, hình thái cầu xóp được tạo thành từ các hạt nano kích thước nhỏ, thuận lợi cho quá trình xúc tác. Phổ FTIR xác nhận liên kết Ni–O đặc trưng và sự hiện diện của nhóm hydroxyl trên bề mặt. Vật liệu được thử nghiệm khả năng xúc tác quang phân hủy thuốc bảo vệ thực vật (HCBVTV) trong đất, thông qua quy trình xử lý mẫu theo QuEChERS kết hợp phân tích GC–MS. Kết quả bước đầu cho thấy Cu–NiO có hiệu quả phân hủy cao, hứa hẹn là vật liệu tiềm năng trong xử lý đất ô nhiễm HCBVTV.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

NiO, một chất bán dẫn loại p với năng lượng vùng cấm rộng, tính chất từ, quang điện độc đáo, cũng như lượng oxy hấp phụ hóa học cao, rất tiềm năng cho nhiều lĩnh vực quan trọng như cảm biến khí (Kim et al., 2013), lưu trữ năng lượng (Yuan et al., 2009). Một số nghiên cứu cũng chỉ ra rằng nano NiO cũng rất tiềm năng làm chất xúc tác quang trong phân hủy HCBVTV (Zeeshan et al., 2024). Wen và cộng sự (2025) chỉ ra rằng vật liệu composite NiO/C₃N₄/Ag cho hiệu suất phân hủy quang xuất sắc, vượt quá 95% đối với hai loại HCBVTV là thiram và diquat dibromide trong vòng 90 phút dưới ánh sáng mặt trời mô phỏng. Một nghiên cứu khác thử nghiệm vật liệu NiO–ZnO cho thấy hiệu suất cao (95–97%) đối với các thuốc nhuộm (methylene blue, Nile blue) dưới ánh sáng mặt trời trong 220 phút, và khoảng 70% phân hủy thuốc diệt cỏ bentazon dưới nguồn UV trong 100 phút (Yasmeen et al., 2024). Ở một nghiên cứu khác, các nhà khoa học tổng hợp bio-nanocomposite NiO@ZnO được bao phủ bằng chitosan (chitosan–NiO@ZnO) theo phương pháp xanh. Vật liệu này đạt hiệu suất phân hủy > 94% đối với hai loại HCBVTV là malathion và γ -HCH (lindane) trong môi trường nước dưới ánh sáng mặt trời trong khoảng 5 giờ, với pH 7 và hàm lượng xúc tác khoảng 20 mg/L; đồng thời kiểm tra được động học phân hủy, tính được thời gian bán hủy, và hiệu suất tái sử dụng vật liệu (Yadav et al., 2023). Mandvi và cộng sự thiết kế vật liệu eterojunction NiO/Mn₃O₄ cấu trúc hoa 3D sử dụng chiết xuất lá Tulsi để tổng hợp vật liệu xúc tác quang xanh-sạch. Với vật liệu này, tiến trình phân hủy thuốc trừ sâu thiamethoxam trong môi trường nước dưới ánh sáng mặt trời giả lập đạt khoảng 93% trong 90 phút, đồng thời vật liệu vẫn giữ được hoạt tính qua nhiều chu kỳ sử dụng (Mandvi et al., 2024).

Tác giả liên hệ: Nguyễn Đăng Giảng Châu;

Địa chỉ e-mail: chaundg@hueuni.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.26459/jse.033.2026>

Cho đến nay NiO cấu trúc nano/micro đã được nghiên cứu bằng nhiều phương pháp khác nhau như đồng kết tủa, thủy nhiệt, sol-gel, phân hủy nhiệt, và nhiệt dung môi (Patil et al., 2023). Trong các phương pháp đó, phương pháp thủy nhiệt là một phương pháp tuyệt vời để tổng hợp các cấu trúc nano, micro khác nhau với sự kiểm soát hình thái. Các hình thái khác nhau của NiO được tạo ra từ các phương pháp tổng hợp này có những đặc tính riêng biệt. Một trong những hình thái hấp dẫn để thiết kế chất xúc tác quang hiệu quả là cấu trúc dạng bông hoa vì diện tích bề mặt riêng lớn, nhiều kênh vận chuyển và các vị trí hoạt động, nhờ đó nâng cao hiệu quả hấp phụ và phân hủy quang (Mandvi et al., 2024). Vì vậy, phát triển phương pháp thủy nhiệt để tổng hợp cấu trúc NiO biến tính với thành phần chức năng khác như Cu, là hướng nghiên cứu thú vị để khai thác các tính chất xúc tác quang mới.

Nghiên cứu này tập trung vào việc tổng hợp vật liệu xúc tác quang trên nền NiO pha tạp Copper, từ đó bước đầu ứng dụng làm vật liệu phân hủy một số hóa chất bảo vệ thực vật (HCBVTV) trong đất.

2. PHƯƠNG PHÁP

2.1. Phương pháp tổng hợp vật liệu Cu-NiO

Các hóa chất cần dùng gồm $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ và Urea được mua từ Sigma-Aldrich.

Quy trình tổng hợp Cu-NiO như sau: Hòa tan 1,24 g $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 13,5 g Urea và 0,048 g $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (số mol Cu = 5% số mol Ni) vào 435 ml nước. Khuấy hỗn hợp bằng thiết bị khuấy từ trong 5 phút sau đó cho hỗn hợp vào bình teflon. Tiếp đó thủy nhiệt ở 60 °C trong 12 giờ, rồi tăng nhiệt độ thủy nhiệt lên 90 °C trong 8 giờ tiếp theo. Sau khi thủy nhiệt, để bình teflon nguội ở nhiệt độ phòng rồi lọc rửa sản phẩm bằng nước và ethanol (5 lần). Tiến hành sấy mẫu ở 60 °C trong 24 giờ. Thu được vật liệu $\text{Ni}(\text{OH})_2$ đã biến tính Cu ($\text{Cu-Ni}(\text{OH})_2$). Nung vật liệu $\text{Cu-Ni}(\text{OH})_2$ ở 500 °C trong 3 giờ, thu được vật liệu nano NiO biến tính Cu.

2.2. Phương pháp đặc trưng vật liệu

Pha vật liệu được đặc trưng bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) trên thiết bị D8 Advance (Bruker, Germany) sử dụng nguồn bức xạ Cu K α ($\lambda = 1,54 \text{ \AA}$). Hình thái và thành phần nguyên tố được xác định bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) kết hợp với phổ tán xạ năng lượng tia X (EDS) trên thiết bị JSM-5300LV. Phổ hồng ngoại (FTIR) được đo trên thiết bị Nicolet 6700 FTIR Spectrometer.

2.3. Phương pháp phân tích hóa chất bảo vệ thực vật trong đất

02 hóa chất bảo vệ thực vật được lựa chọn nghiên cứu gồm: thuốc trừ sâu Cypermethrin và thuốc trừ nấm bệnh Propiconazole với 2 đồng phân là Propiconazole A và Propiconazole B.

Nghiên cứu này áp dụng quy trình phân tích đồng thời HCBVTV trong đất với kỹ thuật chuẩn bị mẫu QuEChERS theo đề xuất của AOAC 2007.1 (Lehotay et al., 2007). Quá trình có thể mô tả ngắn gọn như sau: khoảng 10 g đất khô được cân chính xác, cho vào ống ly tâm, thêm 10 mL dung môi chiết acetonitrile, lắc mạnh trong vài phút. Sau đó bổ sung hỗn hợp muối khan MgSO_4 để tách pha. 4 mL ở pha acetonitrile được hút ra, tiếp theo cho vào ống ly tâm nhỏ loại 15 mL, tiến hành lắc và ly tâm, sau đó làm sạch bằng chiết phân tán với MgSO_4 và chất hấp phụ PSA nhằm loại bỏ các tạp chất. 2 mL dịch trong sau chiết được thổi khô, thêm 10 μg nội chuẩn TPP, định mức về 1 mL bằng toluene và đem phân tích bằng GC-MS để định lượng HCBVTV.

Hệ thống sắc ký khí ghép nối hai lần khối phổ 3 tứ cực GC-MS TQ8040 (Shimadzu, Nhật Bản) được sử dụng để định lượng HCBVTV, sử dụng cột mao quản DB5-MS UI (kích thước 60 m $\times$ 0,25 mm $\times$ 0,25 μm , Agilent, Hoa Kỳ) và khí mang helium có độ tinh khiết 99,9995%.

2.4. Phương pháp thiết kế hệ thí nghiệm

03 hệ thí nghiệm được xây dựng, trong đó có 01 hệ dùng cho nghiên cứu khả năng xúc tác quang của vật liệu đối với cypermethrin, 01 hệ cho propiconazole, và 01 hệ đối chứng không phun vật liệu và phun đồng thời cả 2 HCBVTV.

Mỗi mẫu đất được làm sạch, cân khoảng 1 kg, được trải đều ra từng khay inox (30x40 cm), bề dày lớp đất khoảng 2 cm HCBVTV nghiên cứu được phun đều lên đất với liều lượng dự tính khoảng 2 mg/kg trộn đều, được ủ trong 1 giờ để tạo sự phân tán đều của HCBVTV vào trong cấu trúc đất. Vật liệu sau đó được phun dạng sương lên bề mặt đất với liều xúc tác 0,25 g/kg. Các khay mẫu thí nghiệm được đặt dưới ánh sáng mặt trời trong 8 giờ mỗi ngày (tương ứng với thời gian chiếu sáng 8 giờ, thời gian còn lại trong ngày được cất trong tối). Tiến hành lấy mẫu đất vào lúc 8 giờ sáng và phân tích sự suy giảm dư lượng HCBVTV nghiên cứu trong vòng 33 ngày, cụ thể là: ngày 0 (ngay sau khi phun vật liệu 1 giờ), ngày 3, 7, 14, 23, và 33.

2.5. Phương pháp phân tích số liệu

Dữ liệu thực nghiệm sau khi thu được đã được thử vào các mô hình động học bậc 0 (có dạng $C_t = C_0 - k.t$), bậc 1 (có dạng $C_t = C_0 \cdot e^{-k.t}$) và bậc 2 (có dạng $1/C_t = 1/C_0 + k.t$). Kết quả cho thấy mô hình động học bậc 1 có hệ số xác định (R^2) cao nhất, do đó được lựa chọn là mô hình phù hợp nhất (kết quả không được trình bày ở

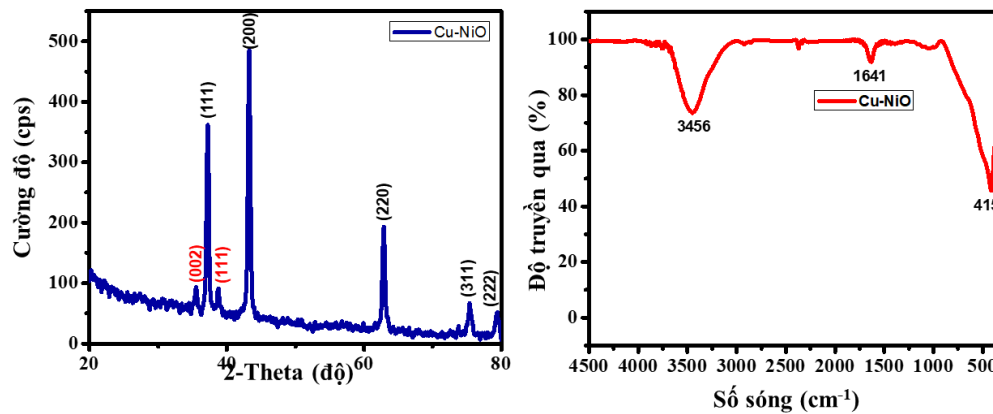
bài báo này).

Vì vậy, trong nghiên cứu này, mô hình động học bậc 1 được sử dụng để tính toán quá trình và tốc độ phân hủy của các hợp chất bảo vệ thực vật được nghiên cứu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân tích các đặc trưng cấu trúc vật liệu Cu-NiO

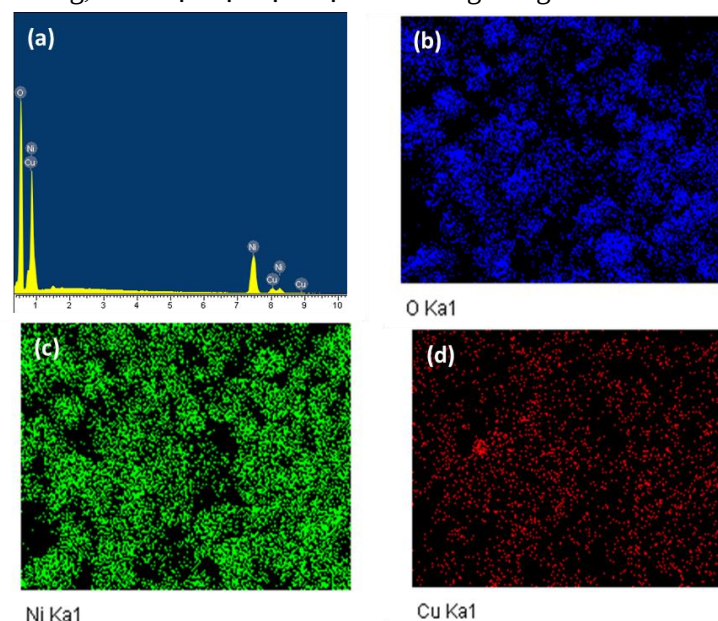
Hình 1a trình bày phổ nhiễu xạ tia X (XRD) của vật liệu tổ hợp Cu-NiO.



Hình 1. Giảm đồ XRD và (b) phổ hồng ngoại của mẫu Cu-NiO.

Các đỉnh nhiễu xạ đặc trưng tại các góc $2\theta \approx 37,27^\circ$, $43,25^\circ$, $62,85^\circ$, $75,39^\circ$ và $79,66^\circ$ tương ứng với các mặt tinh thể (111), (200), (220), (311) và (222) của cấu trúc lập phương tâm mặt (FCC) đặc trưng cho NiO (JCPDS Card No. 47–1049). Ngoài ra, hai đỉnh nhiễu xạ rõ nét tại $2\theta \approx 35,50^\circ$ và $38,81^\circ$ có thể gán cho các mặt (002) và (111) của cấu trúc tinh thể đơn tà của CuO (JCPDS Card No. 80–1917) (Abdollahzadeh et al., 2024). Phổ hồng ngoại (FTIR) của Cu-NiO được thể hiện trong Hình 1b cho thấy một đỉnh hấp thụ đặc trưng tại 415 cm^{-1} , tương ứng với dao động hóa trị của liên kết Ni–O (Yuan et al., 2009). Không quan sát thấy đỉnh đặc trưng rõ ràng nào liên quan đến liên kết Cu–O, có thể do cường độ của dao động Cu–O yếu và bị che khuất bởi đỉnh của Ni–O trong vùng phổ tương ứng. Ngoài ra, các đỉnh tại 3456 cm^{-1} và 1641 cm^{-1} lần lượt được quy cho dao động hóa trị và biến dạng của nhóm –OH, cho thấy sự hiện diện của nước hấp phụ trên bề mặt vật liệu (Dang et al., 2023).

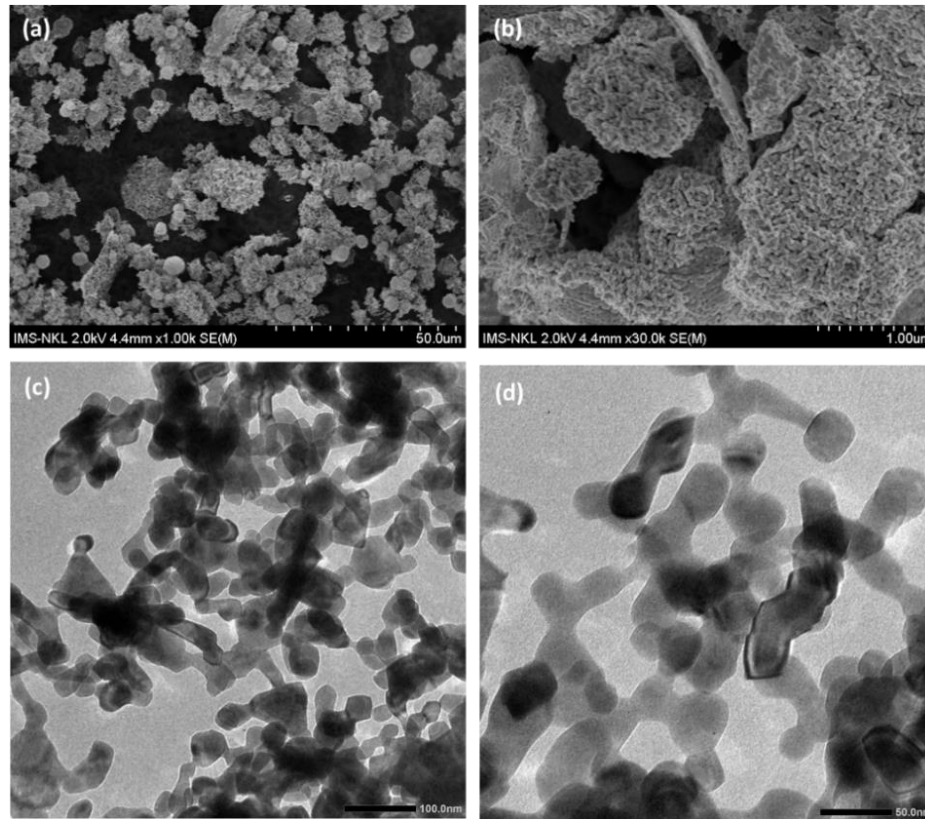
Hình 2a thể hiện phổ EDS của vật liệu Cu-NiO, trong đó các tín hiệu đặc trưng của ba nguyên tố Ni, O và Cu đều được ghi nhận rõ ràng, xác nhận sự hiện diện của chúng trong mẫu.



Hình 2. (a) Phổ EDX và bản đồ nguyên tố O (b), Ni (c) và Cu (d) của mẫu Cu-NiO.

Bản đồ phân bố nguyên tố tương ứng (Hình 2b–d) cho thấy các nguyên tố O (màu xanh dương), Ni (màu xanh lá) và Cu (màu đỏ) đều phân bố đồng đều trên toàn bộ bề mặt khảo sát. Đặc biệt, sự phân bố trải đều của nguyên tố Cu cho thấy Cu đã được đưa thành công vào cấu trúc NiO mà không xảy ra hiện tượng tách pha hay kết tụ cục bộ. Những kết quả này chứng minh hiệu quả của quá trình biến tính Cu, đồng thời khẳng định sự hình thành cấu trúc tổ hợp Cu–NiO.

Hình thái của vật liệu được đặc trưng bằng ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) và truyền qua (TEM), như thể hiện trong hình 3.



Hình 3. Ảnh SEM (a, b) và ảnh TEM (c, d) của mẫu Cu-NiO.

Ảnh SEM ở độ phóng đại thấp (Hình 3a) cho thấy vật liệu có hình thái dạng cầu với kích thước cỡ micromet, phân tán. Ở độ phóng đại cao hơn (Hình 3b), có thể quan sát rõ ràng các cấu trúc hình cầu này được hình thành từ sự kết tụ của các hạt nano có kích thước rất nhỏ. Kết quả ảnh TEM (Hình 3c, d) cũng xác nhận điều này, cho thấy các hạt nano cơ bản liên kết với nhau tạo thành mạng lưới liên tục. Sự liên kết này góp phần hình thành cấu trúc xốp, giúp tăng diện tích bề mặt hiệu dụng của vật liệu.

3.1. Ứng dụng vật liệu Cu-NiO vào việc phân hủy HCBVTV cypermethrin và propiconazole trong đất

Sau thời gian nghiên cứu 33 ngày, sự giảm nồng độ HCBVTV trong đất được phân tích và trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Dư lượng cypermethrin và propiconazole trong đất sau 33 ngày khảo sát với vật liệu xúc tác quang Cu-NiO

Ngày (kể từ khi phun)	Hệ không phun vật liệu			Hệ có phun vật liệu		
	Dư lượng HCBVTV ($\mu\text{g/kg}$)			Dư lượng HCBVTV ($\mu\text{g/kg}$)		
	Propyconazole A	Propyconazole B	Cypermethrine	Propyconazole A	Propyconazole B	Cypermethrine
0	6301	6370	2436	4357	4467	1503
3	6047	6011	2239	3593	3589	1292
7	5700	6202	2230	3159	3344	1252
14	4533	4484	1647	2793	3039	1093
23	4412	4521	1457	2084	2109	668
33	3745	3857	1469	1993	304	65
Hiệu suất phân hủy (%)	40,6	39,4	39,7	54,3	93,2	95,7

Kết quả cho thấy sau 33 ngày khảo sát, ở các hệ có phun vật liệu, nồng độ HCBVTV nghiên cứu đã giảm đáng kể: hiệu suất phân hủy propiconazole A đạt 54%, propiconazole B đạt 93% và cypermethrin đạt 95%. Trong khi đó đối với các hệ không phun vật liệu thì quá trình phân hủy trong 33 ngày đạt khoảng 40%.

Số liệu này được đưa vào mô hình động học bậc 1 biểu kiến có dạng:

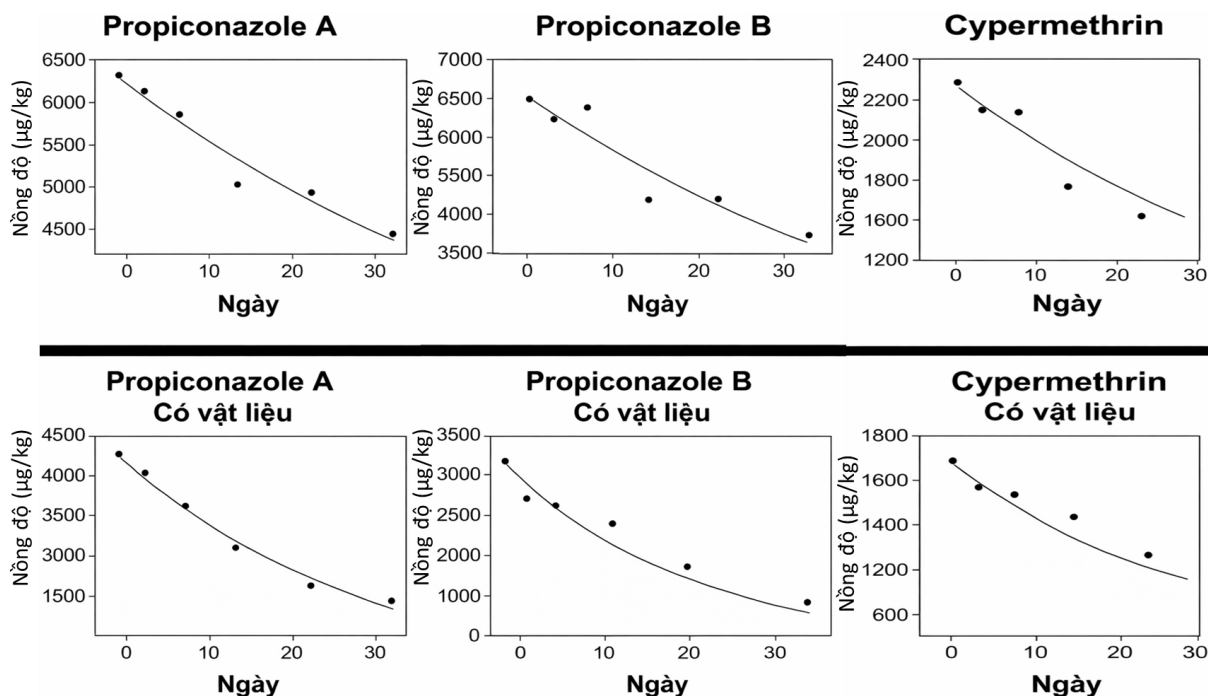
$$C_t = C_0 \cdot e^{-kt}$$

Trong đó: C_t là nồng độ chất tại thời điểm t , C_0 là nồng độ chất ban đầu, k là hằng số tốc độ phản ứng, và t là thời gian. Các đồ thị đường cong phân hủy được trình bày ở hình 4. Các đại lượng động học phản ứng cụ thể được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Các đại lượng động học của quá trình phân hủy HCBVTV trong đất

	Hệ không phun Vật liệu			Hệ có phun Vật liệu		
	Pro A	Pro B	Cyp	Pro A	Pro B	Cyp
C_0 (µg/kg)	6271,3	6392,7	2393,1	4049,7	4436,5	1565,6
Hằng số phân hủy k (ngày ⁻¹)	0,0165	0,0162	0,0185	0,0259	0,0413	0,0423
R^2	0,9429	0,8596	0,8707	0,9203	0,8495	0,8377
Thời gian bán hủy (ngày)	42,0	42,8	37,5	26,8	16,8	16,4

Pro A: propiconazole A, Pro B: propiconazole B, Cyp: cypermethrin, C_0 : nồng độ ban đầu.



Hình 4. Đồ thị đường cong phân hủy theo động học phản ứng bậc 1 biểu kiến của cypermethrin và propiconazole trong đất với hệ có phun vật liệu và hệ không phun vật liệu.

Kết quả bước đầu cho thấy, vật liệu Cu-NiO tổng hợp được đã có tác dụng đẩy nhanh tốc độ phân hủy của cypermethrin và propiconazole trong đất, trong đó thời gian bán hủy của các HCBVTV đã giảm đi từ 1,6 đến 2,5 lần. Đây là một kết quả rất khả quan và đáng ghi nhận về đặc tính xúc tác quang của vật liệu. Tuy nhiên, để khẳng định rõ ràng hơn hoạt tính xúc tác quang của vật liệu thì cần tiến hành nhiều hơn các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình phân hủy này.

4. KẾT LUẬN

Vật liệu Cu-NiO cấu trúc nano đã được tổng hợp thành công bằng phương pháp thủy nhiệt, cho thấy đặc trưng cấu trúc lập phương tâm mặt của NiO với sự phân bố của nguyên tố Cu trong mạng tinh thể. Kết quả phân tích XRD, SEM, TEM, FTIR và EDS chứng minh vật liệu có hình thái cầu xóp và sự hiện diện của các nhóm hydroxyl, thuận lợi cho hoạt tính xúc tác quang. Khi được ứng dụng xử lý đất ô nhiễm, vật liệu Cu-NiO thể hiện hiệu quả phân hủy đáng kể đối với các hợp chất cypermethrin và propiconazole, với hiệu suất đạt đến 93–96% sau 33 ngày, đồng thời làm giảm thời gian bán hủy của các hợp chất này từ 1,6 đến 2,5 lần so với mẫu đối chứng. Kết quả bước đầu này khẳng định tiềm năng ứng dụng của vật liệu Cu-NiO trong xử lý đất nhiễm

hóa chất bảo vệ thực vật, mở ra hướng nghiên cứu sâu hơn về cơ chế xúc tác quang và các điều kiện tối ưu cho quá trình phân hủy.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số **104.06-2025.54**

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abdollahzadeh, H., Pazhang, Y., Zamani, A., & Sharafi, Y. (2024). Green synthesis of copper oxide nanoparticles using walnut shell and their size-dependent anticancer effects on breast and colorectal cancer cell lines. *Scientific Reports*, 14(1), Article 20323. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71234-4>
- Dang, T. K., et al. (2023). Hexagonal annular-NiO nanoarchitecture with local p–n homojunctions: Novel formation mechanism and H₂S gas sensing properties. *Journal of Alloys and Compounds*, 933, Article 167782. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2022.167782>
- Kim, H. J., Yoon, J. W., Choi, K. I., Jang, H. W., Umar, A., & Lee, J. H. (2013). Ultrasensitive and sensitive detection of xylene and toluene for monitoring indoor air pollution using Cr-doped NiO hierarchical nanostructures. *Nanoscale*, 5(15), 7066–7073. <https://doi.org/10.1039/c3nr01281f>
- Lehotay, S. J., et al. (2007). Determination of pesticide residues in foods by acetonitrile extraction and partitioning with magnesium sulfate: Collaborative study. *Journal of AOAC International*, 90(2), 485–520. <https://doi.org/10.1093/jaoac/90.2.485>
- Mandvi, N., et al. (2024). Construction of a 3D flower-like NiO/Mn₃O₄ heterojunction using Tulsi leaf extract for enhanced photodegradation of thiamethoxam pesticide and organic dyes under direct sunlight. *Materials Advances*, 5(20), 8097–8110. <https://doi.org/10.1039/d4ma00708e>
- Patil, S. J. (2023). Synthesis approaches and applications of nickel oxide nanoparticles. *International Journal of Innovative Research in Engineering, Multidisciplinary Physical Sciences*, 11.
- Wen, X., Liu, Y., Zhang, W., You, L., Cai, N., & Li, J. (2025). Recyclable NiO/g-C₃N₄/Ag hybrid substrates for sensitive SERS detection and photo-degradation of residual pesticides in beverages. *Food Chemistry*, 464, Article 141935. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141935>
- Yadav, J., Rani, M., Zhang, T. C., & Shanker, U. (2023). Efficient photo-adsorptive eradication of endocrine disrupting pesticides by chitosan co-decorated metal oxide bio-nanocomposite. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(28), 72523–72538. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27376-5>
- Yasmeen, S., Burratti, L., Duranti, L., Sgreccia, E., & Proposito, P. (2024). Photocatalytic degradation of organic pollutants—Nile blue, methylene blue, and bentazon herbicide—using NiO–ZnO nanocomposite. *Nanomaterials*, 14(5), Article 470. <https://doi.org/10.3390/nano14050470>
- Yuan, C., Zhang, X., Su, L., Gao, B., & Shen, L. (2009). Facile synthesis and self-assembly of hierarchical porous NiO nano/micro spherical superstructures for high performance supercapacitors. *Journal of Materials Chemistry*, 19(32), 5772–5777. <https://doi.org/10.1039/b902221j>
- Zeeshan, M., Jan, F. A., Ali, W., Shah, S., & Ullah, N. (2024). Investigating the photocatalytic potential of nickel oxide (NiO) nanoparticles for the degradation of thiamethoxam insecticide and process optimization using response surface methodology (RSM) desirability factor. *Chemistry Africa*, 7(9), 4931–4945. <https://doi.org/10.1007/s42250-024-01042-w>

Synthesis and characterization of Cu–NiO nanomaterials for initial application in the degradation of plant protection chemicals in soil

Nguyen Thi Anh Tram¹, Huynh Thi Tuy Ngoc¹, Trinh Ngoc Bang Thanh¹, Nguyen Thi Cam Dieu¹,
Nguyen Dang Giang Chau¹, Duong Tuan Quang², Truong The Nhat Anh³

¹Faculty of Chemistry, University of Sciences, Hue University

²Faculty of Chemistry, University of Education, Hue University

³Quoc Hoc – Hue High School for the Gifted

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 10 December 2025

Received in revised form: 25 December 2025

Accepted: 26 December 2025

Published: 20 February 2026

Keywords:

Cu–NiO

Photocatalytic

Cypermethrin;

Propiconazole;

Soil decontamination.

Corresponding author:

Nguyen Dang Giang Chau

E-mail address:

chaundg@hueuni.edu.vn

ABSTRACT

Nickel oxide (NiO) is a p-type semiconductor with numerous applications in catalysis, sensing, and environmental treatment. In this study, copper-modified NiO (Cu–NiO) was synthesized hydrothermally using $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, and urea as precursors, followed by calcination at 500 °C. The structure and properties of the material were characterized using XRD, SEM, TEM, FTIR, EDS, and BET analyses. The results showed that the Cu–NiO material exhibited a face-centered cubic structure of NiO with a uniform distribution of copper, a porous spherical morphology composed of small nanoparticles, a large surface area, and a pore size distribution favorable for catalytic applications. FTIR spectroscopy confirmed the characteristic Ni–O bonding and the presence of hydroxyl groups on the surface. The photocatalytic performance of the material was evaluated for pesticide degradation in soil using a QuEChERS-based sample preparation procedure combined with GC–MS analysis. Preliminary results indicate that Cu–NiO exhibits high degradation efficiency, suggesting its potential as a promising material for the treatment of pesticide-contaminated soil.
