Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ – Khoa học Tự nhiên 2025, 9(2):3338-3345

Open Access Full Text Article

Bài nghiên cứu

Tổng hợp nanocomposite lưỡng kim bạc đồng trên nền silica để ứng dụng kháng nấm gây bệnh lở cổ rễ của cây cà chua

Trần Công Khánh[1,2,*], Trần Quốc Vinh[1,2], Võ Thị Ngọc Hà[3], Bùi Thị Thu Thảo[1,2], Trần Thị Huỳnh Như[3], Huỳnh Lê Nhựt Thủy[1,2], Triệu Huy Văn[1,2], Đặng Vinh Quang[1,2]

Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Nanocomposite AgCu−SiO_2 đã được tổng hợp bằng phương pháp khử hóa học xanh kết hợp với sóng siêu âm. Tính chất hóa lý của AgCu−SiO_2 được phân tích thông qua phổ hấp thụ tử ngoại–khả kiến, giản đồ nhiễu xạ tia X, hình ảnh kính hiển vi điện tử quét, hình ảnh kính hiển vi điện tử truyền qua, phổ tán sắc năng lượng tia X, phổ nguồn plasma cảm ứng cao tần kết nối khối phổ và phổ hấp thụ nguyên tử. Các kết quả phân tích chỉ ra rằng nanocomposite AgCu−SiO_2 chứa bạc và đồng ở dạng lưỡng kim, và các hạt kim loại này có kích thước từ vài nanomet đến vài chục nanomet và kích thước hạt trung bình là 7,52 ± 1,12 nm, được phân bố dày đặc trên bề mặt silica. Khả năng kháng nấm của AgCu−SiO_2, so với các nanocomposite đơn kim loại Ag−SiO_2, Cu−SiO_2 và thuốc trừ bệnh thương mại Ridomil gold 68 WG, được đánh giá thông qua khả năng ức chế sự phát triển tản sợi của các nấm *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* và *Pythium catenulatum*, gây bệnh lở cổ rễ cây cà chua trong điều kiện phòng thí nghiệm. Kết quả cho thấy hiệu quả ức chế sự phát triển tản sợi nấm của AgCu−SiO_2 cao hơn các nanocomposite đơn kim loại Ag−SiO_2 và Cu−SiO_2, chứng tỏ rằng sự kết hợp bạc và đồng làm tăng cường hoạt tính kháng nấm. Đặc biệt, nanocomposite AgCu−SiO_2 ở nồng độ 125 ppm có hiệu lực ức chế nấm đạt 100% đối với cả ba loại nấm trong điều kiện phòng thí nghiệm.

Từ khoá: nanocomposite, bạc đồng-silica, Rhizoctonia solani, Fusarium oxysporum, Pythium catenulatum

[1]*Khoa Khoa học và Công nghệ Vật liệu, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam*

[2]*Đại học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam*

[3]*Khoa Nông học, Trường Đại học Nông lâm Hồ Chí Minh, Việt Nam*

Liên hệ

Trần Công Khánh, Khoa Khoa học và Công nghệ Vật liệu, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Đại học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Email: tckhanh@hcmus.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 16-12-2024
- Ngày sửa đổi: 24-2-2025
- Ngày chấp nhận: 19-3-2025
- Ngày đăng: 23-6-2025

DOI :

https://doi.org/10.32508/stdjns.v9i2.1426

Check for updates

Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.

VNUHCM PRESS

MỞ ĐẦU

Bệnh lở cổ rễ của cây cà chua hay còn gọi là bệnh thối gốc cà chua, một trong những loại bệnh nguy hiểm, gây thiệt hại lớn trong sản xuất cà chua. Bệnh lở cổ rễ cà chua do nhóm các loại nấm có nguồn gốc trong đất gây ra, điển hình như nấm *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp., *Fusarium* sp. Bệnh lở cổ rễ lây lan trong môi trường nước và xâm nhập qua các vết thương cơ học, phát sinh, phát triển mạnh trong điều kiện độ ẩm cao hoặc mưa, nắng, rét, nóng thất thường [1]. Việc kiểm soát bệnh lở cổ rễ hiện nay chủ yếu tập trung vào sử dụng các thuốc diệt nấm phổ rộng hoặc một số chế phẩm sinh học từ nấm đối kháng, tuy nhiên hiệu quả chưa rõ rệt, đặc biệt vào mùa mưa, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến năng suất và chất lượng cây trồng. Do đó, việc tìm kiếm các giải pháp mới để phòng trị bệnh lở cổ rễ của cây trở nên cấp thiết.

Công nghệ nano đang được nghiên cứu và ứng dụng để phòng trừ bệnh hại trên cây trồng [2]. Trong đó, nano bạc (Ag NP) được sử dụng phổ biến nhờ khả năng tiêu diệt nấm và vi khuẩn cây trồng rất hiệu quả, nó có thể kiểm soát được bệnh đạo ôn trên cây lúa do nấm *Pyricularia oryzae* gây ra [3]. Nano đồng (Cu NP) đã được sử dụng để phòng trừ vi khuẩn *Ralstonia solanacearum* gây bệnh héo xanh trên cây dưa chuột [4]. Mặc dù, cả Ag NP và Cu NP đều có đặc tính kháng vi sinh vật đáng kể, nhưng hỗn hợp Ag NP và Cu NP thể hiện đặc tính kháng kháng vi sinh vật lớn hơn so với từng Ag NP hoặc Cu NP riêng lẻ [5], nhờ có tác dụng hiệp đồng của hai loại nano đối với vi sinh vật [6,7]. Đặc biệt, khi Ag NP và Cu NP được cố định trên những vật liệu mang như TiO_2 [8], khoáng chất aluminosilicate [9], hiệu quả kháng vi sinh vật của vật liệu càng tăng lên, vì khi đó, các hạt nano Ag NP và Cu NP trở nên ổn định hơn, tránh bị kết tụ, kết đám lại.

Nano silica (Si NP), được sản xuất từ phụ phẩm tro trấu, chất đốt trong lò hơi công nghiệp ở Việt Nam, đang được ứng dụng đa dạng trong nhiều lĩnh vực sản xuất khác nhau như dược phẩm, cao su, sơn phủ và nông nghiệp [10]. Việc sản xuất nano silica được xem là một hướng phát triển năng lượng tái tạo vì vỏ trấu là nguồn sinh khối dồi dào, có thể tái tạo hằng năm từ các ruộng lúa nông nghiệp tại Việt Nam, đặc biệt tại vùng đồng bằng sông Cửu Long. Trong lĩnh vực trồng trọt, Si NP được sử dụng với nhiều công dụng khác nhau như khả năng chống ngộ độc do kim loại nặng [10], khả năng chống chịu UVB [11], khả năng chống

Trích dẫn bài báo này: Khánh T C, Vinh T Q, Hà V T N, Thảo B T T, Như T T H, Thủy H L N, Văn T H, Quang D V. **Tổng hợp nanocomposite lưỡng kim bạc đồng trên nền silica để ứng dụng kháng nấm gây bệnh lở cổ rễ của cây cà chua**. *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.* 2025; 9(2):3338-3345.

chịu mặn [12], khả năng chống mất nước [13] và khả năng dẫn truyền thuốc bảo vệ thực vật và phân bón [14].

Bài báo trình bày sự kết hợp Ag NP, Cu NP và Si NP, tạo thành nanocomposite bạc, đồng trên nền silica (AgCu−SiO_2). Nanocomposite AgCu−SiO_2 được tổng hợp bằng phương pháp khử hóa học xanh kết hợp với sóng siêu âm và phân tích tính chất lý−hóa bằng các kỹ thuật phổ hấp thụ tử ngoại−khả kiến, giản đồ nhiễu xạ tia X, kính hiển vi điện tử quét và kính hiển vi điện tử truyền qua. Bên cạnh đó, hoạt tính kháng nấm của AgCu-SiO_2 được thực hiện đối với các nấm *Rhizoctonia solani, Fusarium oxysporum* và *Pythium catenulatum* trong điều kiện phòng thí nghiệm.

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Hóa chất

Silica (SiO_2, > 95%, kích thước từ 3−8 μm) được cung cấp bởi Công ty Cổ phần Công nghệ Nano BSB, Việt Nam); bạc nitrate ($AgNO_3$, > 99%), đồng acetate ngậm một nước [$Cu(CH_3COO)_2.H_2O$; 99,99%] được cung cấp bởi Sigma Aldrich. Sodium lauryl ether sulfate [$CH_3(CH_2)_{11}(OCH_2CH_2)_nOSO_3Na$, 70%, Thái Lan], ascorbic acid ($C_6H_8O_6$, > 99%, Xilong, Trung Quốc). Nước cất có độ dẫn điện < 5 μS/cm được sử dụng trong tất cả các thí nghiệm.

Phương pháp tổng hợp

Nanocomposite lưỡng kim bạc−đồng trên nền silica (AgCu-SiO_2) được tổng hợp bằng phương pháp khử hóa học xanh, kết hợp với sóng siêu âm cường độ cao. Cụ thể, hỗn hợp $Cu(CH_3COO)_2.H_2O$ và $AgNO_3$ có tỷ lệ mol 1:1 được khuấy từ trong 100 mL nước cất. Sau đó 0,2 gam silica và sodium lauryl ether sulfate (0,5 M) được thêm vào hỗn hợp hai muối. Sau 15 phút, ascorbic acid (0,5 g) được cho vào hỗn hợp và siêu âm hỗn hợp cường độ cao (HIELSCHER'S, 200W, 26 kHz) trong 15 phút; màu dung dịch chuyển từ màu trắng xanh sang đen xám. Tiếp theo, hỗn hợp được ly tâm ở 4000 vòng/phút trong 10 phút; sau đó, phần bột rắn được rửa với nước cất và ethanol (tỷ lệ 1:1) và sấy ở nhiệt độ 60^{o}C trong 8 giờ. Các mẫu Ag−SiO_2 và Cu−SiO_2 được tổng hợp bằng phương pháp tương tự để làm vật liệu đối chứng.

Phương pháp phân tích

Tính chất quang của vật liệu được xác định thông qua phổ hấp thụ từ ngoại – khả kiến (UV−Vis, Jasco V670) với khoảng bước sóng khảo sát từ 300–750 nm, tính chất tinh thể và thành phần pha được xác định bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD, D8 Advance-Bruker Eco) với bước sóng tia X phát ra từ nguồn Cu K_α bằng 1,54 Å, khoảng ghi số liệu từ 10–80°, bước nhảy 0,0195°. Hàm lượng bạc trong các vật liệu được xác định bằng phép đo phổ nguồn plasma cảm ứng cao tần kết nối khối phổ (ICP-MS) trên máy iCAP-RQ ICP-MS, Thermo Scientific với đầu phun thạch anh đường kính 2,5 mm, skimmer cone bằng Ni, đường kính 3,5 mm, tốc độ phun mẫu 0,1843 L/phút, nguồn RF 1550 W và thời gian đo 60 giây. Hàm lượng đồng trong các vật liệu được xác định bằng phổ hấp thụ nguyên tử (AAS, AA-6800, Shimadzu) ở bước sóng 324,8 nm có dòng điện 6 mA, độ rộng khe 0,5 nm, thời gian đo 5 giây và tốc độ phun khí Air/C_2H_2 là 2,5 L/phút.

Thử nghiệm hoạt tính kháng nấm

Khả năng kháng nấm của các vật liệu Ag−SiO_2, Cu−SiO_2, $CuSiO_2$ và AgCu−SiO_2 đối với các nấm *Rhizoctonia solani, Fusarium oxysporum* và *Pythium catenulatum* được đánh giá bằng phương pháp nhiễm môi trường. Các mẫu nấm *R. solani, F. oxysporum* và *P. catenulatum*, gây bệnh lở cổ rễ cây được phân lập và cung cấp từ Bộ môn Bảo vệ Thực vật, Khoa Nông học, Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh. Môi trường PDA (Potato Dextrose Agar gồm 200 g khoai tây, 20 g dextrose, 15 g agar cho 1 L môi trường) được khử trùng, bổ sung 20 μL hệ phân tán của các mẫu Ag−SiO_2, Cu−SiO_2 và AgCu−SiO_2 trong nước cất (tương ứng với các hàm lượng kim loại trong hệ phân tán tính theo kết quả ICP-MS và AAS là 16, 32, 64, 125 ppm), và đổ vào đĩa petri với thể tích 10 mL/đĩa. Khoanh nấm (đường kính 0,5 cm) được đặt vào tâm đĩa petri, mặt nấm úp xuống mặt môi trường PDA, sau đó bọc đĩa bằng parafilm và ủ ở nhiệt độ 28 ± 2°C. Thuốc trừ bệnh thương mại Ridomil gold 68 WG với các hoạt chất metalaxyl-M (40 g/L) và mancozeb (640 g/L), đặc trị các nấm nói trên được sử dụng với tỷ lệ pha loãng khuyến cáo 300 g/100 lít nước (tương đương với nồng độ khuyến cáo 3000 ppm) để làm nghiệm thức đối chứng dương, và nước cất được sử dụng làm đối chứng âm. Thí nghiệm được thực hiện với mỗi nghiệm thức 5 lần lặp lại, mỗi lần lặp lại của một nghiệm thức là 1 đĩa petri.

Các chỉ tiêu theo dõi bao gồm đường kính trung bình của tản nấm, được xác định bởi công thức (1) và hiệu lực ức chế nấm của hoạt chất thuốc, được xác định theo công thức (2):

$d = (d_1 + d_2)/2$ (1)

trong đó: d là đường kính trung bình tản nấm (tản sợi), còn d_1 và d_2 là chiều dài đường chéo của tản nấm (tản sợi).

$H = (D - d)x100/D$ (2)

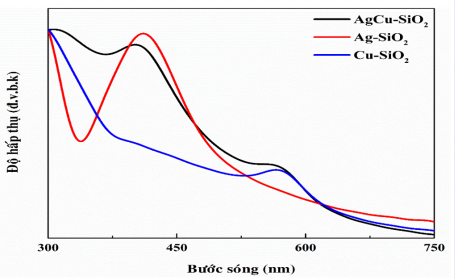
trong đó: H là hiệu lực ức chế nấm của hoạt chất thuốc, D là đường kính tản nấm của nghiệm thức đối

chứng âm (mm), d là đường kính tản nấm của nghiệm thức chứa hoạt chất (mm).

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Tính chất vật liệu

Hình 1 thể hiện phổ hấp thụ tử ngoại–khả kiến của các mẫu Ag−SiO_2, Cu−SiO_2 và AgCu−SiO_2. Các mẫu Ag−SiO_2 và Cu−SiO_2 thể hiện đỉnh hấp thụ đặc trưng cho dao động plasmon bề mặt của nano bạc và đồng lần lượt ở bước sóng 410 và 570 nm [15,16]. Mẫu AgCu−SiO_2 hiển thị hai đỉnh hấp thụ ở 403 và 568 nm, điều này thể hiện trong mẫu nanocomposite hình thành song song cả nano bạc và đồng ở trạng thái riêng lẻ hoặc tạo cấu trúc lưỡng kim bạc−đồng [17,18].

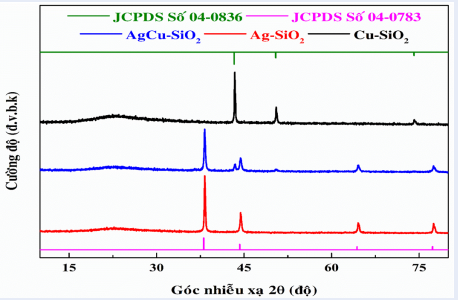


Hình 1: Phổ hấp thụ UV−Vis của các mẫu nanocomposite Ag−SiO2, Cu−SiO_2 và AgCu−SiO_2.

Hình 2 thể hiện giản đồ nhiễu xạ tia X các mẫu nanocomposite Ag−SiO_2, Cu−SiO_2 *và* AgCu−SiO_2. Kết quả XRD của các mẫu nanocomposite xuất hiện vùng nhiễu xạ rộng từ 15 đến 25°, được cho là vùng vô định hình của chất nền SiO_2 [19]. Mẫu Cu−SiO_2 có xuất hiện 3 đỉnh nhiễu xạ tại vị trí góc 2θ lần lượt là 43,3°, 50,4° và 74,1° tương ứng với mặt (111), (200), (220) của mạng lập phương tâm mặt của kim loại đồng (JCPDS số 04-0836) [4]. Mẫu Ag−SiO_2 thể hiện rõ cấu trúc lập phương tâm mặt (FCC) của kim loại bạc theo JCPDS số 04-0783 với các đỉnh đặc trưng ở các vị trí 38,08°, 44,29°, 64,6° và 77,68°, tương ứng với các mặt phẳng tinh thể (111), (200), (220) và (311) [15,20]. Giản đồ XRD của AgCu−SiO_2 có tồn tại đồng thời các đỉnh nhiễu xạ, đặc trưng cho bạc, lẫn đồng. Điều này cho thấy AgCu−SiO_2 được tạo ra có cấu trúc composite lưỡng kim bạc−đồng [21,22].

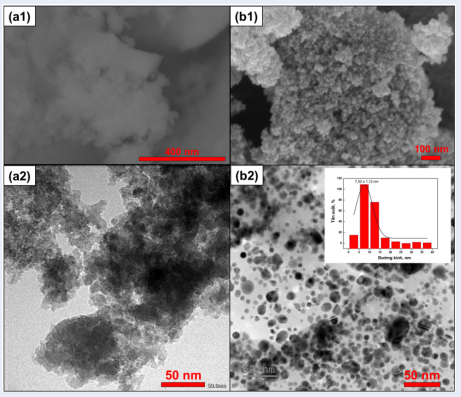
Hình 4a trình bày kết quả phổ EDS của mẫu AgCu−SiO_2, AgCu−SiO_2 chứa các nguyên tố silicium (22,01 ± 0,33% khối lượng), oxygen (43,16 ± 0,48% khối lượng), đồng (2,83 ± 0,19% khối lượng) và bạc (22,09 ± 0,58% khối lượng). Ngoài ra, trong mẫu AgCu−SiO_2 còn có sự hiện diện của carbon (9,92 ± 0,16% khối lượng), được quy cho sự tồn tại của một số chất hữu cơ, xuất phát từ các tiền chất sodium lauryl ether sulfate, ascorbic acid còn dư sau quá trình tổng hợp và băng keo carbon sử dụng để cố định mẫu AgCu−SiO_2 trong phép phân tích SEM-EDS.

Hình 4b cho thấy sự phân bố của các nguyên tố trong mẫu AgCu−SiO_2. Sự phân bố của silicium và oxygen đồng đều trong hình ảnh. Bạc phân bố dày đặc hơn so với đồng, và các vị trí phân bố của chúng khác nhau. Điều đó cho thấy trong mẫu AgCu−SiO_2, bạc có hàm lượng cao hơn nhiều so đồng. Bạc, đồng tồn tại ở các pha riêng biệt, phù hợp với kết quả XRD (Hình 2). Những kết quả này chứng tỏ rằng mẫu AgCu−SiO_2 tồn tại ở dạng composite lưỡng kim. Bên cạnh đó, kết quả phân tích ICP-MS và AAS cho thấy, mẫu AgCu−SiO_2 chứa 28,14 ± 0,03% khối lượng nguyên tố bạc và 5,09 ± 0,11% nguyên tố đồng; trong khi đó mẫu Ag−SiO_2 chứa 30,08 ± 0,50% khối lượng nguyên tố bạc, và mẫu Cu−SiO_2 chứa 13,91 ± 0,97% khối lượng nguyên tố đồng.

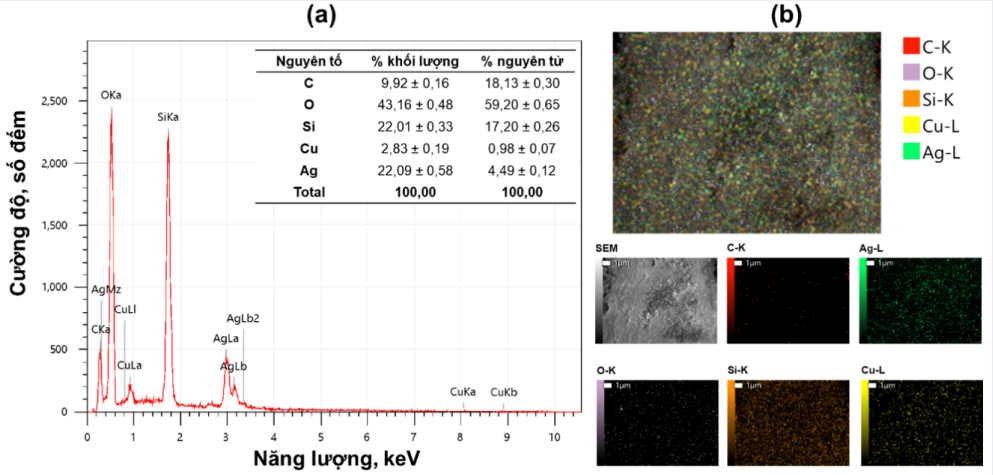


Hình 2: Giản đồ XRD của các mẫu Ag−SiO_2, Cu−SiO_2 và AgCu−SiO_2, kèm theo giản đồ XRD chuẩn của kim loại bạc và đồng.

Hình thái của AgCu−SiO_2 được thể hiện thông qua kết quả hình ảnh SEM và TEM, được trình bày ở Hình 3. Mẫu SiO_2 chứa các hạt tơi xốp và không có



Hình 3: Hình ảnh SEM, TEM của SiO_2 (a1, a2) và của AgCu−SiO_2 (b1, b2).



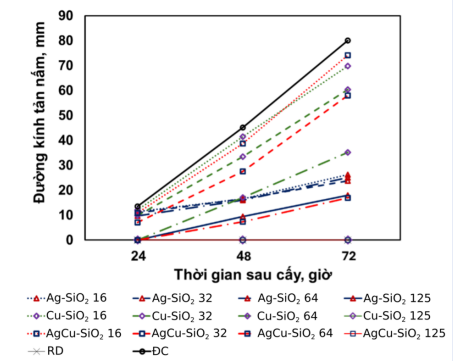
Hình 4: Phổ EDS (a) và phân bố nguyên tố trong phổ EDS (b) của AgCu−SiO_2.

biên hạt rõ ràng (Hình 3a1, a2). Trong khi đó, mẫu AgCu−SiO_2 có nhiều hạt nhỏ từ vài nano mét đến vài chục nano mét với đường kính trung bình 7,52 ± 1,12 nm, phân bố dày đặc trên bề mặt vật liệu (Hình 3b1, b2). Kết quả SEM và kết quả XRD chứng tỏ trong AgCu−SiO_2 có các hạt nano kim loại đồng và bạc, được cố định trên bề mặt của SiO_2.

Hoạt tính kháng nấm của vật liệu

Khả năng ức chế của các nanocomposite đối với R. solani

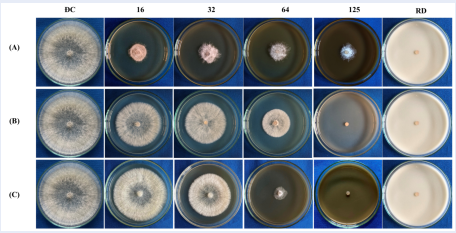
Hình 5 và Hình 6 thể hiện khả năng ức chế của các nanocomposite Ag−SiO_2, Cu−SiO_2, và AgCu−SiO_2 đối với sự phát triển của nấm *R. solani*. Ở thời điểm 24 giờ sau cấy (GSC), các nghiệm thức chứa Ag−SiO_2 (125 ppm), Cu−SiO_2 (64 ppm và 125 ppm) và AgCu−SiO_2 (64 ppm và 125 ppm) không ghi nhận sự phát triển của nấm. Đến thời điểm 48 GSC, các nghiệm thức Ag−SiO_2 (125 ppm), Cu−SiO_2 (64 ppm) và AgCu−SiO_2 (64 ppm) có đường kính tản nấm tăng lên lần lượt là 9,48 mm, 17,07 mm và 7,30 mm, tương ứng với hiệu lực ức chế giảm từ 100% xuống còn 79,00%, 62,20% và 83,85%. Còn ở các nghiệm thức Cu−SiO_2 (125 ppm) và AgCu−SiO_2 (125 ppm) chưa quan sát thấy sự phát triển của nấm *R. solani*. Tại thời điểm 72 GSC, nghiệm thức đối chứng đạt đường kính 80 mm. Trong khi đó, các nghiệm thức Cu−SiO_2 (125 ppm) và AgCu−SiO_2 (125 ppm), chưa có sự phát triển của nấm và đạt hiệu lực ức chế 100%, bằng với nghiệm thức thuốc hóa học Ridomil gold 68 WG (nồng độ khuyến cáo 3000 ppm). Kết quả trên cho thấy, các vật liệu Cu−SiO_2 và AgCu−SiO_2 có khả năng ức chế sự phát triển của nấm *R. solani* tốt hơn so với vật liệu Ag−SiO_2, và đồng đóng góp vai trò quan trọng hơn so với bạc trong việc ức chế nấm này.



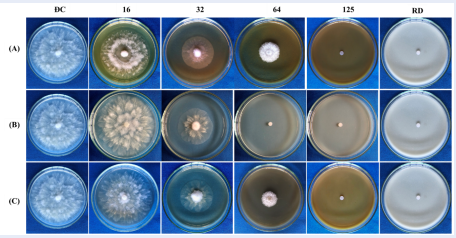
Hình 5: Ảnh hưởng của Ag−SiO_2, Cu−SiO_2, và AgCu−SiO_2 đến sự phát triển của nấm *R. solani*. ĐC: Đối chứng, RD: Ridomil gold 68 WG. Số ở mỗi thử nghiệm tương ứng là nồng độ của các vật liệu, ppm.

Khả năng ức chế của các nanocomposite đối với P. catenulatum

P. catenulatum phát triển nhanh hơn nấm *R. solani* trong môi trường PGA, đường kính *P. catenulatum* đạt 80 mm (đường kính của đĩa petri) chỉ sau 60 giờ sau cấy. Khả năng ức chế sự phát triển nấm *P. catenulatum* của các nanocomposite Ag−SiO_2, Cu−SiO_2, và AgCu-SiO_2 được thể hiện qua các Hình 7 và Hình 8. Kết quả cho thấy khả năng ức chế sự phát triển *P. catenulatum* của các nanocomposite tăng dần

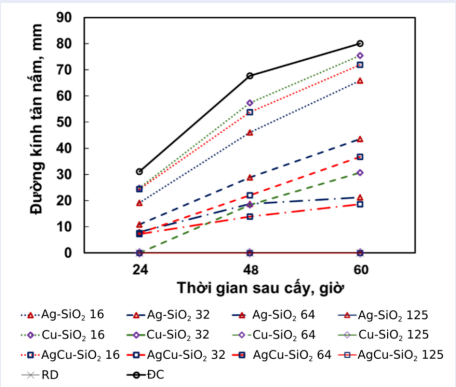


Hình 6: Hình ảnh tản sợi của *R. solani* ở thời điểm 72 GSC được xử lý bởi Ag−SiO_2 (A), Cu−SiO_2 (B) và AgCu−SiO_2 (C). RD: Ridomil gold 68 WG; ĐC: Đối chứng nước. Số tương ứng là nồng độ tương ứng của các vật liệu ở mỗi thử nghiệm, ppm.



Hình 8: Hình ảnh tản sợi của *P. catenulatum* ở thời điểm 60 GSC, xử lý bởi Ag−SiO_2 (A), Cu−SiO_2 (B) và AgCu−SiO_2 (C). RD: Ridomil gold 68 WG; ĐC: Đối chứng nước. Số tương ứng là nồng độ tương ứng của các vật liệu ở mỗi thử nghiệm, ppm.

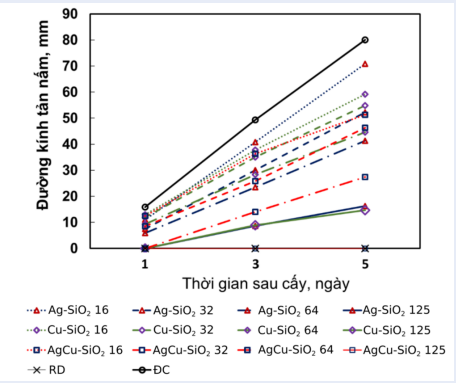
theo nồng độ. Và khả năng kháng nấm của Ag−SiO_2 kém hơn AgCu−SiO_2, và tốt nhất là Cu−SiO_2. Sau 60 GSC, ở các nghiệm thức Ag−SiO_2 (125 ppm), Cu−SiO_2 (64 và 125 ppm), và AgCu−SiO_2 (125 ppm) đều không quan sát thấy sự phát triển của tản nấm, tương tự như ở nghiệm thức của Ridomil gold 68 WG (nồng độ khuyến cáo 3000 ppm). Điều đó thể hiện các nghiệm thức này có hiệu lực ức chế *P. catenulatum* đạt 100% và nấm này rất nhạy với vật liệu chứa nano đồng.



Hình 7: Ảnh hưởng của Ag−SiO_2, Cu−SiO_2, và AgCu−SiO_2 đến sự phát triển của nấm *P. catenulatum*. ĐC: Đối chứng; RD: Ridomil gold 68 WG. Số ở mỗi thử nghiệm tương ứng là nồng độ của các vật liệu, ppm.

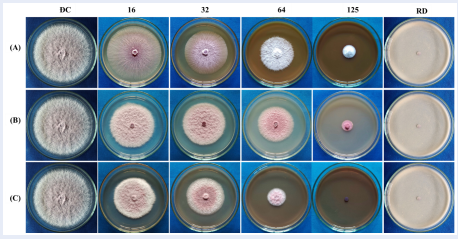
Khả năng ức chế của các nanocomposite đối với F. oxysporum

Nấm *F. oxysporum* phát triển chậm hơn *R. solani* và *P. catenulatum* trên môi trường PGA, đường kính tản nấm *F. oxysporum* đạt 80 mm (đường kính của đĩa petri) sau 5 ngày cấy (NSC). Kết quả về khả năng ức chế sự phát triển nấm *F. oxysporum* của các nanocomposite Ag−SiO_2, Cu−SiO_2, và AgCu−SiO_2 được trình bày trên các Hình 9 và Hình 10. Vật liệu Ag-SiO_2 ở nồng độ khảo sát cao nhất (125 ppm) đường kính tản nấm thấp nhất, đạt 16,2 mm, tương ứng với hiệu lực ức chế đạt 79,7%. Còn Cu−SiO_2 có khả năng ức chế nấm sự phát triển nấm *Fusarium oxysporum* cũng tương đương với Ag−SiO_2; cụ thể nghiệm thức Cu−SiO_2 (125 ppm) có đường kính tản nấm thấp nhất đạt 14,7 mm, tương ứng với hiệu lực ức chế 81,6%. Nghiệm thức AgCu−SiO_2 (125 ppm) không ghi nhận sự phát triển của .*F. oxysporum* và có hiệu lực ức chế hoàn toàn đạt 100%, tương đương với nghiệm thức Ridomil gold 68 WG. Điều đó cho thấy AgCu−SiO_2 có khả năng ức chế nấm *F. oxysporum* cao hơn đáng kể so với Ag−SiO_2 và Cu−SiO_2.



Hình 9: Ảnh hưởng của Ag−SiO_2, Cu−SiO_2, và AgCu−SiO_2 đến sự phát triển của nấm *Fusarium oxysporum*. ĐC: Đối chứng; RD: Ridomil gold 68 WG. Số ở mỗi thử nghiệm tương ứng là nồng độ của các vật liệu, ppm.

Nguyễn Thị Bích Ngọc và các cộng sự (2015)[21] đã chỉ ra rằng ở nồng độ 100 mg/L của nano bạc cho tỷ lệ ức chế khoảng 57,6% đối với nấm *F. oxysporum* và



Hình 10: Hình ảnh tản sợi của *Fusarium oxysporum* ở thời điểm 5 NSC, xử lý bởi Ag−SiO_2 (A), Cu−SiO_2 (B) và AgCu−SiO_2 (C). RD: Ridomil gold 68 WG; ĐC: Đối chứng nước. Số tương ứng là nồng độ tương ứng của các vật liệu ở mỗi thử nghiệm, ppm.

78,07% đối với nấm *R. solani,* tại nồng độ 300 mg/L cho tỷ lệ ức chế 79,2% đối với *F. oxysporum.* Nguyễn Thị Thanh Hải và các cộng sự (2020)[23] nghiên cứu khả năng ức chế sự phát triển các nấm *Pyricularia oryzae* và *Rhizoctonia solani* gây bệnh đạo ôn và khô vằn trên cây lúa của nanocomposite Cu−SiO_2. Kết quả cho thấy hiệu lực ức chế nấm *P. oryzae* và *R. solani* của Cu−SiO_2 tương đối tốt, với hiệu lực ức chế đạt 79,0 % và 76,7 % tương ứng với mỗi loại nấm ở nồng độ 100 ppm. Trong một nghiên cứu khác, Edgardo Cruces và các cộng sự đã tổng hợp nano lưỡng kim bạc đồng, cố định trên khoáng vật aluminosilicate và chỉ ra rằng khả năng kháng các khuẩn *Escherichia coli* và *Staphylococcus aureus* của nano lưỡng kim bạc đồng tốt hơn so với các nano đơn kim loại. Gần đây, Ahmed I. El-Batal và các cộng sự (2024) đã kết hợp nano lưỡng kim bạc đồng và nấm *Bacillus safensis* để trị bệnh thối rễ trên cây dâu tây[24]. Kết quả trong bài báo cho thấy rằng việc kết hợp nano lưỡng kim bạc đồng để phun trên lá (với nồng độ 200 ppm) và *B. safensis* tưới làm ướt đất có thể kiểm soát hiệu quả bệnh mốc xám và thối rễ trong quá trình phát triển của dâu tây[24,25]. Những nghiên cứu trên đã cho thấy tiềm năng ứng dụng nanocomposite AgCu−SiO_2 như là phương pháp thay thế mới các thuốc hóa học, kháng sinh để kiểm soát các nấm bệnh trên cây trồng.

KẾT LUẬN

Nanocomposite AgCu−SiO_2 được tổng hợp thành công bằng phương pháp khử hóa học xanh, kết hợp với sóng siêu âm cường độ cao. Các hạt nano kim loại với kích thước từ vài nano mét đến vài chục nm và kích thước hạt trung bình là 7,52 ± 1,12 nm được phân bố dày đặc trên bề mặt silica. Bên cạnh đó, AgCu−SiO_2 có khả năng ức chế hiệu quả sự phát triển của các nấm *R. solani* , *F. oxysporum* và *P. catenulatum*, gây bệnh lở cổ rễ cho cây cà chua. Nano đồng có ảnh hưởng mạnh hơn đến khả năng kháng nấm so với nano bạc đối với cả ba loại nấm, và các nấm *R. solani* và *P. catenulatum* rất mẫn cảm với vật liệu chứa nano đồng. Nấm *R. solani* không phát triển ở các nghiệm thức Cu−SiO_2 (125 ppm) và AgCu−SiO_2 (125 ppm), trong khi nấm này phát triển ở nghiệm thức Ag−SiO_2 (125 ppm) với đường kính 17,93 mm và phát triển đầy đĩa petri (80 mm) ở nghiệm thức đối chứng sau 72 giờ sau cấy. Đối với nấm *F. oxysporum*, các vật liệu Ag−SiO_2 và Cu−SiO_2 đạt hiệu lực ức chế cao nhất khoảng 80% ở nồng độ 125 ppm, còn AgCu−SiO_2 (125 ppm) đạt hiệu lực ức chế 100%, bằng với nghiệm thức thuốc hóa học Ridomil gold 68 WG (nồng độ khuyến cáo 3000 ppm). Các kết quả trên cho thấy sự kết hợp bạc và đồng trong nanocomposite AgCu−SiO_2 làm tăng cường hoạt tính kháng nấm, gây bệnh lở cổ rễ của cây cà chua.

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

Ag NP: nano bạc
Cu NP: nano đồng
Si NP: nano silic
UV-Vis: hổ hấp thụ từ ngoại – khả kiến
XRD: Giản đồ nhiễu xạ tia X
ICP-MS: Phổ nguồn plasma cảm ứng cao tần kết nối khối phổ
AAS: Phổ hấp thụ nguyên tử

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả tuyên bố rằng không có xung đột lợi ích.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Nghiên cứu này được thiết kế bởi Trần Công Khánh. Trần Quốc Vinh, Bùi Thị Thu Thảo, Trần Thị Huỳnh Như, Huỳnh Lê Nhựt Thủy, Triệu Huy Vănvà Võ Thị Ngọc Hà thực nghiệm, thu thập số liệu và xử lý kết quả. Bản thảo được viết bởi Đặng Vinh Quang và Trần Công Khánh.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số B2023-18-16.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Burgess LW, Knight TE, Tesoriero L, Hiền PT. Cẩm nang chẩn đoán bệnh cây ở Việt Nam. Trung tâm Nghiên cứu Nông nghiệp Quốc tế Australia (ACIAR), 2009, 210;.
2. Wang Y, Deng C, Rawat S, Cota-Ruiz K, Medina-Velo I, Gardea-Torresdey JL. Evaluation of the Effects of Nanomaterials on Rice (Oryza sativa L.) Responses: Underlining the Benefits of Nanotechnology for Agricultural Applications. ACS Agric Sci Technol [Internet]. 2021 Apr 19 [cited 2024 Dec 16];1(2):44–54;Available from: https://doi.org/10.1021/acsagscitech.1c00030.

3. Pham DC, Nguyen TH, Ngoc UTP, Le NTT, Tran TV, Nguyen DH. Preparation, Characterization and Antifungal Properties of Chitosan-Silver Nanoparticles Synergize Fungicide Against Pyricularia oryzae. J Nanosci Nanotechnol. 2018 Aug 1;18(8):5299–305;.
4. Vinh TQ, Thao BTT, Ha VTN, Quang DV, Khanh TC. Synthesis of copper/silica nanocomposites for application in preventing Ralstonia solanacearum bacteria causing the wilt disease. Science & Technology Development Journal: Natural Sciences [Internet]. 2024 Jun 30 [cited 2024 Dec 15];8(2):2947–55;Available from: https://stdjns.scienceandtechnology.com.vn/index.php/stdjns/article/view/1328.
5. Hsieh JH, Yeh TH, Hung SY, Chang SY, Wu W, Li C. Antibacterial and tribological properties of TaN–Cu, TaN–Ag, and TaN–(Ag,Cu) nanocomposite thin films. Materials Research Bulletin [Internet]. 2012 Oct 1 [cited 2024 Dec 15];47(10):2999–3003;Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025540812003054.
6. Hengel IAJ van, Tierolf MW a. M, Valerio VPM, Minneboo M, Fluit AC, Fratila-Apachitei LE, et al. Self-defending additively manufactured bone implants bearing silver and copper nanoparticles. J Mater Chem B [Internet]. 2020 Feb 26 [cited 2024 Dec 15];8(8):1589–602;Available from: https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/tb/c9tb02434d.
7. Mureed S, Naz S, Haider A, Raza A, Ul-Hamid A, Haider J, et al. Development of Multi-concentration Cu:Ag Bimetallic Nanoparticles as a Promising Bactericidal for Antibiotic-Resistant Bacteria as Evaluated with Molecular Docking Study. Nanoscale Res Lett [Internet]. 2021 May 22 [cited 2024 Dec 15];16(1):91;Available from: https://doi.org/10.1186/s11671-021-03547-6.
8. Medina JC, Garcia-Perez VI, Zanella R. Metallic composites based on Ag, Cu, Au and Ag-Cu nanoparticles with distinctive bactericidal effect on varied species. Materials Today Communications [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2024 Dec 15];26:102182;Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352492821001744.
9. Cruces E, Arancibia-Miranda N, Manquián-Cerda K, Perreault F, Bolan N, Azócar MI, et al. Copper/Silver Bimetallic Nanoparticles Supported on Aluminosilicate Geomaterials as Antibacterial Agents. ACS Appl Nano Mater [Internet]. 2022 Jan 28 [cited 2024 Dec 15];5(1):1472–83;Available from: https://doi.org/10.1021/acsanm.1c04031.
10. Naaz H, Rawat K, Saffeullah P, Umar S. Silica nanoparticles synthesis and applications in agriculture for plant fertilization and protection: a review. Environ Chem Lett [Internet]. 2023 Feb 1 [cited 2025 Feb 21];21(1):539–59;Available from: https://doi.org/10.1007/s10311-022-01515-9.
11. Cui J, Liu T, Li F, Yi J, Liu C, Yu H. Silica nanoparticles alleviate cadmium toxicity in rice cells: Mechanisms and size effects. Environ Pollut. 2017 Sep;228:363–9;.
12. Tripathi DK, Singh S, Singh VP, Prasad SM, Dubey NK, Chauhan DK. Silicon nanoparticles more effectively alleviated UV-B stress than silicon in wheat (Triticum aestivum) seedlings. Plant Physiol Biochem. 2017 Jan;110:70–81;.
13. Abdel-Haliem MEF, Hegazy HS, Hassan NS, Naguib DM. Effect of silica ions and nano silica on rice plants under salinity stress. Ecological Engineering [Internet]. 2017 Feb 1 [cited 2024 Dec 15];99:282–9;Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857416306899.
14. Jullok N, Van Hooghten R, Luis P, Volodin A, Van Haesendonck C, Vermant J, et al. Effect of silica nanoparticles in mixed matrix membranes for pervaporation dehydration of acetic acid aqueous solution: plant-inspired dewatering systems. Journal of Cleaner Production [Internet]. 2016 Jan 20 [cited 2024 Dec 16];112:4879–89;Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615012408.
15. Janmohammadi M, Amanzadeh T, Sabaghnia N, Ion V. Effect of nano-silicon foliar application on safflower growth under organic and inorganic fertilizer regimes. Botanica Lithuanica [Internet]. 2016 Jun 1 [cited 2024 Dec 15];22(1):53–64;Available from: https://botanicalithuanica.gamtc.lt/en/publication/777/effect-of-nano-silicon-foliar-application-on-safflower-growth-under-organic-and-inorganic-fertilizer-regimes-ant-lapu-purskiamo-nano-silicio-poveikis-dygmino-augimui-tresiant-organinemis-ir-neorganinemis-trasomis.
16. Bui TTT, Tran VQ, Dang VQ, Nguyen TT, Vo TNH, Do DT, et al. Study of stability and antimicrobial activity of colloidal Ag/SiO2 nanocomposites. Adv Nat Sci: Nanosci Nanotechnol [Internet]. 2021 Jun [cited 2024 Dec 15];12(2):025010;Available from: https://dx.doi.org/10.1088/2043-6262/ac079c.
17. Liu P, Wang H, Li X, Rui M, Zeng H. Localized surface plasmon resonance of Cu nanoparticles by laser ablation in liquid media. RSC Adv [Internet]. 2015 Sep 18 [cited 2024 Dec 15];5(97):79738–45;Available from: https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2015/ra/c5ra14933a.
18. Yan J, Zhang D, Zou G, Liu L, Zhou YN. Preparation of Oxidation-Resistant Ag-Cu Alloy Nanoparticles by Polyol Method for Electronic Packaging. J Electron Mater [Internet]. 2019 Feb 1 [cited 2024 Dec 15];48(2):1286–93;Available from: https://doi.org/10.1007/s11664-018-6771-y.
19. Fan X, Yahia L, Sacher E. Antimicrobial Properties of the Ag, Cu Nanoparticle System. Biology (Basel) [Internet]. 2021 Feb 10 [cited 2024 Dec 15];10(2):137;Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7916421/.
20. Aprilia S, Rosnelly CM, Zuhra, Fitriani F, Haffiz Akbar E, Raqib M, et al. Synthesis of amorphous silica from rice husk ash using the sol–gel method: Effect of alkaline and alkaline concentration. Materials Today: Proceedings [Internet]. 2023 Jan 1 [cited 2024 Dec 16];87:225–9;Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785323009665.
21. Ngọc NTB, Châu NH, Tin TX, Nhất LM, Dung PT, Hường NTT, et al. Nghiên cứu hiệu quả của hạt nano bạc ức chế một số chủng nấm thực vật (Fusarium oxysporum, Colletotrichum, Rhizoctonia sonali và Corynespora cassiicola) TRONG PHÒNG THÍ NGHIỆM. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam. 2015;05(59):80–7;.
22. Thirumoorthy G, Balasubramanian B, George JA, Nizam A, Nagella P, Srinatha N, et al. Phytofabricated bimetallic synthesis of silver-copper nanoparticles using Aerva lanata extract to evaluate their potential cytotoxic and antimicrobial activities. Sci Rep [Internet]. 2024 Jan 13 [cited 2024 Dec 16];14(1):1270;Available from: https://www.nature.com/articles/s41598-024-51647-x.
23. Hai NTT, Phuong TNM, Luong NV, Toan DK, Hoa TT, Thuy NTT. Synthesis and in vitro Antifungal Efficacy of Copper-silica Nanocomposites against Pathogenic Fungi of Rice. VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology [Internet]. 2020 Dec 22 [cited 2024 Dec 15];36(4);Available from: https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5056.
24. El-Batal AI, Eid NA, Al-Habeeb RS, Al-Bishri WM, El-Sayyad GS, Badran AE. Promising antifungal behavior of biosynthesized bimetallic silver-copper oxide nanoparticles and Bacillus safensis against some strawberry rots. Physiological and Molecular Plant Pathology [Internet]. 2024 Sep 1 [cited 2025 Feb 21];133:102366;Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0885576524001504.
25. El-Batal AI, Eid NA, Al-Habeeb RS, Al-Bishri WM, El-Sayyad GS, Badran AE. Promising antifungal behavior of biosynthesized bimetallic silver-copper oxide nanoparticles and Bacillus safensis against some strawberry rots. Physiological and Molecular Plant Pathology [Internet]. 2024 Sep 1 [cited 2024 Dec 15];133:102366;Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0885576524001504.

Science & Technology Development Journal – Natural Sciences 2025, 9(2):3338-3345

Open Access Full Text Article

Research Article

The preparation of bimetallic silver copper–silica nanocomposites for antifungal application against fungi causing root rot disease

Cong Khanh Tran[1,2,*], Quoc Vinh Tran[1,2], Thi Ngoc Ha Vo[3], Thi Thu Thao Bui[1,2], Thi Huynh Nhu Tran[3], Le Nhut Thuy Huynh[1,2], Huy Van Trieu[1,2], Vinh Quang Dang[1,2]

Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

This paper presented the preparation of AgCu−SiO_2 nanocomposite by green chemical reduction method combined with ultrasound. The physicochemical properties of AgCu−SiO_2 were analyzed using techniques such as ultraviolet−visible absorption spectroscopy, X-ray diffraction, scanning electron microscopy, transmission electron microscopy, energy-dispersive X-ray spectroscopy, inductively coupled plasma mass spectrometry and atomic absorption spectroscopy. The analytical results indicated that the AgCu−SiO_2 nanocomposite contained bimetallic nanoparticles of silver and copper, with sizes of 7.52 ± 1.12 nm. These nanoparticles were densely distributed on the silica surface. The antifungal activity of AgCu−SiO_2 was compared to monometallic nanocomposites (Ag−SiO_2, Cu−SiO_2) and a commercial fungicide Ridomil gold 68 WG against *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* and *Pythium catenulatum*, causing collar rots disease on Solanaceae. The results showed that AgCu−SiO_2 exhibited good fungal growth inhibition compared to the monometallic nanocomposites. Specifically, the AgCu−SiO_2 nanocomposite with complete fungal inhibition at a concentration of 125 ppm against all three studied fungal strains suggested its potential as an effective alternative to conventional chemical active ingredients in managing root rot disease.

Key words: nanocomposite, silver copper - silica, Rhizoctonia solani, Fusarium oxysporum, Pythium catenulatum

[1]*Faculty of Materials Science and Technology, University of Science, Ho Chi Minh City, Vietnam*

[2]*Viet Nam National University Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Vietnam*

[3]*Faculty of Agronomy, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam*

Correspondence

Cong Khanh Tran, Faculty of Materials Science and Technology, University of Science, Ho Chi Minh City, Vietnam

Viet Nam National University Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: tckhanh@hcmus.edu.vn

History

- Received: 16-12-2024
- Revised: 24-2-2025
- Accepted: 19-3-2025
- Published Online: 23-6-2025

DOI :

https://doi.org/10.32508/stdjns.v9i2.1426

Check for updates

Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.

VNUHCM PRESS

Cite this article : Tran C K, Tran Q V, Vo T N H, Bui T T T, Tran T H N, Huynh L N T, Trieu H V, Dang V Q. **The preparation of bimetallic silver copper–silica nanocomposites for antifungal application against fungi causing root rot disease**. *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.* 2025; 9(2):3338-3345.