

KHẢ NĂNG ỨC CHẾ CỦA CHẾ PHẨM NANO BẠC ĐỐI VỚI NẤM GÂY BỆNH ĐÓM LÁ TRÊN CÂY HOÀNG MAI (*OCHNA INTEGERRIMA*) Ở THÀNH PHỐ HUẾ

Nguyễn Thị Minh Nga^{1,2*}, Hoàng Hà Mỹ Á¹, Nguyễn Đức Huy¹, Nguyễn Tiến Long¹, Nguyễn Quang Đức Tiến², Nguyễn Thị Thu Thủy^{3*}

¹Viện Công nghệ Sinh học, Đại học Huế;

²Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế;

³Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế.

*Tác giả liên hệ: nguyenthiminhnga@hueuni.edu.vn; nguyenthithuthuy@huaf.edu.vn

Nhận bài: 11/08/2025 Hoàn thành phản biện: 11/12/2025 Chấp nhận bài: 16/12/2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu xác định tác nhân gây bệnh đốm lá trên cây Hoàng mai (*Ochna integerrima*) ở thành phố Huế và đánh giá khả năng kháng nấm của nano bạc trong điều kiện *in vitro*. Trên môi trường PDA, nấm thường có màu trắng hoặc kem, dạng bông, sau đó chuyển sang màu hồng và tím nhạt sau (3-5 ngày). Các bào tử thường có hình thoi cong với đỉnh nhọn và đáy hình chân; có nhiều vách ngăn, dao động từ 3 đến 4 ngăn. Bằng kỹ thuật sinh học phân tử với cặp mồi ITS1-ITS4 đã xác nhận nấm gây bệnh là *Fusarium fujikuroi*. Đây là minh chứng ban đầu cho thấy *Fusarium fujikuroi* là tác nhân gây bệnh đốm lá trên cây Hoàng mai ở Việt Nam. Để tìm hiểu các biện pháp kiểm soát nấm *Fusarium fujikuroi*, chúng tôi đã đánh giá hiệu quả kháng nấm ở các nồng độ nano bạc khác nhau (1%, 2%, 4%, 5%, 8% và 10%) trong điều kiện *in vitro*. Kết quả xử lý bằng nano bạc 10% cho thấy hiệu quả ức chế 100% đối với nấm *Fusarium fujikuroi*, trong khi nồng độ 8% đạt hiệu quả ức chế 66,25%. Vì vậy, chế phẩm nano bạc có khả năng ức chế sự phát triển của nấm *Fusarium fujikuroi*, tác nhân gây bệnh đốm lá, và có thể sử dụng như một giải pháp thân thiện với môi trường để kiểm soát bệnh trên cây trồng.

Từ khóa: *Fusarium fujikuroi*, Hoàng mai (*Ochna integerrima*), Kháng nấm, Nano bạc

INHIBITORY EFFECT OF NANO SILVER ON LEAF SPOT FUNGUS OF *OCHNA INTEGERRIMA* IN HUE CITY

Nguyen Thi Minh Nga^{1,2*}, Hoang Ha My A¹, Nguyen Duc Huy¹, Nguyen Tien Long¹, Nguyen Quang Duc Tien², Nguyen Thi Thu Thuy^{3*}

¹Institute of Biotechnology, Hue University;

²University of Sciences, Hue University;

³University of Agriculture and Forestry, Hue University.

*Corresponding author: nguyenthiminhnga@hueuni.edu.vn;

nguyenthithuthuy@huaf.edu.vn

Received: 11/08/2025

Revised: 11/12/2025

Accepted: 16/12/2025

ABSTRACT

This study aimed to identify the causal agent of leaf spot disease on *Ochna integerrima* in Hue City and to evaluate the antifungal efficacy of silver nanoparticles (AgNPs) under *in vitro* conditions. On PDA medium, fungal colonies initially appeared white to cream and cottony, then gradually turned pink to light violet after 3–5 days. The conidia were typically spindle-shaped and curved, with pointed apices and foot-shaped bases, containing 3–4 septa. Molecular identification using ITS1–ITS4 primers confirmed the pathogen as *Fusarium fujikuroi*. To the best of our knowledge, this is the first report of *F. fujikuroi* causing leaf spot disease on *O. integerrima* in Vietnam. To explore potential control measures, we assessed the antifungal activity of AgNPs at different concentrations (1%, 2%, 4%, 5%, 8%, and 10%) under *in-vitro* conditions. The results showed that 10% AgNPs completely inhibited fungal growth (100%), while 8% AgNPs achieved 66.25% inhibition. These findings suggest that AgNPs are effective in suppressing the growth of *F. fujikuroi* and may serve as an eco-friendly alternative for managing leaf spot disease in crops.

Keywords: Antifungal, *Fusarium fujikuroi*, Nano silver, *Ochna integerrima*

1. MỞ ĐẦU

Cây Hoàng mai (*Ochna integerrima* (Lour) Merr.), còn được gọi là mai vàng Huế hay Ngự Mai là một loài hoa đặc trưng và nổi tiếng của vùng đất cố đô Huế. Hoa thường nở vào dịp Tết nguyên đán gắn liền với đời sống văn hóa và tinh thần của người dân nơi đây. Hoa mai mang ý nghĩa cho sự may mắn, sự thịnh vượng và hạnh phúc (Việt Chương, 2007). Từ xưa, Hoàng mai được trồng trong khuôn viên cung đình, phủ đệ, sân đình, chùa chiền và nhà dân, góp phần tạo nên vẻ đẹp sang trọng, thanh tao của không gian kiến trúc và cảnh quan Huế (Việt Chương, 2007). Khác với các giống mai ở miền Nam có nhiều cánh hoặc giống hồng điệp mai ở Trung Trung Bộ có lá đỏ, Hoàng mai mang nét đặc trưng riêng với hoa năm cánh, sắc vàng rực rỡ, lá xanh đậm và mùi thơm dịu nhẹ. Đặc biệt, cây chỉ sinh trưởng và phát triển tốt trong điều kiện khí hậu - thổ nhưỡng đặc thù của vùng đất sông Hương - núi Ngự, khiến nó trở thành loài hoa bản địa quý hiếm và có giá trị cảnh quan sinh học cao. Năm 2021, đề án “Xây dựng Thừa Thiên Huế trở thành xứ sở Mai vàng của Việt Nam” của UBND tỉnh Thừa Thiên Huế được phê duyệt với mục tiêu khôi phục và phát huy truyền thống trồng mai tại địa phương (Quyết định 915/QĐ - UBND tỉnh Thừa Thiên Huế 2021). Nhờ đó, hiện nay người dân Huế nhận thấy nghề trồng Hoàng mai mang lại hiệu quả kinh tế cao nên diện tích trồng mai ngày càng tăng. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, sự xuất hiện ngày càng nhiều các bệnh hại, đặc biệt là các bệnh gây hại trên lá, đang ảnh hưởng nghiêm trọng đến sinh trưởng, thẩm mỹ và giá trị kinh tế của cây Hoàng mai. Chính vì thế, cần nghiên cứu phát hiện tác nhân gây bệnh và đề xuất biện pháp phòng trừ hiệu quả là cần thiết nhằm bảo tồn và phát triển nguồn gen quý này.

Hiện nay, công nghệ nano được xem là một giải pháp xanh, được ứng dụng rộng rãi trong nông nghiệp như sản xuất thuốc

bảo vệ thực vật, phân bón vi lượng hay xử lý hạt giống và bảo quản nông sản sau thu hoạch (Alfosea-Simón, 2025); thúc đẩy sự nảy mầm của hạt giống; cải thiện năng suất cây trồng (Sajad K, 2023). Những ứng dụng này góp phần hướng tới phát triển một nền nông nghiệp sạch, an toàn và bền vững. Đặc biệt, trong lĩnh vực bảo vệ thực vật, công nghệ nano đã chứng minh tiềm năng trong việc phát triển các chế phẩm kiểm soát dịch hại do nấm, vi khuẩn và tuyến trùng gây ra (Carrillo-Lopez, 2024.) AgNPs đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát nấm bệnh trên nhiều loại cây trồng khác nhau như cam, chanh, ớt chuông, dưa chuột, cà tím, chà là. (Zubaidi và cs., 2019). Nghiên cứu của Malik và cs. (2024) báo cáo rằng, ở nồng độ 15 mg/mL trong điều kiện *in vitro*, các hạt nano bạc (AgNPs) cho thấy khả năng ức chế mạnh đối với nhiều loài nấm gây bệnh, bao gồm *Aspergillus flavus*, *Penicillium citrinum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium metavorans*, và *Aspergillus aflatoxiformans*. Tương tự, Roy và cs. (2013) đã ghi nhận hoạt tính kháng nấm mạnh của AgNPs tổng hợp từ nấm *Agaricus bisporus* đối với các chủng *Sclerotium rolfsii*, *Aspergillus niger* và *Rhizoctonia solani*, là những tác nhân gây thối thân và thối rễ trên cây lạc. Ngoài ra, điều thú vị là AgNPs thể hiện hiệu quả chống lại nhiều loại nấm, bao gồm *Candida* spp., nấm da và một số loại nấm gây bệnh thực vật như *Bipolaris sorokiniana* và *Magnaporthe grisea* (Rajeshkumar, 2019; Mansoor và cs., 2021). Bên cạnh đó, AgNPs tổng hợp từ chiết xuất lá muồng hoàng yến (*Cassia roxburghii*) cho thấy hoạt tính kháng nấm tuyệt vời đối với ba loại nấm gây bệnh ở thực vật: *Curvularia* sp., *Rhizoctonia solani* và nấm *Fusarium oxysporum* (Balashanmugam và cs., 2016). Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung phân lập và định danh vi sinh vật gây bệnh đốm lá trên cây Hoàng mai ở thành phố Huế và xác định khả năng ức chế của nano bạc với nấm gây bệnh này. Từ đó có thể đề xuất biện

pháp phòng chống bệnh đốm lá mai hiệu quả ở thành phố Huế.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu, thời gian và địa điểm nghiên cứu

- Vật liệu nghiên cứu: Nấm gây bệnh đốm lá trên cây Hoàng mai ở Thành phố Huế được thu thập tại các vườn mai. Chế phẩm nano bạc được cung cấp bởi Trung tâm nghiên cứu và triển khai công nghệ bức xạ (VINAGAMMA) Đà Nẵng. Thành phần của chế phẩm nano Ag+Cu (tỷ lệ mol 1:1) = 1000mg/L, chitosan 1,5%; lactic 1%. Kích thước hạt: 10-15nm

- Thời gian nghiên cứu: Từ tháng 10 năm 2024 đến tháng 7 năm 2025

- Địa điểm thực hiện: Thí nghiệm được thực hiện tại phòng thí nghiệm Công nghệ Enzyme và Protein, Viện Công nghệ sinh học - Đại học Huế.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Giám định bệnh đốm lá mai

- Thu thập mẫu: Mẫu lá mai (biểu hiện bệnh đốm lá) được thu thập ở các vườn mai trong khu vực Đại Nội, Thành phố Huế. Thời điểm thu mẫu bệnh thích hợp nhất là ở giai đoạn đầu hoặc giữa của bệnh, khi vi sinh vật hại vẫn đang ở trạng thái hoạt động. Mẫu bệnh được thu ngẫu nhiên trên vườn, có triệu chứng bệnh mới và điển hình, cho vào túi và đánh dấu mẫu bệnh và vận chuyển về phòng thí nghiệm để bảo quản ở 4°C và tiến hành phân lập. Biểu hiện bệnh được quan sát, ghi chép và chụp ảnh trực tiếp tại vườn để thuận tiện cho việc so sánh và phân tích.

- Phân lập và giám định hình thái nấm gây bệnh: Mẫu bệnh được tiến hành phân lập theo phương pháp của Burgess và cs. (2008). Mẫu bệnh được rửa sạch bằng nước cất vô trùng, sau đó tiến hành khử trùng bề mặt mẫu lần lượt bằng dung dịch NaOCl 1% (1.5 phút) và ethanol 70% (1 phút), rồi rửa lại 3 – 4 lần bằng nước cất vô trùng. Mẫu được thấm khô bằng giấy thấm vô trùng. Mô bệnh được

cắt thành từng mảnh nhỏ kích thước 5 mm x 5 mm (vùng tiếp giáp giữa mô bệnh và mô khỏe). Đặt các mảnh mô vào môi trường thạch nước cất (WA) và ủ ở nhiệt độ $25 \pm 2^\circ\text{C}$ trong khoảng 48 - 96 giờ để nấm bệnh phát triển. Khi sợi nấm phát triển đạt đường kính khoảng 1 - 2 cm, tiến hành cấy chuyển sang môi trường PDA (Potato Dextrose Agar: 200g khoai tây, 20g glucose, 20g agar cho 1L nước). Sợi nấm được làm thuần cấy chuyển bằng phương pháp cấy đỉnh sinh trưởng. Các đặc điểm hình thái được quan sát dưới kính hiển vi và đo kích thước bào tử để lựa chọn các dòng nấm phân lập thuần chủng.

- Phương pháp lây nhiễm nhân tạo ở trong phòng thí nghiệm: Lá cây Hoàng mai được thu hái về, xử lý khử trùng bề mặt rồi gây tổn thương mặt trên của lá, sau đó áp thạch nấm lên vị trí vết thương. Lá đối chứng được xử lý tương tự nhưng thay thạch nấm bằng nước cất. Các triệu chứng sau khi lây nhiễm được quan sát, ghi nhận và so sánh với biểu hiện bệnh trên thực địa cũng như mẫu nấm phân lập ban đầu. Tiếp theo, phân lập lại nấm bệnh từ mẫu lây bệnh nhân tạo để so sánh với các mẫu đã phân lập từ mẫu bệnh tự nhiên. Tiến hành lây nhiễm nhân tạo nhắc lại 3 lần, mỗi lần nhắc lại 2 lá. Kiểm tra triệu chứng và giám định lại các nấm gây bệnh trên cây Hoàng mai (Burgess và cs., 2008).

- Định danh phân tử bằng kỹ thuật PCR và giải trình tự vùng ITS: DNA tổng số của chủng nấm được tách chiết bằng kit tách TopPURE® PLANT DNA EXTRACTION KIT (HI-122) theo hướng dẫn của nhà sản xuất (công ty TNHH Thiết bị ABT). Vùng ITS (Internal Transcribed Spacer) được khuếch đại bằng cặp mồi ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') và ITS4-R (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'). Phản ứng PCR được thực hiện theo chu trình như sau: 95°C trong 10 phút; 30 chu kỳ ở 95°C trong 30 giây, 53°C trong 30 giây và 72°C trong 1 phút; 72°C trong 10 phút. Các sản phẩm PCR được điện di trên gel agarose 0,8%

và được nhuộm bằng SafeView™ Classic Nucleic Acid Stain (Applied Biological Materials Inc., Canada). Hình ảnh điện di được quan sát bởi hệ thống Ultra Slim LED Illuminator. Các sản phẩm PCR được tinh sạch và giải trình tự tại công ty TNHH DNA SEQUENCING. So sánh các trình tự này với dữ liệu của GenBank bằng công cụ BLAST trên NCBI (<http://ncbi.nlm.nih.gov/>) để xác định loài.

2.2.2. Phương pháp xác định khả năng ức chế của nano bạc với nấm gây bệnh đốm lá trên cây Hoàng mai trong điều kiện phòng thí nghiệm

$$HLUC (\%) = \frac{C-T}{C} \times 100$$

Trong đó: HLUC (%): là hiệu lực ức chế của nano bạc tính theo phần trăm

C (mm): Đường kính tản nấm trên môi trường không nano bạc (công thức đối chứng)

T (mm): Đường kính tản nấm trên môi trường có nano bạc

Dữ liệu được phân tích bằng ANOVA một nhân tố, tiếp theo là phép so sánh hậu nghiệm để xác định sự khác biệt giữa các nghiệm thức ở mức ý nghĩa $p \leq 0,05$. Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

Thí nghiệm được tiến hành trong đĩa petri với công thức đối chứng không sử dụng nano (CT1) và 6 công thức với các nồng độ nano bạc khác nhau lần lượt là 1%; 2%; 4%; 5%; 8% và 10% tương ứng các kí hiệu CT2; CT3; CT4; CT5; CT6 và CT7. Mỗi công thức được bố trí nhắc lại 3 lần. Cắt một mảnh nấm thuần có kích thước 2×2 mm được đặt vào tâm đĩa petri (Φ 9 cm) chứa môi trường PDA (Potato Dextrose Agar) đã bổ sung các nồng độ nano bạc khác nhau. Đường kính tản nấm (cm) được đo sau 1, 3, 5 và 7 ngày xử lý với nano bạc (NSC). Hiệu lực ức chế của chế phẩm nano bạc với nấm được tính theo công thức của Abbott:

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Giám định bệnh đốm lá trên cây Hoàng mai

Giám định hình thái

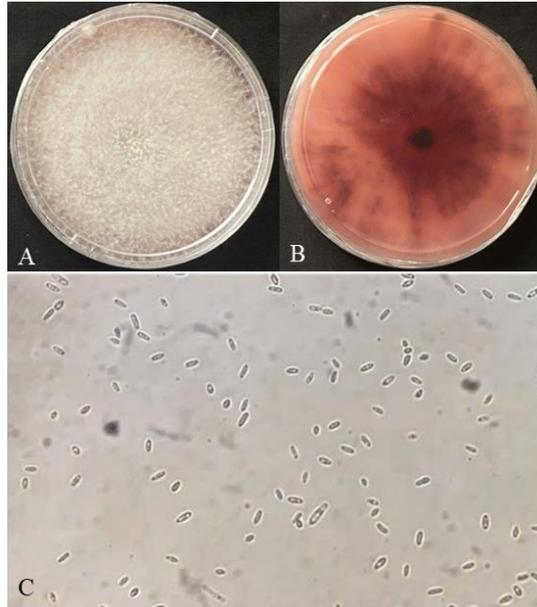
Các mẫu lá Hoàng mai thu thập tại vườn mai ở khu vực Đại Nội - Thành phố Huế có biểu hiện bệnh đốm lá đặc trưng, với các đốm nâu viền vàng, chấm nâu nhỏ li ti, có dạng tròn đến bất định, kích thước dao động từ 2 - 6 mm. Một số đốm có viền màu vàng nhạt xung quanh và có xu hướng liên kết thành mảng lớn. Phần lớn vết bệnh xuất hiện nhiều ở trên lá già và dần sẽ lan sang các lá non, sau đó chúng có hiện tượng vàng và rụng sớm.



Hình 1. Triệu chứng bệnh đốm lá Hoàng mai (Hình bên trái: Triệu chứng bệnh đốm lá trên cây; Hình bên phải: Mặt trên lá Hoàng mai nhiễm bệnh đốm lá)

Phân lập chủng nấm bệnh trên môi trường PDA (kí hiệu ĐN6), khuẩn lạc thường có màu trắng hoặc kem, dạng bông, sau đó chuyển sang màu hồng và tím nhạt (Hình 2A, 2B). Dưới kính hiển vi, thường có hình thoi cong với đỉnh nhọn và đáy hình chân. Chúng thường có nhiều vách ngăn, dao động từ 3 đến

4 ngăn (Hình 2C). Những đặc điểm hình thái này tương tự với những mô tả trước đây về nấm *Fusarium fujikuroi* của Jiang và cs. (2020). Tiếp theo, chúng tôi sử dụng kỹ thuật sinh học phân tử để giải trình tự vùng gen ITS nhằm xác định chính xác tên loài.



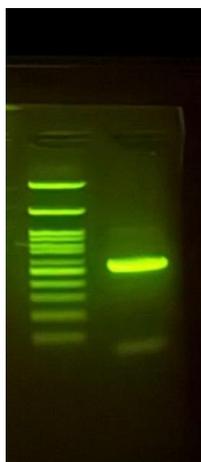
Hình 2. Đặc điểm hình thái của mẫu nấm bệnh ĐN6 trên môi trường PDA.

- A: Mặt trên tán nấm sau 7 ngày nuôi cấy trên môi trường PDA;
 B: Mặt dưới tán nấm sau 7 ngày nuôi cấy trên môi trường PDA;
 C: Bào tử nấm dưới kính hiển vi ở độ phóng đại X40

Giám định bằng sinh học phân tử

Kết quả khuếch đại vùng ITS với cặp mồi ITS1–ITS4 cho thấy sản phẩm PCR có kích thước khoảng 600 bp. Trình tự ITS thu được từ chủng ĐN6 sau khi so sánh với cơ sở dữ liệu GenBank bằng công cụ BLAST cho thấy chủng này tương đồng với họ *Fusarium* bao gồm *Fusarium fujikuroi*, *Fusarium*

acutatum và *Fusarium dlamini*. Kết quả tương đồng với chủng *Fusarium fujikuroi* (có Accession number NR 111889), với chủng *Fusarium acutatum* (có Accession number NR 138275) và *Fusarium dlamini* (có Accession number NR 111142) lần lượt là 99,81%, 99,62% và 99,44% (Hình 3). Vậy có thể kết luận chủng ĐN6 được phân lập từ vườn mai Đại Nội là chủng *Fusarium fujikuroi* ĐN6.



Sequences producing significant alignments	
<input checked="" type="checkbox"/> select all	100 sequences selected
Description	Scientific Name
<input checked="" type="checkbox"/> Fusarium fujikuroi CBS 221.78 ITS region, from TYPE material	Fusarium fujikuroi
<input checked="" type="checkbox"/> Fusarium annulatum CBS 256.54 ITS region, from TYPE material	Fusarium annulatum
<input checked="" type="checkbox"/> Fusarium aculeatum CBS 402.97 ITS region, from TYPE material	Fusarium aculeatum
<input checked="" type="checkbox"/> Fusarium echinophthium NRRL 13617 ITS region, from TYPE material	Fusarium echinophthium
<input checked="" type="checkbox"/> Fusarium dimeris NRRL 13164 ITS region, from TYPE material	Fusarium dimeris
<input checked="" type="checkbox"/> Fusarium concentricum NRRL 25181 ITS region, from TYPE material	Fusarium concentricum
<input checked="" type="checkbox"/> Fusarium elaeagni CGMCC 3.20622 ITS region, from TYPE material	Fusarium elaeagni
<input checked="" type="checkbox"/> Fusarium ryugasaki NRRL 13448 ITS region, from TYPE material	Fusarium ryugasaki

Hình 3. Hình ảnh điện di của chủng nấm ĐN6 và so sánh trình tự chủng nấm trên ngân hàng gen

Chủng *Fusarium fujikuroi* ĐN6 phân lập tại vườn mai ở khu vực Đại Nội - Thành phố Huế có trình tự như sau:

>ĐN6

TGCGGAGGGATCATTACCGAGTTT
CAACTCCCAAACCCCTGTGAACATA
CCAATTGTTGCCCTCGGCGGATCAGC
CCGCTCCCGGTAACCGGACGGCC
CGCCAGAGGACCCCTAAACTCTGTT
TCTATATGTAACCTTCTGAGTAAAC
CATAAATAAATCAAACTTTCAACA
ACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGA
TGAAGAACGCAGCAAAATGCGATA
AGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGT
GAATCATCGAATCTTTGAACGCACA
TTGCGCCCGCCAGTATTCTGGCGGG
CATGCCTGTTGAGCGTCATTTCAA
CCCTCAAGCCCCGGGTTTGGTGTT
GGGGATCGGCGAGCCCTTGCGGCAA
GCCGGCCCCGAAATCTAGTGGCGGT
CTCGCTGCAGCTTCCATTGCGTAGT

AGTAAAACCCTCGCAACTGGTACGC
GGCGCGCCAAGCCGTTAAACCCCC
AACTTCTGAATGTTGACCTCGGATC
AGGTAGGAATACCCGCTGAACTTAA
GCATATC

Giám định bằng lây bệnh nhân tạo trong điều kiện phòng thí nghiệm

Sau khi tiến hành lây nhiễm nhân tạo lên lá cây Hoàng mai khỏe mạnh, các triệu chứng đốm lá bắt đầu xuất hiện tại vị trí vết thương sau 5 ngày. Đốm bệnh có đặc điểm tương tự với mẫu bệnh ban đầu được thu ngoài thực địa. Mẫu lá đối chứng không có bất kỳ biểu hiện bệnh lý nào. Việc phân lập lại từ lá sau lây nhiễm cũng thu được chủng nấm có đặc điểm hình thái và trình tự ITS trùng khớp với chủng ĐN6 ban đầu. Điều này xác nhận khả năng gây bệnh của *Fusarium fujikuroi* trên lá cây Hoàng mai và đáp ứng đầy đủ theo quy trình Koch.



Hình 4. Tiến hành lây nhiễm nhân tạo (quy trình Koch)

3.2. Khả năng ức chế của nano bạc đối với nấm gây bệnh đốm lá trên cây Hoàng mai trong điều kiện *in vitro*

Kết quả đánh giá khả năng ức chế của các nồng độ nano bạc khác nhau đối với hệ sợi nấm *Fusarium fujikuroi* ĐN6 được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Đường kính hệ sợi nấm *Fusarium fujikuroi* ĐN6 ở các nồng độ nano bạc khác nhau (ĐK±SE)

Công thức	Đường kính hệ sợi nấm (cm)			
	1 NSC	3 NSC	5 NSC	7 NSC
CT1 (ĐC)	1,48 ^a ±0,11	4,02 ^a ±0,15	6,05 ^a ±0,18	6,72 ^a ±0,37
CT2 (1%)	1,40 ^a ±0,13	3,37 ^b ±0,13	5,37 ^{ab} ±0,13	6,22 ^b ±0,21
CT3 (2%)	1,25 ^b ±0,09	3,47 ^b ±0,16	5,03 ^b ±0,11	6,13 ^b ±0,26
CT4 (4%)	1,30 ^b ±0,08	3,65 ^b ±0,12	5,18 ^{ab} ±0,14	5,93 ^c ±0,19
CT5 (5%)	1,25 ^b ±0,12	2,93 ^c ±0,11	4,25 ^c ±0,17	5,25 ^d ±0,20
CT6 (8%)	1,05 ^c ±0,05	1,07 ^d ±0,08	1,85 ^d ±0,04	2,27 ^e ±0,12
CT7 (10%)	0,00 ^d ±0,00	0,00 ^e ±0,00	0,00 ^e ±0,00	0,00 ^f ±0,00

Các giá trị trung bình trong cùng một cột có các chữ cái thường khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở $p \leq 0,05$; ĐC: Đối chứng; NSC: Ngày sau cấy; SE: Sai số chuẩn

Bảng 2. Hiệu lực ức chế của các nồng độ nano bạc đối với nấm *Fusarium fujikuroi* ĐN6

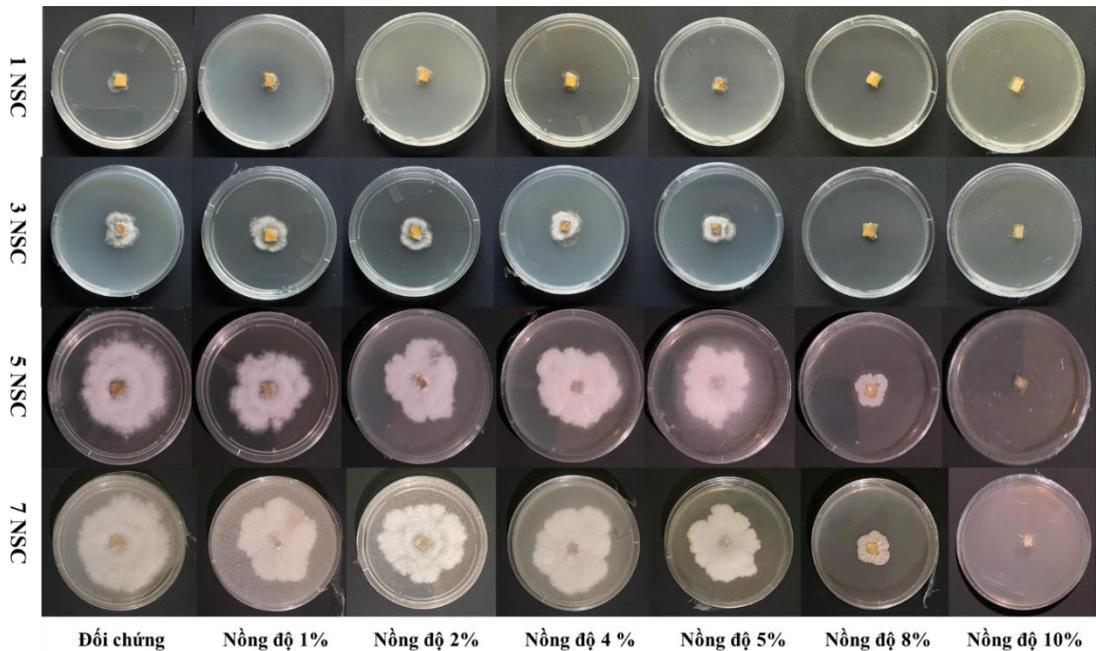
Công thức (CT)	Hiệu lực ức chế (%)			
	1 NSC	3 NSC	5 NSC	7 NSC
CT2 (1%)	5,62 ^d	16,17 ^d	11,29 ^c	7,44 ^c
CT3 (2%)	15,73 ^c	13,69 ^{de}	16,80 ^d	8,68 ^c
CT4 (4%)	12,36 ^c	9,20 ^e	14,33 ^{de}	11,66 ^d
CT5 (5%)	15,73 ^c	26,97 ^c	29,75 ^c	21,84 ^c
CT6 (8%)	29,21 ^b	73,44 ^b	69,42 ^b	66,25 ^b
CT7 (10%)	100,00 ^a	100,00 ^a	100,00 ^a	100,00 ^a

NSC: Ngày sau cấy

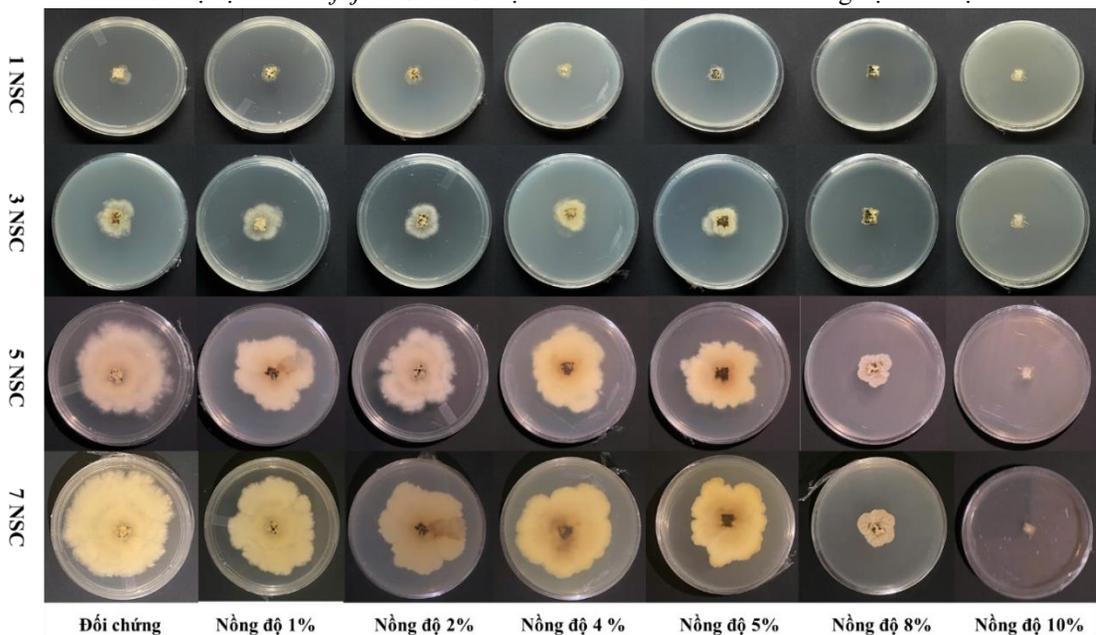
Bảng 1 cho thấy sự khác biệt rõ rệt về đường kính hệ sợi nấm *Fusarium fujikuroi* ĐN6 ở các công thức xử lý với nồng độ nano bạc khác nhau theo thời gian (1, 3, 5 và 7 NSC). Ở công thức đối chứng (không xử lý nano bạc), nấm phát triển mạnh, với đường kính hệ sợi nấm tăng dần theo thời gian, đạt 6,72 cm tại 7 NSC. Trong khi đó, các công thức có xử lý nano bạc đều cho thấy mức độ ức chế sự phát triển của nấm, với mức độ khác nhau tùy vào nồng độ sử dụng.

Ở ngày 1 ngày sau cấy (NSC), công thức đối chứng (CT1) và CT2 cho đường kính hệ sợi nấm lớn nhất 1,48- 1,40 cm. Các công thức từ CT3 – CT6 có đường kính hệ sợi nấm dao động từ 1,25 – 1,05 cm, cho thấy nấm *F.fujikuroi* ĐN6 vẫn sinh trưởng khá mạnh ở các mức nồng độ này. CT7 hoàn toàn không có sự phát triển (0 cm), chứng tỏ hiệu quả ức chế rõ rệt ở nồng độ cao nhất là 10%. Vào ngày 3 NSC, mẫu đối chứng tiếp tục tăng lên 4,02 cm. CT2 đạt 3.37 cm và CT6 giảm còn

1,07 cm thể hiện sự ức chế rõ hơn theo nồng độ, tuy nhiên CT7 vẫn không phát triển. Tại ngày 5 NSC, mẫu đối chứng có đường kính hệ sợi nấm đạt 6,05 cm. Trong khi, các công thức từ CT2 đến CT5 biểu hiện sự giảm dần về đường kính hệ sợi nấm theo nồng độ nano bạc (5,37 - 4,25 cm). CT6 chỉ còn 1,85 cm và CT7 vẫn bị ức chế hoàn toàn. Trong khi đó, thời gian 7 ngày sau cấy, ta có thể thấy nấm *F. fujikuroi* ĐN6 đã có phát triển về mặt kích thước, đường kính hệ sợi nấm đã có sự thay đổi rõ rệt đạt 6,72 cm. Các công thức CT2 - CT5 vẫn cho thấy sự phát triển nhưng thấp hơn đối chứng (6,22 – 5,25 cm). CT6 chỉ đạt 2,27 cm thấp nhất trong các công thức còn sinh trưởng, trong khi CT7 (nồng độ 10%) vẫn không phát triển. Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các công thức được khẳng định với mức $p \leq 0,05$, cho thấy nano bạc có tác dụng ức chế mạnh sự sinh trưởng của *F. fujikuroi* ĐN6 và hiệu quả tăng theo nồng độ sử dụng.



Hình 5. Hệ sợi nấm *F. fujikuroi* ĐN6 mặt trước đĩa 7 NSC với các nồng độ nano bạc



Hình 6. Hệ sợi nấm *F. fujikuroi* ĐN6 mặt sau đĩa 7 NSC với các nồng độ nano bạc

Bảng 2 cho thấy, tại ngày 1 NSC hiệu lực ức chế của các công thức CT2–CT6 dao động từ 5,62% đến 29,21%. Trong đó, CT6 (8%) thể hiện mức ức chế cao nhất đạt 29,21%, trong khi CT2 chỉ đạt 5,62%. CT7 (10%) đạt hiệu lực tuyệt đối 100%, phù hợp với việc không ghi nhận sự phát triển hệ sợi nấm ở Bảng 1. Đến ngày 3 NSC, hiệu lực ức

chế của các công thức đều tăng nhẹ hoặc duy trì xu hướng tương tự, với CT6 đạt mức 73,44%, cao hơn rõ rệt so với các công thức còn lại (9,20–26,97%). CT7 tiếp tục duy trì mức 100% và không ghi nhận sự phát triển của nấm. Ở ngày 5 NSC, CT2–CT5 cho hiệu lực ức chế trong khoảng 11,29–29,75%, cho thấy sự khác biệt theo nồng độ nano bạc. CT6 vẫn

ở mức cao (69,42%), phản ánh khả năng kiểm chế mạnh mẽ sự sinh trưởng hệ sợi nấm. CT7 tiếp tục đạt hiệu lực tuyệt đối (100%).

Tại ngày 7 NSC, hiệu lực ức chế của các công thức CT2–CT5 dao động từ 7,44–21,84%, tương đối thấp hơn so với nồng độ cao. CT6 duy trì hiệu lực 66,25%, cao nhất trong nhóm còn phát triển, trong khi CT7 (10%) vẫn ức chế hoàn toàn ở mức 100%. Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $p \leq 0,05$ giữa các công thức kháng định nano bạc có tác dụng ức chế *F. fujikuroi* ĐN6 theo xu hướng phụ thuộc nồng độ. Trong đó, nồng độ từ 8% trở lên cho hiệu quả ức chế mạnh và ổn định nhất.

Kết quả nghiên cứu của chúng tôi phù hợp với báo cáo của Macias và cs. (2023), khi không ghi nhận sự tăng trưởng của nấm sau 7 ngày ủ ở nồng độ 150 mg/L AgNPs. Ở các nồng độ thấp hơn (10, 20, 40 và 75 mg/L), hiệu lực kháng nấm tăng dần tương ứng với sự gia tăng nồng độ AgNPs. Tương tự, Moreno-Vargas và cs. (2023) cho thấy việc bổ sung nano bạc vào môi trường PDA làm chậm sự phát triển của *Fusarium solani* và *Rhizopus stolonifer*. Cụ thể, đối với *F. solani*, sự chậm phát triển được quan sát ở nồng độ 0,1- 0,5 mg/mL và sự ức chế hoàn toàn ở 1 mg/mL. Đối với *R. stolonifer*, mặc dù xu hướng ức chế tương tự, chủng này vẫn có tốc độ phát triển nhanh hơn ở cả mẫu đối chứng và mẫu xử lý. Ngoài ra, kết quả này cũng nhất quán với nghiên cứu của Lê và cs. (2020), cả AA.AgNP và SD.AgNP đều thể hiện tác dụng kháng nấm mạnh đối với *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* và tác động mạnh nhất lên *Fusarium oxysporum* với đường kính lần lượt là 51.8 và 48.7 mm. Từ đó, có thể xác định rằng nồng độ AgNPs 10% là tối ưu để kiểm soát *F. fujikuroi* ĐN6 trong khi các nồng độ thấp hơn chỉ mang lại tác dụng ức chế ban đầu.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã phân lập và định danh đối tượng gây bệnh đốm lá trên cây Hoàng mai trồng tại Thành phố Huế là

Fusarium fujikuroi ĐN6. Trên môi trường PDA khuẩn lạc thường có màu trắng hoặc kem, dạng bông, sau đó chuyển sang màu hồng và tím nhạt. Dưới kính hiển vi, bào tử thường có hình thoi cong với đỉnh nhọn và đáy hình chân; có nhiều vách ngăn, dao động từ 3 đến 4 ngăn. Dựa trên đặc điểm hình thái và phân tích sinh học phân tử bằng cách sử dụng cặp mồi ITS1–ITS4 có độ tương đồng 99,81%. Đây là minh chứng ban đầu cho thấy *F. fujikuroi* là tác nhân gây bệnh đốm lá trên cây Hoàng mai ở thành phố Huế, cũng như ở Việt Nam.

Xử lý nano bạc với nồng độ 10% có hiệu lực ức chế nấm *F. fujikuroi* ĐN6 lên đến 100% sau 7 ngày theo dõi. Do đó có thể tiếp tục đánh giá hiệu quả phòng chống bệnh đốm lá mai của nano bạc ở ngoài đồng ruộng để có những kết luận chính xác hơn về tiềm năng sử dụng nano bạc trong quản lý bệnh đốm lá hại trên cây Hoàng mai.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Huế trong đề tài mã số DHH2025-15-23. Đồng thời, được hỗ trợ bởi chương trình học bổng đào tạo Thạc sĩ, Tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), Viện Nghiên cứu Dữ liệu lớn (VinBigdata) trong đề tài mã số VINIF.2024.ThS.50.

Cảm ơn ông Hoàng Thanh Phi Hùng, Cơ sở Chiếu xạ Đà Nẵng, Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ, VINATOM, Việt Nam đã cung cấp nano cho nhóm thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu tiếng Việt

- Việt Chương. (2007). *Kỹ thuật trồng mai*. Nhà xuất bản Thành phố Hồ Chí Minh.
- Ủy ban nhân dân tỉnh Thừa Thiên Huế. (2021). Quyết định 915/QĐ- UBND ngày 26/4/2021 về việc phê duyệt đề án “Xây dựng Thừa Thiên Huế trở thành xứ sở Mai vàng của Việt Nam”

<https://vov.vn/van-hoa/ngam-mai-vang-khung-tai-le-hoi-hoang-mai-xu-hue->

2. Tài liệu tiếng nước ngoài

- Alfosea-Simón, F. J., Burgos, L., & Alburquerque, N. (2025). Silver Nanoparticles Help Plants Grow, Alleviate Stresses, and Fight Against Pathogens. *Plants*, *14*(3), 428. <https://doi.org/10.3390/plants14030428>
- Balashanmugam, P., Balakumaran, M. D., Murugan, R., Dhanapal, K., & Kalaiichelvan, P. T. (2016). Phyto-genic synthesis of silver nanoparticles, optimization and evaluation of In Vitro antifungal activity against human and plant pathogens. *Microbiological Research*, *192*, 52–64. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.06.004>.
- Burgess, L. W., Knight, T. E., Len T., & Thuy, P. H. (2008). *Diagnostic manual for plant diseases in Vietnam, Canberra : Australian Centre for International Agricultural Research*, 1-210.
- Carrillo-Lopez, L.M., Villanueva-Verduzco, C., Villanueva-Sánchez, E., Fajardo-Franco, M.L., Aguilar-Tlatelpa, M., Ventura-Aguilar, R.I., Soto-Hernández, R.M. (2024). Nanomaterials for Plant Disease Diagnosis and Treatment: A Review. *Plants* (Basel). *13*(18),2634. <https://doi.org/10.3390/plants13182634>.
- Jiang, H., Wu, N., Jin, S., Ahmed, T., Wang, H., Li, B., Wu, X., Bao, Y., Liu, F., Zhang, J.Z. (2021). Identification of Rice Seed-Derived *Fusarium* Spp. and Development of LAMP Assay against *Fusarium Fujikuroi*. *Pathogens*,*10*(1), 1-22. <https://doi.org/10.3390/pathogens10010001>
- Le, N. T. T., Nguyen, D. H., Nguyen, N. H., Ching, Y. C., Pham N. D. Y., Ngo, C. Q., Nhat, H. N. T., & Hoang T. T. T. (2020). Silver nanoparticles ecofriendly synthesized by *Achyranthes aspera* and *Scoparia dulcis* leaf broth as an effective fungicide. *Applied Sciences*, *10*(7), 2505, 1-14. <https://doi.org/10.3390/app10072505>.
- Macías Sánchez, K. L., González Martínez, H. D. R., Carrera Cerritos, R., & Martínez Espinosa, J. C. (2023). In Vitro evaluation of the antifungal effect of AgNPs on *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici. *Nanomaterials*, *13*(7), 1274. <https://doi.org/10.3390/nano13071274>.
- Malik, M. A., Wani, A. H., Bhat, M. Y., Siddiqui, S., Alamri, S. A. M., & Alrumman, S. A. (2024). Fungal-mediated synthesis of silver nanoparticles: A novel strategy for plant disease management. *Front Microbiol*, *15*, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1399331>.
- Mansoor, S., Zahoor, I., Baba, T. R., Padder, S. A., Bhat, Z. A., Koul, A. M., & Jiang, L. (2021). Fabrication of silver nanoparticles against fungal pathogens. *Front. Nanotechnol*, *3*, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fnano.2021.679358>
- Moreno-Vargas, J. M., Echeverry-Cardona, L. M., Moreno-Montoya, L. E., & Restrepo-Parra, E. (2023). Evaluation of antifungal activity of Ag nanoparticles synthesized by green chemistry against *Fusarium solani* and *Rhizopus stolonifera*. *Nanomaterials*, *13* (3), 548. <https://doi.org/10.3390/nano13030548>.
- Sajad, K., Muhammad, Z., Raham, S. K., Muhammad, I., & Noor, U. I. (2023). The impact of silver nanoparticles on the growth of plants: The agriculture applications, *Heliyon*, *9*(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16928>
- Rajeshkumar, S. (2019). Antifungal impact of nanoparticles against different plant pathogenic fungi. *Nanomaterials in Plants, Algae and Microorganisms*, *2*, 197-217.
- Roy, N., Gaur, A., Jain, A., Bhattacharya, S., & Rani, V. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles: An approach to overcome toxicity. *Environ Toxicol Pharmacol*, *36*(3), 807-12. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2013.07.005>.
- Zubaidi, Al., S., Al-Ayafi, A., & Abdelkader, H. (2019). Biosynthesis, characterization and antifungal activity of silver nanoparticles by *Aspergillus niger* isolate. *Journal of Nanotechnology Research*, *2*, 022-035. <https://doi.org/10.26502/jnr.2688-8521002>.