

ĐỊNH DANH NẤM GÂY BỆNH ĐẠO ÔN LÚA (*Pyricularia oryzae*) TẠI AN GIANG VÀ KHẢ NĂNG KIỂM SOÁT NẤM CỦA NANO Ag/SiO₂ TRONG ĐIỀU KIỆN IN VITRO

Võ Thị Ngọc Hà

Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh

Tác giả liên hệ: ha.vothingoc@hcmuaf.edu.vn

Nhận bài: 09/08/2025

Hoàn thành phản biện: 08/09/2025

Chấp nhận bài: 15/09/2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu xác định được nấm *Pyricularia oryzae* gây bệnh đạo ôn lúa tại An Giang và đánh giá được hiệu lực của các chế phẩm nano bạc trên nền silica (Ag/SiO₂) đối với các chủng nấm gây bệnh này. Nấm *P. oryzae* được phân lập từ mẫu bệnh thông qua phương pháp đơn bào tử và định danh dựa trên hình thái và trình tự vùng gen ITS. Năm chủng nấm *P. oryzae* TS1A, TS2B, TT1C, TT2A và TC1B có đặc trưng sợi nấm màu trắng xám, tạo thành các vòng tròn đồng tâm với sắc tố melanin màu nâu đen, bào tử có hai vách ngăn hình nụ sen thon dài, hơi nhọn hai đầu, đối xứng qua trục theo tâm bào tử. Dựa trên trình tự vùng gen ITS chủng nấm TS1A được xác định là *P. oryzae*. Chế phẩm nano Ag/SiO₂-CMC và Ag/SiO₂-CTS ức chế hoàn toàn sự phát triển của sợi nấm *P. oryzae* TS1A từ nồng độ tương ứng 60 và 75 ppm, và Ag/SiO₂-TWE ức chế 78,4% sự phát triển sợi nấm *P. oryzae* TS1A ở nồng độ 90 ppm. Các chế phẩm nano Ag/SiO₂ làm thay đổi cấu trúc điển hình của sợi nấm, gây đứt gãy hoặc vỡ. Nghiên cứu đã chứng minh chế phẩm nano Ag/SiO₂ có tiềm năng phát triển thành chế phẩm ứng dụng kiểm soát bệnh đạo ôn trong sản xuất lúa.

Từ khóa: Bệnh đạo ôn, Chế phẩm nano Ag/SiO₂, Hiệu lực ức chế, *P. oryzae*

IDENTIFICATION OF *Pyricularia oryzae* CAUSING RICE BLAST IN AN GIANG AND ANTIFUNGAL ACTIVITY OF Ag/SiO₂ NANOPARTICLES IN VITRO

Vo Thi Ngoc Ha

Nong Lam University of Ho Chi Minh City

Corresponding author: ha.vothingoc@hcmuaf.edu.vn

Received: 09/08/2025

Revised: 08/09/2025

Accepted: 15/09/2025

ABSTRACT

This study was conducted to identify *P. oryzae* causing rice blast disease in An Giang province, and to evaluate the effectiveness of silver nanoparticles on a silica-based matrix (Ag/SiO₂) on isolated strains. *P. oryzae* was isolated from diseased samples using the single-spore isolation method and was identified based on morphological characteristics and the sequence of the ITS gene region. Five *P. oryzae* isolates involving TS1A, TS2B, TT1C, TT2A, and TC1B exhibited grayish-white mycelia growing close to the agar surface, forming concentric rings with dark brown melanin pigmentation. The conidia were two-septate, slender, slightly pointed at both ends, and symmetrically aligned along the longitudinal axis. Based on ITS gene sequencing, isolate TS1A was confirmed as *P. oryzae*. The nanomaterials Ag/SiO₂-CMC and Ag/SiO₂-CTS completely inhibited the mycelial growth of *P. oryzae* TS1A at concentrations of 60 and 75 ppm, respectively, while Ag/SiO₂-TWE inhibited 78.4% of the mycelial growth of *P. oryzae* TS1A at 90 ppm. The Ag/SiO₂ nanomaterials altered the typical hyphal structure, causing breakage or rupture. This research highlighted the strong potential of the Ag/SiO₂ nanomaterials for developing a product for managing rice blast disease in rice cultivation.

Keywords: Ag/SiO₂ nanomaterials, Inhibitory efficacy, Rice blast disease, *P. oryzae*

1. MỞ ĐẦU

Lúa gạo là lương thực quan trọng trong bữa ăn hàng ngày của hàng tỷ người trên thế giới, vì vậy, cây lúa là cây lương thực chính trong mục tiêu phát triển nông nghiệp để đảm bảo an ninh lương thực của nhiều quốc gia trên thế giới (Nalley và cs., 2016). Tuy nhiên, khi lúa được thâm canh để tăng năng suất và chất lượng, thì các loài dịch hại xuất hiện và gây hại thường xuyên hơn. Trong đó, bệnh đạo ôn do nấm *Pyricularia oryzae* là bệnh phổ biến và gây hại nặng nhất ở các nước trồng lúa trên thế giới, đe dọa đến tính ổn định của nền sản xuất lúa gạo vì *P. oryzae* có thể nhiễm và gây hại trên lá, thân, cổ bông ở tất cả các giai đoạn phát triển của cây lúa (Groth, 2006; Longya và cs., 2020). Để giảm thiểu thiệt hại của bệnh, các biện pháp phòng trừ tổng hợp như vệ sinh đồng ruộng, bón phân hợp lý, sử dụng giống kháng bệnh, sử dụng thuốc bảo vệ thực vật đang được sử dụng. Trong đó việc sử dụng thuốc bảo vệ thực vật để phòng trừ bệnh là phổ biến nhất. Tuy nhiên, việc lạm dụng thuốc bảo vệ thực vật đã và đang gây ra nhiều hiểm họa đối với môi trường, đe dọa sức khỏe con người, do vậy có nhiều hoạt chất đã được liệt kê vào danh mục cấm sử dụng tại Việt Nam cũng như nhiều quốc gia trên thế giới. Do đó việc tìm kiếm các giải pháp thay thế càng trở nên cấp thiết hơn.

Các chế phẩm nano đã được chứng minh hiệu quả đáng kể trong việc kiểm soát phổ rộng các loại sâu bệnh cũng như ứng dụng trong quản lý dinh dưỡng cây trồng (Okey-Onyesolu và cs., 2021; Wang và cs., 2021, 2022; Khan và cs., 2022). Trong đó nano bạc (AgNPs) là một trong những vật liệu nano phổ biến được ứng dụng trong nông nghiệp nhờ khả năng diệt nấm và vi khuẩn cao (Wang và cs., 2021), hoạt động thông qua sự phá vỡ quá trình trao đổi chất của tế bào, gây ảnh hưởng đến quá trình tổng hợp protein liên quan đến sản xuất ATP và ức chế sự tăng sinh tế bào (Akter và

cs., 2018). Hoạt tính kháng nấm, khuẩn của AgNPs chủ yếu được xác định bởi kích thước hạt nano bạc, khả năng ly giải và sự ổn định của tính chất bề mặt và nồng độ sử dụng (Rangelova và cs., 2014; Prema và cs., 2017; Pham và cs., 2021; Salem và cs., 2022). Để tối ưu hóa các tính chất của AgNPs các chất ổn định khác nhau như silica (SiO_2), carboxyl methyl cellulose (CMC), Tween 80 (TWE) hoặc chitosan (CTS) đã được thêm vào trong quá trình tổng hợp AgNPs. Silica hoạt động như một hàng rào bảo vệ để ngăn các hạt bạc kết tụ và ổn định sự hình thành AgNPs (Park và cs., 2017), trong khi đó, CMC, CTS hoặc TWE ổn định hệ thống keo, tương tác với các phân tử sinh học bên trong tế bào, chẳng hạn như axit nucleic và các thành phần của thành tế bào (Prema và cs., 2017; Pham và cs., 2021). Ag/ SiO_2 đã thể hiện được các ưu thế vượt trội ức chế hoàn toàn hoạt động nhiều tác nhân gây bệnh hại cây trồng với mức nồng độ tương đối thấp.

Các tổng hợp ở trên đã cho thấy tiềm năng ứng dụng của Ag/ SiO_2 trong sản xuất nông nghiệp, tuy nhiên, việc ứng dụng công nghệ nano trong công tác bảo vệ thực vật, đặc biệt là đối với bệnh đạo ôn trên lúa còn nhiều hạn chế. Nghiên cứu này đã thực hiện nhằm phân lập nấm gây bệnh đạo ôn lúa tại An Giang và đánh giá khả năng ức chế sự phát triển tản sợi nấm *Pyricularia oryzae* của các nano Ag/ SiO_2 trong điều kiện phòng thí nghiệm

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Các mẫu bệnh đạo ôn lúa thu thập ở tỉnh An Giang, các mẫu được sử dụng để phân lập nấm *Pyricularia oryzae*.

Các chế phẩm nano được cung cấp bởi nhóm nghiên cứu GreenNano Lab của trường đại học Khoa học Tự nhiên TP. Hồ Chí Minh gồm nano Ag/ SiO_2 -CMC, Ag/ SiO_2 -CTS, Ag/ SiO_2 -TWE được tổng hợp theo quy trình của tác giả Pham cs.

(2021), với chất hoạt động bề mặt lần lượt là carboxymethyl cellulose, chitosan, Tween 80. Kích thước trung bình của các hạt nano bạc trong Ag/SiO₂-CMC là $6,4 \pm 0,1$ nm, trong Ag/SiO₂-CTS là $6,5 \pm 0,1$ nm, trong Ag/SiO₂-TWE là $37,3 \pm 0,1$ nm, và AgNPs có kích thước hạt nano bạc trung bình $6,5 \pm 0,4$ nm.

Môi trường sử dụng: PDA (thành phần 1 lít gồm khoai tây 200 g, agar 20 g, đường D-glucose 20 g, nước cất 1 L), OMA (thành phần 1 lít gồm 50 g bột yến mạch, 20 g agar, 20 g glucose và 1 L nước cất).

2.2. Thu thập mẫu bệnh, phân lập và định danh nấm gây bệnh đạo ôn

Mẫu bệnh được thu thập tại 5 xã gồm xã Vĩnh Khánh và xã An Bình, huyện Thoại Sơn (nay là xã An Bình), xã Núi Tô và xã Châu Lăng, huyện Tri Tôn (nay là xã Tri Tôn) và xã Phú Vĩnh, thị xã Tân Châu (nay là xã Châu Phong), tỉnh An Giang, và bảo quản theo phương pháp của Longya và cs. (2020). Thu các mẫu lá lúa giống IR504504 có vết bệnh đặc trưng của bệnh đạo ôn, có bề mặt khô ráo, ruộng chưa qua xử lý thuốc hóa học, cho vào túi zip để trữ mẫu và đưa về phòng thí nghiệm xử lý trong 48 giờ.

Nấm gây bệnh đạo ôn lúa được phân lập dựa trên kỹ thuật đơn bào tử của Mew và Gonzales (2002). Khi quan sát thấy sợi nấm mọc ổn định thì tiến hành cấy truyền sang môi trường PDA và ống nghiệm thạch nghiêng chứa môi trường PDA để giữ làm nguồn dùng nghiên cứu.

Định danh nấm bệnh đạo ôn dựa vào đặc điểm hình thái. Sử dụng phương pháp của Mew và Gonzales (2002) để kích hoạt sự hình thành bào tử và quan sát hình thái bào tử dưới kính hiển vi, so sánh với các đặc điểm hình thái tản sợi, sắc tố melanin, và hình thái bào tử theo mô tả của Mew và Gonzales (2002) và Longya và cs. (2020) để định danh.

Định danh nấm bệnh đạo ôn dựa trên trình tự vùng gen ITS. DNA của chủng

Pyricularia oryzae TS1A sau khi định danh bằng hình thái được tách chiết sử dụng bộ kit QIAamp DNA Micro kit theo quy trình có sẵn của nhà sản xuất, sau đó được khuếch đại bằng máy PCR Blue-Ray Biotech TuborCycler với cặp mồi ITS (ITS1- 5'TCCGTAGGTGAACCTGCGG3' và ITS4 - 5'TCCTCCGCTTATTGATATGC3' (White và cs., 1990). Chu trình nhiệt của phản ứng gồm tiền biến tính 94°C trong 5 phút, 35 chu kỳ gồm biến tính 94°C – 30 giây, bắt cặp 58°C – 30 giây, kéo dài 72°C – 45 giây và hậu kéo dài 72°C trong 10 phút. Thành phần của một phản ứng PCR (25 µL) bao gồm: 2 µL DNA tổng số (1 ng/µL), 12,5 µL DreamTaq Red PCR MasterMix (2X) (Thermo Scientific Inc., Hoa Kỳ), 6,5 µL nước cất hai lần và 2 µL của mỗi mồi (10 µM) (Apical Scientific, Malaysia). Các sản phẩm PCR được nhuộm với 6X Gelred DNA Loading (ABT Biotech Ltd., Vietnam) trên gel điện di agarose 1,5% trong dung dịch đệm TAE 1X (40 mM Tris; 20 mM acid acetic; 1 mM EDTA; pH 8,0) ở 90 V trong 35 phút ở nhiệt độ phòng và so sánh với thang chuẩn DNA marker 1kb (Thermo Scientific, Hoa Kỳ) để kiểm tra sản phẩm khuếch đại và hiển thị dưới tia UV. Sản phẩm PCR được tinh sạch bằng bộ QIAamp DNA Micro kit tinh sạch PCR và gửi đi giải trình tự tại công ty TNHH GenLab, Hà Nội.

Sử dụng phần mềm Bioedit để phân tích trình tự thu được và kiểm tra mức độ tương đồng với các chủng đã được công bố trên cơ sở dữ liệu GenBank bằng công cụ BLAST. Tiếp theo điều chỉnh thủ công sử dụng thông qua chương trình căn chỉnh ClustalW và xây dựng cây phát sinh loài với hệ số bootstrap 1000 theo phương pháp khoảng cách sử dụng phép nối lân cận (Neighbor-Joining) trong phần mềm MEGA 11 (Tamura và cs., 2021).

2.3. Đánh giá khả năng ức chế sự phát triển tản sợi nấm *P. oryzae* TS1A của các nano Ag/SiO₂

Thí nghiệm hai yếu tố được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên, yếu tố A là các loại nano (Ag/SiO₂-CMC, Ag/SiO₂-CTS, Ag/SiO₂-TWE và AgNPs) và yếu tố B là các mức nồng độ của các loại nano (45, 60, 75, và 90 ppm), đối chứng sử dụng môi trường PDA, mỗi nghiệm thức 3 lần lặp lại, mỗi lần lặp lại của một nghiệm thức là 5 đĩa petri. Thí nghiệm được thực hiện theo phương pháp nhiễm môi trường (Balouiri và cs., 2016). Chuẩn bị môi trường PDA được hấp khử trùng trong nồi hấp (121°C), sau đó để nhiệt độ giảm xuống 45 – 50°C rồi pha với các nano theo nồng độ quy định sẵn, lắc đều rồi đổ môi trường ra đĩa petri (ghi kí hiệu loại nano, nghiệm thức, lần lặp lại và ngày tiến hành thí nghiệm, mặt dưới đĩa petri kẻ hai đường vuông góc đi qua tâm đĩa). Cây tản nấm *P. oryzae* chủng TS1A (đường kính 0,5 cm) vào trung tâm đĩa petri, mặt nấm úp xuống mặt môi trường PDA. Quan sát và đo đường kính tản nấm ở các thời điểm 3, 6, 9 và 12 ngày sau cấy (NSC), đường kính tản sợi được tính bằng cách đo hai đường chéo vuông góc và lấy giá trị trung bình. Tính hiệu lực ức chế dựa trên đường kính tản nấm, theo công thức Abbott (1925): Hiệu lực ức chế: HL (%) = [(D –

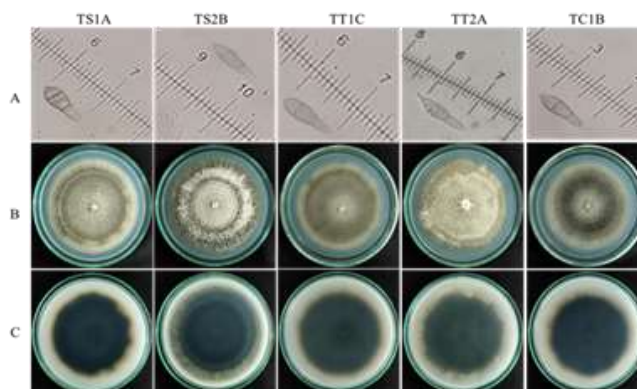
d)/D)] × 100. Trong đó: HL là hiệu lực ức chế, D là đường kính tản nấm trên môi trường đối chứng và d là đường kính tản nấm trên môi trường bổ sung nano.

Mẫu nấm *P. oryzae* TS1A sau đó được xử lý nano AgSiO₂-CMC, AgSiO₂-CTS và AgSiO₂-TWE ở mức nồng độ ức chế tốt nhất (45 ppm) và quan sát hình thái sợi nấm dưới kính hiển vi điện tử truyền qua SEM, Hitachi S-4800) để đánh giá tác động của nano đến hình thái sợi nấm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân lập và định danh nấm *Pyricularia oryzae*

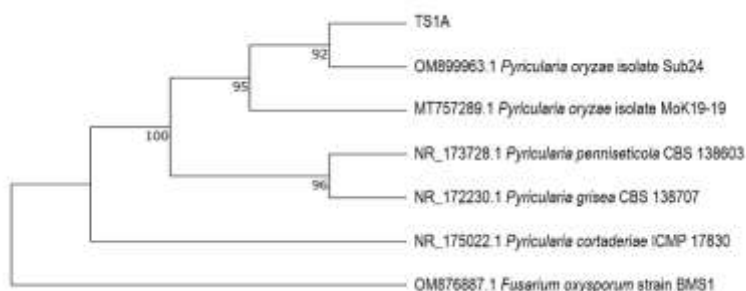
Tổng số 5 mẫu nấm gây bệnh đạo ôn lúa đã được phân lập từ các mẫu lá gồm TS1A (Xã Vĩnh Khánh, nay là xã An Bình), TS2B (Xã An Bình, nay là xã An Bình), TT1C (Xã Núi Tô, nay là xã Tri Tôn), TT2A (Xã Châu Lăng, nay là xã Tri Tôn) và TC1B (Xã Phú Vĩnh, nay là xã Châu Phong). Các mẫu phân lập (MPL) nấm này được nuôi cấy trên môi trường PDA ở 28°C, theo dõi tốc độ phát triển, hình thái và màu sắc tản nấm, đồng thời cấy chuyển sợi nấm sang môi trường OMA nhằm kích hoạt sự hình thành bào tử, quan sát hình thái bào tử và so sánh với các nghiên cứu trước đó để định danh.



Hình 1. Hình thái của 5 MPL A) bào tử, B) tản sợi mặt trước, C) tản sợi mặt sau

Bào tử của các mẫu phân lập đều có hai vách ngăn hình nụ sen thon dài, hơi nhọn hai đầu, đối xứng qua trục theo tâm bào tử, cuống bào tử ngắn và nhợt (Hình 1A). Trên môi trường PDA, từ mặt trên đĩa đa phần các mẫu nấm phân lập có sợi nấm mảnh màu xám trắng mọc sát bề mặt thạch tạo thành các vòng tròn đồng tâm, riêng mẫu phân lập TS2B sợi nấm mọc nổi trên bề mặt thạch bung xù lên, bề mặt hệ sợi thô, rìa của tản nấm rõ (Hình 1B). Nhìn từ mặt sau đĩa vòng trong tản nấm màu xám tối, tạo

các vòng đồng tâm, bên ngoài rìa sợi nấm trắng, sắc tố melanin màu đen đậm và nhợt dần từ tâm ra ngoài (Hình 1C). Các đặc điểm hình thái tản sợi, sắc tố melanin và hình thái bào tử đều mang đặc trưng của nấm *Pyricularia oryzae* gây bệnh đạo ôn lúa, tương đồng với mô tả của Longya và cs. (2020); Mew và Gonzales (2002). Do vậy cho phép khẳng định các mẫu phân lập nấm TS1A, TS2B, TT1C, TT2A và TC1B là *P. oryzae*.



Hình 2. Cây phát sinh loài vùng gen ITS của chủng *P. oryzae* TS1A. Hệ số bootstrap 1000 lần được thể hiện dưới dạng %

Nhằm xác định chính xác loài nấm gây bệnh đạo ôn lúa tại An Giang, chủng TS1A sau khi định danh bằng đặc điểm hình thái được lựa chọn để định danh dựa trên trình tự vùng gen ITS với cặp mồi ITS1-ITS4.

Sản phẩm PCR của chủng *P. oryzae* TS1A với cặp mồi ITS1/ITS4 có kích thước từ 500 – 600 bp. So sánh trình tự thu được với các trình tự có sẵn trên Ngân hàng gen cho thấy trình tự *P. oryzae* TS1A có độ tương đồng 100% với độ bao phủ đạt 100% với các trình tự có sẵn. Các chủng *Pyricularia oryzae* Sub24 (OM899963), *P. oryzae* MoK19-19 (MT757289), *P. penniseticola* CBS 138603 (NR_173728.1), *P. grisea* CBS 138707 (NR_172230.1), *P. cortaderiae* ICMP 17830 (NR_175022.1) và *Fusarium oxysporum* chủng BMS1 (OM876887.1) được sử dụng để dựng cây phát sinh loài, trong đó *Fusarium oxysporum* chủng BMS1 được xem như

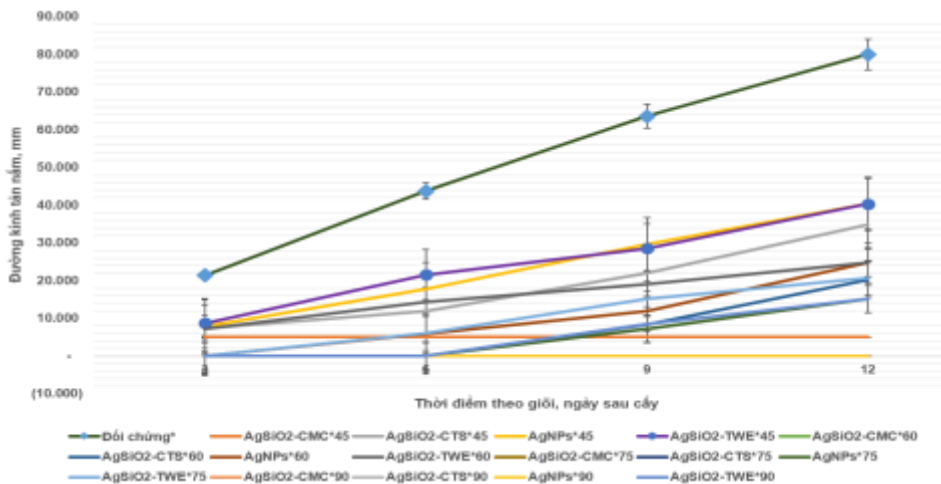
nhóm ngoài. Cây phát sinh loài có hệ số bootstrap 1000 lần từ 92 % đến 100%, đảm bảo độ tin cậy cao, *P. oryzae* TS1A nằm cùng nhóm với *P. oryzae* Sub24 gây bệnh đạo ôn lúa tại Kenya, *P. oryzae* MoK19-19 gây bệnh đạo ôn lúa tại Ấn Độ (Hình 2), kết quả này cho phép khẳng định *P. oryzae* TS1A là *Pyricularia oryzae*.

Việc kiểm soát bệnh đạo ôn hại lúa hiện nay chủ yếu phụ thuộc vào các giống kháng bệnh, kết hợp một số giải pháp như luân canh cây trồng, sử dụng các vi khuẩn đối kháng và các loại thuốc bảo vệ thực vật nguồn gốc hóa học (Phi, 2023). Tuy nhiên, giống kháng đang dần mất ưu thế do sự thích nghi nhanh chóng của quần thể tác nhân gây hại dưới tác động của biến đổi khí hậu, xâm nhập mặn và ngập lụt. Do đó việc sử dụng thuốc trừ nấm vẫn đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát bệnh đạo ôn ngoài đồng ruộng. Để kiểm soát tốt bệnh trên đồng ruộng, việc xác định chính xác tác

nhân gây bệnh ở giai đoạn sớm là yếu tố quan trọng trong lựa chọn đúng loại thuốc với cơ chế tác động phù hợp. Trong nghiên cứu này dựa trên phương pháp truyền thống, các đặc điểm hình thái khuẩn lạc, sắc tố melanin và hình dạng bào tử đã được mô tả chính xác và cho phép bước đầu khẳng định các chủng phân lập được đều là *P. oryzae* (Mew and Gonzales, 2002; Longya và cs., 2020), bên cạnh đó so sánh trình tự vùng gen ITS chủng đại diện TS1A với các chủng có sẵn trên Ngân hàng gen một lần nữa khẳng định chủng này là *P. oryzae*.

3.2. Khả năng kiểm soát nấm *P. oryzae* TS1A của các chế phẩm nano trong điều kiện phòng thí nghiệm

Sự thay đổi của quần thể *P. oryzae* diễn biến phức tạp, đặc biệt là sự xuất hiện của các chủng có tính kháng với các thuốc hóa học sử dụng phổ biến trong kiểm soát bệnh đạo ôn hại lúa như azoxystrobin và tricyclazole đã được ghi nhận (D'Ávila cs., 2021), việc tìm kiếm các giải pháp thay thế ngày càng cấp thiết. Sử dụng các chất kháng nấm dạng nano, đặc biệt là nano bạc (AgNPs), đã chứng minh hiệu quả vượt trội với liều lượng thấp hơn nhờ hoạt tính kháng khuẩn mạnh. Trộn AgNPs với Trihexad 700 WP (chứa hexaconazole và tricyclazole) hoặc azoxystrobin đã tăng hiệu quả kiểm soát *P. oryzae* (Phạm cs., 2018); Shi cs., 2023).



Bảng 1. Đường kính tổn thương của các chế phẩm nano ở thời điểm 12 ngày sau cấy

Nồng độ	Đường kính tổn thương, mm			
	AgNPs	Ag/SiO ₂ -CHI	Ag/SiO ₂ -CMC	Ag/SiO ₂ -TWE
0	80,0 ^a	80,0 ^a	80,0 ^a	80,0 ^a
45	40,3 ^b	34,8 ^c	5,0 ^g	38,5 ^b
60	24,7 ^d	20,2 ^e	0,0 ^h	26,7 ^d
75	15,1 ^f	0,0 ^h	0,0 ^h	22,1 ^e
90	0,0 ^h	0,0 ^h	0,0 ^h	17,0 ^f

Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị mức sai khác có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha=0,01$

Trong nghiên cứu này, *P. oryzae* chủng TS1A được sử dụng để đánh giá hiệu lực ức chế nấm của một số vật liệu nano, *P. oryzae* chủng TS1A phát triển tốt, mọc đầy đĩa ở 12 ngày sau cấy. Tất cả các chế phẩm nano được đánh giá đều có khả năng ức chế sự phát triển tản sợi của nấm *P. oryzae* chủng TS1A, trung bình đường kính tản sợi bổ sung các chế phẩm nano ở các thời điểm theo dõi 3, 6, 9 và 12 NSC đều thấp hơn so với đối chứng (Hình 3).

Bảng 2. Hiệu lực của các chế phẩm nano ở thời điểm 12 ngày sau cấy

Nồng độ	Hiệu lực, %			
	AgNPs	Ag/SiO ₂ -CHI	Ag/SiO ₂ -CMC	Ag/SiO ₂ -TWE
45	49,6 ^h	56,5 ^g	93,8 ^b	51,8 ^h
60	69,1 ^f	74,7 ^e	100,0 ^a	66,7 ^f
75	81,2 ^c	100,0 ^a	100,0 ^a	72,4 ^e
90	100,0 ^a	100,0 ^a	100,0 ^a	78,4 ^d

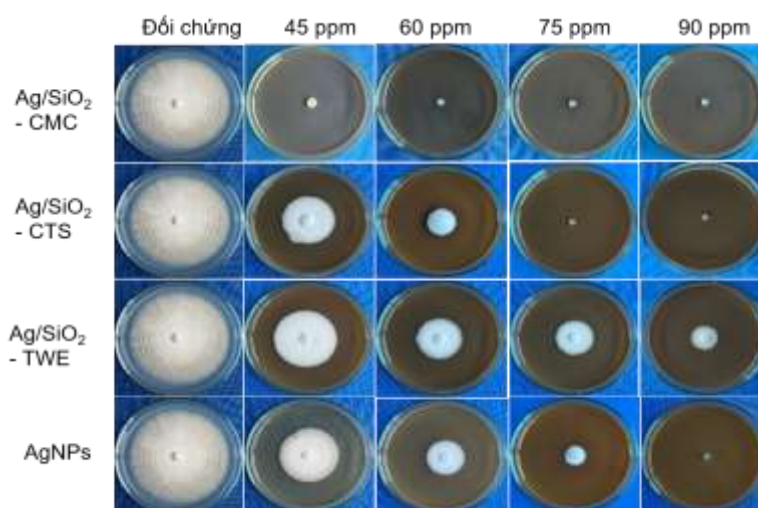
Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị mức sai khác có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha=0,01$

Hiệu lực của các chế phẩm nano tăng khi tăng nồng độ của các chế phẩm, trong đó hiệu lực đạt 100% với chế phẩm nano Ag/SiO₂-CMC từ mức nồng độ 60 ppm, chế phẩm Ag/SiO₂-CHI từ nồng độ 75 ppm, và chế phẩm AgNPs từ nồng độ 90 ppm. Khác

Kết quả bảng 1 cho thấy đường kính tản nấm *P. oryzae* TS1A ở thời điểm 12 NSC tỷ lệ nghịch với nồng độ các chế phẩm nano. Chế phẩm nano Ag/SiO₂-CMC ức chế hoàn toàn sự phát triển tản sợi của *P. oryzae* TS1A từ mức nồng độ 60 ppm và cao hơn, chế phẩm Ag/SiO₂-CHI từ nồng độ 75 ppm, và chế phẩm AgNPs từ nồng độ 90 ppm, trong khi chế phẩm nano Ag/SiO₂-TWE – đường kính tản nấm là 17,0 mm ở mức nồng độ 90 ppm.

biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại (Bảng 2, Hình 4).

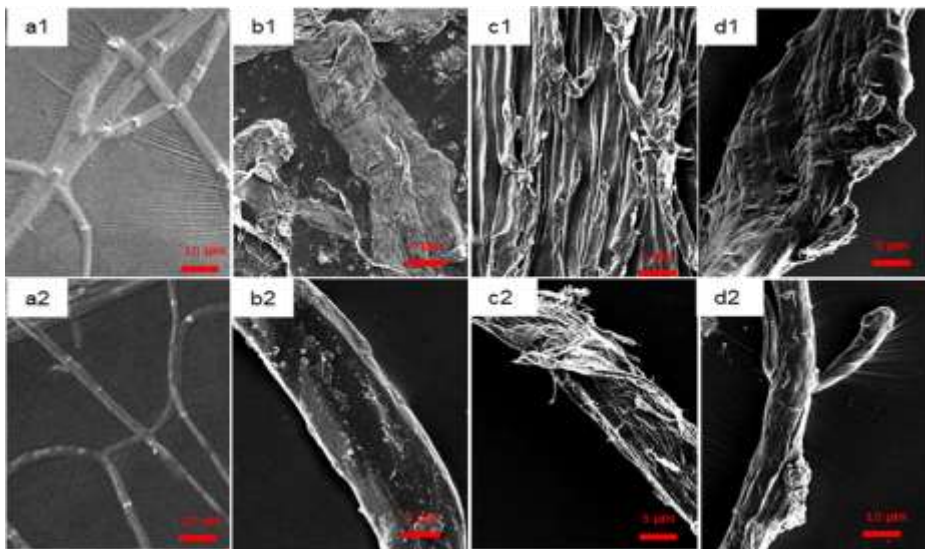
Hiệu lực ức chế nấm của Ag/SiO₂-TWE thấp hơn so với AgNPs và các mẫu Ag/SiO₂ còn lại có thể được giải thích do ảnh hưởng của kích thước hạt nano bạc. Ag/SiO₂-TWE có kích thước hạt nano bạc



Hình 4. Ảnh hưởng của nồng độ các chế phẩm nano đến tản sợi nấm *P. oryzae* TS1A ở 12NSC.

trung bình $39,2 \pm 0,1$ nm, trong khi Ag/SiO₂-CTS và Ag/SiO₂-CMC có kích

gãy và trở nên xốp (Hình 5.c1 và 5.c2) mặc dù vẫn giữ nguyên hình dạng sợi nấm, còn



Hình 5. Ảnh hưởng của các chế phẩm Ag/SiO₂ lên sợi nấm của *P. oryzae* TS1A a1&a2) mẫu đối chứng không xử lý, b1&b2) Ag/SiO₂-CMC, c1&c2) Ag/SiO₂-CTS, d1&d2) Ag/SiO₂-TWE.

thước hạt nano trung bình lần lượt là $6,4 \pm 0,1$ nm và $6,5 \pm 0,1$ nm. Bởi vì hoạt tính sinh học của nano bạc càng mạnh khi kích thước nano bạc càng nhỏ nhờ sự tăng diện tích bề mặt tiếp xúc của nano bạc với tế bào vi khuẩn, nấm, tạo điều kiện cho chúng liên kết với các thành phần của màng tế bào vi sinh vật, xâm nhập và tấn công chúng (Okey-Onyesolu cs., 2021; Baka and El-Zahed, 2022).

Ở mẫu đối chứng không xử lý, cấu trúc bề mặt sợi nấm mịn và nguyên vẹn (Hình 5.a1 & 5.a2). Với các mẫu được xử lý bằng các chế phẩm nano Ag/SiO₂ sợi nấm mất đi cấu trúc điển hình, các sợi bị đứt đoạn và sắp xếp thành từng mảng. Dưới tác động của Ag/SiO₂-CMC một số vị trí trên sợi nấm lớp vỏ sợi nấm bị vỡ thành từng mảnh (Hình 5.b1), trên bề mặt tạo thành các hố (Hình 5.b2) cho thấy sự tổn thương cấu trúc tế bào sợi nấm, hình thành các thay đổi thoái hóa bề mặt sợi và các mảnh bong tróc. Trong khi đó Ag/SiO₂-CTS làm cho sợi nấm bị vỡ, đứt

Ag/SiO₂-TWE cũng có xu hướng làm cho sợi nấm bị biến dạng, đứt gãy và xếp tụ lại với nhau (Hình 5.d1 và 5.d2).

Silica thường được sử dụng như chất mang cho phép các hạt nano bạc được phân bố đồng đều trên bề mặt của chất mang mà không kết tụ nhờ độ bền hóa học cao và diện tích bề mặt lớn của silica (Park cs., 2017). Ngoài ra, không giống như nano bạc tự do, những hạt nano bạc cố định trên bề mặt silica có tốc độ giải phóng ion bạc tốt hơn và tương tác ở chế độ tiếp xúc với nhiều tế bào sinh vật hơn, tăng cường hiệu quả kháng nấm của tổ hợp Ag/SiO₂ (Pham cs., 2021). Do hoạt tính sinh học của nano bạc bị ảnh hưởng bởi tốc độ giải phóng ion bạc (Mollahosseini cs., 2012; Xiu cs., 2012). Tốc độ giải phóng ion bạc càng chậm, càng làm tăng độ ổn định và kéo dài hoạt tính kháng khuẩn. Điều này giải thích vì sao mặc dù kích thước hạt nano bạc tương đương nhau nhưng hoạt lực kháng nấm của Ag/SiO₂-CTS và Ag/SiO₂-CMC lại cao hơn

so với AgNPs ở cùng mức nồng độ. Bên cạnh đó, đối với cây trồng, silica là nguồn bổ sung dinh dưỡng thiết yếu silica giúp cứng cây, quang hợp tốt, tăng sức đề kháng cho cây và thúc đẩy sự phát triển của các vi sinh vật có lợi, làm giàu chất dinh dưỡng cho đất (Karunakaran cs., 2013).

Chất hoạt động bề mặt được sử dụng trong quá trình tổng hợp cũng ảnh hưởng đến khả năng kháng nấm của các chế phẩm nano, trong đó CMC là chất ổn định mang điện tích điện âm do nhóm carboxymethyl dọc theo chuỗi của nó, trong khi CTS là chất ổn định mang điện tích điện dương do nhóm amino (Rangelova cs., 2014; Prema cs., 2017). Chúng tạo ra nhiều liên kết với các ion Ag^+ và khử các ion Ag^+ thành các nguyên tử Ag^0 , dẫn đến hình thành các hạt nano Ag và ức chế sự kết tụ không mong muốn của hạt nano bạc đã hình thành (Montaser cs., 2021; Mumtaz cs., 2023). Ag/SiO₂ tích điện dương thể hiện khả năng kháng nấm cao với *P. palmivora*, trong khi Ag/SiO₂ tích điện âm lại ức chế *P. oryzae* tốt hơn (Bui cs., 2024). Điều này giải thích Ag/SiO₂-CMC cho khả năng ức chế *P. oryzae* TS1A đạt 100% từ mức nồng độ 60 ppm, trong khi Ag/SiO₂-CTS đạt hiệu lực tương đương từ mức nồng độ 75 ppm. Điều đó cho thấy rằng các chế phẩm nano Ag/SiO₂ đặc biệt là nano Ag/SiO₂-CMC rất có tiềm năng có thể ứng dụng để phát triển thành thuốc trừ bệnh đạo ôn dùng trong canh tác lúa.

4. KẾT LUẬN

Các chủng nấm gây bệnh đạo ôn tại tỉnh An Giang có đặc trưng sợi nấm mọc nổi trên mặt thạch, hình thành sắc tố melanin đen đậm ở tâm khuẩn lạc và nhạt dần ra rìa ngoài, bào tử có hai vách ngăn hình nụ sen thon dài, hơi nhọn hai đầu, đối xứng qua trục theo tâm bào tử. Dựa vào trình tự vùng

gen ITS chủng TS1A được xác định là *P. oryzae*. Các chế phẩm nano Ag/SiO₂ đều có khả năng ức chế nấm *P. oryzae* chủng TS1A, trong đó hiệu lực kháng nấm của Ag/SiO₂-CMC đạt 100% từ nồng độ 60 ppm, của Ag/SiO₂-CTS từ nồng độ 75 ppm, và Ag/SiO₂-TWE đạt 78,4% ở nồng độ 90 ppm. Các chế phẩm nano Ag/SiO₂ gây ra tổn thương cấu trúc tế bào sợi nấm, làm sợi nấm mất đi cấu trúc điển hình, bị đứt đoạn hoặc vỡ và sắp xếp thành từng mảng. Ag/SiO₂-CMC thể hiện khả năng kháng nấm cao và có tiềm năng ứng dụng để quản lý bệnh đạo ôn trong thực tế canh tác lúa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Baka, Z.A., El-Zahed, M.M. (2022). Antifungal activity of silver/silicon dioxide nanocomposite on the response of faba bean plants (*Vicia faba* L.) infected by *Botrytis cinerea*. *Bioresour Bioprocess* 9, 102, 19 pp. DOI: 10.1186/s40643-022-00591-7.
- Balouiri, M., Sadiki, M., Ibnsouda, S.K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis* 6, 71–79. DOI: 10.1016/j.jpha.2015.11.005.
- Bui, T.T.T., Tran, Q.V., Vo, T.N.H., Do, H.K., Hoang, D., Duy, L.T., Nguyen, T.T., Dang, V.Q., Tran, C.K. (2024). Surface properties-dependent antifungal efficiency of Ag/SiO₂ nanocomposites. *Journal of Nanoparticle Research* 26, 273, 14 pp. DOI: 10.1007/s11051-024-06190-1.
- D'Ávila, L.S., De Filippi, M.C.C., Café-Filho, A.C. (2021). Sensitivity of *Pyricularia oryzae* Populations to Fungicides Over a 26-Year Time Frame in Brazil. *Plant Disease* 105, 1771–1780. DOI: 10.1094/PDIS-08-20-1806-RE.
- Groth, D.E. (2006). Azoxystrobin Rate and Timing Effects on Rice Head Blast Incidence and Rice Grain and Milling Yields. *Plant Disease* 90, 1055–1058. DOI: 10.1094/PD-90-1055.
- Karunakaran, G., Suriyaprabha, R., Manivasakan, P., Yuvakkumar, R., Rajendran, V., Prabu, P., Kannan, N. (2013). Effect of nanosilica and silicon sources on plant growth promoting rhizobacteria, soil nutrients and maize seed germination. *IET*

- Nanobiotechnology* 7, 70–77. DOI: 10.1049/iet-nbt.2012.0048.
- Khan, F., Pandey, P., Upadhyay, T.K. (2022). Applications of Nanotechnology-Based Agrochemicals in Food Security and Sustainable Agriculture: An Overview. *Agriculture* 12, 1672. DOI: 10.3390/agriculture12101672.
- Longya, A., Talumphai, S., Jantasuriyarat, C. (2020). Morphological Characterization and Genetic Diversity of Rice Blast Fungus, *Pyricularia oryzae*, from Thailand Using ISSR and SRAP Markers. *Journal of Fungi* 6(1), 38, 13 pp. DOI: 10.3390/jof6010038.
- Mew, T.-W., Gonzales, P. (2002). A handbook of rice seedborne fungi. International Rice Research Institute, 83 pp.
- Mollahosseini, A., Rahimpour, A., Jahamshahi, M., Peyravi, M., Maryam, K. (2012). The effect of silver nanoparticle size on performance and antibacterality of polysulfone ultrafiltration membrane. *Desalination*, 306, 41–50. DOI: 10.1016/j.desal.2012.08.035.
- Montaser, A.S., Jlassi, K., Ramadan, M.A., Sleem, A.A., Attia, M.F. (2021). Alginate, gelatin, and carboxymethyl cellulose coated nonwoven fabrics containing antimicrobial AgNPs for skin wound healing in rats. *International Journal of Biological Macromolecules*, 173, 203–210. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.01.123.
- Mumtaz, Shumaila, Ali, S., Mumtaz, Samaira, Mughal, T.A., Tahir, H.M., Shakir, H.A. (2023). Chitosan conjugated silver nanoparticles: the versatile antibacterial agents. *Polymer Bulletin*, 80, 4719–4736. DOI: 10.1007/s00289-022-04321-z.
- Nalley, L., Tsiboe, F., Durand-Morat, A., Shew, A., Thoma, G. (2016). Economic and Environmental Impact of Rice Blast Pathogen (*Magnaporthe oryzae*) Alleviation in the United States. *Plos One* 11, e0167295. DOI: 10.1371/journal.pone.0167295.
- Okey-Onyesolu, C.F., Hassanisaadi, M., Bilal, M., Barani, M., Rahdar, A., Iqbal, J., Kyzas, G.Z. (2021). Nanomaterials as Nanofertilizers and Nanopesticides: An Overview. *Chemistry Select* 6, 8645–8663. DOI: 10.1002/slct.202102379.
- Park, S.-Y., Han, K., O'Neill, D.B., Mul, G. (2017). Stability of Ag@SiO₂ core-shell particles in conditions of photocatalytic overall water-splitting. *Journal of Energy Chemistry* 26, 309–314. DOI: 10.1016/j.jechem.2016.12.010.
- Pham, D.C., Nguyen, T.H., Ngoc, U.T.P., Le, N.T.T., Tran, T.V., Nguyen, D.H. (2018). Preparation, Characterization and Antifungal Properties of Chitosan-Silver Nanoparticles Synergize Fungicide Against *Pyricularia oryzae*. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 18, 5299–5305. DOI: 10.1166/jnn.2018.15400.
- Pham, N.B.T., Le, V.K.T., Bui, T.T.T., Phan, N.G.L., Tran, Q.V., Nguyen, M.L., Dang, V.Q., Nguyen, T.T., Vo, T.N.H., Tran, C.K. (2021). Improved Synthesis of Ag/SiO₂ Colloidal Nanocomposites and Their Antibacterial Activity Against *Ralstonia solanacearum* 15. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 21, 1598–1605. DOI: 10.1166/jnn.2021.19021.
- Prema, P., Thangapandian, S., Immanuel, G. (2017). CMC stabilized nano silver synthesis, characterization and its antibacterial and synergistic effect with broad spectrum antibiotics. *Carbohydrate Polymers*, 158, 141–148. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.11.083.
- Rangelova, N., Aleksandrov, L., Angelova, T., Georgieva, N., Müller, R. (2014). Preparation and characterization of SiO₂/CMC/Ag hybrids with antibacterial properties. *Carbohydrate Polymers*, 101, 1166–1175. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.10.041.
- Salem, S.S., Hashem, A.H., Sallam, A.-A.M., Doghish, A.S., Al-Askar, A.A., Arishi, A.A., Shehabeldine, A.M. (2022). Synthesis of Silver Nanocomposite Based on Carboxymethyl Cellulose: Antibacterial, Antifungal and Anticancer Activities. *Polymers*, 14 (16), 3352, 16 pp. DOI: 10.3390/polym14163352.
- Shi, H., Wen, H., Xie, S., Li, Y., Chen, Y., Liu, Z., Jiang, N., Qiu, J., Zhu, X., Lin, F., Kou, Y., 2023. Antifungal activity and mechanisms of AgNPs and their combination with azoxystrobin against *Magnaporthe oryzae*. *Environmental Science: Nano*, 10, 2412–2426. DOI: 10.1039/D3EN00168G.
- Tamura, K., Stecher, G., Kumar, S. (2021). MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Molecular Biology and Evolution*, (38), 3022–3027. DOI: 10.1093/molbev/msab120.

- Wang, Y., Deng, C., Rawat, S., Cota-Ruiz, K., Medina-Velo, I., Gardea-Torresdey, J.L. (2021). Evaluation of the Effects of Nanomaterials on Rice (*Oryza sativa* L.) Responses: Underlining the Benefits of Nanotechnology for Agricultural Applications. *ACS Agricultural Science & Technology*, 1, 44–54. DOI: 10.1021/acsagscitech.1c00030.
- Wang, Y., Dimkpa, C., Deng, C., Elmer, W.H., Gardea-Torresdey, J., White, J.C. (2022). Impact of engineered nanomaterials on rice (*Oryza sativa* L.): A critical review of current knowledge. *Environmental Pollution*, 297, 118738. DOI : 10.1016/j.envpol.2021.118738.
- Xiu, Z., Zhang, Q., Puppala, H.L., Colvin, V.L., Alvarez, P.J.J. (2012). Negligible particle-specific antibacterial activity of silver nanoparticles. *Nano Letters*, 12, 4271–4275. DOI: 10.1021/nl301934w.
- Phi, A. (2023). Current Status of Rice Blast in Vietnam and Future Perspectives. *Open Access Library Journal*, 10636. DOI: 10.4236/oalib.1110636.