

# TỔNG HỢP VẬT LIỆU NANO BẠC VÀ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG KHÁNG NẤM *PYRICULARIA ORYZAE* GÂY BỆNH ĐẠO ÔN TRÊN CÂY LÚA

Nguyễn Thị Thanh Hải<sup>1\*</sup>, Tôn Nữ Mỹ Phương<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Thu Thủy<sup>2</sup>, Trần Thái Hòa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Khoa Hóa, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế, 77 Nguyễn Huệ, Huế, Việt Nam

<sup>2</sup> Khoa Nông học, Trường Đại học Nông lâm, Đại học Huế, 102 Phùng Hưng, Huế, Việt Nam

\* Tác giả liên hệ Nguyễn Thị Thanh Hải <nguyenthanhhai@hueuni.edu.vn>

(Ngày nhận bài: 27-5-2019; Ngày chấp nhận đăng: 11-11-2019)

**Tóm tắt.** Trong nghiên cứu này, vật liệu nano bạc (AgNPs) được tổng hợp bằng phương pháp khử hóa học với chất khử là natri citrate và chất bảo vệ là alginate. Các thông số ảnh hưởng tới quá trình tổng hợp nano bạc gồm nồng độ natri citrate, nồng độ bạc nitrate, nồng độ alginate và nhiệt độ của hệ phản ứng đã được nghiên cứu. Sự hình thành AgNPs, hình thái và cấu trúc của vật liệu sau khi tổng hợp được phân tích bằng quang phổ hấp thụ phân tử, hiển vi điện tử quét, hiển vi điện tử truyền qua và nhiễu xạ tia X. AgNPs có hiệu lực ức chế cao đối với nấm *Pyricularia oryzae* gây bệnh đạo ôn trên cây lúa.

**Từ khóa:** alginate, hạt nano bạc, natri citrate, phương pháp khử hóa học, *Pyricularia oryzae*

## Synthesis of silver nanoparticles and their fungal resistance against *Pyricularia oryzae* causing blast disease in rice cultivation

Nguyen Thi Thanh Hai<sup>1\*</sup>, Ton Nu My Phuong<sup>1</sup>, Nguyen Thi Thu Thuy<sup>2</sup>, Tran Thai Hoa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Sciences, Hue University, 77 Nguyen Hue St., Hue, Vietnam

<sup>2</sup> University of Agriculture and Forestry, Hue University, 102 Phung Hung St., Hue, Vietnam

\* Correspondence to Nguyen Thi Thanh Hai <nguyenthanhhai@hueuni.edu.vn>

(Received: 27 May 2019; Accepted: 11 November 2019)

**Abstract.** In this study, silver nanoparticles (AgNPs) were synthesized using the chemical reduction method with sodium citrate as a reducing agent and alginate as a protecting agent. The parameters affecting the synthesis of silver nanoparticles, namely silver nitrate concentration, alginate concentration, sodium citrate concentration, and temperature of the reaction, were studied. The formation of AgNPs, morphology, and structure of the synthesized materials were analyzed using UV-Vis spectroscopy, scanning electron microscopy, transmission electron microscopy, high-resolution transmission microscopy, and X-ray diffraction. AgNPs products have a high inhibitory effect on *Pyricularia oryzae*, causing rice blast.

**Keywords:** alginate, chemical reduction method, sodium citrate, silver nanoparticles, *Pyricularia oryzae*

## 1 Mở đầu

Ngày nay, với sự tiến bộ trong công nghệ nano, một số lượng lớn vật liệu nano đang xuất hiện với các tính chất độc đáo và mở ra rất nhiều ứng dụng và cơ hội nghiên cứu [1]. Vật liệu nano bạc (AgNPs) có nhiều đặc điểm nổi bật đã khiến chúng được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực khác nhau như: y sinh [2], dẫn thuốc [3], xử lý nước [4], nông nghiệp [5]... AgNPs cũng được áp dụng trong mực in, chất kết dính, thiết bị điện tử, bột nhào... do độ dẫn cao [6]. AgNPs thường được tổng hợp bằng các kỹ thuật hóa lý như: khử hóa học [7], bức xạ tia gamma [8], vi nhũ tương [9], điện hóa [10], laser [11], thủy nhiệt [12], vi sóng [13] và khử quang hóa [14].

Trong thời gian gần đây, nano bạc đã nhận được sự chú ý rất lớn của các nhà nghiên cứu do khả năng phòng vệ đặc biệt của chúng chống lại nhiều loại vi sinh vật và cũng do sự xuất hiện của thuốc chống lại các loại kháng sinh thường được sử dụng [1]. Bạc được biết đến với đặc tính kháng khuẩn và đã được sử dụng trong nhiều năm trong lĩnh vực y tế cho các ứng dụng kháng khuẩn và thậm chí đã cho thấy ngăn chặn sự liên kết của HIV với tế bào chủ [15]. Ngoài ra, bạc đã được sử dụng trong lọc nước và không khí để loại bỏ vi sinh vật [16, 17].

Cơ chế tác dụng diệt khuẩn của AgNPs và  $Ag^+$  vẫn còn chưa được hiểu biết một cách đầy đủ. Một số nghiên cứu cho rằng AgNPs có thể bám vào bề mặt của màng tế bào vi sinh vật làm xáo trộn chức năng thẩm thấu và hô hấp của tế bào [18]. Các hạt AgNPs kích thước nhỏ hơn có diện tích bề mặt lớn sẽ mang lại hiệu quả diệt khuẩn cao hơn các hạt AgNPs có kích thước lớn [18]. Ngoài ra, cũng có thể AgNPs không chỉ tương tác với bề mặt của màng, mà còn có thể xâm nhập vào bên trong vi khuẩn [19]. Trong một số nghiên cứu khác, sự phá hủy tế bào có thể do sự tương tác của AgNPs với các hợp chất chứa photpho và lưu huỳnh như DNA do bạc có xu hướng có ái lực cao với các hợp

chất như thế [20]. Ion  $Ag^+$  tương tác mạnh với các nhóm  $-SH$  trong các phân tử sinh học để làm bất hoạt vi khuẩn [21]. Các tương tác như vậy trong màng tế bào sẽ ngăn chặn sự sao chép DNA dẫn đến cái chết của vi khuẩn [22].

Bệnh đạo ôn, do nấm *Pyricularia oryzae* gây ra, là một trong những nguyên nhân làm giảm năng suất lúa nghiêm trọng nhất trên toàn thế giới [23]. Sử dụng thuốc bảo vệ thực vật để phòng trừ bệnh đạo ôn thường không thành công và không mang lại hiệu quả kinh tế vì loại nấm này thường có khả năng biến dị cao và trở nên kháng thuốc [24]. Ngày nay, năng suất và chất lượng nông sản có thể được cải thiện bằng công nghệ hiện đại, vừa có thể đáp ứng nhu cầu lương thực ngày càng tăng của thế giới, đồng thời vừa thân thiện với môi trường [25]. Ứng dụng công nghệ nano trong sản xuất nông nghiệp là một giải pháp mới đã được nghiên cứu và áp dụng thành công ở nhiều nước trên thế giới [26].

Trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi tổng hợp dung dịch keo nano bạc bằng phương pháp khử hóa học. Quá trình được thực hiện bằng phản ứng khử  $AgNO_3$  trong dung môi nước với chất khử là natri citrate và chất bảo vệ là alginate. Phương pháp này có ưu điểm là phản ứng diễn ra nhanh, dễ thực hiện và dễ dàng điều chỉnh kích thước và hình dạng của hạt nano bạc. Kích thước hạt nano bạc được điều chỉnh bởi các thông số như nhiệt độ, nồng độ chất khử và hàm lượng alginate. Vật liệu AgNPs đã tổng hợp được sử dụng để đánh giá khả năng kháng nấm *Pyricularia oryzae* gây bệnh đạo ôn trên cây lúa.

## 2 Phương pháp

### 2.1 Hóa chất và vật liệu

Bạc nitrate tinh thể ( $AgNO_3$ , 100%), natri citrate ( $C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$ , 99,5%) có nguồn gốc từ hãng Merck (Đức), alginate của hãng Kimica (Nhật Bản), hóa chất dùng làm môi trường nuôi cấy vi

khuẩn: agar, peptone và cao thịt của hãng Angel (Hàn Quốc), nước cất 2 lần.

Nguồn *Pyricularia oryzae* được phân lập từ cây lúa bị bệnh đạo ôn tại Thừa Thiên Huế và được bảo quản ở phòng nghiên cứu bệnh cây, Bộ môn Bảo vệ thực vật, Trường đại học Nông Lâm, Đại học Huế.

## 2.2 Đặc trưng vật liệu

Phổ UV-Vis xác định đỉnh hấp thụ cực đại. Từ đỉnh hấp thụ đặc trưng có thể khẳng định dung dịch điều chế được là dung dịch nano bạc. Từ độ dịch chuyển của các đỉnh hấp thụ cực đại, có thể dự đoán được sự tăng hoặc giảm kích thước hạt nano bạc trong dung dịch sau quá trình tổng hợp [27]. Giảm đồ nhiễu xạ XRD xác định cấu trúc tinh thể của nano bạc thu được. Ảnh SEM, TEM và HRTEM xác định hình thái cấu trúc và kích thước của vật liệu.

## 2.3 Tổng hợp vật liệu

Cân 0,3 g alginate cho vào bình tam giác chứa 50 mL nước cất. Hỗn hợp được khuấy cho tới đồng nhất trên máy khuấy từ gia nhiệt. Sau đó, thêm dung dịch 0,5 mL AgNO<sub>3</sub> 50 mM vào dung dịch alginate để tạo hỗn hợp. Gia nhiệt và khuấy từ mạnh hỗn hợp đến nhiệt độ phản ứng, sau đó nhỏ từ từ 0,5 mL dung dịch natri citrate để thực hiện phản ứng. Khi phản ứng kết thúc, nhận biết sự tạo thành dung dịch keo nano bạc thu được có màu nâu đặc trưng được kiểm chứng bằng quang phổ hấp thụ phân tử UV-Vis và giảm đồ nhiễu xạ XRD.

## 2.4 Đánh giá khả năng kháng nấm

Chúng tôi đánh giá khả năng kháng nấm bằng cách nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ AgNPs đến sự sinh trưởng của nấm *Pyricularia oryzae*.

Môi trường Potato Dextro Agar (PDA) có bổ sung dung dịch AgNPs với các nồng độ 50, 70 và 100 ppm. Các khoan nấm 7 ngày tuổi có đường kính 6 mm được cấy vào trung tâm đĩa Petri (Ø = 9

cm) chứa môi trường, nuôi cấy ở 28 °C. Theo dõi đường kính tán nấm *P. oryzae* sau 5 ngày nuôi cấy [28]. Khả năng kháng nấm của AgNPs được xác định như sau:

$$\text{HLUC (\%)} = \frac{(D-d)}{D} \times 100$$

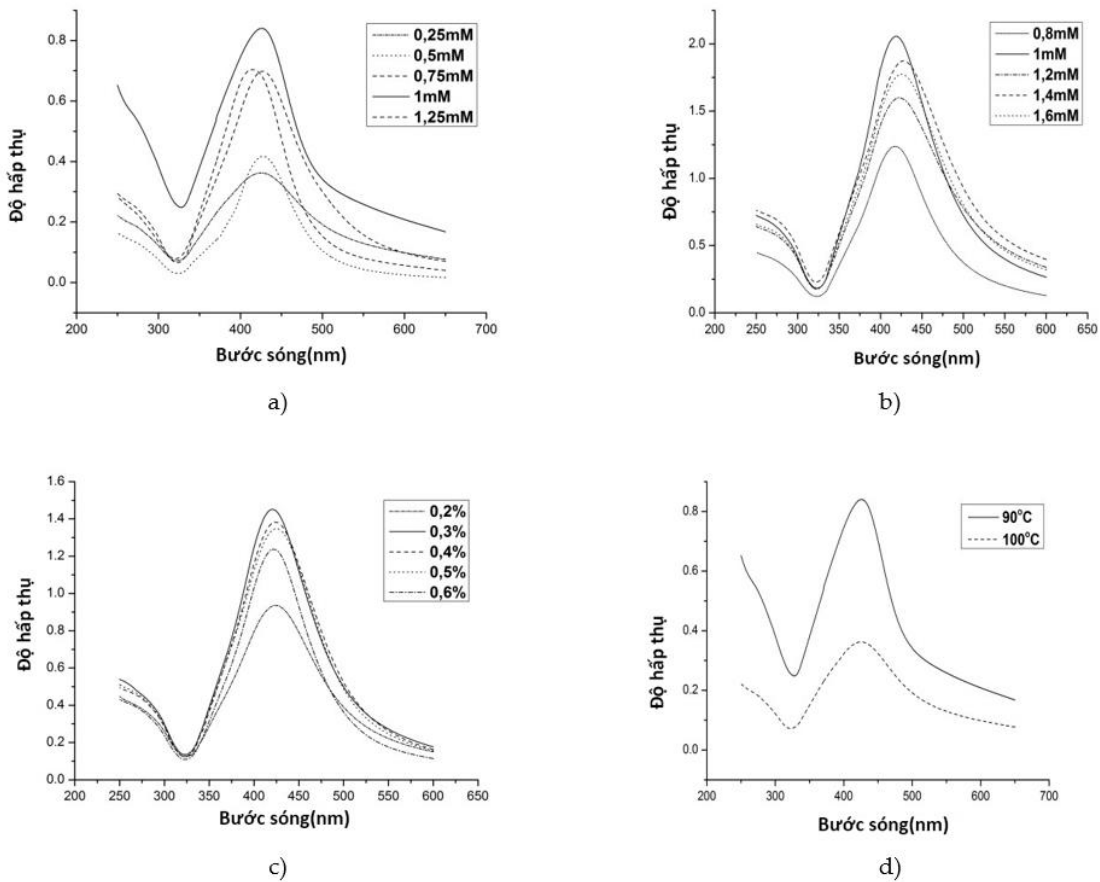
trong đó HLUC là hiệu lực ức chế; *D* (mm) là đường kính khuẩn lạc nấm trên môi trường PDA (không bổ sung AgNPs (đối chứng)); *d* là đường kính khuẩn lạc nấm trên môi trường PDA có bổ sung AgNPs với các nồng độ khác nhau.

## 3 Kết quả và thảo luận

### 3.1 Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tổng hợp vật liệu AgNPs

Hình 1 là kết quả UV-Vis của keo nano bạc sau 75 phút phản ứng khi thay đổi các thông số: nồng độ natri citrate (a), nồng độ bạc nitrate (b), nồng độ alginate (c) và nhiệt độ (d). Hình 1 cho thấy các phổ đều có bước sóng hấp thụ cực đại nằm trong khoảng từ 420 nm đến 440 nm, là bước sóng hấp thụ đặc trưng của dung dịch nano bạc. Điều này chứng tỏ đã có sự tạo thành nano bạc trong dung dịch phản ứng [29].

Sau 75 phút phản ứng, chúng tôi thấy phổ UV-Vis của mẫu có nồng độ natri citrate 1 mM (Hình 1a) và nồng độ bạc nitrate 1 mM (Hình 1b) có cực đại hấp thụ lớn nhất đồng thời peak hấp thụ nhọn hơn và đỉnh hấp thụ nằm ở bước sóng ngắn hơn so với các mẫu khác. Điều này có nghĩa là các hạt nano bạc tạo ra trong mẫu này có kích thước nhỏ hơn và đồng đều hơn so với các mẫu khác [27]. Từ đó chúng tôi kết luận nồng độ natri citrate 1 mM và nồng độ bạc nitrate 1 mM là nồng độ tối ưu. Tương tự, Hình 1c và 1d cho thấy nồng độ alginate 0,3% và nhiệt độ 90 °C là điều kiện phản ứng tối ưu. Trong phản ứng tổng hợp AgNPs này thì alginate đóng vai trò là chất bảo vệ. Nếu nồng độ alginate nhỏ thì sẽ không đủ bọc các hạt AgNPs mới tạo thành, do đó chúng có xu hướng kết tụ lại



**Hình 1.** Phổ UV-Vis của keo nano bạc sau 75 phút phản ứng khi thay đổi các thông số: (a) nồng độ natri citrate: 0,25–1,25 mM (nồng độ bạc nitrate: 1 mM; nồng độ alginate: 0,6%; nhiệt độ: 100 °C), (b) nồng độ bạc nitrate: 0,8–1,6 mM (nồng độ natri citrate: 1 mM; nồng độ alginate: 0,6%; nhiệt độ: 100 °C), (c) nồng độ alginate (nồng độ natri citrate: 1 mM; nồng độ bạc nitrate: 1 mM; nhiệt độ: 100 °C) và (d) nhiệt độ (nồng độ natri citrate: 1 mM; nồng độ bạc nitrate: 1 mM; nồng độ alginate: 0,6%)

với nhau tạo thành các hạt có kích thước lớn hơn. Ngược lại, nếu nồng độ alginate lớn quá sẽ làm độ nhớt của dung dịch phản ứng lớn, do đó làm cản trở phản ứng khử  $Ag^+$  thành AgNPs.

Từ những kết quả thu được trong quá trình khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tổng hợp keo bạc nano chúng tôi rút ra điều kiện tối ưu để tổng hợp vật liệu AgNPs (Bảng 1).

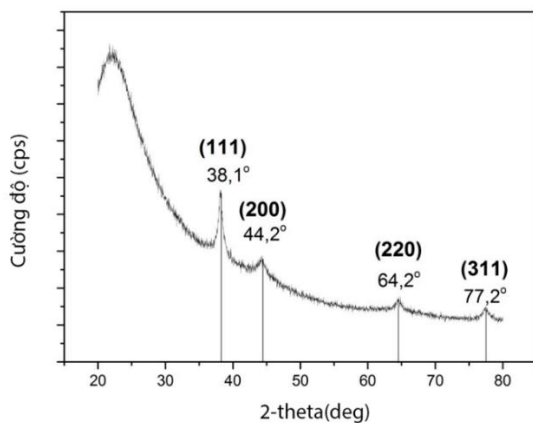
**Bảng 1.** Điều kiện được lựa chọn để tổng hợp vật liệu AgNPs

Thông số	Điều kiện tối ưu
Nồng độ bạc nitrate	1 mM
Nồng độ alginate	0,3%
Nồng độ natri citrate	1 mM
Nhiệt độ phản ứng	90 °C

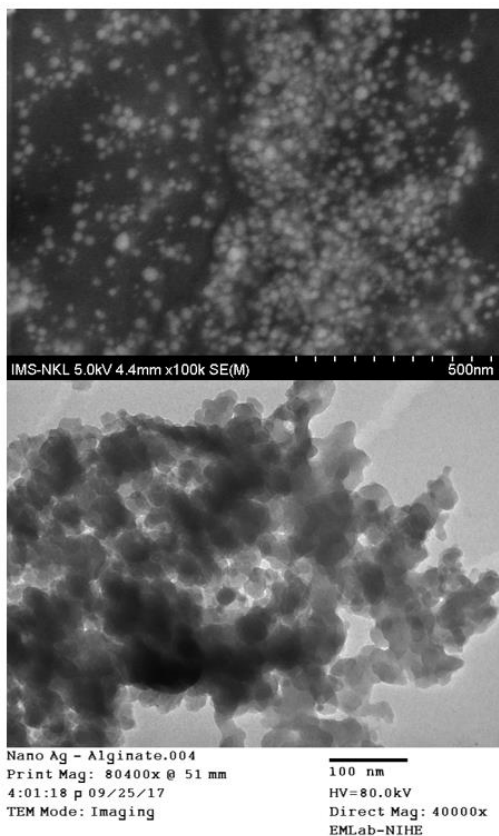
### 3.2 Đặc trưng vật liệu

Hình 2 trình bày giản đồ nhiễu xạ XRD của vật liệu AgNPs. Chúng tôi nhận thấy khi đo XRD ở các góc rộng ( $2\theta = 80^\circ$ ), xuất hiện 4 peak tinh thể ở các góc  $2\theta = 38,1^\circ$  ( $d_{hkl} = 2,360 \text{ \AA}$ );  $44,2^\circ$  ( $d_{hkl} = 2,044 \text{ \AA}$ );  $64,2^\circ$  ( $d_{hkl} = 1,444 \text{ \AA}$ ) và  $77,2^\circ$  ( $d_{hkl} = 1,232 \text{ \AA}$ ), tương ứng với các mặt (111), (200), (220) và (311) trong cấu trúc lập phương tâm mặt (FCC) của kim loại Ag (JCPDSCardnumber, 4-783) [30]. Điều này cho phép khẳng định đã có sự hình thành tinh thể bạc trong dung dịch sau phản ứng. Ngoài ra, còn xuất hiện 1 peak tù trong khoảng  $2\theta = 20\text{--}30^\circ$ ; đây là peak của alginate vô định hình.

Kết quả SEM và TEM trên Hình 3 cho thấy các hạt AgNPs có kích thước khá đồng đều trong khoảng 20–40 nm.

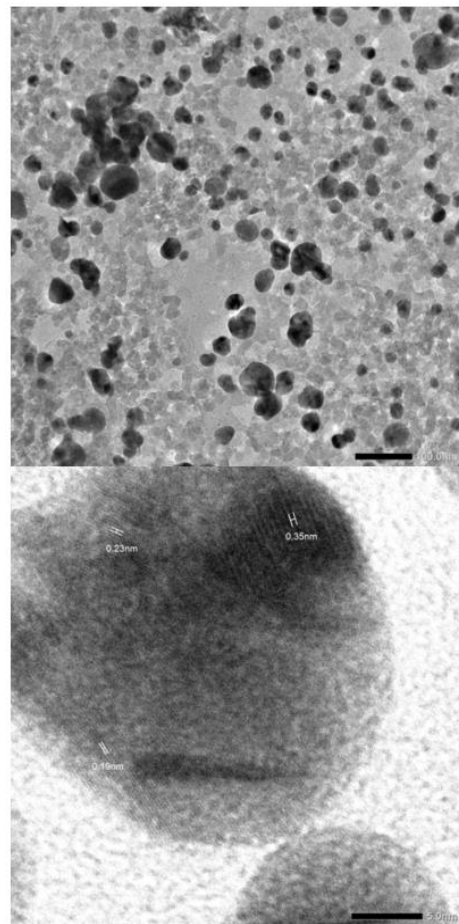


Hình 2. Giảm đồ nhiễu xạ XRD của vật liệu AgNPs



Hình 3. Ảnh SEM và ảnh TEM của vật liệu AgNPs

Ảnh HR-TEM trên Hình 4 cho thấy các hạt có kích thước khoảng 30 nm và có các súa song song, chứng tỏ đây là các tinh thể. Khoảng cách giữa các súa trung bình  $d = 0,23$  nm tương ứng với mặt (111) của tinh thể Ag, xấp xỉ với  $d_{hkl} = 2,360$  Å tại góc  $2\theta = 38,1^\circ$  trên giản đồ XRD của vật liệu AgNPs, chứng tỏ các hạt tinh thể này chính là các tinh thể Ag.



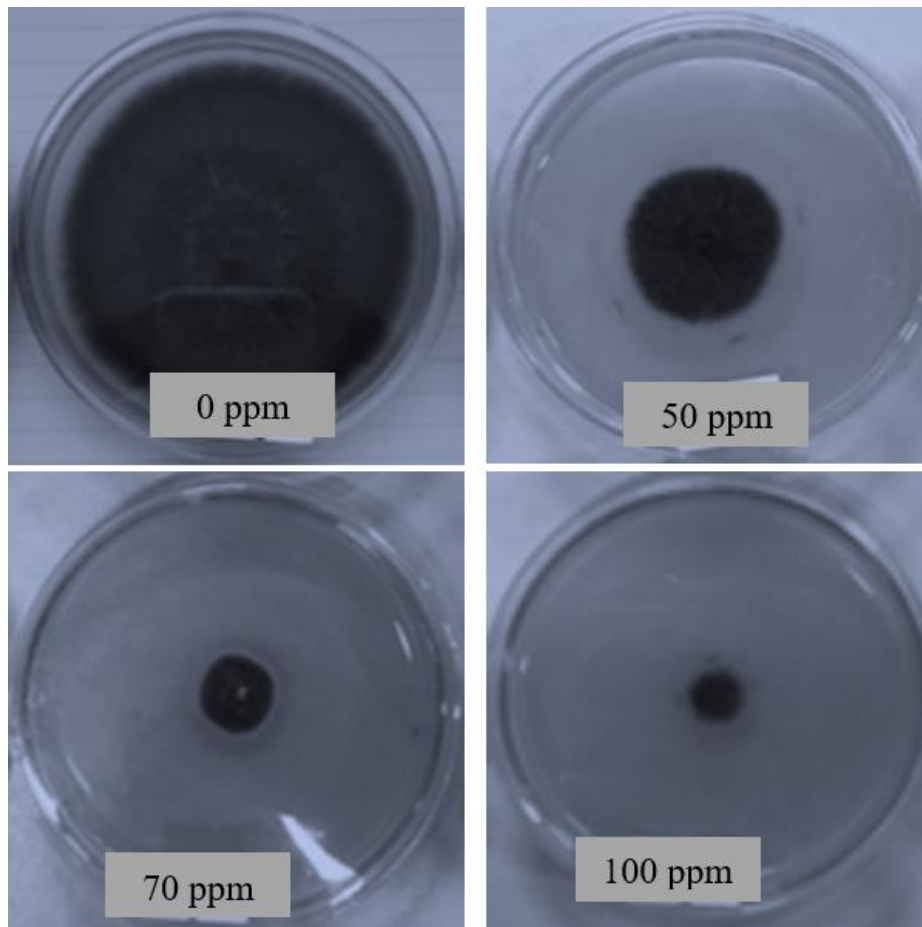
Hình 4. Ảnh HR-TEM của vật liệu AgNps

### 3.3 Đánh giá ảnh hưởng của nồng độ AgNPs đến sự sinh trưởng của nấm *Pyricularia oryzae*

Ảnh hưởng của nồng độ AgNPs đến đường kính tán nấm trong thí nghiệm được trình bày ở Bảng 2. Kết quả cho thấy ở các nồng độ AgNPs khác nhau, khả năng sinh trưởng và phát triển của sợi nấm *Pyricularia oryzae* là khác nhau. Kích thước tán nấm giảm dần theo chiều tăng nồng độ AgNPs. Đường kính hệ sợi nấm ở 5 ngày sau cấy dao động từ 1 đến 80 mm; các công thức có sự khác nhau ở mức có ý nghĩa thống kê. Trong đó, công thức đối chứng có đường kính tán nấm lớn nhất và công thức nồng độ 100 ppm có đường kính tán nấm nhỏ nhất. Như vậy có thể thấy, AgNPs có khả năng ức chế sự phát triển của nấm *P. oryzae*. Khả năng ức chế thể hiện tốt nhất ở môi trường PDA có bổ sung 100 ppm AgNPs.

**Bảng 2.** Hiệu lực ức chế của AgNPs đến sinh trưởng của nấm *P. oryzae* nuôi cấy trên môi trường PDA sau 5 ngày cấy

Nồng độ AgNPs (ppm)	Đường kính tán nấm (mm)	Hiệu lực ức chế (%)
0	80,0	0,00
50	36,5	54,38
70	29,3	63,38
100	17,9	77,63



**Hình 5.** Ảnh hưởng của AgNPs đến sinh trưởng *P. oryzae* sau 5 ngày nuôi cấy trên môi trường PDA

#### 4 Kết luận

Chúng tôi đã tổng hợp được dung dịch keo nano bạc với chất khử là natri citrate và chất bảo vệ là alginate. Chúng tôi cũng đã khảo sát các yếu tố ảnh hưởng gồm nồng độ natri citrate, nồng độ bạc nitrate, nồng độ alginate và nhiệt độ để đưa ra được điều kiện tối ưu của phản ứng. Cấu trúc FCC của dung dịch keo nano bạc, xác định bằng giản đồ

nhiễu xạ XRD và phổ UV-Vis cho thấy các hạt nano bạc tạo ra có kích thước khác nhau cho các đỉnh hấp thụ cực đại khác nhau từ 420 đến 440 nm. Hạt nano bạc được tổng hợp với các thông số tốt nhất có kích thước trung bình trong khoảng 20–40 nm. Vật liệu AgNPs tổng hợp được có khả năng ức chế sự phát triển của nấm *P. Oryzae* với nồng độ tối ưu là 100 ppm trong môi trường PDA.

## Lời cảm ơn

Các kết quả của bài báo này được nghiên cứu dựa trên sự tài trợ chính của đề tài khoa học và công nghệ cấp Đại học Huế (Mã số: DHH2019-01-148). Tác giả cảm ơn sự hỗ trợ một phần kinh phí của Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 104.06-2017.311.

## Tài liệu tham khảo

1. Sharma VK, Yngard RA, Lin Y. Silver nanoparticles: Green synthesis and their antimicrobial activities. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2009;145(1-2):83-96.
2. Chaloupka K, Malam Y, Seifalian AM. Nanosilver as a new generation of nanoparticle in biomedical applications. *Trends Biotechnol*. 2010;28(11):580-588.
3. Prow TW, Grice JE, Lin LL, Faye R, Butler M, Becker W, Wurm EM, Yoong C, Robertson TA, Soyer HP, Roberts MS. Nanoparticles and microparticles for skin drug delivery. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 2011;63(6):470-491.
4. Dankovich TA, Gray DG. Bactericidal Paper Impregnated with Silver Nanoparticles for Point-of-Use Water Treatment. *Environmental Science & Technology*. 2011;45(5):1992-1998.
5. Nair R, Varghese SH, Nair BG, Maekawa T, Yoshida Y, Kumar DS. Nanoparticulate material delivery to plants. *Plant Science*. 2010;179(3):154-163.
6. Park K, Seo D, Lee J. Conductivity of silver paste prepared from nanoparticles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2008; 313-314:351-354.
7. Khan Z, Al-Thabaiti SA, Obaid AY, Al-Youbi A. Preparation and characterization of silver nanoparticles by chemical reduction method. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2011;82(2): 513-517.
8. Chen P, Song L, Liu Y, Fang Y. Synthesis of silver nanoparticles by  $\gamma$ -ray irradiation in acetic water solution containing chitosan. *Radiation Physics and Chemistry*. 2007;76(7):1165-1168.
9. Zhang W, Qiao X, Chen J. Synthesis and characterization of silver nanoparticles in AOT microemulsion system. *Chemical Physics*. 2006; 330(3):495-500.
10. Reicha FM, Sarhan A, Abdel-Hamid MI, El-Sherbiny IM. Preparation of silver nanoparticles in the presence of chitosan by electrochemical method. *Carbohydrate Polymers*. 2012;89(1):236-244.
11. Abid JP, Wark AW, Brevet PF, Girault HH. Preparation of silver nanoparticles in solution from a silver salt by laser irradiation. *Chemical Communications*. 2002;(7):792-793.
12. Yang J, Pan J. Hydrothermal synthesis of silver nanoparticles by sodium alginate and their applications in surface-enhanced Raman scattering and catalysis. *Acta Materialia*. 2012;60(12):4753-4758.
13. Khan A, El-Toni AM, Alrokayan S, Alsalhi M, Alhoshan M, Aldwayyan AS. Microwave-assisted synthesis of silver nanoparticles using poly-N-isopropylacrylamide/acrylic acid microgel particles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2011;377(1-3):356-360.
14. Alarcon EI, Udekwu K, Skog M, Pacioni NL, Stamplecoskie KG, González-Béjar M, Polisetti N, Wickham A, Richter-Dahlfors A, Griffith M, Scaiano JC. The biocompatibility and antibacterial properties of collagen-stabilized, photochemically prepared silver nanoparticles. *Biomaterials*. 2012;33(19):4947-4956.
15. Niño-Martínez N, Martínez-Castañón GA, Aragón-Piña A, Martínez-Gutierrez F, Martínez-Mendoza JR, Ruiz F. Characterization of silver nanoparticles synthesized on titanium dioxide fine particles. *Nanotechnology*. 2008;19(6):065711.
16. Chou W, Yu D, Yang M. The preparation and characterization of silver-loading cellulose acetate hollow fiber membrane for water treatment. *Polymers for Advanced Technologies*. 2005;16(8):600-607.
17. Chen Q, Yue L, Xie F, Zhou M, Fu Y, Zhang Y, Weng J. Preferential Facet of Nanocrystalline Silver Embedded in Polyethylene Oxide Nanocomposite and Its Antibiotic Behaviors. *The Journal of Physical Chemistry C*. 2008;112(27):10004-10007.
18. Kvítek L, Panáček A, Soukupová J, Kolář M, Večeřová R, Pucek R, Holecová M, Zbořil R. Effect of Surfactants and Polymers on Stability and Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles (NPs). *The Journal of Physical Chemistry C*. 2008;112(15): 5825-5834.
19. Morones JR, Elechiguerra JL, Camacho A, Holt K, Kouri JB, Ramírez JT, Yacaman MJ. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology*. 2005; 16(10):2346-2353.
20. Basu S, Jana S, Pande S, Pal T. Interaction of DNA bases with silver nanoparticles: Assembly

- quantified through SPRS and SERS. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2008;321(2):288-293.
21. Gupta A, Maynes M, Silver S. Effects of Halides on Plasmid-Mediated Silver Resistance in *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology*. 1998;64(12):5042-5045.
  22. Melaiye A, Sun Z, Hindi K, Milsted A, Ely D, Reneker DH, Tessier CA, Youngs WJ. Silver(I)-Imidazole Cyclophanegem-Diol Complexes Encapsulated by Electrospun Tecophilic Nanofibers: Formation of Nanosilver Particles and Antimicrobial Activity. *Journal of the American Chemical Society*. 2005;127(7):2285-2291.
  23. Ou SH. Pathogen Variability and Host Resistance in Rice Blast Disease. *Annual Review of Phytopathology*. 1980;18(1):167-187.
  24. Le MT, Arie T, Teraoka T. Population dynamics and pathogenic races of rice blast fungus, *Magnaporthe oryzae* in the Mekong Delta in Vietnam. *Journal of General Plant Pathology*. 2010;76(3):177-182.
  25. Giovannucci D, Scherr SJ, Nierenberg D, Hebebrand C, Shapiro J, Milder J, Wheeler K. Food and Agriculture: The Future of Sustainability. *SSRN Electronic Journal*. 2012.
  26. Singh S, Singh BK, Yadav S, Gupta A. Applications of Nanotechnology in Agricultural and their Role in Disease Management. *Research Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. 2015;5(1):1-5.
  27. Xu G, Huang C, Tazawa M, Jin P, Chen D. Nano-Ag on vanadium dioxide. II. Thermal tuning of surface plasmon resonance. *Journal of Applied Physics*. 2008;104(5):053102.
  28. Elshafey R, Elamawi R. Inhibition Effects of Silver Nanoparticles Against Rice Blast Disease Caused By *Magnaporthe Grisea*. *Egyptian Journal of Agricultural Research*. 2013;91(4):1271-1283.
  29. Zain NM, Stapley A, Shama G. Green synthesis of silver and copper nanoparticles using ascorbic acid and chitosan for antimicrobial applications. *Carbohydrate Polymers*. 2014 Nov;112:195-202.
  30. Jiang ZY. Thiol-Frozen Shape Evolution of Triangular Silver Nanoplates. *Langmuir*. 2007;23(4):2218-2223.