

Hoạt tính kháng nấm của nano bạc đối với một số nấm gây bệnh trên cây trồng trong điều kiện *in vitro*

Công Hồng Hạnh^{1*}, Nguyễn Hồng Nhung¹, Trần Thị Hương¹, Trần Quế Chi¹, Phạm Duy Khánh¹, Kartsko Larisa Alexandrovna², Shukanov Vladimir Petrovich², Hoàng Anh Sơn¹

¹Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Viện Thực nghiệm Thực vật V.F. Kuprevich, Viện Hàn lâm Khoa học Quốc gia Belarus

Ngày nhận bài 30/6/2020; ngày gửi phản biện 3/7/2020; ngày nhận phản biện 30/7/2020; ngày chấp nhận đăng 5/8/2020

Tóm tắt:

Nghiên cứu này thực hiện đánh giá trong điều kiện *in vitro* trên môi trường PDA hoạt tính kháng nấm của dung dịch nano bạc đối với một số loài nấm gây bệnh phân lập được từ cây gừng (đốm lá - *P. zingerberis*, héo vàng - thối củ - *F. oxysporum*), cây ớt (thán thư - *Colletotrichum* spp.), cây lúa mì, lúa mạch (đốm lá - *Alternaria* spp., thối rễ - *H. teres*). Kết quả nghiên cứu cho thấy, nano bạc ở các nồng độ khác nhau, đối với các loại nấm khác nhau có hoạt tính kháng nấm ở các mức độ khác nhau. Nano bạc nồng độ 60 ppm có hoạt tính kháng nấm *P. zingerberis* đạt 39,5%, kháng nấm *F. oxysporum* đạt 48,5%. Nano bạc nồng độ 40 ppm ức chế 59,4% sự phát triển của nấm *Colletotrichum* spp. Hoạt tính kháng nấm *H. teres* của nano bạc nồng độ 50 và 100 ppm đều đạt 53,3%, nấm *Alternaria* spp. lần lượt là 27,8 và 33,3%. Như vậy, theo kết quả thu được từ phòng thí nghiệm, có thể sử dụng dung dịch nano bạc để phòng và trị một số bệnh do nấm gây ra đối với cây trồng.

Từ khóa: *Alternaria* spp., *Colletotrichum* spp., *F. oxysporum*, hiệu lực kháng nấm, *H. teres*, nano bạc, *P. zingerberis*.

Chỉ số phân loại: 4.1

Giới thiệu

Nông nghiệp là ngành kinh tế quan trọng của Việt Nam, trong đó lĩnh vực trồng trọt những năm gần đây đã gặt hái thành công ở nhiều mặt hàng, đảm bảo đáp ứng nhu cầu của người dân trong nước cũng như nâng cao kim ngạch xuất khẩu. Đặc biệt, các cây gia vị như gừng, ớt ở nước ta có tiềm năng xuất khẩu rất lớn, mang lại thu nhập, góp phần xóa đói giảm nghèo cho bà con nông dân những xã vùng cao.

Tuy nhiên, trong quá trình gieo trồng cũng như bảo quản sau thu hoạch có sự xuất hiện của các tác nhân gây bệnh, gây thiệt hại nặng nề đến năng suất và hiệu quả kinh tế. Trong số đó phải kể đến nấm bệnh, tác nhân của hầu hết các loại bệnh hại cho cây trồng, gây ra các triệu chứng thối rễ, thối gốc thân, thối thân, khô vằn, thối lá. Theo ước tính, thiệt hại do nấm bệnh lên tới 11,6% tổng sản lượng nông nghiệp, tương đương hàng ngàn tỷ đồng bị thất thu mỗi năm do nấm bệnh. Việc tìm ra các chế phẩm có khả năng diệt nấm bệnh, an toàn cho người sử dụng và môi trường luôn được các nhà khoa học trên thế giới và trong nước đặc biệt quan tâm [1, 2].

Hiện nay, công nghệ nano có thể mở ra nhiều hướng ứng dụng trong lĩnh vực công nghệ sinh học, nông nghiệp và thực phẩm [3]. Nhờ vào hoạt tính kháng khuẩn và kháng nấm cao, hạt nano bạc đã và đang thu hút được nhiều sự chú

ý, đầu tư trong nghiên cứu và ứng dụng loại vật liệu này [4]. Các chế phẩm nano bạc-chitosan chế tạo bằng phương pháp chiếu xạ có hiệu lực ức chế nấm *Phytophthora capsici* lên đến 100% tại nồng độ 40 ppm với kích thước hạt 5 nm [5]. Vật liệu nano Ag/CTS/bentonite ở nồng độ bạc 400 ppm có hiệu quả ức chế nấm *Rhizoctonia solani* đạt 92,82% và nấm *F. oxysporum* đạt 66,70% [6]. Nano bạc dạng keo kích thước trung bình 52 nm ở nồng độ 180 ppm đã ức chế trên 90% sự phát triển của nấm *Phomopsis* sp. trên hạt đậu tương [7].

Các nhà khoa học cho rằng, khả năng ức chế của dung dịch nano bạc đối với sự phát triển của nấm bệnh là nhờ sự chuyển hóa từ Ag⁰ thành ion Ag⁺ tấn công đồng thời nhiều vị trí trong tế bào vi sinh vật, vô hiệu hóa các tổ chức chức năng quan trọng trong tế bào, làm ảnh hưởng đến quá trình tổng hợp thành tế bào, quá trình vận chuyển các chất qua màng, tổng hợp và dịch mã axit nucleic (RNA, DNA), tổng hợp protein cũng như vận chuyển điện tử qua màng. Ion bạc có ái lực mạnh đối với các nhóm chức mang điện tích âm trên phân tử sinh học, đó là các nhóm -SH, -COOH, PO₃³⁻ và các nhóm chức tích điện âm khác phân bố khắp trong tế bào vi sinh vật [8, 9]. Chính phản ứng liên kết đó đã làm thay đổi cấu trúc của các đại phân tử, làm chúng trở nên mất tác dụng trong tế bào.

Hiện nay, tại huyện Hà Quảng, Cao Bằng, với mục tiêu

*Tác giả liên hệ: Email: hanhcong9389@gmail.com

Antifungal activity of silver nanoparticles against phytopathogenic fungi *in vitro*

Hong Hanh Cong^{1*}, Hong Nhung Nguyen¹,
Thi Huong Tran¹, Que Chi Tran¹, Duy Khanh Pham¹,
Kartsko Larisa Alexandrovna²,
Shukanov Vladimir Petrovich², Anh Son Hoang¹

¹Institute of Materials Science,
Vietnam Academy of Science and Technology
²V.F.Kuprevich Institute of Experimental Botany,
National Academy of Sciences of Belarus

Received 30 June 2020; accepted 5 August 2020

Abstract:

In this study, the antifungal activity of silver nano solution against some phytopathogenic fungi, which were isolated from ginger (*P. zingerberis*, *F. oxysporum*), chili (*Colletotrichum* spp.), and wheat, barley (*Alternaria* spp., *H. teres*) was carried out *in vitro* by using PDA medium. The results showed that silver nanoparticles (AgNPs) had different antifungal effects at different concentrations for each fungus. AgNPs at a concentration of 60 ppm inhibited 39.5% and 48.5% growth of *P. zingerberis* and *F. oxysporum*, respectively. The inhibition level of AgNPs at 40 ppm concentration against *Colletotrichum* spp. was 59.4%. The antifungal activity of AgNPs against *H. teres* at concentrations 50 and 100 ppm reached 53.3%, against *Alternaria* spp. 27.8% and 33.3%, respectively. Thus, the silver nano solution could be recommended to effectively prevent and treat some fungal diseases of plants.

Keywords: *Alternaria* spp., antifungal effect, *Colletotrichum* spp., *F. oxysporum*, *H. teres*, *P. zingerberis*, silver nanoparticles.

Classification number: 4.1

xoá đói giảm nghèo cho bà con nông dân vùng cao, hai đối tượng cây trồng được địa phương phát triển khá hiệu quả để xuất khẩu là cây gừng trâu và cây ớt trồng theo mô hình sản xuất hữu cơ không thuốc trừ sâu, không bón phân hóa học. Tuy nhiên, trong mấy năm qua hiện tượng nấm bệnh đã gây ảnh hưởng không nhỏ đến năng suất, chất lượng của củ gừng trâu và ớt sau thu hoạch. Nấm bệnh cũng gây thiệt hại nghiêm trọng đối với nhiều loại cây trồng khác, trong đó có cây lúa mì, lúa mạch ở Belarus. Chính vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá hiệu lực của nano bạc đối với một số loài nấm gây bệnh trên cây gừng, cây ớt, cây lúa mì, lúa mạch, làm cơ sở cho các giải pháp bảo vệ các đối tượng cây trồng nêu trên.

Phương pháp nghiên cứu và thực nghiệm

Phương pháp chế tạo dung dịch nano bạc

• Hoá chất sử dụng gồm có: bạc nitrat (AgNO_3), natri bohidrua (NaBH_4), chitosan, axit acetic (CH_3COOH) và nước cất 1 lần chế tạo tại phòng thí nghiệm.

• Phương pháp chế tạo: qua quá trình nghiên cứu, nhóm tác giả đã lựa chọn được quy trình tối ưu chế tạo nano bạc với chất ổn định là chitosan. Hạt nano bạc được hình thành trên dựa trên phản ứng sau:



Dung dịch nano bạc - chitosan được điều chế với tỷ lệ $\text{NaBH}_4/\text{AgNO}_3=0,25$, hàm lượng chitosan 120 ppm và nồng độ AgNO_3 500 ppm. AgNO_3 dạng rắn được cho vào môi trường có sẵn chitosan hòa tan trong axit axetic tạo thành dung dịch AgNO_3 . Sau đó nhỏ từ từ dung dịch NaBH_4 vào dung dịch AgNO_3 , khuấy mạnh tại nhiệt độ phòng.

• Các phương pháp nghiên cứu đặc trưng của hệ nano Ag-chitosan được thực hiện tại Viện Khoa học Vật liệu như sau: phương pháp kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường FE-SEM (TB Hitachi S-4800, Nhật Bản); phương pháp phổ Zeta; phương pháp tán xạ ánh sáng động DLS (máy đo nano Zetasizer, Malvern UK); phương pháp UV-Vis (UV-Vis-1800, Nhật).

Phương pháp phân lập và giám định nấm bệnh

Phương pháp phân lập và nuôi cấy nấm bệnh trong phòng thí nghiệm được tiến hành theo Burgess và cộng sự [10]: mô bệnh được cắt thành miếng có kích thước 1x1 cm, nằm ở ranh giới giữa mô bệnh và mô khỏe. Khử trùng bề mặt bằng cồn 70°, rửa sạch bằng nước cất vô trùng. Dùng dao đã khử trùng cắt vết bệnh thành các miếng nhỏ 5x5 mm. Đặt các mảnh mô vào môi trường phân lập bao gồm thạch - nước cất (WA) (có bổ sung kháng sinh), môi trường khoai tây - đường - agar cải tiến (MPDA). Khi nấm đạt đường kính tán nấm 1-2 cm, cấy truyền sang môi trường WA. Làm thuần mẫu nấm bằng cách cấy đỉnh sinh trưởng của một sợi nấm từ môi trường trung gian (WA) sang môi trường

nuôi cấy phù hợp với từng loại nấm: môi trường khoai tây - đường - agar (PDA), môi trường thạch lá cẩm chướng CLA.

Phương pháp nghiên cứu khả năng ức chế của dung dịch nano bạc đến sự phát triển của nấm gây bệnh trên cây gừng

Các loại nấm sau khi phân lập được sử dụng trong nghiên cứu: *F. oxysporum*, *P. zingiberis*, *Colletotrichum* spp., *Alternaria* spp. và *H. teres*.

Thí nghiệm được thực hiện trên môi trường PDA, sau khi hấp khử trùng, để nguội môi trường khoảng 80°C, bổ sung chế phẩm dung dịch nano bạc (với các nồng độ khác nhau) vào môi trường PDA, đổ vào đĩa petri.

Cây tản nấm đã được làm thuần với đường kính 5 mm lên giữa đĩa môi trường đã được chuẩn nồng độ nghiên cứu và môi trường PDA làm đối chứng. Các đĩa nuôi cấy được đặt trong môi trường có nhiệt độ 24-26°C, theo dõi sự phát triển của tản nấm thông qua đường kính tản nấm sau khi cấy từ 7-12 ngày. Thí nghiệm được thực hiện 3 lần nhắc lại và mỗi lần nhắc lại 5 đĩa petri [1].

Mức độ hiệu quả các nồng độ dung dịch nano bạc nghiên cứu sẽ được đánh giá dựa trên hoạt tính kháng nấm [1]: $HTKN (\%) = ((D-d)/D) \times 100$. Trong đó: D (mm) là đường kính tản nấm trên môi trường thạch không bổ sung dung dịch nano bạc (đối chứng); d là đường kính tản nấm trên môi trường thạch có bổ sung dung dịch nano bạc.

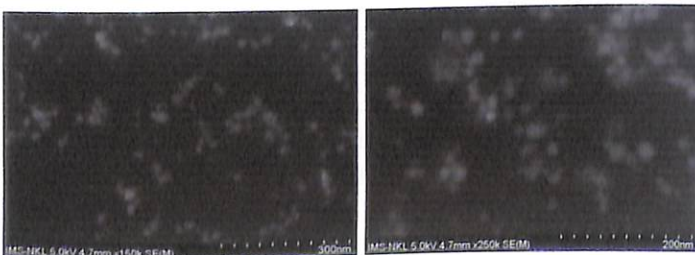
Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu thu thập được tính toán các giá trị trung bình, sai số được xử lý trên chương trình Microsoft Excel 2016. Để xác định sự khác biệt giữa các nhóm có mang ý nghĩa thống kê hay không sử dụng phương pháp phân tích phương sai một nhân tố (ANOVA single factor).

Kết quả và thảo luận

Các đặc trưng của dung dịch nano bạc

Các hạt nano bạc chế tạo được có dạng cầu, kích thước đồng đều từ 5-20 nm. Các hạt nano đa số tách rời nhau, bên cạnh đó có một số ít hạt có xu hướng tụ lại do ảnh hưởng của chitosan được sử dụng với vai trò chất ổn định (hình 1).



Hình 1. Ảnh FE-SEM của hệ nano Ag-chitosan ở các độ phân giải khác nhau.

Sử dụng phương pháp khác (DLS) để xác định kích thước phân tán của hạt nano cho thấy kích thước hạt trung bình là 43,83 nm, cao hơn kết quả ảnh FE-SEM (đây có thể là do có sự tương tác giữa các hạt nano Ag với chitosan). Thế zeta của hệ dung dịch nano đạt 34,2 mV, dung dịch nano Ag-chitosan có tính ổn định cao.

Phân lập các chủng nấm gây bệnh

Cây gừng tại huyện Hà Quảng, Cao Bằng trong quá trình canh tác đã quan sát thấy có 2 nhóm cây với các biểu hiện bị nhiễm bệnh khác nhau. Nhóm thứ nhất có các triệu chứng: lá cây bị héo vàng, thân cây nhũn ra khi chạm vào (hình 2). Nhóm thứ 2 có các triệu chứng của bệnh đốm lá: trên lá ban đầu xuất hiện các đốm vàng nhỏ, sau đó lan dần ra khắp lá và sang các lá khác (hình 3).



A. Thực trạng ngoài đồng ruộng B. Mẫu lá bệnh xét nghiệm
Hình 2. Cây gừng bị bệnh héo vàng - thối củ do nấm *F. oxysporum* gây ra.



A. Thực trạng ngoài đồng ruộng B. Mẫu lá bệnh xét nghiệm
Hình 3. Lá cây gừng bị bệnh đốm lá do nấm *P. zingiberis* gây ra.

Mẫu cây gừng bệnh được phân lập, xác định tác nhân gây bệnh tại Trung tâm Nghiên cứu trồng và chế biến cây thuốc Hà Nội, Viện Dược liệu. Dựa vào đặc điểm hình thái tản nấm xác định được tác nhân gây bệnh héo vàng - thối củ trên cây gừng là nấm *F. oxysporum* - loại nấm gây bệnh thối củ phổ biến trên cây gừng, tác nhân gây bệnh đốm lá là nấm *P. zingiberis*. Điều này phù hợp với sự hiện diện trên 95% mẫu cây bệnh trong nghiên cứu của Nguyễn Thị Nghiêm và cộng sự khi xác định tác nhân gây thối củ trên cây gừng [11].

Trên một số cây ớt trồng tại huyện Hoà An, Cao Bằng đã xuất hiện các triệu chứng bệnh: cây bị cháy mép lá, đốm nhỏ trên bề mặt lá, ranh giới phần mô bệnh và mô khoẻ có quầng vàng. Mẫu ớt bệnh được phân lập và định danh tác nhân gây bệnh tại Bộ môn Công nghệ vi sinh, Viện Di truyền Nông nghiệp. Dựa vào đặc điểm hình dạng và kích thước được đánh giá theo mô tả đã công bố [12-15], xác định bệnh trên cây ớt là do nấm *Colletotrichum* spp. Trên môi trường PDA, tản nấm xốp, sợi nấm phân nhánh mỏng dần về phía rìa tản nấm, có màu trắng xám (hình 4) [16].



Hình 4. Hình thái tản nấm *Colletotrichum* spp. trên môi trường PDA.

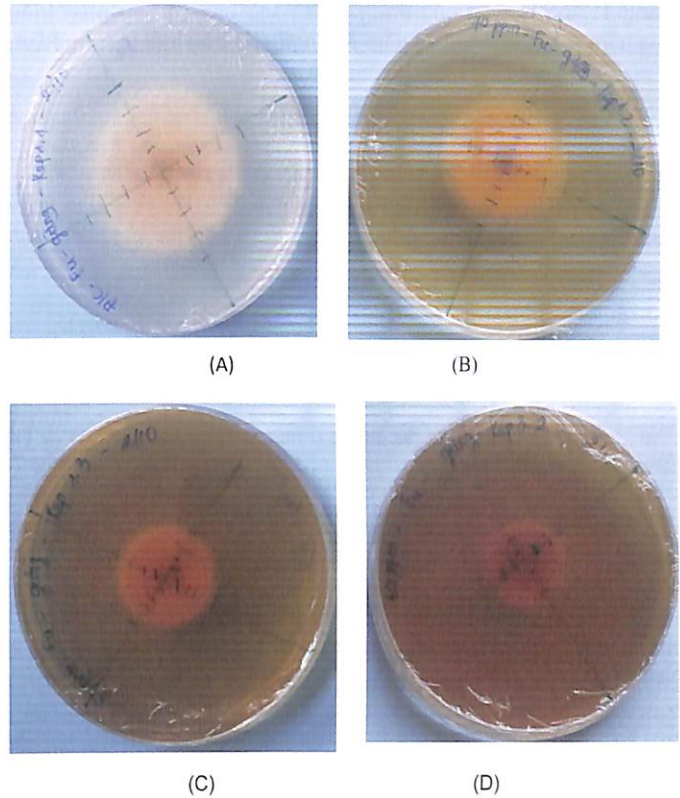
Khả năng ức chế phát triển nấm gây bệnh trên thực vật của dung dịch nano bạc

Khả năng ức chế của dung dịch nano bạc đối với sự phát triển của nấm *F. oxysporum* và *P. zingiberis* gây bệnh trên cây gừng trâu:

Sự phát triển của nấm *F. oxysporum* gây bệnh héo vàng - thối củ ở gừng trâu sau 7 ngày nuôi cấy và nấm *P. zingiberis* gây bệnh đốm lá ở gừng trâu sau 12 ngày nuôi cấy trên môi trường PDA có bổ sung nano bạc được thể hiện lần lượt ở hình 5 và hình 6.

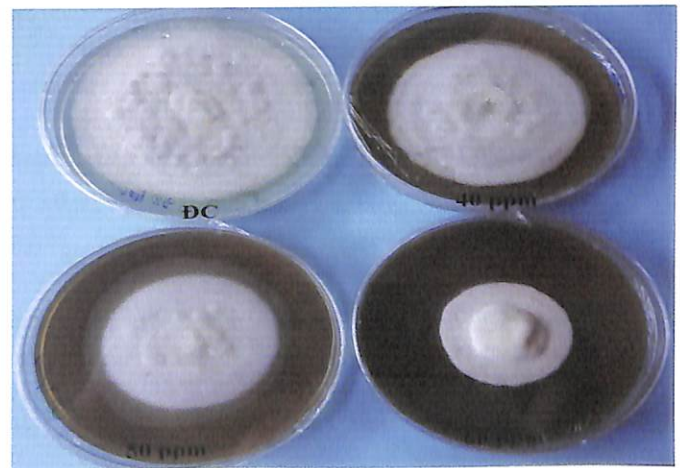
Kết quả thu được cho thấy, khả năng ức chế sự phát triển của nấm tăng dần theo nồng độ nano bạc. Đối với nấm *F. oxysporum*, quá trình theo dõi được tiến hành trong 7 ngày và nấm *P. zingiberis* là 12 ngày.

Sau 7 ngày, dung dịch nano bạc nồng độ 20 ppm không có khả năng ức chế sự phát triển của nấm bệnh với đường kính tản nấm không khác biệt so với đối chứng. Nano bạc ở nồng độ 30 và 40 ppm có khả năng ức chế nấm *F. oxysporum* lần lượt là 6,2 và 13,5%. Nano bạc nồng độ 50 và 60 ppm có hiệu lực ức chế sự phát triển của nấm bệnh lần lượt là 46,1 và 48,5% (bảng 1). Như vậy, nano bạc ở nồng độ 60 ppm vẫn chưa đủ để ức chế hoàn toàn sự phát triển của sợi nấm *F. oxysporum*. Kết quả này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của S.W. Kim [1] và Nguyễn Hoài Châu [6].



Hình 5. Sự phát triển của nấm *F. oxysporum* gây bệnh héo vàng - thối củ ở gừng trâu sau 7 ngày nuôi cấy trên môi trường PDA có bổ sung nano bạc. (A) Đối chứng; (B) Nano bạc nồng độ 40 ppm; (C) 50 ppm; (D) 60 ppm.

Sau 12 ngày, đường kính tản nấm *P. zingiberis* lớn nhất được qua sát thấy ở nhóm đối chứng (môi trường PDA không bổ sung dung dịch nano bạc), đạt $75,4 \pm 0,5$ mm. Hoạt tính kháng nấm *P. zingiberis* của dung dịch nano bạc ở nồng độ 20, 30, 40, 50 và 60 ppm đạt lần lượt là 2,9, 8,0, 11,4, 31,7 và 39,5% (bảng 1).



Hình 6. Sự phát triển của nấm *P. zingiberis* gây bệnh đốm lá ở gừng trâu sau 12 ngày nuôi cấy trên môi trường PDA có bổ sung nano bạc.

Bảng 1. Ảnh hưởng của dung dịch nano bạc đến sự phát triển của nấm *F. oxysporum* và nấm *P. zingiberis* trên môi trường PDA.

STT	Nồng độ dung dịch nano Ag (ppm)	Đường kính tán nấm (cm)		Hoạt tính kháng nấm (%)	
		<i>F. oxysporum</i> (ngày thứ 7)	<i>P. zingiberis</i> (ngày thứ 12)	<i>F. oxysporum</i> (ngày thứ 7)	<i>P. zingiberis</i> (ngày thứ 12)
1	20	8,0±0,0	7,3±0,1*	0	2,9
2	30	7,5±0,1	6,9±0,04**	6,2	8,0
3	40	6,9±0,1	6,7±0,1**	13,5	11,4
4	50	4,3±0,1**	5,2±0,1**	46,1	31,7
5	60	4,1±0,1**	4,6±0,1**	48,5	39,5
6	Đối chứng	8,0±0,0	7,5±0,1	-	-

* và **: sự khác biệt so với đối chứng ở mức ý nghĩa 5% (p≤0,05) và 1% (p≤0,01).

Khả năng ức chế của dung dịch nano bạc đối với sự phát triển của nấm Colletotrichum spp. gây bệnh trên cây ớt:

Đánh giá hiệu lực phòng trừ của dung dịch nano bạc đối với nấm *Colletotrichum* spp. gây bệnh thán thư ớt được thực hiện sau 12 ngày trên môi trường PDA.

Kết quả đánh giá hiệu lực phòng trừ nấm *Colletotrichum* spp. của dung dịch nano bạc sau 12 ngày theo dõi được trình bày ở bảng 2. Các nồng độ thử nghiệm của dung dịch nano bạc 20, 30 và 40 ppm đều cho thấy khả năng ức chế sự phát triển của nấm *Colletotrichum* spp. trên 50% (bảng 2).

Bảng 2. Ảnh hưởng của dung dịch nano bạc đến sự phát triển của nấm *Colletotrichum* spp. trên môi trường PDA (ngày thứ 12).

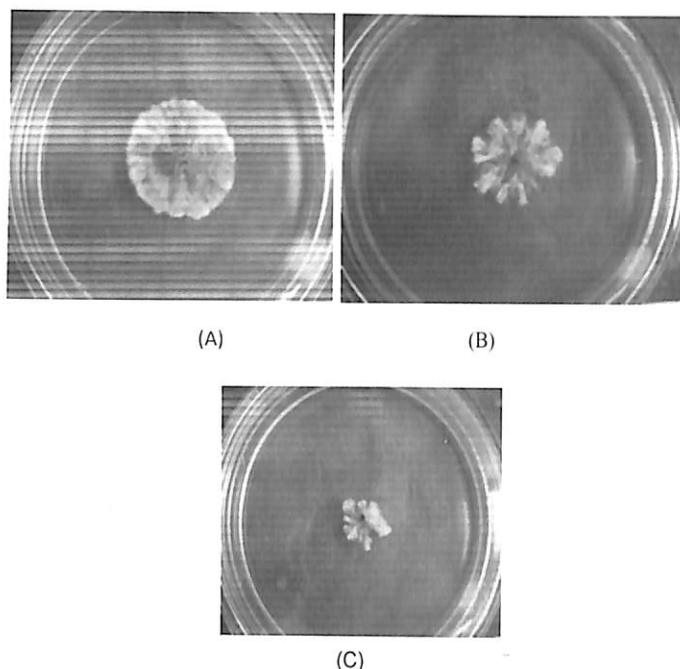
STT	Nồng độ dung dịch nano Ag (ppm)	Đường kính tán nấm (cm)	Hoạt tính kháng nấm (%)
1	20	4,03**	52,6
2	30	3,71**	56,4
3	40	3,45**	59,4
4	Đối chứng	8,5	-

** : sự khác biệt so với đối chứng ở mức ý nghĩa 1% (p≤0,01).

Khả năng ức chế của dung dịch nano bạc đến sự phát triển của nấm Alternaria spp. và H. teres gây bệnh trên cây lúa mì, lúa mạch:

Hoạt tính kháng nấm của dung dịch nano bạc đối với nấm *Alternaria* spp. gây bệnh đốm lá và nấm *H. teres* gây bệnh thối rễ trên cây lúa mì, lúa mạch được thực hiện tại Phòng Sinh lý bệnh học và khả năng chống chịu bệnh thực vật - Viện Thực nghiệm Thực vật V.F. Kuprevich, Viện Hàn lâm Khoa học Quốc gia Belarus.

Sự phát triển của nấm *H. teres* gây bệnh thối rễ trên lúa mì, lúa mạch sau 10 ngày nuôi cấy trên môi trường PDA có bổ sung nano bạc được thể hiện ở hình 7.



Hình 7. Sự phát triển của nấm *H. teres* gây bệnh thối rễ trên lúa mì, lúa mạch sau 10 ngày nuôi cấy trên môi trường PDA có bổ sung nano bạc. (A) Đối chứng; (B) Ag 50 ppm; (C) Ag 100 ppm.

Nano bạc các nồng độ 50 và 100 ppm có hoạt tính kháng nấm đối với nấm *Alternaria* spp. lần lượt là 27,8 và 33,3%. Đối với nấm *H. teres* dung dịch nano bạc cho thấy hiệu quả kháng nấm ở tất cả các nồng độ thí nghiệm (25, 50 và 100 ppm) lần lượt là 40, 53,3 và 53,3% (bảng 3).

Bảng 3. Ảnh hưởng của dung dịch nano bạc đến sự phát triển của nấm *Alternaria* spp. và *H. teres* trên môi trường PDA (ngày thứ 10).

STT	Nồng độ dung dịch nano Ag (ppm)	Đường kính tán nấm (cm)		Hoạt tính kháng nấm (%)	
		<i>Alternaria</i> spp.	<i>H. teres</i>	<i>Alternaria</i> spp.	<i>H. teres</i>
1	25	4,00±0,13	2,25±0,10**	-	40
2	50	3,25±0,16**	1,75±0,11**	27,8	53,3
3	100	3,00±0,16**	1,75±0,10**	33,3	53,3
4	Đối chứng	4,50±0,13	3,75±0,15	-	-

** : sự khác biệt so với đối chứng ở mức ý nghĩa 1% (p≤0,01).

Kết luận

Bằng phương pháp phân lập và nuôi cấy nấm bệnh trong phòng thí nghiệm đã xác định được các bệnh trên cây gừng như héo vàng, thối củ - do nấm *F. oxysporum*, đốm lá - *P. zingiberis*; bệnh thán thư trên cây ớt - *Colletotrichum* spp.; các bệnh trên cây lúa mì, lúa mạch như đốm lá - *Alternaria* spp., thối rễ - *H. teres*.

Nano bạc ở các nồng độ khác nhau, đối với các loại nấm khác nhau cho khả năng ức chế sự phát triển của nấm bệnh

ở các mức độ khác nhau. Nano bạc nồng độ 20 ppm đã cho thấy hoạt tính kháng nấm đối với nấm *P. zingerberis*, đạt 2,9%, trong khi đó ở nồng độ này không có hiệu lực ức chế sự phát triển của nấm *F. oxysporum*. Đối với nấm *P. zingerberis* ở nồng độ 60 ppm, nano bạc ức chế 39,5% so với đối chứng, còn đối với nấm *F. oxysporum*, hoạt tính kháng nấm của nano bạc ở nồng độ này là 48,5%. Nano bạc nồng độ 40 ppm ức chế 59,4% sự phát triển của nấm *Colletotrichum* spp. Nano bạc ở nồng độ 50 và 100 ppm ức chế 53,3% sự phát triển của nấm *H. teres*. Nano bạc nồng độ 50 ppm chỉ ức chế được 27,8% sự phát triển của nấm *Alternaria* spp. và ở nồng độ 100 ppm ức chế được 33,3% sự phát triển của nấm này trên môi trường PDA.

Dung dịch nano bạc có thể là biện pháp thay thế việc sử dụng thuốc diệt nấm truyền thống đầy hứa hẹn, được sử dụng hiệu quả để phòng và điều trị các bệnh do nấm gây ra trên đối tượng cây trồng. Do vậy, cần có những nghiên cứu triển khai ở điều kiện ngoài đồng ruộng, cũng như những nghiên cứu về ảnh hưởng của nano bạc đến cấu trúc tế bào, chức năng di truyền của cây, nhằm đánh giá chính xác hơn nữa hiệu quả sử dụng dung dịch nano bạc với vai trò là sản phẩm phòng và điều trị bệnh cho cây trồng.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi các đề tài mã số QTBY02.02/19-20 của Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam và BRFFR (Số B19VA-001) của Viện Hàn lâm Khoa học Quốc gia Belarus, và đề tài UDNGDP.03/19-20 của Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S.W. Kim, J.H. Jung, K. Lamsal, Y.S. Kim, et al. (2012), "Antifungal effects of silver nanoparticles (AgNPs) against various plant pathogenic fungi", *Mycobiology*, **40(1)**, pp.53-58.
- [2] Y.K. Jo, B.H. Kim, G. Jung (2009), "Antifungal of silver ions and nanoparticles on phytopathogenic fungi", *Plant Disease*, **93(10)**, pp.1037-1043, DOI: 10.1094/PDIS-93-10-1037.
- [3] Võ Văn Quốc Bảo, Trương Ngọc Đăng (2018), "Khả năng kháng nấm của chế phẩm nano bạc-TBS đối với *Macrophoma theicola* gây hại trên quả quýt Hương Cần (*Citrus deliciosa* T.)", *Tạp chí Khoa học - Đại học Huế: Khoa học Tự nhiên*, **127(1C)**, tr.131-139, DOI: 10.26459/hueuni-jns.v127i1C.4954.
- [4] I. Akpınar, T. Sar, E. Yuzbasioglu, et al. (2017), "Antifungal effects of silver nanoparticles (AgNPs) against *Fusarium oxysporum f.sp.lycopersici* (FOL) isolates", *Conference paper: International Green Biotechnology Congress*, **2**.
- [5] Lê Quang Luân, Nguyễn Huỳnh Phương Uyên, Phan Hồ Giang (2014), "Nghiên cứu hiệu ứng kháng nấm *Phytophthora capsici* gây bệnh chết nhanh ở cây hồ tiêu của chế phẩm nano bạc-chitosan chế tạo bằng phương pháp chiếu xạ", *Tạp chí Sinh học*, **36(1se)**, tr.152-157.
- [6] Nguyễn Hoài Châu, Nguyễn Thị Thúy, Đào Trọng Hiền và các cộng sự (2017), "Nghiên cứu khả năng ức chế nấm gây bệnh trên cây đậu tương của vật liệu nano Ag/bentonite", *Tạp chí Công nghệ sinh học*, **15(2)**, tr.349-357.
- [7] J.E. Mendes, J.A. Abrunhosa, E.R. de Camargo Teixeira, et al. (2014), "Antifungal activity of silver colloidal nanoparticles against phytopathogenic fungus (*Phomopsis* sp.) in soybean seeds", *International Journal of Biological, Veterinary, Agriculture and Food Engineering*, **8(9)**, pp.928-933.
- [8] <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/139.pdf>.
- [9] Antibiotic effect and features of Anson nanosilver, <http://nanosilver.blogfa.com/post/13>.
- [10] L.W. Burgess, T.E. Knight, L. Tesoriero and H.T. Phan (2008), *Diagnostic Manual for Plant Diseases in Vietnam*, Australian Centre for International Agricultural Research Canberra, p.210, <http://docshare01.docshare.tips/files/21361/213612115.pdf>.
- [11] Nguyễn Thị Nghiêm, Trần Thị Diên, Nguyễn Thị Mộng Tuyền (2009), "Xác định tác nhân và biện pháp phòng trị bệnh thối củ gừng tại huyện Phụng Hiệp, Hậu Giang", *Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Cần Thơ*, **11**, tr.20-27.
- [12] L. Cai, K. Hyde, P. Taylor, et al. (2009), "A polyphasic approach for studying *Colletotrichum*", *Fungal Diversity*, **39**, pp.183-204.
- [13] Nguyễn Duy Hưng, Hà Viết Cường, Hoàng Chúng Lắm, Nguyễn Đức Huy (2017), "Xác định nấm *Colletotrichum* gây bệnh thán thư ớt ở Đồng bằng sông Hồng", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, **12(85)**, tr.87-93.
- [14] A.G. De Silva, M. Groenewald, P.W. Crous, et al. (2019), "Identification, prevalence and pathogenicity of *Colletotrichum* species causing anthracnose of *Capsicum annuum* in Asia", *IMA Fungus*, **10**, DOI: 10.1186/s43008-019-0001-y.
- [15] J.R. Morones, J.L. Elechiguerra, A. Camacho, K. Holt, J.B. Kouri, J.T. Ramírez and M.J. Yacaman (2005), "The bactericidal effect of silver nanoparticles", *Nanotechnology*, **16**, pp.2346-2353.
- [16] Lê Thanh Long, Nguyễn Thị Nga, Nguyễn Cao Cường và các cộng sự (2015), "Khả năng ức chế của nanochitosan đối với *Colletotrichum acutatum* L2 gây hại quả cà chua sau thu hoạch", *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, **13(8)**, tr.1481-1487.