HIỆU QUẢ ỨC CHẾ CỦA CÁC HỢP CHẤT NANO ĐỐI VỚI NẤM *Pyricularia oryzae* GÂY BỆNH ĐẠO ÔN LÚA TRONG ĐIỀU KIỆN *IN VITRO*

Efficacy of nanocompounds against *Pyricularia oryzae* causing rice blast disease under *in vitro* conditions

Trương Đình Vân[1], Nguyễn Thị Thu Quyên[2], Nguyễn Quốc Thái[2] và Lê Thanh Toàn[1,*]

Ngày nhận bài: 25.11.2025 *Ngày chấp nhận: 22.12.2025*

Abstract

The study was conducted to assess the ability of nano-formulated compounds to directly inhibit mycelial growth and conidial formation of *Pyricularia oryzae*, the causal agent of rice blast disease. The findings indicated that zinc-based nanocomposites combined with aqueous extracts of *Annona glabra* (0.024%), of *Impatiens balsamina* (0.024%), and of *Catharanthus roseus* (0.024%), as well as nano chitosan–SA formulations at concentrations of 0.006%, 0.013%, and 0.027% incorporated into PDA medium, all exhibited direct inhibitory effects on the pathogen growth under in vitro conditions. Among the treatments, nano chitosan–SA at 0.027% demonstrated the highest suppression of colony development, reaching 17.58% at 12 days after putting fungal slices. This formulation also strongly inhibited conidial formation, achieving 62.60% suppression at 22 days after fungal slices, highlighting its potential for application in rice blast management.

Keywords: Annona glabra L., plant extract, nano chitosan – salicylic acid, *Pyricularia oryzae*.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, việc ứng dụng các dịch chiết (dịch trích) có nguồn gốc từ thực vật trong việc kiểm soát các loài nấm gây bệnh trên cây trồng đã được quan tâm và nghiên cứu rộng rãi trên thế giới và tại Việt Nam. Các loại dịch chiết từ bạch đàn (*Eucalyptus globulus)*, tỏi (*Allium sativum*), neem (*Azadirachta indica*), hương thảo (*Rosmarinus officinalis*), xô thơm (*Salvia fruticosa*), húng tây (*Thymus vulgaris*) và bạc hà (*Mentha arvensis L.*) đã được chứng minh có khả năng ức chế sự phát triển của nhiều loài nấm gây bệnh quan trọng như *Alternaria*, *Fusarium*, *Rhizoctonia* và *Colletotrichum* (Sopterean *et al.,* 2023). Tại Việt Nam, dịch chiết từ cây bình bát nước cũng cho thấy tiềm năng đáng kể khi sử dụng đơn lẻ hoặc phối hợp với kẽm acetate, các hỗn hợp này đã ức chế sự phát triển của nấm gây bệnh thối gốc dưa leo đạt hiệu quả lần lượt 41,11% và 36,44% trong điều kiện *in vitro* (Lê Thanh Toàn & Lê Văn Lai, 2019).

Bên cạnh đó, theo Hoang *et al.* (2022), các hợp chất nano chitosan bổ sung salicylic acid (SA) đã được ghi nhận có hoạt tính kháng nấm mạnh mẽ trên một số loài nấm gây bệnh cây trồng như *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* và *Geotrichum candidum.* Ngoài ra, các hợp chất nano chitosan này còn có khả năng ức chế sự phát triển của nhiều loài nấm gây hại quan trọng khác như *Colletotrichum gloeosporioides* (37,8%), *Phytophthora capsici* (50,7%), *Sclerotinia sclerotiorum* (39,5%), *F. oxysporum* (50,3%) và *Gibberella fujikuroi* (56,3%) ở nồng độ 0,5% (Oh *et al.,* 2019). Từ kết quả của các nghiên cứu trên cho thấy các hợp chất nano và dịch chiết thực vật đều có tiềm năng ức chế nhiều loài nấm gây bệnh. Tuy nhiên, thông tin về hiệu quả của các hợp chất này đối với nấm *Pyricularia oryzae* còn hạn chế nên nghiên cứu này đã được thực hiện.

1.Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ
2. Khoa Nông nghiệp - Thủy sản, Trường Đại học Cửu Long
* Corresponding author: Email: lttoan@ctu.edu.vn

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Nguồn nấm *Pyricularia oryzae chủng Mo* 002 (được phân lập từ mẫu bệnh đạo ôn trên giống lúa OM5451), môi trường PDA (Khoai tây: 200 g; Dextrose: 20 g; Agar: 20 g; nước cất: 1 lít; pH = 7) được cung cấp từ phòng thí nghiệm Phòng trừ Sinh học, Đại học Cần Thơ.

Các hợp chất nano chitosan – SA được tổng hợp theo phương pháp của Hoang *et al.* (2022). Cụ thể chitosan (CS) (0,4% w /v) được hòa tan trong axit axetic 1% trong 500 mL nước cất bằng cách khuấy ở tốc độ 300 vòng/phút và được khuấy qua đêm, tiếp đến hợp chất này được lọc qua giấy Whatman 1 với khả năng giữ hạt là 11 µm (đường kính 90 mm). Tripolyphosphate (TPP) (0,2%, w/v) được chuẩn bị trong 500 mL nước cất. Dung dịch SA được chuẩn bị ở ba nồng độ khác nhau bao gồm 0,05%, 0,1% và 0,2% (w/v) trong 500 mL nước. Trong lúc hợp chất CS được khuấy ở tốc độ 400 vòng/phút TPP và SA được thêm vào. Hợp chất này được duy trì ở tốc độ 600 vòng/phút trong 8 giờ. Dung dịch SA được phối trộn với dung dịch CS và TPP theo tỷ lệ thể tích bằng nhau. Quá trình này tạo thành ba dung dịch nano chitosan - SA, với nồng độ SA trong dung dịch cuối cùng lần lượt đạt 0,015%, 0,033% và 0,067%.

Các hợp chất nano kẽm và dịch chiết thực vật được tổng hợp theo phương pháp của Naseer *et al*. (2020). Mẫu thực vật thu về được rửa kỹ bằng nước máy, rửa lại bằng nước cất để loại bỏ tạp chất và để khô tự nhiên trong 1 tuần. Kế tiếp, mẫu lá khô được giã nhuyễn thành bột mịn bằng chày và cối, 6 g bột khô được cho vào 500 mL nước cất đã thanh trùng đun nóng ở 70°C và khuấy trong 30 phút. Tiếp đến hợp chất này được lọc qua giấy Whatman 1 với khả năng giữ hạt là 11 µm (đường kính 90 mm) thành dịch chiết thực vật. Sau đó 95 mL dung dịch kẽm axetat dihydrat 10mM (Zn $(CH_3COO)_2.2H_2O$) được trộn riêng với 5 mL dịch chiết thực vật của mỗi loại trong các bình 250mL. Các hợp chất này được ủ ở 70°C trong 1 giờ và lắc liên tục ở tốc độ 150 vòng/phút. Các mẫu được ly tâm ở tốc độ 3000 vòng/phút trong 30 phút nhằm loại bỏ tạp chất và bảo quản ở 4°C.

Phương pháp chuẩn bị môi trường chứa các hợp chất nano được thực hiện theo quy trình của Lê Thanh Toàn & Lê Văn Lai. (2019). Cụ thể nấu tan 150 ml môi trường PDA. Khi môi trường đạt nhiệt độ khoảng 55-60°C thì cho 100 ml hợp chất nano nồng độ gốc đã chuẩn bị vào chai để đạt được nồng độ của nghiệm thức thử nghiệm, lắc chai môi trường để hòa tan đều. Sau đó, môi trường trong chai sẽ được đổ vào các đĩa petri (khoảng 10 ml môi trường/đĩa petri). Khi môi trường đặc lại, đặt các khoanh khuẩn ty nấm *P. oryzae* đã chuẩn bị vào chính giữa đĩa petri.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Đánh giá khả năng ức chế sinh trưởng của các hợp chất nano đối với nấm P. oryzae gây bệnh đạo ôn lúa trong điều kiện in vitro

Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên (HTNN) gồm 10 nghiệm thức: hợp chất nano kẽm - dịch chiết bình bát nước 0,024%, hợp chất nano kẽm - dịch chiết móng tay 0,024%, hợp chất nano kẽm - dịch chiết dừa cạn 0,024%, dung dịch kẽm acetate 4 mM, hợp chất nano chitosan - SA 0,006%, hợp chất nano chitosan - SA 0,013%, hợp chất nano chitosan - SA 0,027%, dung dịch chitosan 0,16%, dung dịch SA 0,027%, đối chứng (môi trường PDA, không bổ sung), 10 lần lặp lại, mỗi lần lặp lại là 1 đĩa petri được đặt khoanh khuẩn ty nấm *P. oryzae* đã chuẩn bị vào chính giữa đĩa petri. Nấm *P. oryzae* được nuôi cấy trong đĩa petri 10 ngày trước khi tiến hành thí nghiệm. Khuẩn ty nấm được đục thành các khoanh có đường kính 5 mm khi thực hiện thí nghiệm.

Ghi nhận đường kính khuẩn lạc nấm theo phương pháp của Lê Thanh Toàn & Lê Văn Lai. (2019). Đường kính khuẩn lạc của nấm được ghi nhận tại các thời điểm 2, 7, 12, 17 và 22 ngày sau đặt khuẩn ty (NSĐKT) và hiệu quả của hợp chất nano được tính theo công thức HQƯC (%) = [(ĐKKLi$_{đc}$ – ĐKKLi) / ĐKKL$_{đc}$] * 100, ĐKKLi$_{đc}$ là đường kính khuẩn lạc trên đĩa petri đối chứng ở lần lặp lại thứ i; ĐKKLi là đường kính khuẩn lạc trên đĩa petri có bổ sung hợp chất ở lần lặp lại

thứ i (với i biểu thị lần lặp lại của từng nghiệm thức trong thí nghiệm. Thí nghiệm được bố trí với 10 lần lặp lại, do đó i nhận các giá trị từ 1 đến 10). Từ kết quả thí nghiệm này, các nghiệm thức có hiệu quả tốt trong ức chế phát triển khuẩn lạc được chọn để thực hiện thí nghiệm tiếp theo.

2.2.2 Đánh giá khả năng ức chế sự tạo bào tử nấm P. oryzae của các hợp chất nano trong điều kiện in vitro

Thí nghiệm được bố trí theo thể thức HTNN gồm 5 nghiệm thức: hợp chất nano chitosan - SA 0,027%, dung dịch kẽm acetate 4 mM, dung dịch chitosan 0,16%, dung dịch SA 0,027%, đối chứng (môi trường PDA, không bổ sung) và 10 lặp lại. Chuẩn bị nguồn nấm và môi trường PDA chứa hợp chất nano tương tự thí nghiệm 2.2.1. Cách ghi nhận mật số bào tử theo Nguyễn Quốc Thái và *cs.* (2024), cụ thể tại thời điểm 22 NSĐKT, 10 khoanh khuẩn ty (đường kính 5 mm) được đục từ rìa khuẩn lạc đang sinh trưởng trên đĩa thạch PDA bằng dụng cụ đục đã được thanh trùng. Các vị trí đục được bố trí đều quanh khuẩn ty. Việc đục khoanh khuẩn ty được thực hiện bằng dụng cụ đục nấm có đường kính 5 mm. Dụng cụ đục nấm được đặt vuông góc với bề mặt thạch PDA**,** ấn nhẹ và xoay tròn để cắt khoanh thạch chứa khuẩn ty. Khoanh khuẩn ty được lấy ra bằng đầu đục cho vào ống nghiệm, thêm 10 ml nước cất, vortex và đếm mật số bào tử (MSBT) bằng buồng đếm hồng cầu. Từ đó, tính hiệu quả ức chế sự hình thành bào tử theo công thức của Nguyễn Quốc Thái và *cs.* (2024), HQƯC (%) = [($MSBTi_{đc}$ – MSBTi) / $MSBT_{đc}$] * 100. Trong đó: $MSBTi_{đc}$: mật số bào tử trên đĩa petri đối chứng ở lần lặp lại thứ i; MSBTi: mật số bào tử trên đĩa petri có bổ sung hợp chất ở lần lặp lại thứ i (với i biểu thị lần lặp lại của từng nghiệm thức trong thí nghiệm. Thí nghiệm được bố trí với 10 lần lặp lại, do đó i nhận các giá trị từ 1 đến 10).

2.3. Phân tích số liệu

Số liệu được xử lý bằng phần mềm Excel và phân tích phương sai bằng phần mềm SPSS và kiểm định sự khác biệt qua phép thử Duncan 5%.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiệu quả ức chế sinh trưởng của các hợp chất nano đối với nấm *P. oryzae* gây bệnh đạo ôn lúa trong điều kiện *in vitro*

Nhìn chung, qua các thời điểm khảo sát kết quả ghi nhận các nghiệm thức đều có hiệu quả ức chế đối với nấm *P. oryzae* với hiệu quả ức chế đạt đến 22% tùy vào thời điểm ghi nhận (Bảng 1).

Tại thời điểm 2 NSĐKT, ở các nghiệm thức đều ghi nhận hiệu quả ức chế từ 5,29% đến 22,00%. Qua phân tích thống kê cho thấy ở nghiệm thức kẽm acetate 4 mM (22,00%) đạt hiệu quả cao, khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức nano chitosan - SA 0,006% (6,80%), SA 0,027% (5,29%) và nghiệm thức nano kẽm - dừa cạn (9,09%) (Bảng 1).

Ở thời điểm 7 NSĐKT, hiệu quả ức chế ở hầu hết nghiệm thức giảm so với thời điểm trước, dao động từ 4,30% đến 22,54%. Trong đó, kẽm acetate 4 mM vẫn duy trì hiệu quả cao (22,54%), tiếp theo là nano chitosan - SA 0,027% (14,62%) khác biệt so các nghiệm thức còn lại cho hiệu quả thấp hơn, lần lượt là nano chitosan - SA 0,006% (4,30%), nano chitosan - SA 0,013% (5,22%) và nano kẽm - bình bát nước (6,05%) (Bảng 1).

Đến thời điểm 12 NSĐKT, các nghiệm thức đều cho hiệu quả ức chế có khác biệt ý nghĩa ở mức 1%. Hiệu quả cao nhất được ghi nhận ở nghiệm thức kẽm acetate 4 mM (19,46%), tiếp đến là nghiệm thức nano kẽm - bình bát nước (18,52%) và nano chitosan - SA 0,027% (17,58%), khác biệt so với các nghiệm thức còn lại. Các nghiệm thức khác cho hiệu quả dao động từ 5,16% đến 9,51% (Bảng 1).

Cho đến thời điểm 17 NSĐKT, ở hầu hết các nghiệm thức, hiệu quả ức chế đều giảm và không khác biệt ý nghĩa qua phân tích thống kê, dao động từ 5,00% đến 13,85% (Bảng 1, Hình 1).

Tại thời điểm ghi nhận chỉ tiêu cuối cùng 22 NSĐKT, nhóm nghiệm thức nano chitosan - SA đều cho hiệu quả trên 12%. Khác biệt rõ nhất ở nghiệm thức nano chitosan - SA 0,027% đạt hiệu quả 15,48% (Hình 1). Nhóm nghiệm thức dịch chiết thực vật có hiệu quả ức chế thấp chỉ đạt từ 2,24% đến 5,42% (Bảng 1) điều này có thể do hàm lượng các hợp chất kháng nấm trong dịch chiết thực vật không cao hoặc dịch chiết không đủ mạnh để ức chế sự phát triển của nấm, đặc biệt ở các nồng độ thấp (Berlian *et al.,* 2016). Bên cạnh đó, kết quả cũng phù hợp với nghiên cứu của Kalboush (2016) khi cho thấy nghiệm thức kẽm acetate có khả năng kiểm soát bệnh đạo ôn do *P. oryzae* gây ra ở giai đoạn đầu của quá trình nhiễm bệnh.

Bảng 1. Hiệu quả ức chế (%) đường kính khuẩn lạc nấm *P. oryzae* của các hợp chất nano trong điều kiện *in vitro*

Nghiệm thức	Ngày sau đặt khoanh khuẩn ty				
	2	7	12	17	22
Nano kẽm - bình bát nước	11,28 a-c	6,05 c	18,89 a	11,48	5,42 bc
Nano kẽm - móng tay	10,38 a-c	8,87 bc	5,22 b	6,31	2,24 c
Nano kẽm - dừa cạn	9,09 bc	10,93 bc	9,51b	7,41	2,45 c
Kẽm acetate 4 mM	22,00 a	22,54 a	19,46 a	13,85	7,89 ab
Chitosan 0,16%	17,05 ab	7,87 bc	5,16 b	5,00	2,65 bc
Nano chitosan - SA 0,006%	6,80 bc	4,30 c	6,09 b	7,08	12,47 a
Nano chitosan – SA 0,013%	15,00 ab	5,22 c	6,75 b	9,87	13,68 a
Nano chitosan – SA 0,027%	15,73 ab	14,62 ab	17,58 a	12,58	15,48 a
SA 0,027%	5,29 c	6,24 bc	10,42 ab	5,33	3,58 bc
Mức ý nghĩa	**	**	**	ns	**
CV (%)	41,50	46,79	47,30	56,94	41,84

*Ghi chú: Số liệu được chuyển đổi sang $\sqrt{x+0,5}$ trước khi phân tích thống kê. Trong cùng một cột, những số cùng chữ cái theo sau thì không khác biệt, **: số liệu khác biệt ở mức ý nghĩa 1%, ns: không khác biệt giữa các nghiệm thức.*

Hình 1. Khả năng ức chế khuẩn ty nấm *P. oryzae* tại thời điểm 22 NSĐKT của Chitosan – SA 0,027% (A), Kẽm acetate 4 mM (B), so với đối chứng (C).

Nhìn chung hai nghiệm thức nano chitosan - SA 0,027% và kẽm acetate 4 mM cho hiệu quả ức chế trực tiếp đối với khuẩn lạc tốt hơn các nghiệm thức còn lại nên hai nghiệm thức

này được sử dụng để thực hiện thí nghiệm tiếp theo.

3.2. Hiệu quả ức chế sự hình thành bào tử *P. oryzae* của các loại hợp chất nano trong điều kiện *in vitro*

Sau khi nuôi cấy 22 ngày trong điều kiện *in vitro*, tiến hành thu và đếm mật số bào tử dưới kính hiển vi. Kết quả ghi nhận các nghiệm thức bổ sung hợp chất nano đều có mật số bào tử thấp hơn (10,5 x 10^4 – 25,5 x 10^4 bt/ml) so với đối chứng (37 x 10^4 bt/ml). Trong đó nghiệm thức kẽm acetate 4 mM và nano chitosan - SA 0,027% có khả năng ức chế sự hình thành bào tử của nấm *P. oryzae* tương đương nhau và khác biệt so với các nghiệm thức còn lại, với mật số bào tử ghi nhận lần lượt 10,5 x 10^4 và 14 x 10^4 bt/ml so với nghiệm thức chitosan 0,16% và SA 0,027% (25,5 x 10^4 - 23,3 x 10^4 bt/ml) (Bảng 2).

Bảng 2 cho thấy, hiệu quả ức chế sự hình thành bào tử ở nghiệm thức dung dịch kẽm acetate 4 mM đạt đến 71,50%. Tiếp đến là hợp chất nano chitosan - SA 0,027% (đạt 62,60%), nghiệm thức chitosan 0,16% (đạt 30,80%) và SA 0,027% (đạt 36,90%). Kết quả thí nghiệm này tương tự nghiên cứu của Nguyễn Quốc Thái và *cs.* (2024) khi cho thấy hợp chất nano chitosan - SA 0,2 có hiệu quả cao trong việc ức chế hình thành bào tử nấm *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, với tỷ lệ ức chế đạt 62,7% tại thời điểm 7 ngày sau khi cấy.

Bảng 2. Hiệu quả ức chế (%) sự hình thành bào tử nấm *P. oryzae* của các hợp chất nano trong điều kiện *in vitro*

Nghiệm thức	Mật số bào tử (10^4 bt/ml)	Hiệu quả ức chế (%)
Nano chitosan – SA 0,027%	14,00 a	62,60 a
Dung dịch kẽm acetate 4 mM	10,50 a	71,50 a
Dung dịch chitosan 0,16%	25,50 b	30,80 b
Dung dịch SA 0,027%	23,30 b	36,90 b
Đối chứng	37,00 c	-
Mức ý nghĩa	**	**
CV (%)	2,3	33,8

*Ghi chú: Số liệu mật số bào tử được chuyển đổi sang log(x) trước khi phân tích thống kê. Trong cùng một cột, những số cùng chữ cái theo sau thì không khác biệt qua phép thử Duncan ở mức ý nghĩa 1%, **: số liệu khác biệt ở mức ý nghĩa 1%.*

Bảng 1 và 2 cho thấy, hợp chất nano chitosan - SA 0,027% thể hiện hiệu quả rõ rệt trong việc ức chế sự phát triển và hình thành bào tử của nấm *P. oryzae* gây bệnh đạo ôn trên lúa trong điều kiện phòng thí nghiệm. Cơ chế tác động của hợp chất nano chitosan bổ sung SA lên nấm *P. oryzae* dựa trên hai yếu tố: tác động vật lý - hóa học của nano chitosan và khả năng ức chế sinh học của salicylic acid. Trong đó các hạt nano chitosan do có kích thước nhỏ nên có khả năng bám dính mạnh và xuyên thấu lên màng tế bào nấm làm thay đổi tính thấm của màng dẫn đến rò rỉ các thành phần nội bào quan trọng như protein, acid nucleic và ion khoáng, từ đó ức chế quá trình sinh trưởng và hình thành bào tử của nấm *P. oryzae* (Poznański *et al.,* 2023). Ngoài ra, các

phân tử salicylic acid trong hợp chất nano chitosan - SA có thể trực tiếp ức chế sự phát triển của nấm thông qua việc làm rối loạn quá trình trao đổi chất, ức chế các enzyme oxy hóa khử và làm chậm quá trình tổng hợp năng lượng tế bào (Sampedro-Guerrero *et al.,* 2021).

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Các hợp chất nano kẽm - dịch chiết bình bát nước 0,024%, nano kẽm - dịch chiết móng tay 0,024%, nano kẽm - dịch chiết dừa cạn 0,024%, nano chitosan - SA 0,006%, nano chitosan - SA 0,013% và nano chitosan - SA 0,027% đều thể hiện khả năng ức chế trực tiếp sự phát triển khuẩn lạc của nấm *P. oryzae* ở điều kiện *in vitro*. Trong đó, môi trường PDA có bổ sung nano chitosan - SA 0,027% có đường kính khuẩn lạc nhỏ trong các nghiệm thức thử nghiệm, đạt hiệu quả ức chế khuẩn lạc là 17,58% tại thời điểm 12 NSĐKT. Nghiệm thức này cũng cho thấy khả năng ức chế trực tiếp sự hình thành bào tử nấm đạt 62,60% tại thời điểm 22 NSĐKT. Do đó, hợp chất nano chitosan - SA 0,027% cần được tiếp tục đánh giá hiệu quả trong điều kiện nhà lưới và ngoài đồng ruộng đối với bệnh đạo ôn trên lúa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Thanh Toàn & Lê Văn Lai (2019). Hiệu quả của dịch trích thực vật đối với nấm *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* gây bệnh thối gốc trên dưa leo. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 84-90.

2. Nguyễn Quốc Thái, Lê Tấn Duy, Trương Đình Vân, Nguyễn Thị Thúy Duy, Trần Quang Phú, & Lê Thanh Toàn (2024). Hiệu quả của một số hợp chất nano đối với nấm *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* gây bệnh héo rũ cây dưa leo. *Tạp chí Nông Nghiệp và Phát triển Nông Thôn*, 9, 70–79.

3. Berlian, Z., Syarifah, S., & Astriawati, F. (2016). Aktivitas antifungi ekstrak biji jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) Terhadap pertumbuhan fungi *Pyricularia oryzae*. *Bioilmi : Jurnal Pendidikan*. https://doi.org/10.19109/bioilmi.v2i2.1132.

4. Hoang, N. H., Toan, L. T., Thepbandit, W., Treekoon, J., Saengchan, C., Sangpueak, R., Papathoti, N., Kamkaew, A., & Buensanteai, N. (2022). Efficacy of chitosan nanoparticle loaded-salicylic acid and -silver on management of cassava leaf spot disease. *Polymers*, 14. https://doi.org/10.3390/polym14040660

5. Kalboush, Z. A., Hassan, A. A., & Gabr, W. E. (2016). Control of rice blast and brown spot diseases by synthesized zinc oxide nanoparticles. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *26*(4), 713-720.

6. Naseer, M., Aslam, U., Khalid, B., & Chen, B. (2020). Green route to synthesize Zinc Oxide Nanoparticles using leaf extracts of *Cassia fistula* and *Melia azadarach* and their antibacterial potential. *Scientific Reports*, 10. https://doi.org/10.1038/s41598-020-65949-3.

7. Oh, J. W., Chun, S. C., & Chandrasekaran, M. (2019). Preparation and *in vitro* characterization of chitosan nanoparticles and their broad-spectrum antifungal action compared to antibacterial activities against phytopathogens of tomato. *Agronomy, 9(1)*, 21.

8. Poznański, P., Hameed, A., & Orczyk, W. (2023). Chitosan and chitosan nanoparticles: parameters enhancing antifungal activity. *Molecules*, 28. https://doi.org/10.3390/molecules28072996

9. Sampedro-Guerrero, J., Vives-Peris, V., Gómez-Cádenas, A., & Clausell-Terol, C. (2021). Improvement of salicylic acid biological effect through its encapsulation with silica or chitosan. *International journal of biological macromolecules*. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.12.124

10. Sopterean, L., Fătu, C., Vălean, A., Tărău, A., Suciu, L., Crisan, I., & Muntean, L. (2023). The use of plant extracts against straw cereals diseases. *Hop and Medicinal Plants*. https://doi.org/10.15835/ hamp 31128292

Phản biện: **PGS.TS. Nguyễn Văn Viên**