

- Sciences*, 8: 100319. doi: 10.1016/j.crmicr.2024.100319.
- Shahid S., Choudhary H., Jat G.S.**, 2023. *Fusarium* wilt-A major problem in cucurbits. *Agroscience Today*, 4 (3): 0570-0572.
- Solórzano R., Ramírez Maguiña H.A., Johnson L., Ureta Sierra C., Cruz J.**, 2025. Current progress in microbial biocontrol of banana *Fusarium* wilt: A systematic review. *Agronomy*, 15 (3): 619.
- Sun L., Wang W., Zhang X., Gao Z., Cai S., Wang S., Li Y.**, 2023. *Bacillus velezensis* BVE7 as a promising agent for biocontrol of soybean root rot caused by *Fusarium oxysporum*. *Frontiers in Microbiology*, 14: 1275986.
- Tziros G.T., Lagopodi A.L., Tzavella-Klonari K.**, 2007. Reduction of *Fusarium* wilt in watermelon by *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391 and *P. fluorescens* WCS365. *Phytopathologia mediterranea*, 46 (3): 320-323.
- Zhang J., Yang X., Qiu J., Zhang W., Yang J., Han J., Ni L.**, 2025. The characterization, biological activities, and potential applications of the antimicrobial peptides derived from *Bacillus* spp.: a comprehensive review. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 17 (3): 1624-1647.
- Vasić T., Živković S., Filipović S., Mitra D., Jevremović D.**, 2025. *Fusarium oxysporum*, the cause of *Fusarium* wilt on cucumber (*Cucumis sativus* L.) in Serbia. *Biologica Nyssana*, 16 (1): 8 pp.
- Vincent, J. M.**, 1947. Distortion of fungal hyphae in the presence of certain inhibitors. *Nature*, 159 (4051): 850-850.
- Vlassak K., Van Holm L., Duchateau L., Vanderleyden J., De Mot R.**, 1992. Isolation and characterization of fluorescent *Pseudomonas* associated with the roots of rice and banana grown in Sri Lanka. *Plant and Soil*, 145 (1): 51-63.
- Wang W. & Long Y.**, 2023. A review of biocontrol agents in controlling late blight of potatoes and tomatoes caused by *Phytophthora infestans* and the underlying mechanisms. *Pest Management Science*, 79 (12): 4715-4725.

Screening of fluorescent *Pseudomonas* and *Bacillus* genus for preventing vascular wilt caused by *Fusarium oxysporum* on cucumber

Doan Thi Kieu Tien, La Thuy Dung, Neáng Chanh Dy, Nguyen Thi Thu Nga

Abstract

This study was conducted to screen rhizobacterial isolates belonging to the genera *Bacillus* and fluorescent *Pseudomonas* for the management of *Fusarium* wilt of cucumber under greenhouse conditions. *Fusarium oxysporum* was identified as the causative agent of wilt disease on cucumber plants based on morphological characteristics such as interwoven white colonies, often with purple pigmentation on the underside, and the formation of microspores and macrospores. In addition, the fungal sample labelled FocN1 showed 96.11% compatibility antagonist *Fusarium oxysporum* through ITS region sequencing. The *Fusarium oxysporum* FocN1 strain, isolated in Tra On ward, Vinh Long province, was selected as a virulent strain on cucumber plants under greenhouse conditions. Out of 118 rhizobacterial isolates isolated around the cucurbit rhizosphere, 90 belonged to *Bacillus* (76.27%) and 15 were identified as fluorescent *Pseudomonas* (12.71%). Screening of rhizobacterial isolates for antagonistic activity against *F. oxysporum* under *in vitro* conditions identified three *Bacillus* isolates, designated B11, B13, and B18, which inhibited mycelial growth of the pathogen with antagonistic efficiencies of 65.5%, 75.9%, and 45.8%, respectively. Under greenhouse conditions, all three isolates significantly reduced disease incidence during the early stages following pathogen inoculation compared with the untreated control. Among them, *Bacillus* isolate B13 applied at a density of 10^6 CFU/ g soil provided the highest level of disease reduction, about 65%.

Keywords: *Bacillus*, *Fusarium oxysporum*, fluorescent *Pseudomonas*, plant growth promoting rhizobacteria, vascular wilt

Ngày nhận bài: 06/5/2026

Người phản biên: PGS.TS. Nguyễn Bảo Quốc, TS. Võ Thị Ngọc Hà

Ngày duyệt đăng: 11/6/2026

Ngày phản biện: 07/5/2026

**XÁC ĐỊNH ĐẶC TÍNH ĐỐI KHÁNG NẤM *Fusarium oxysporum*
CỦA MỘT SỐ CHỦNG VI KHUẨN VÙNG RỄ CÂY RAU CẢI (*Brassica* sp.)**

Trịnh Thị Huyền Trang^{1*}, Nguyễn Ngô Khánh Trình²

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm tuyển chọn và đánh giá khả năng đối kháng nấm *Fusarium oxysporum* của các chủng vi khuẩn vùng rễ cây rau cải. Từ 63 chủng vi khuẩn phân lập từ vùng rễ cây rau cải đã xác định được hai chủng ký hiệu RB.HP41 và RB.HP61 thể hiện hoạt tính đối kháng mạnh nhất với tỷ lệ ức chế sinh trưởng tàn nấm đạt 45,83%. Cả hai chủng vi khuẩn nghiên cứu đều có khả năng sinh tổng hợp các enzyme chitinase, protease và β -glucanase với hoạt tính enzyme đạt lần lượt 4,260 U/mL và 5,947 U/mL đối với chitinase, 0,105 U/mL và 0,171 U/mL đối với protease và 5,798 U/mL

¹ Khoa Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Đại học Tây Nguyên; ² Lớp Cao học Sinh học thực nghiệm K2025, Đại học Tây Nguyên
* Tác giả liên hệ, email: ttthtrang@ttn.edu.vn

* Tác giả liên hệ, email: tthtrang@ttn.edu.vn

và 5,408 U/mL đối với β -glucanase. Kết quả đánh giá khả năng đối kháng nấm bệnh trong môi trường nuôi cấy bổ sung chất cảm ứng là sinh khối nấm *F. oxysporum*, chitin 1% và casein 1% và β -glucan 0,1%, xác định tỷ lệ ức chế sinh trưởng tàn nấm đạt từ 19,52% đến 28,57% đối với chủng RB.HP41 và 1,91% đến 28,09% đối với chủng RB.HP61, trong đó chủng RB.HP41 thể hiện hoạt tính đối kháng ổn định hơn so với chủng RB.HP61. Chủng RB.HP41 được định danh là *Calidifontibacillus erzurumensis* RB.HP41 bằng kỹ thuật giải trình tự gen 16S rRNA. Chủng *Calidifontibacillus erzurumensis* RB.HP41 có tiềm năng ứng dụng để phát triển chế phẩm sinh học phòng trừ bệnh do *Fusarium* trên cây rau cải.

Từ khóa: Vi khuẩn đối kháng nấm *Fusarium oxysporum*, hoạt tính đối kháng, enzyme chitinase, protease, β -glucanase, chất cảm ứng sinh học, định danh

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rau cải (*Brassica* spp.) là nhóm cây rau ăn lá ngắn ngày được trồng phổ biến ở nhiều vùng sản xuất rau tại Việt Nam. Các loài rau thuộc họ Cải (Brassicaceae) có giá trị dinh dưỡng cao, cung cấp nhiều vitamin, khoáng chất, chất xơ và các hợp chất chống oxy hóa có lợi cho sức khỏe con người (Sanlier & Guler, 2018). Tuy nhiên, trong quá trình canh tác, cây rau cải thường bị ảnh hưởng bởi nhiều loại bệnh do vi sinh vật gây ra, đặc biệt là các nấm gây bệnh trong đất như *Sclerotium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* và *Fusarium*, làm giảm sinh trưởng và năng suất cây trồng (Mai Châu Nhật Anh & Lê Thanh Toàn, 2021). *Fusarium oxysporum* là nấm đất gây bệnh mạch dẫn trên nhiều loại cây trồng và là tác nhân gây bệnh héo *Fusarium* trên các cây thuộc họ cải như bắp cải, cải thìa và cải củ. Nấm xâm nhập qua rễ và phát triển trong mạch dẫn, gây vàng lá và héo cây, làm giảm năng suất và chất lượng nông sản (Ansari *et al.*, 2025; Tong *et al.*, 2022). Hiện nay, các biện pháp phòng trừ bệnh do nấm chủ yếu dựa vào thuốc bảo vệ thực vật hóa học, luân canh cây trồng hoặc sử dụng giống kháng bệnh. Tuy nhiên, việc lạm dụng thuốc hóa học có thể gây ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng đến sức khỏe con người và làm suy giảm đa dạng vi sinh vật đất, đồng thời làm tăng nguy cơ kháng thuốc của tác nhân gây bệnh (Khan *et al.*, 2022). Do đó, việc nghiên cứu các biện pháp kiểm soát sinh học thân thiện với môi trường đang được quan tâm trong sản xuất nông nghiệp bền vững.

Vùng rễ thực vật (rhizosphere) là khu vực đất bao quanh rễ cây, nơi tập trung nhiều vi sinh vật có vai trò quan trọng đối với sinh trưởng và sức khỏe cây trồng. Vi khuẩn vùng rễ kích thích sinh trưởng thực vật (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria - PGPR) có khả năng thúc đẩy sinh trưởng và tăng cường khả năng kháng bệnh của cây thông qua nhiều cơ chế như sản xuất phytohormone, hòa tan dinh dưỡng khó tan và kích thích cơ chế kháng của cây trồng (Hoàng Kim Chi và cs., 2020; Yang *et al.*, 2026). Ngoài ra, nhiều chủng vi khuẩn vùng rễ còn có khả năng ức chế nấm gây bệnh thông qua cạnh tranh dinh dưỡng, tổng hợp hoạt chất diệt nấm và kích hoạt cơ chế kháng hệ thống của cây

trồng (Danish *et al.*, 2024). Một số vi khuẩn thuộc chi *Bacillus* còn sản xuất các hợp chất lipopeptide có khả năng ức chế phát triển của nấm *Fusarium* và làm giảm tỷ lệ cây trồng bị nhiễm bệnh (Al-Mutar *et al.*, 2023; Hardiyanti *et al.*, 2022). Khả năng đối kháng nấm bệnh của các chủng vi khuẩn vùng rễ phụ thuộc vào đặc điểm sinh học của từng chủng và điều kiện sinh thái của từng vùng đất. Vì vậy, việc phân lập và đánh giá hoạt tính kháng nấm của các vi khuẩn bản địa là cơ sở quan trọng để phát triển chế phẩm sinh học phục vụ sản xuất nông nghiệp. Trong nghiên cứu này, các chủng vi khuẩn vùng rễ kế thừa từ đề tài “Tuyển chọn vi khuẩn vùng rễ có hoạt tính hỗ trợ sinh trưởng thực vật trong đất trồng rau cải tại xã Hòa Phú, thành phố Buôn Ma Thuột” được đánh giá khả năng đối kháng nấm *F. oxysporum* nhằm xác định các chủng tiềm năng cho phát triển chế phẩm sinh học phòng trừ bệnh héo *Fusarium* trên cây rau cải.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm 63 chủng vi khuẩn phân lập tại vùng rễ cây rau cải trồng tại xã Hòa Phú, tỉnh Đắk Lắk và chủng nấm bệnh *Fusarium oxysporum* ETNU02 (LC707983) do Viện Công nghệ Sinh học và Môi trường, Trường Đại học Tây Nguyên cung cấp.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Sàng lọc chủng vi khuẩn đối kháng *F. oxysporum* trong điều kiện in vitro

Khả năng đối kháng nấm *F. oxysporum* của các chủng vi khuẩn nghiên cứu được đánh giá theo phương pháp của Toh và cộng sự (2016). Các chủng vi khuẩn nghiên cứu và nấm *F. oxysporum* được đồng nuôi cấy trên môi trường PGA (có thành phần gồm 200 g/L dịch chiết khoai tây, 20 g/L glucose, 18 g agar), trong đó chủng nấm *F. oxysporum* được cấy vào giữa đĩa Petri và chủng vi khuẩn khảo sát được cấy cách vị trí cấy nấm khoảng 3 cm và nuôi ở nhiệt độ 28°C trong thời gian 7 ngày. Mỗi nghiệm thức được lặp lại ba lần trên cùng một đĩa. Ở nghiệm thức đối chứng, nấm *F. oxysporum* được cấy tại trung tâm đĩa Petri và không cấy vi khuẩn. Đo

bán kính tản nấm và xác định hiệu quả đối kháng thông qua tỷ lệ % ức chế bán kính tản nấm - PIRG (percentage of inhibition of radial growth) theo công thức của Siddiquee và cộng sự (2020):

$$\text{PIRG (\%)} = [(R1 - R2)/R1] \times 100$$

Trong đó: R1: bán kính tản nấm ở đĩa đối chứng; R2: bán kính tản nấm ở công thức thí nghiệm.

2.2.2. Khả năng tổng hợp protease, chitinase và β -glucanase của các chủng vi khuẩn tuyển chọn

Khả năng tổng hợp enzyme chitinase, protease và β -glucanase của các chủng vi khuẩn nghiên cứu được đánh giá thông qua hoạt tính enzyme và được biểu thị bằng đơn vị hoạt tính (U/mL). Nuôi cấy các chủng vi khuẩn trong môi trường thích hợp có bổ sung 1% chitin, 1% casein hoặc 0,1% β -glucan (không chứa agar) ở nhiệt độ 30°C trên máy lắc với tốc độ 150 vòng/phút trong thời gian 4 ngày. Sau khi nuôi cấy, ly tâm dịch nuôi với tốc độ 13.000 vòng/phút trong 5 phút ở 4°C để loại bỏ sinh khối vi khuẩn. Thu hồi dịch nổi và xác định hoạt tính enzyme chitinase theo phương pháp của Miller (1959), protease theo phương pháp Anson cải biên và β -glucanase theo Arora và cộng sự (2007).

2.2.3. Đánh giá khả năng ức chế nấm *F. oxysporum* của dịch nuôi cấy vi khuẩn có bổ sung các chất cảm ứng

Các chủng vi khuẩn nghiên cứu được nuôi cấy trong môi trường LB lỏng (thành phần: 10 g/L trypton, 5 g/L cao nấm men, 10 g/L NaCl) có bổ sung các chất cảm ứng gồm các sinh khối nấm *F. oxysporum*, chitin 1%, casein 1% và β -glucan 0,1% ở 30°C trên máy lắc với tốc độ 150 vòng/phút trong 4 ngày. Thí nghiệm gồm 4 nghiệm thức: LB + sinh khối nấm, LB + chitin 1%, LB + casein 1%, LB + β -glucan 0,1% và nghiệm thức đối chứng trên môi trường LB. Mỗi nghiệm thức gồm 3 lần lặp lại. Ly tâm dịch nuôi với tốc độ 8.000 vòng/phút trong 15 phút ở 4°C để loại bỏ sinh khối vi khuẩn và thu hồi dịch nổi. Sinh khối nấm *F. oxysporum* được chuẩn bị theo Arora và cộng sự (2007), trong đó nấm *F. oxysporum* được nuôi cấy trong 30 mL môi trường PG lỏng ở nhiệt độ phòng trên máy lắc với tốc độ 150 vòng/phút trong thời gian ít nhất là 36 giờ để đạt mật độ khoảng 10^7 bào tử/mL. 30 mL dịch này được chia đều ra 3 ống Falcon và ly tâm ở tốc độ 4.000 vòng/phút trong 5 phút để thu hồi sinh khối nấm và hấp khử trùng trước khi bổ sung vào môi trường LB.

Kết tủa enzyme: enzyme thô và ethanol tuyệt đối được làm lạnh sơ bộ xuống 0 - 4°C. Tiến hành bổ sung từ từ ethanol vào enzyme thô theo tỷ lệ 2:1 (v/v), kết hợp khuấy đều liên tục. Hỗn hợp được duy trì ở nhiệt độ lạnh trong 60 phút để quá trình kết tủa diễn ra hoàn toàn.

Phân tách và thu hồi: Hỗn hợp sau khi kết tủa được ly tâm lạnh (4°C) với tốc độ 6.000 vòng/phút trong 15 phút. Quá trình này giúp phân tách hỗn hợp thành hai phần riêng biệt: (1) phần cặn (Enzyme thô) được hòa tan trong 10 mL đệm acetate (50 mM, pH 7.0), sau đó lọc qua màng 0,22 μ m để tiệt trùng, thu được enzyme tinh khiết về mặt vi sinh; (2) phần dịch nổi (dịch chiết cồn) được cô đặc bằng cách bay hơi dung môi trên bếp cách thủy ở 70°C để thu nhận các hợp chất thứ cấp tan trong cồn.

Theo dõi, đánh giá hiệu quả đối kháng của enzyme thô và dịch chiết cồn thông qua tỷ lệ % ức chế bán kính tản nấm (PIRG) theo công thức trình bày tại mục 2.2.1.

2.2.4. Định danh chủng vi khuẩn sàng lọc

Các chủng vi khuẩn tuyển chọn được định danh tại Công ty TNHH DNA Sequencing bằng phương pháp khuếch đại vùng gen 16S, giải trình tự bằng phương pháp Sanger và BLAST đối chiếu trên NCBI.

2.2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu được xử lý thống kê bằng chương trình SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) phiên bản 22.0 dùng cho Windows. Sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 0,05 của giá trị được biểu hiện bằng các mẫu tự khác nhau theo trắc nghiệm Duncan.

2.3. Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 01 đến tháng 06 năm 2025 tại Phòng Thí nghiệm Công nghệ Vi sinh, Bộ môn Sinh học, Khoa Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Trường Đại học Tây Nguyên.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sàng lọc chủng vi khuẩn vùng rễ đối kháng nấm *Fusarium oxysporum* trong điều kiện *in vitro*

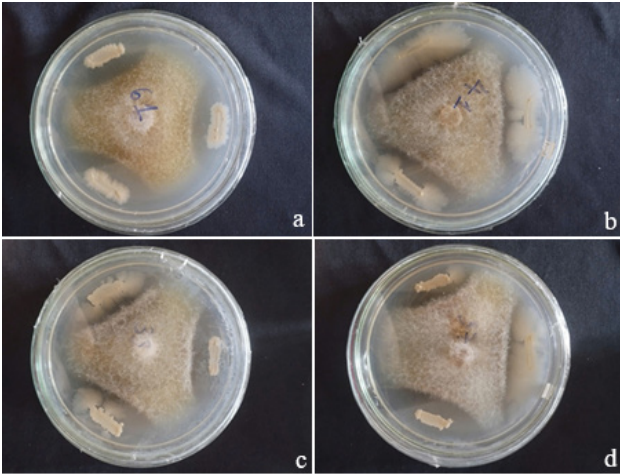
Kết quả đánh giá khả năng ức chế sự phát triển của nấm *F. oxysporum* của các chủng vi khuẩn nghiên cứu được tổng hợp tại bảng 1 và hình 1 cho thấy 17 chủng có giá trị PIRG dao động từ 12,50 đến 45,83%, trong đó, hai chủng ký hiệu RB.HP41 và RB.HP61 thể hiện hoạt tính đối kháng mạnh nhất, đạt 45,83%; tiếp theo là RB.HP33, RB.HP11 và RB.HP37. Phân tích thống kê cho thấy sự khác biệt giữa các chủng có ý nghĩa ở mức $p < 0,01$. Sự khác biệt về hoạt tính đối kháng nấm của các chủng vi khuẩn liên quan đến khả năng sinh tổng hợp các hoạt chất thứ cấp có khả năng tiêu diệt, ức chế nấm bệnh như chất kháng sinh, enzyme phân giải thành tế bào nấm hoặc các hợp chất thứ cấp khác (Khan *et al.*, 2022; Danish *et al.*, 2024).

Bảng 1. Hoạt tính đối kháng nấm *F. oxysporum* của các chủng vi khuẩn nghiên cứu sau 7 ngày nuôi cấy trên môi trường PGA

STT	Chủng vi khuẩn	PIRG (%)	STT	Chủng vi khuẩn	PIRG (%)
1	RB.HP1	31,67 ± 1,44 ^c	11	RB.HP28	25,00 ± 0,00 ^d
2	RB.HP4	25,00 ± 0,00 ^d	12	RB.HP29	20,00 ± 4,33 ^e
3	RB.HP5	40,00 ± 2,50 ^b	13	RB.HP33	43,00 ± 2,50 ^{ab}
4	RB.HP6	23,33 ± 2,89 ^{de}	14	RB.HP37	42,50 ± 0,00 ^{ab}
5	RB.HP11	42,50 ± 2,50 ^{ab}	15	RB.HP41	45,83 ± 1,44 ^a
6	RB.HP14	39,17 ± 1,44 ^b	16	RB.HP50	20,83 ± 3,82 ^{de}
7	RB.HP16	33,33 ± 3,82 ^c	17	RB.HP61	45,83 ± 1,44 ^a
8	RB.HP23	24,17 ± 1,44 ^{de}	18	ĐC	0
9	RB.HP25	39,17 ± 2,89 ^b		CV (%)	12,44
10	RB.HP27	12,50 ± 0,00 ^f		P	**

Ghi chú: PIRG: Tỷ lệ ức chế tăng trưởng bán kính nấm bệnh (%). Các chữ a, b, c trong cùng một cột là khác biệt có ý nghĩa thống kê theo trắc nghiệm Duncan với $p < 0,01$.

Kết quả này tương đồng với các nghiên cứu trước đây khi ghi nhận nhiều vi khuẩn vùng rễ có khả năng ức chế *F. oxysporum* trong điều kiện *in vitro*. Phạm Tấn Việt và cộng sự (2022) ghi nhận chủng *Bacillus subtilis* NN12 có khả năng ức chế nấm với PIRG khoảng 40%, trong khi Trần Văn Hải và cộng sự (2023) ghi nhận *Pseudomonas fluorescens* đạt PIRG trên 45%. Trịnh Thị Huyền Trang và cộng sự (2020) cho biết một số chủng vi khuẩn vùng rễ cây hồ tiêu có hoạt tính kháng *Fusarium* từ 41,25 đến 66,25%. Hai chủng vi khuẩn ký hiệu RB.HP41, RB.HP61 được lựa chọn để sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo.



Hình 1. Hình ảnh đối kháng nấm *F. oxysporum* của các chủng vi khuẩn nghiên cứu
Ghi chú: a) Chủng RB.HP61; b) Chủng RB.HP41; c) Chủng RB.HP33; d) Chủng RB.HP37.

3.2. Khả năng tổng hợp enzyme chitinase, protease và β-glucanase của các chủng vi khuẩn tuyển chọn

Kết quả đánh giá khả năng tổng hợp enzyme phân giải vách tế bào nấm bệnh được tổng hợp trong bảng 2 cho thấy cả hai chủng RB.HP41 và RB.HP61 đều có khả năng tổng hợp các enzyme chitinase, protease và β-glucanase, đạt lần lượt 4,260 U/mL, 0,105 U/mL,

5,798 U/mL đối với chủng RB.HP41 và 5,947 U/mL, 0,171 U/mL, 5,408 U/mL đối với chủng RB.HP61.

Bảng 2. Hoạt tính enzyme của các chủng vi khuẩn đã sàng lọc

Chủng vi khuẩn	Hoạt tính enzyme chitinase (U/mL)	Hoạt tính enzyme protease (U/mL)	Hoạt tính enzyme β-glucanase (U/mL)
RB.HP41	4,260 ± 0,060	0,105 ± 0,025	5,798 ± 0,091
RB.HP61	5,947 ± 0,067	0,171 ± 0,030	5,408 ± 0,082

Hoạt tính β-glucanase của RB.HP41 trong nghiên cứu này tương đương với chủng *Bacillus velezensis* (5,66 UI/mL) được Ajuna và cộng sự (2023) công bố, và thấp hơn các chủng *Streptomyces* được Budiman và cộng sự (2023) ghi nhận, nhưng lại cao hơn chủng *Pseudomonas aeruginosa* YY322 (3,84 UI/mL) được Hu và cộng sự (2021) báo cáo. Đối với protease, hoạt tính của chủng RB.HP61 cao hơn một số chủng *Bacillus* được ghi nhận trong các nghiên cứu trước như *B. velezensis*, *B. subtilis* (Guleria *et al.*, 2022; Ajuna *et al.*, 2023), mặc dù vẫn thấp hơn các chủng vi khuẩn vùng rễ cây lúa trong nghiên cứu của Rais và cộng sự (2017). Hoạt tính chitinase của các chủng trong nghiên cứu này cao hơn một số chủng vi khuẩn vùng rễ khác theo báo cáo của Vyas và cộng sự (2023).

Sự hiện diện đồng thời của các enzyme phân giải vách tế bào nấm ở RB.HP41 và RB.HP61 cho thấy hai chủng vi khuẩn sàng lọc có tiềm năng đối kháng cao với nấm *Fusarium*, gây bệnh hại cây trồng.

3.3. Khả năng ức chế nấm F. oxysporum của dịch nuôi cấy vi khuẩn có bổ sung các chất cảm ứng

Kết quả nghiên cứu đánh giá khả năng ức chế nấm *F. oxysporum* của dịch nuôi cấy vi khuẩn có bổ sung các chất cảm ứng là sinh khối nấm *F. oxysporum*, chitin, casein và β-glucan được tổng hợp trong bảng 3 và 4.

Kết quả bảng 3 và 4 cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về khả năng ức chế nấm *F. oxysporum* của hai chủng RB.HP41 và RB.HP61 dưới tác động của các môi trường cảm ứng khác nhau.

Bảng 3. Khả năng ức chế nấm *F. oxysporum* của dịch nuôi cấy chủng RB.HP41 có bổ sung các chất cảm ứng

Môi trường nuôi cấy và chất cảm ứng	Hoạt tính enzyme			PIRG (%) của enzyme thô	PIRG (%) dịch chiết cồn
	<i>Protease</i> (U/mL)	<i>Chitinase</i> (U/mL)	<i>β-glucanase</i> (U/mL)		
LB	-	-	-	-	8,57 ± 0,00 ^c
LB + sinh khối nấm <i>Fusarium</i>	0,031	2,589	0,476	27,61 ± 1,65 ^a	27,62 ± 1,65 ^a
LB + casein	0,105	-	-	19,52 ± 2,18 ^c	20,48 ± 2,18 ^b
LB + chitin	-	4,260	-	28,57 ± 0,00 ^a	28,57 ± 0,00 ^a
LB + β-glucan	-	-	5,798	23,81 ± 1,64 ^b	27,62 ± 1,65 ^a
CV (%)	-	-	-	7,94	7,33
<i>p</i>	-	-	-	***	**

Ghi chú: PIRG: Tỷ lệ ức chế tăng trưởng bán kính nấm bệnh của nấm (%). Các chữ a, b, c trong cùng một cột là khác biệt có ý nghĩa thống kê theo trắc nghiệm Duncan với $p < 0,01$; dấu -: không có hoạt tính.

Đối với enzyme thô: Hoạt tính đối kháng (PIRG) của chủng RB.HP41 thể hiện sự phụ thuộc chặt chẽ vào thành phần môi trường ($p < 0,01$). Các nghiệm thức bổ sung thành phần vách tế bào nấm như LB + chitin và LB + sinh khối nấm cho hiệu quả ức chế cao nhất (27,61 - 28,57%), gấp từ 1,41 đến 1,46 lần so với môi trường LB + casein. Kết quả này khẳng định chitin và sinh khối nấm đóng vai trò là các chất cảm ứng đặc hiệu, kích thích vi khuẩn tăng cường tổng hợp các enzyme ngoại bào như chitinase và β-glucanase để phân giải vách tế bào nấm mục tiêu. Điều này tương đồng với các nghiên cứu của

Arora và cộng sự (2007), khi chứng minh rằng sự hiện diện của cơ chất từ nấm bệnh làm gia tăng đáng kể hàm lượng enzyme thủy phân, từ đó nâng cao hiệu suất đối kháng sinh học. Trong khi đó, chủng RB.HP61 (Bảng 4), nghiệm thức LB + casein cho giá trị cao nhất (19,52%), còn nghiệm thức LB + chitin dù có hoạt tính chitinase nhưng PIRG rất thấp (1,91%), cho thấy enzyme đơn lẻ không đủ để tạo hiệu quả đối kháng mạnh. So với các nghiệm thức còn lại (LB + sinh khối nấm, LB + β-glucan), hiệu quả ức chế không chênh lệch nhiều, chứng tỏ khả năng kháng nấm của enzyme thô còn hạn chế.

Bảng 4. Khả năng ức chế nấm bệnh của các dịch nuôi cấy chủng RB.HP61 có bổ sung các chất cảm ứng

Nghiệm thức	Hoạt tính enzyme			PIRG(%) của enzyme thô	PIRG (%) dịch chiết cồn
	<i>Protease</i> (U/mL)	<i>Chitinase</i> (U/mL)	<i>β-glucanase</i> (U/mL)		
LB	-	-	-	-	7,62 ± 1,65 ^c
LB + sinh khối nấm <i>Fusarium</i>	0,022	2,917	0,506	16,73 ± 2,26 ^a	27,14 ± 2,47 ^a
LB + casein	0,171	-	-	19,52 ± 2,18 ^a	20,00 ± 2,86 ^b
LB + chitin	-	5,947	-	1,91 ± 1,65 ^b	28,09 ± 2,18 ^a
LB + β-glucan	-	-	5,408	18,09 ± 1,65 ^a	21,91 ± 1,65 ^b
CV (%)	-	-	-	15,77	12,34
<i>p</i>	-	-	-	***	**

Ghi chú: PIRG: Tỷ lệ ức chế tăng trưởng bán kính nấm bệnh của nấm (%). Các chữ a, b, c trong cùng một cột là khác biệt có ý nghĩa thống kê theo trắc nghiệm Duncan với $p < 0,01$. Dấu -: Không có hoạt tính.

Đối với dịch chiết cồn: Khi nuôi cấy chủng RB.HP41 trong môi trường bổ sung các chất cảm ứng (chitin, sinh khối nấm, beta-glucan), giá trị PIRG tăng mạnh từ 3,22 đến 3,33 lần so với môi trường nền LB (chỉ đạt 8,57%). Sự gia tăng này góp phần đánh giá vai trò của enzyme, đồng thời chứng tỏ môi trường cảm ứng đã thúc đẩy chủng RB.HP41 có thể sinh tổng hợp các hợp chất thứ cấp (antibiotics, lipopeptides) có hoạt tính kháng nấm mạnh. Tuy nhiên, khi nuôi cấy chủng RB.HP61 trong môi trường có bổ sung các chất cảm ứng, PIRG tăng lên mức 20,00 - 28,09%. Đặc biệt, các nghiệm thức LB + chitin và LB + sinh khối nấm đạt giá trị cao nhất (từ 27 đến 28%), vượt trội so với LB + casein và LB + β-glucan.

Kết quả trên cho thấy, chủng RB.HP41 có hoạt tính kháng nấm ổn định và hiệu quả hơn RB.HP61 ở hầu hết các nghiệm thức, đặc biệt trong các môi trường cảm ứng enzyme liên quan đến vách tế bào nấm. Điều này cho

thấy RB.HP41 có cơ chế đối kháng hiệu quả hơn nhờ sự phối hợp giữa các enzyme phân giải và có thể do các chất chuyển hóa thứ cấp. Vì vậy, RB.HP41 được xem là chủng có tiềm năng hơn và phù hợp để lựa chọn cho các nghiên cứu tiếp theo nhằm đánh giá sâu hơn về cơ chế kháng nấm và khả năng ứng dụng trong phát triển chế phẩm vi sinh phòng trừ bệnh héo do *Fusarium* trên cây trồng.

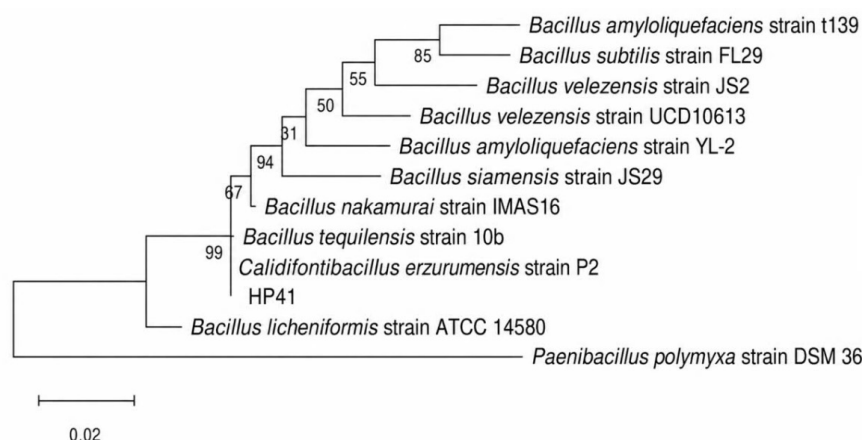
3.4. Định danh chủng vi khuẩn tuyển chọn

Kết quả so sánh trình tự gen 16S rRNA bằng chương trình BLASTn trên NCBI thể hiện tại hình 2, trình tự nucleotide (1.333 bp) của chủng RB.HP41 được xác định có độ bao phủ và tương đồng cao với trình tự gen 16S rRNA của loài *Calidifontibacillus erzurumensis* và các loài liên quan thuộc chi *Bacillus*. Kết quả phân tích phát sinh loài bằng phương pháp Maximum Likelihood với bootstrap 1.000 lần cho thấy chủng RB.HP41 có quan hệ di truyền gần gũi nhất với *C. erzurumensis* strain P2 với

giá trị tin cậy là 99% đối chiếu trên NCBI.

Calidifontibacillus erzurumensis là một loài vi khuẩn mới, Gram dương, hình que, có khả năng tạo nội bào tử, di động và hiếu khí, được phân lập lần đầu tiên từ một suối nước nóng tại Thổ Nhĩ Kỳ. Các phân tích phát sinh loài và hệ gen cho thấy loài này đại diện cho một chi mới thuộc họ *Bacillaceae*, có vị trí phân loại riêng biệt so với chi *Bacillus*. Bộ gen nháp của loài này có kích thước khoảng 3,5 Mb với hàm lượng G+C là

36,1%. Chúng điển hình là P2^{AT} (Adiguzel và cộng sự, 2020). *C. erzurumensis* có tỷ lệ ức chế nấm bệnh PIRG cao nhất đối với *Fusarium equiseti* (Fe) ($74,5 \pm 16,2\%$), *Lasiodiplodia theobromae* (Lt) ($60,0 \pm 4,7\%$), các loài *Penicillium* (Ps) ($60,6 \pm 5,2\%$) và *Curvularia aeria* (Ca) ($52,9 \pm 5,9\%$) (Ogunsola et al., 2025). *C. erzurumensis* thuộc nhóm vi khuẩn an toàn sinh học cấp độ 1, có tiềm năng ứng dụng trong lĩnh vực công nghệ sinh học, bao gồm cả tổng hợp chất kháng sinh chống lại các tác nhân gây bệnh kháng thuốc (Adiguzel et al., 2020).



Hình 2. Cây phát sinh chủng loại dựa trên trình tự gen 16S rRNA của chủng RB.HP41 và các loài liên quan, được xây dựng bằng phương pháp Maximum Likelihood với 1.000 lần lặp bootstrap

IV. KẾT LUẬN

Hai chủng vi khuẩn ký hiệu RB.HP41 và RB.HP61 có hoạt tính đối kháng cao đối với *Fusarium oxysporum*, với giá trị PIRG đều đạt 45,83%. Cả hai chủng đều có khả năng sinh tổng hợp các enzyme ngoại bào tham gia phân giải vách tế bào nấm với hoạt tính 4,260 U/mL và 5,947 U/mL đối với chitinase, 0,105 U/mL và 0,171 U/mL đối với protease và 5,798 U/mL và 5,408 U/mL đối với β -glucanase. Chủng RB.HP41 thể hiện hoạt tính đối kháng ổn định hơn so với RB.HP61, với PIRG đạt lần lượt 27,61%; 19,52%; 28,57% và 23,81% khi nuôi cấy trong môi trường có bổ sung chất cảm ứng là *F. oxysporum*, chitin, casein và β -glucan. Chủng RB.HP41 được định danh thuộc loài *Calidifontibacillus erzurumensis* với độ tương đồng 100%. *Calidifontibacillus erzurumensis* là một ứng viên tiềm năng cho các nghiên cứu về kiểm soát sinh học, có độ an toàn cao và phù hợp cho phát triển chế phẩm vi sinh phòng chống bệnh hại do nấm *F. oxysporum*.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Mai Châu Nhật Anh & Lê Thanh Toàn, 2021. Tuyển chọn vi sinh vật vùng rễ có khả năng đối kháng nấm *Sclerotium rolfsii* SACC., *Fusarium oxysporum* và kích thích sinh trưởng thực vật. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, kỳ 2 tháng 1/2021: 20-26.

Hoàng Kim Chi, Nguyễn Đình Tuấn, Trần Hồ Quang, Nguyễn

Thành Lam, Lê Hữu Cường, Trần Thị Hồng Hà, Lê Mai Hương, Trần Thị Như Hằng, 2020. Sàng lọc và nghiên cứu một số chủng vi khuẩn vùng rễ kích thích sinh trưởng phân lập từ cây nghệ vàng (*Curcuma longa* L.) tại Việt Nam. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, 62 (5): 54-59.

Trần Văn Hải, Lê Quang T., Nguyễn Thị Mai, 2023. Khả năng sinh tổng hợp kháng sinh của *Pseudomonas fluorescens* chống lại *Fusarium oxysporum*. *Journal of Agricultural Microbiology*, 12 (1), 23-31.

Trịnh Thị Huyền Trang, Lê Thị Ánh Hồng, Trần Minh Định, Nguyễn Anh Dũng, Trần Thị Phượng, 2020. Tuyển chọn vi khuẩn vùng rễ cây hồ tiêu có khả năng kháng nấm *Fusarium* sp. *Tạp chí Khoa học Đại học Tây Nguyên*, 42: 50-58.

Phạm Tấn Việt, Đinh Thị Ngọc Ngân, Lê Thị Ngọc Ly, Nguyễn Thị Kim Huệ, Lê Thị Vy Hiền, Nguyễn Thị Diệu Hạnh, Nguyễn Ngọc Ân, 2022. Ảnh hưởng của điều kiện nuôi cấy đến khả năng ức chế *Fusarium oxysporum* của *Bacillus subtilis*. *Journal of Science and Technology-IUH*, 59 (5): 57-67.

Adiguzel A., Ay H., Baltaci M.O., Akbulut S., Albayrak S., Omeroglu M.A., 2020. Genome-based classification of *Calidifontibacillus erzurumensis* gen. nov., sp. nov., isolated from a hot spring in Turkey, with reclassification of *Bacillus azotoformans* as *Calidifontibacillus azotoformans* comb. nov. and *Bacillus oryztiterrae* as *Calidifontibacillus oryztiterrae* comb. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70 (12): 6418-6427.

- Ajuna H.B., Yang X., Zhang W., Liu Y., Han Y., Yin Y., 2023. Evaluation of *Bacillus velezensis* as a biocontrol agent against soil-borne *Fusarium* wilt of tomato. *Biocontrol Science and Technology*, 33 (1): 1-18.
- Al-Mutar D.M.K., Alzawar N.S.A., Noman M., Azizullah Li D., Song F., 2023. Suppression of *Fusarium* wilt in watermelon by *Bacillus amyloliquefaciens* DHA55 through extracellular production of antifungal lipopeptides. *Journal of Fungi*, 9 (3): 336.
- Ansari W.A., Krishna R., Kashyap S.P., Al-Anazi K.M., Abul Farah M., Jaiswal D.K., Yadav A., Zeyad D.K., Verma J.P., 2025. Relevance of plant growth-promoting bacteria in reducing the severity of tomato wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* by altering metabolites and related genes. *Frontiers in Microbiology*, 15: 1534761.
- Arora N.K., Kim M.J., Kang S.C. & Maheshwari D.K., 2007. Role of chitinase and β -1, 3-glucanase activities produced by a *Fluorescent pseudomonad* and *in vitro* inhibition of *Phytophthora capsici* and *Rhizoctonia solani*. *Canadian Journal of Microbiology*, 53 (2): 207-212.
- Budiman A., Suwanto A., Mubarik N.R., 2023. Characterization of *Streptomyces hygroscopicus* producing β -1,3-glucanase as biocontrol against *Fusarium*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33 (3): 388-395.
- Danish M., Shahid M., Altaf M., Tyagi A., Ali S., 2024. Plant growth-promoting rhizobacteria and biocontrol agents triggered plant defence responses against phytopathogenic fungi and improved rice growth. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 133: 102337.
- Guleria S., Kumar A., Chauhan A., 2022. Biocontrol activity of *Bacillus subtilis* against *Fusarium* using extracellular enzymes. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32 (1): 15.
- Hardiyanti S., Sukanto R., Noveriza R., Mariana M., 2022. Isolation and screening of rhizobacteria as biocontrol agents against *Fusarium oxysporum* f.sp *vanillae*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 974: 012071.
- Hu H., Bai Y., Zhang C., Su H., 2021. *Pseudomonas fluorescens* producing β -1,3-glucanase for biological control of *Fusarium* root rot. *Microbiological Research*, 247: 126744.
- Khan A.R., Mustafa A., Hyder S., Valipour M., Rizy, Z.F., Gondal A.S., Yousuf Z., Iqbal R., Daraz U., 2022. *Bacillus* spp. as bioagents: Uses and application for sustainable agriculture. *Biology*, 11: 1763-1784.
- Miller G.L., 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31 (3): 426-428.
- Ogunsola J.F., Ogunsola K.E., Olukanni O.E., Salihu S., Komolafe C.J., Obi C.C., Adeniji O.F., 2025. Isolation and identification of antagonistic rhizobacteria and *in vitro* evaluation of their effectiveness against postharvest fungal rot pathogens of apple (*Malus domestica*). *South Asian Journal of Research in Microbiology*, 19 (3): 13-19.
- Rais A., Jabeen Z., Shair F., Hafeez F.Y., Hassan M.N., 2017. *Bacillus* spp., a bio-control agent enhances the activity of antioxidant defense enzymes in rice against *Pyricularia oryzae*. *PLOS ONE*, 12 (11): e0187412.
- Sanlier N. & Guler S.M., 2018. The benefits of Brassica vegetables on human health. *Journal of Human Health Research (JHHR)*, 1 (1): 1-13.
- Siddiquee S., Saini A., Saallah S., 2020. *In vitro* screening of endophytic *Trichoderma* sp. isolated from oil palm in FGV plantation against *Ganoderma boninense*. *Transactions of Science and Technology*, 7 (3): 116-125.
- Toh S.C., Samuel L., Awang A.S.A.H., 2016. Screening for antifungal- producing bacteria from *Piper nigrum* plant against *Phytophthora capsici*. *International Food Research Journal*, 23 (6): 2616- 2622.
- Tong L., Zhao C., Liu J., Yang L., Zhuang M., Zhang Y., Wang Y., Ji J., Kuang B., Tang K., Fang Z., Fujimoto R., Lv H., 2022. Resource screening and inheritance analysis of *Fusarium oxysporum* sp. *conglutinans* race 2 resistance in cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *Genes*, 13 (9):1590.
- Vyas P., Patel K., Dubey K., 2023. Antagonistic chitinase-producing bacteria against *Fusarium* spp.: Insights into biocontrol and plant growth promotion. *Heliyon*, 9 (2): e13125.
- Yang J., Tang M., Zhao H., 2026. Physiological mechanisms of plant growth-promoting rhizobacteria in enhancing abiotic stress tolerance of vegetable crops: A review. *Plants*, 15 (5): 686.

Antagonistic characteristics of rhizobacterial strains isolated from *Brassica* spp. against *Fusarium oxysporum*

Trinh Thi Huyen Trang, Nguyen Ngo Khanh Trinh

Abstract

This study was conducted to screen and evaluate the antagonistic potential of rhizobacteria isolated from the rhizosphere of *Brassica* spp. against the fungus *Fusarium oxysporum*. From 63 isolates, two strains, designated RB.HP41 and RB.HP61, exhibited the strongest inhibitory activity, achieving a PIRG (Percentage Inhibition of Radial Growth) of 45.83%. Both strains demonstrated the ability to produce chitinase, protease, and β -glucanase enzymes. Antagonistic activities were further evaluated in culture media supplemented with inducers, including *F. oxysporum* biomass, 1% chitin, 1% casein, and 0.1% beta-glucan, with enzymatic activities reaching 4.260 and 5.947 U/mL (chitinase), 0.105 and 0.171 U/mL (protease), and 5.798 and 5.408 U/mL (β -glucanase) for RB.HP41 and RB.HP61, respectively. Under the induction of *F. oxysporum* biomass, 1% chitin, 1% casein, and 0.1% beta-glucan, the PIRG values varied from 19.52% to 28.57% for RB.HP41 and from 1.91% to 28.09% for RB.HP61, with RB.HP41 demonstrating a more stable antagonistic performance. Molecular

identification based on 16S rRNA gene sequencing identified strain RB.HP41 as *Calidifontibacillus erzurumensis* based on 100% 16S rRNA sequence similarity to reference sequences in the NCBI database. These findings suggest that RB.HP41 is a promising rhizobacterial strain with potential application in the development of biological control agents against *Fusarium* diseases in *Brassica* spp. crop production.

Keywords: Antagonistic bacteria against *Fusarium oxysporum*, antagonistic activity, chitinase, protease, beta-glucanase, identification

Ngày nhận bài: 06/5/2026

Người phản biện: GS.TS. Phạm Văn Toàn, TS. Lê Thị Thanh Thủy

Ngày duyệt đăng: 11/6/2026

Ngày phản biện: 07/5/2026

ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG KÍCH THÍCH SINH TRƯỞNG VÀ PHÒNG TRỪ NẤM BỆNH (*Fusarium oxysporum*) CỦA CÁC CHỦNG VI KHUẨN VÙNG RỄ PHÂN LẬP TỪ CÂY CÀ PHÊ ARABICA (*Coffea arabica* L.) TẠI TỈNH SƠN LA

Lê Văn Mạnh¹, Hồ Mạnh Tường³, Phạm Quang Huy¹, Nguyễn Thị Hồng Hà¹, Trần Thị Hoa¹, Phan Quyền¹, Phạm Phương Thảo Linh¹, Trần Thái Đạt¹, Trần Hồ Quang^{1,2}, Chu Hoàng Hà^{1,2}, Đỗ Tiến Phát^{1,2*}

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm sàng lọc vi khuẩn kích thích sinh trưởng và kiểm soát nấm bệnh trên cây cà phê tại tỉnh Sơn La. Trong 14 chủng vi khuẩn phân lập từ vùng rễ cây cà phê chè, đã tuyển chọn được 03 chủng vi khuẩn tiềm năng và được định danh bằng trình tự gen 16S rRNA. Ba chủng vi khuẩn, ký hiệu là 34R, 42R và 5E có độ tương đồng 98 - 99% lần lượt với loài *Bacillus subtilis*, *B. tropicus*, *B. velezensis*. Chế phẩm phối trộn 03 chủng vi khuẩn này với giá thể PCB ở điều kiện thí nghiệm trong nhà lưới giúp tăng khả năng phát triển của cây cà phê chè. Khối lượng của thân và rễ tươi tăng lần lượt 13,08% và 28,35%; khối lượng khô tăng tương ứng 34,78% và 65,75% so với đối chứng. Trong điều kiện lây nhiễm nấm *Fusarium oxysporum*, chế phẩm này giúp cây cà phê chè phát triển ổn định và giảm tỷ lệ lá cây nhiễm bệnh xuống 49,06% và 53,23% so với đối chứng lần lượt vào giai đoạn sau thí nghiệm 03 và 06 tháng. Kết quả nghiên cứu cho thấy tiềm năng trong phát triển chế phẩm phối trộn 03 chủng vi khuẩn 34R, 42R và 5E với giá thể PCB trong chăm sóc và quản lý bệnh hại do nấm *Fusarium oxysporum* trên cà phê chè tại tỉnh Sơn La.

Từ khóa: Arabica, *Bacillus*, cà phê, *Fusarium oxysporum*, PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria), Sơn La

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây cà phê (*Coffea arabica* L.) là cây trồng quan trọng, có giá trị kinh tế cao, được trồng ở hơn 70 quốc gia trên thế giới (Bagyaraj *et al.*, 2015). Việt Nam là nước xuất khẩu cà phê đứng thứ hai trên thế giới sau Brazil. Hiện tại, ở Việt Nam có 02 loài cà phê được trồng chính là cà phê chè (Arabica) và cà phê vối (Robusta). Đặc biệt, giống cà phê Arabica có chất lượng tốt được trồng tập trung chủ yếu trên địa bàn huyện Mai Sơn, Thuận Châu và thành phố Sơn La (USDA Foreign Agricultural Service, 2019). Trong 4 tháng đầu năm 2025, Việt Nam đã xuất khẩu gần 43.700 tấn cà phê Arabica, thu về 284 triệu USD - tăng 32% về lượng và 191% về kim ngạch so với cùng kỳ năm 2024. Mức giá xuất khẩu bình quân khoảng 6.500 USD/tấn - cao hơn đáng kể so với cà phê Robusta (Hải quan Việt Nam, 2025). Năm 2024, diện tích sản xuất cà phê của tỉnh Sơn La đạt 23.312 ha, chiếm 73,84% diện tích và 75,52% sản lượng cà phê của miền Bắc; chiếm 3,18 % tổng diện tích cà phê và chiếm 47,9%

diện tích cà phê chè của cả nước và là tỉnh có diện tích cà phê chè lớn nhất nước (Vusta.vn, 2025). Tuy nhiên, việc phát triển cây cà phê ở Sơn La gặp nhiều khó khăn do vấn đề bệnh hại, điển hình là bệnh thối rễ và thân do các tác nhân gây bệnh tồn tại trong đất gây thiệt hại về năng suất, chất lượng cà phê.

Việc ứng dụng các chế phẩm vi sinh nhằm cải thiện chất lượng đất, thúc đẩy sinh trưởng cây trồng theo hướng bền vững đã thu hút sự quan tâm đáng kể. Trong số đó, nhóm vi khuẩn kích thích sinh trưởng thực vật (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria - PGPR) đóng vai trò quan trọng nhờ khả năng cư trú tại vùng rễ và thúc đẩy sinh trưởng cây thông qua các cơ chế trực tiếp và gián tiếp bao gồm cố định đạm sinh học, hòa tan các hợp chất dinh dưỡng khó tan và tăng cường khả năng chống chịu của cây trước các điều kiện bất lợi của môi trường (de Andrade *et al.*, 2023).

Từ các cơ sở khoa học và yêu cầu thực tiễn trên, nghiên cứu này được tiến hành nhằm sàng lọc, lựa chọn

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

² Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³ Bộ môn Công nghệ Sinh học, Khoa Hóa và Môi trường, Trường Đại học Thủy lợi

* Tác giả liên hệ, email: dtphat@ibt.ac.vn