

NGHIÊN CỨU CÁC ĐẶC TÍNH CỦA VI KHUẨN ENDOPHYTIC THUỘC LOÀI *PSEUDOMONAS* SP. ĐƯỢC PHÂN LẬP TỪ SÂM NGỌC LINH *PANAX VIETNAMENSIS*

STUDYING THE PROPERTIES OF ENDOPHYTIC BACTERIA BELONGED TO *PSEUDOMONAS* SP. ISOLATED FROM NGOC LINH GINGSENG *PANAX VIETNAMENSIS*

Hồ Lê Hân^{1*}, Trần Thị Ngọc Thu²

¹Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

²Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: hlhan@dut.udn.vn

(Nhận bài / Received: 12/01/2025; Sửa bài / Revised: 14/02/2025; Chấp nhận đăng / Accepted: 26/02/2025)

DOI: 10.31130/ud-jst.2025.018

Tóm tắt - Sâm Ngọc Linh (*P.vietnamensis*) - thảo dược quý ở Việt Nam và có chứa những chất hoạt tính sinh học. Một số loài vi khuẩn endophytic trên loài thực vật này cũng ảnh hưởng đến sâm. Trong đó, chủng *Bacillus* và *Pseudomonas* là các vi khuẩn endophytic chủ yếu trong quá trình phân lập. Trong nghiên cứu này, vi khuẩn *Pseudomonas sp.*HS6-2 được phân lập và tiến hành khảo sát một số đặc tính có thể ảnh hưởng đến sự sinh trưởng, phát triển và chất lượng của sâm Ngọc Linh. Kết quả chỉ ra vi khuẩn được phân lập nhạy cảm với các loại kháng sinh Cefadroxil, Tetracycline, Ampicillin, Amoxicillin, Cefpodoxim ở nồng độ 25 và 50 µg/ml, nhưng khi nồng độ kháng sinh này chạy đến 1000 µg/ml thì khả năng kháng kháng sinh của vi khuẩn bị biến mất. Một khả năng đặc biệt của vi khuẩn là sản xuất acid indole-3-acetic với nồng độ khá cao $116,74 \pm 5,0$ µg/ml khi khảo sát với nhiều nồng độ tryptophan có trong môi trường nuôi cấy.

Từ khóa – Auxin; Phân lập; Sâm Ngọc Linh; Vi khuẩn endophytic.

1. Đặt vấn đề

Sâm Ngọc Linh (*P.vietnamensis* Ha et Grushv) là loại thảo dược quý được tìm thấy tại khu vực miền núi Ngọc Linh. Nhiều phân tích về thành phần phân hợp chất có trong sâm này cho thấy, trong rễ sâm có chứa tới 52 hợp chất saponin [1] nhiều gấp đôi trong sâm Triều Tiên. Một số loài *Panax* nổi tiếng như *Panax ginseng* Meyer (nhân sâm Hàn Quốc), *P. japonicus* (nhân sâm Nhật Bản), *P. notoginseng* Nhân sâm Sanchi), *P. quinquefolius* (nhân sâm Mỹ), và *P.vietnamensis* (nhân sâm Việt Nam), đã được sử dụng như một loại “thần dược đông y” cho sức khỏe con người [2]. Vì vậy, sâm Ngọc Linh đã và đang được những yếu tố ảnh hưởng đến sự sinh trưởng. Trong đó, những nghiên cứu về vi khuẩn endophytic hiện đang được quan tâm vì sự phổ biến và có ảnh hưởng đến các loài thực vật. Vi khuẩn endophytic là những vi sinh vật xâm chiếm các mô của cây khỏe mạnh mà không gây ra bất kỳ bệnh nào cho cây [3].

Vi khuẩn endophytic có khả năng sản xuất nhiều chất có hoạt tính sinh học giúp cây trồng tăng trưởng và chống lại những vi sinh vật gây bệnh, do vậy những vi khuẩn này đóng vai trò quan trọng trong quá trình nuôi trồng các cây thuốc [4, 5]. Hơn nữa, vi khuẩn endophytic phân lập được

Abstract - Ngoc Linh ginseng (*P.vietnamensis*) contains many biologically active substances. Endophytic bacteria on this plant also significantly affect its quality. Many studies in the world have shown that *Bacillus* and *Pseudomonas* are the dominant endogenous bacteria in the isolation process. This study isolated *Pseudomonas sp.*HS6-2 and examined its outstanding biological characteristics that can affect the quality and growth of Ngoc Linh ginseng. The results showed that the isolated bacteria were sensitive to the antibiotics Cefadroxil, Tetracycline, Ampicillin, Amoxicillin, and Cefpodoxim at concentrations of 25 and 50 µg/ml, but when the concentration of this antibiotic reached 1000 µg/ml, the antibiotic resistance of the bacteria disappeared. A special ability of the bacteria is to produce indole-3-acetic acid at high concentrations of 116.74 ± 5.0 µg/ml when tested with various concentrations of tryptophan in the culture medium.

Key words - Auxin; Isolation; Ngoc Linh ginseng; Endophytic bacteria.

có thể được sử dụng để sản xuất các chất hoạt tính dùng trong các ngành mỹ phẩm, và dược phẩm [6, 7]. Tuy nhiên, do tính phức tạp của điều kiện nuôi cấy, nghiên cứu về vi khuẩn endophytic và sự tương tác với môi trường ở nhân sâm chỉ mới được nghiên cứu gần đây. Vi khuẩn endophytic đã được nghiên cứu để xác định, mô tả, và hiểu rõ vai trò của chúng trong sự sinh trưởng của nhân sâm. Nhìn chung, vi khuẩn endophytic từ nhân sâm thuộc ngành Proteobacteria, Actinobacteria và Firmicutes [8]. Tuy nhiên, thành phần, số lượng và chủng loại của những vi khuẩn endophytic phụ thuộc vào điều kiện, khí hậu thổ nhưỡng canh tác, bộ phận cây, độ tuổi và loài. Trong nhiều loài vi khuẩn endophytic, *Bacillus* và *Pseudomonas* được xác định là các vi khuẩn endophytic chiếm ưu thế trong quá trình phân lập. Vi khuẩn endophytic ảnh hưởng đáng kể đến sự phát triển và bảo vệ thực vật, hoạt động kháng khuẩn, hoạt động kiểm soát sinh học và các nguồn sinh tổng hợp ginsenoside mới.

Trong bài này, vi khuẩn endophytic được phân lập, thuộc loài *Pseudomonas* và được xác định các đặc tính nổi trội như tăng cường sự tăng trưởng sâm ngọc linh *P.vietnamensis* được kích thích bởi indole-3-acetic acid

¹ The University of Danang - University of Science and Technology, Vietnam (Ho Le Han)

² The University of Danang - University of Technology and Education, Vietnam (Tran Thi Ngoc Thu)

(IAA). Bên cạnh tính chất này, các đặc tính kháng kháng sinh, kháng khuẩn cũng được khảo sát.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu

2.1.1. Hóa chất, thiết bị

Những hóa chất được sử dụng trong nghiên cứu này, đạt độ tinh khiết cao và được mua từ Công ty Merck (Việt Nam). Các hoá chất được sử dụng để pha môi trường Nutrient agar (NA), môi trường Luria-Bertani (LB), môi trường Tryptone soya agar (TSA) dùng để phân lập vi khuẩn endophytic từ sâm Ngọc Linh, môi trường Tryptone soya broth (TSB) nhằm để tăng sinh vi khuẩn phân lập, môi trường tryptophan dùng để nuôi cấy vi khuẩn phân lập để sản sinh IAA, hoá chất dùng để pha thuốc thử Salkowski dùng để kiểm tra sự sản sinh IAA. Các kháng sinh được sử dụng cho đặc tính kháng kháng sinh như là Cefadroxil, Tetracycline, Ampicilin, Amoxicillin, Cefpodoxim.

2.1.2. Chủng vi khuẩn chỉ thị và điều kiện thí nghiệm

Một số vi khuẩn được dùng trong thí nghiệm là thường gặp trong môi trường sống, bao gồm *Escherichia coli* (*E. coli* ATCC 85922); *Salmonella enterica ser. Typhimurium* (*S. enterica ser. Typhimurium* ATCC 14028); *Staphylococcus aureus* (*S. aureus* ATCC 25923) với môi trường nuôi cấy phổ biến trong TSB.

Những vi khuẩn đối kháng trên được nuôi trong canh trường dịch thể ở 37°C, và lắc ở 120 rpm cho mật độ quang xung quanh giá trị 1,0 được đo tại bước sóng 600 nm (OD600). Để nuôi cấy chủng vi sinh trên thạch, bằng cách bổ sung 1,7 % (w/v) agar vào canh trường dịch thể TSB để tạo ra môi trường thạch TSA cho thí nghiệm kháng kháng sinh, kháng khuẩn.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phân lập vi khuẩn endophytic

Mẫu sâm Ngọc Linh được thu nhận từ hai tỉnh Quảng Nam (15°03'29.9"N 107°59'40.3"E), Kontum (14°58'26.3"N 107°55'12.3"E) vào tháng 7-8, và được bảo quản lạnh ở 4°C khi vận chuyển. Sau đó, rễ sâm được cắt ra, và khử trùng để loại bỏ vi khuẩn bên ngoài. Cụ thể, cần 10 gr rễ sâm Ngọc Linh rửa với nước cất vô khuẩn 3 lần cho sạch bùn đất, ngâm trong NaClO 5% trong 5 phút, ngâm lại trong Na₂S₂O₃ 2% (w/v) trong 1 phút. Tiếp đến mẫu được ngâm trong ethanol 70%, 10 phút, rửa mẫu lại bằng nước cất vô khuẩn và nước sau khi rửa được cấy trải trên môi trường LB, TSA để kiểm tra giai đoạn này [9]. Mẫu rễ được nghiền nhỏ bằng cối và chày đã được tiệt trùng. Sau đó, hoà mẫu vào dung dịch đệm phosphate (PBS), rồi tiến hành pha loãng dịch đến nồng độ 10⁻⁵. Dịch pha loãng được trải lên đĩa thạch chứa môi trường NA, TSA, LB, rồi đem ủ ở 20°C và kiểm tra sau mỗi 24h. Các khuẩn lạc khi hình thành, được chọn và cấy riêng trên cùng môi trường để tiến hành bước làm thuần và xác định các đặc tính hoá sinh trước khi đem định danh.

2.2.2. Khảo sát đường tăng trưởng của vi khuẩn phân lập

Với mục tiêu xác định sơ bộ hoạt lực của vi khuẩn phân lập, đường tăng trưởng của chúng cần thiết được xây dựng. Chuẩn bị môi trường TSB lỏng được tiệt trùng trong các

bình tam giác 100 mL. Chủng phân lập được tăng sinh ban đầu tới mật độ quang đo ở 680 nm (OD600) là 1,03 ± 0,04, sau đó cho vào môi trường TSB đã được chuẩn bị sẵn với mật độ 0,25% (v/v). Theo dõi sự sinh trưởng và phát triển của HS6-2 theo thời gian bằng cách tiến hành đo OD600 sau mỗi giờ. Các số liệu thu thập được vẽ đường cong tăng trưởng. Mỗi thí nghiệm đều được lặp lại 3 lần.

2.2.3. Khảo sát khả năng kháng khuẩn của chủng phân lập

Để khảo sát hoạt tính kháng khuẩn của các vi khuẩn endophytic được phân lập, phương pháp khuếch tán đĩa thạch được sử dụng [10]. Hút 0,1 mL chủng vi sinh vật chỉ thị và cấy trải trên đĩa petri TSA với nồng độ ban đầu là (1,05 ± 0,04) × 10⁸ CFU/ml, đục các lỗ trên bề mặt thạch tạo giếng với đường kính 5 mm, cuối cùng các chủng đối kháng được thả vào giếng với thể tích 80 µl. Mỗi thí nghiệm đều được thiết kế có mẫu đối chứng. Đối chứng dương được sử dụng là Cefadroxil với nồng độ 50 µg/ml. Mẫu đối chứng âm là môi trường TSB đã được tiệt trùng. Các đĩa được ủ trong vòng 24 giờ ở nhiệt độ 35°C.

2.2.4. Khảo sát hoạt tính nhạy cảm kháng sinh của chủng phân lập

Đối với hoạt tính này phương pháp tiến hành tương tự như phương pháp khảo sát hoạt tính kháng khuẩn nhưng vi khuẩn phân lập được trải trên đĩa TSA. Các kháng sinh Cefadroxil, Tetracycline, Ampicilin, Amoxicillin, Cefpodoxim, Cefdinif được chuẩn bị ở các nồng độ 25 µg/ml, 50 µg/ml, 100 µg/ml, 250 µg/ml, 1000 µg/ml. Các kháng sinh được cho vào các giếng với thể tích 80 µl.

2.2.5. Khảo sát khả năng sinh tổng hợp IAA của các chủng phân lập

Phân tích khả năng sinh tổng hợp IAA của các chủng phân lập dùng phương pháp đo màu Salkowski [11]. Mỗi loại vi khuẩn được nuôi cấy trong môi trường TSA đã được mô tả ở trên. L-tryptophan được thêm vào như một tiền chất IAA. Các ống nghiệm (15 mL) chứa 5 mL môi trường TSA đã biến đổi được chuẩn bị, bổ sung L-tryptophan (T) (0,1% v/v) (Merck, độ tinh khiết ≥98%) và một ống đối chứng không được bổ sung tryptophan. Một khuẩn lạc vi khuẩn, lấy từ đĩa petri TSA, được thêm vào mỗi ống theo bộ ba (n = 3) và ba ống được sử dụng làm môi trường đối chứng. Các ống được ủ ở 30 ± 2°C trong 96 giờ. Sau khi ủ, các nuôi cấy được ly tâm ở tốc độ 4000 vòng/phút trong 10 phút. Sau 96 giờ ủ, ly tâm các mẫu nuôi cấy để tách tế bào khỏi dịch nổi. Trộn dịch nổi với thuốc thử Salkowski (tỷ lệ 1:2) và ủ trong bóng tối trong 30 phút. Quan sát sự xuất hiện của màu hồng cam cho thấy, khả năng sản xuất IAA, và màu cam cho biết sự hiện diện của các hợp chất indole khác, và độ hấp thụ của chúng được ghi lại ở 530 nm trong máy quang phổ Uv-vis (LABMED, Mỹ). Để định lượng IAA, đường chuẩn được xây dựng so với chất chuẩn IAA có phương trình như sau $y = 0,01x + 0,01$, $R^2 = 0,997$ với x là nồng độ IAA µg/ml và y là mật độ quang ở bước sóng 530 nm.

2.2.6. Định danh vi khuẩn endophytic phân lập từ sâm Ngọc Linh

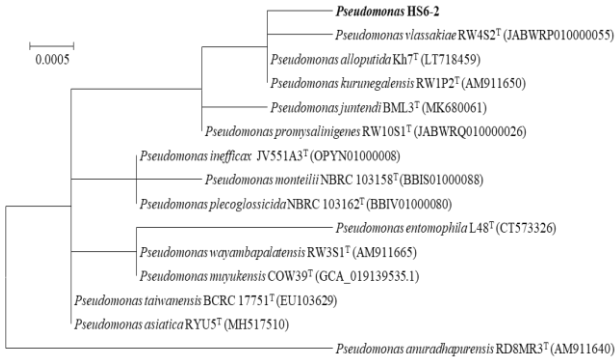
Tất cả các chủng vi khuẩn được giải trình tự 16S rRNA và so sánh với những trình tự của các vi khuẩn khác trên ngân hàng gene GENBANK tại Trung tâm thông tin công

ngệ sinh học Quốc gia (National Center for Biotechnology Information-NCBI).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Phân lập vi khuẩn endophytic

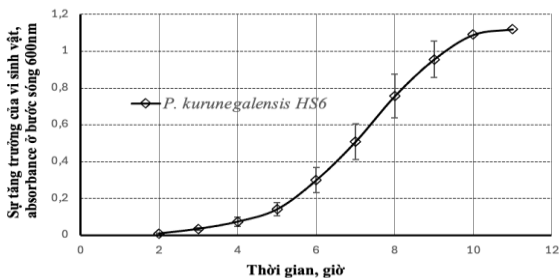
Từ mô tả ở phần 2.2.1, kết quả phân lập và làm thuần 30 khuẩn lạc trên môi trường TSA. Kiểm tra các kết quả xác định hình thái và hoá sinh của 30 khuẩn lạc thì kết quả chọn lọc các khuẩn lạc có hình thái và hoá sinh tương tự nhau đem đi giải trình tự. Kết quả sau khi giải trình tự được cho ở Hình 1. Với tỷ lệ tương thích 99,3%, kết quả cấy thuần cho thấy vi khuẩn endophytic được phân lập là *Pseudomonas* sp. (tương đồng với *P. kurunegalensis* RW1P2^T).



Hình 1. Cây phân loài của chủng *Pseudomonas* sp.HS6-2 được xây dựng dựa vào gen 16S rRNA và chủng tham khảo trên NCBI. 1 bar=0,0005, bootstrap với n=1000

3.2. Khảo sát đường tăng trưởng của vi khuẩn phân lập

Với thí nghiệm khảo sát đường tăng trưởng của *P.kurunegalensis*, kết quả thể hiện trên Hình 2. Có thể thấy, cả 2 chủng vi khuẩn endophytic được phân lập từ các mẫu sâm Ngọc Linh đều tăng trưởng mạnh, chỉ sau 4 giờ thì đạt pha tăng trưởng. Chủng HS6-2 tăng trưởng mạnh mẽ sau 2 giờ vượt qua pha lag, mau chóng đạt đến pha cân bằng sau 8 giờ nuôi cấy trong môi trường TSB.



Hình 2. Đồ thị tăng trưởng của HS6-2 được khảo sát trong môi trường TSB

3.3. Khảo sát khả năng kháng khuẩn



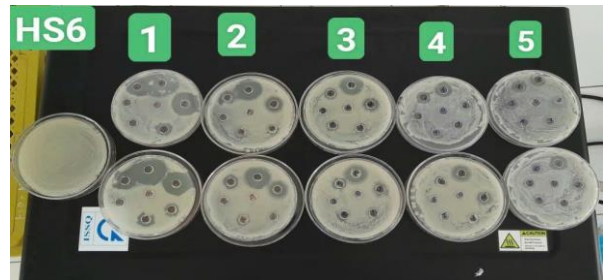
Hình 3. Khả năng kháng khuẩn của chủng endophytic *Pseudomonas* sp.HS6-2 được phân lập

Đối với phương pháp kháng khuẩn theo phương pháp khuếch tán, chủng (*Pseudomonas* sp.HS6-2 được kiểm tra khả

năng đối kháng các chủng chỉ thị phổ biến như ở mục 2.1.2. Kết quả kháng khuẩn của chủng này được thể hiện ở Hình 3, chủng phân lập không có khả năng kháng các vi khuẩn chỉ thị.

3.4. Khảo sát hoạt tính nhạy cảm kháng sinh của chủng phân lập

Dân số thế giới đã và đang phát triển đáng báo động; và nhiều loại vấn đề sức khỏe mới đang xuất hiện. Ví dụ, sự gia tăng số lượng vi khuẩn kháng thuốc là nguyên nhân gây lo ngại. Nghiên cứu về thuốc kháng sinh và các sản phẩm tự nhiên khác của vi khuẩn đóng vai trò then chốt trong cuộc chiến toàn cầu chống lại vấn đề kháng thuốc. Trong khi đó, sâm Ngọc Linh là thực vật quý hiếm được sử dụng hỗ trợ sức khỏe. Tuy nhiên, việc nghiên cứu sự nhạy cảm kháng sinh của các vi khuẩn endophytic của sâm Ngọc Linh cần được tiến hành nghiêm túc. Đối với nghiên cứu này, sự nhạy cảm với các kháng sinh phổ biến như Cefadroxil, Tetraciline, Ampicilin đã được thực hiện. Các kết quả đã được thể hiện trên các nồng độ biến thiên từ 25 µg/ml đến 100 µg/ml của các kháng sinh này nhằm xác định sự sống còn của vi khuẩn endophytic được phân lập HS6-2 và HS10 đối với môi trường có mặt kháng sinh trên Hình 4.



Hình 4. Thí nghiệm kháng kháng sinh của vi khuẩn endophytic từ sâm Ngọc Linh

Bảng 1. Sự nhạy cảm kháng sinh thể hiện qua đường kính khuếch tán đĩa thạch, mm

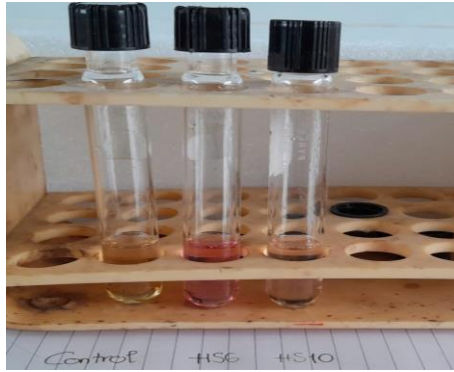
Loại kháng sinh	Nồng độ kháng sinh (µg/ml)				
	25	50	100	250	1000
Cefadroxil	15,5 ± 0,5	16,5 ± 0,3	18,5 ± 0,5	25 ± 0,25	29,5 ± 0,5
Tetracilin	0	12 ± 1,2	15,5 ± 0,8	15,5 ± 1,2	27,5 ± 0,5
Ampicillin	0	0	0	0	0
Amoxicillin	0	0	0	0	0
Cefpodoxim	0	0	0	0	0
Cefdinif	14 ± 0,5	12,5 ± 0,5	12,5 ± 1	13 ± 0,5	23 ± 1,2

Với các kết quả kháng kháng sinh được tổng hợp lại theo Bảng 1 cho thấy, sự nhạy cảm *Pseudomonas* sp. theo nồng độ các kháng sinh thể hiện qua đường kính khuếch tán, đối với kháng sinh Cefadroxil hoạt tính kháng sinh của vi khuẩn này thể hiện với đường kính 15,5 mm ở nồng độ kháng sinh thấp nhất 25 µg/ml. Nghĩa là trong môi trường chứa các kháng sinh chỉ thị như đã nêu trên thì *Pseudomonas* sp. vẫn có khả năng sống trong môi trường chứa kháng sinh mạnh như Cefadroxil ở nồng độ từ 25 µg/ml và 50 µg/ml. Trong khi đó, vi khuẩn không thể hiện sự nhạy cảm với 3 loại kháng sinh Ampicilin, Amoxicillin, Cefpodoxim.

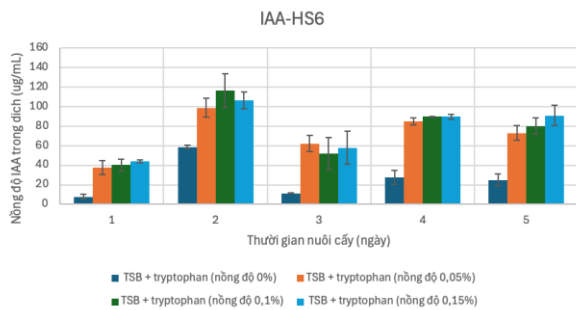
3.5. Khảo sát khả năng sinh tổng hợp IAA của vi khuẩn endophytic

Việc sản xuất auxin bởi vi khuẩn là một thực tế và đã được ghi chép rộng rãi, không phụ thuộc vào phương pháp

phát hiện chúng. Nó được công nhận là một cơ chế mà vi khuẩn thúc đẩy tăng trưởng thực vật có thể tăng cường sự phát triển của cây và rễ. Các loài vi khuẩn, chẳng hạn như *Pseudomonas putida*, *Rhizobium sp.*, *Bacillus sp.*, và *Azospirillum brasilense* đã được báo cáo là sản xuất auxin như acid indole-3-acetic (IAA), acid 4-chloroindole-3-acetic, acid indole-3-butyric (IBA), acid indole-3-propionic [12-14] rất mạnh. Trong nghiên cứu này, khả năng sinh tổng hợp IAA được thực hiện trên *Pseudomonas sp.* HS6-2 cho kết quả định tính như Hình 5.



Hình 5. Kết quả định tính xác định khả năng sinh IAA của *Pseudomonas sp.* HS6-2 so với *Burkholderia ambifaria* HS10



Hình 6. Khảo sát khả năng sinh IAA theo nồng độ tryptophan trong môi trường TSB

Trong khi đó, kết quả định lượng cho thấy, nồng độ IAA thay đổi theo nồng độ của môi trường chứa tryptophan như Hình 6. Sự thay đổi của nồng độ tryptophan trong môi trường ảnh hưởng đáng kể đến sự sản xuất IAA của vi khuẩn phân lập. Với nồng độ tryptophan càng cao thì khả năng sinh IAA bị hạn chế rất cụ thể. Nồng độ thích hợp để sản sinh IAA nhiều nhất khi môi trường chứa tryptophan ở nồng độ 0,1% và nồng độ IAA lớn nhất đạt ở giá trị $116,74 \pm 5,02$ µg/ml. Mặc khác, nếu thời gian càng lớn thì khả năng sinh IAA giảm dần, điều này cho thấy IAA có thể bị trung hoà bởi môi trường hoặc các enzyme trong môi trường ức chế vi khuẩn *Pseudomonas sp.* HS6-2 sản sinh IAA. Với tryptophan như một chất cảm ứng Tanveer và Ali đã thử nghiệm 0,200 và 500 µg mL⁻¹ nồng độ tryptophan và họ phát hiện ra sản xuất auxin cao hơn 41,4 và 24,8 µg/ml với 500 µg/ml tryptophan [15]. Các chủng được đánh giá trong công trình của họ biểu hiện nồng độ auxin IAA thấp hơn, với ít tryptophan hơn (100 µg/ml).

4. Kết luận

Nghiên cứu này tiến hành phân lập vi khuẩn endophytic thuộc loài *Pseudomonas* trên sâm Ngọc Linh trồng ở Việt

Nam, nhằm tìm hiểu các đặc tính sinh học có thể ảnh hưởng đến chất lượng của loài thực vật này. Kết quả cho thấy, định danh vi khuẩn endophytic trên cây phát sinh loài là *Pseudomonas sp.* HS6-2 có khả năng sinh auxin mạnh, có tác động tích cực đến sự tăng trưởng của thực vật như các nghiên cứu khác đã công bố. Điều này có nghĩa là loài vi khuẩn này có thể thúc đẩy sự phát triển sâm Ngọc Linh.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng trong đề tài có mã số B2023-DN02-19.

Nhóm tác giả xin cảm ơn Công ty TNHH Đầu tư Phát triển Vinsam Quảng Nam đã hỗ trợ cây sâm Ngọc Linh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. D. Nguyen, T. N. Nguyen, R. Kasai, A. Ito, K. Yamasaki, and O. Tanaka, "Saponins from Vietnamese ginseng, *Panax vietnamensis* Ha et Grushv. Collected in central Vietnam. P", (in eng), *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, vol. 41, no. 11, pp. 2010-4, 1993.
- [2] D. H. Kim, "Chemical Diversity of *Panax* ginseng, *Panax quinquefolium*, and *Panax notoginseng*", (in eng), *J Ginseng Res*, vol. 36, no. 1, pp. 1-15, 2012.
- [3] I. Afzal, Z. K. Shinwari, S. Sikandar, and S. Shahzad, "Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants", (in eng), *Microbiol Res*, vol. 221, pp. 36-49, 2019.
- [4] A. G. Atanasov *et al.*, "Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products: A review", (in eng), *Biotechnol Adv*, vol. 33, no. 8, pp. 1582-1614, 2015.
- [5] M. S. Nalini and H. S. Prakash, "Diversity and bioprospecting of actinomycete endophytes from the medicinal plants", (in eng), *Lett Appl Microbiol*, vol. 64, no. 4, pp. 261-270, 2017.
- [6] C. E. Hong, J. U. Kim, J. W. Lee, K. H. Bang, and I. H. Jo, "Metagenomic analysis of bacterial endophyte community structure and functions in *Panax* ginseng at different ages", (in eng), *3 Biotech*, vol. 9, no. 8, p. 300, 2019.
- [7] Y. Guan *et al.*, "Whole-genome and time-course dual RNA-Seq analyses reveal chronic pathogenicity-related gene dynamics in the ginseng rusty root rot pathogen *Ilyonectria robusta*", (in eng), *Sci Rep*, vol. 10, no. 1, p. 1586, 2020.
- [8] L. Dong *et al.*, "Diversity and composition of bacterial endophytes among plant parts of *Panax notoginseng*", (in eng), *Chin Med*, vol. 13, p. 41, 2018.
- [9] B. El-Deeb, K. Fayez, and Y. Gherbawy, "Isolation and characterization of endophytic bacteria from *Plectranthus tenuiflorus* medicinal plant in Saudi Arabia desert and their antimicrobial activities", *Journal of Plant Interactions*, vol. 8, no. 1, pp. 56-64, 2013/03/01 2013.
- [10] L. D. Nguyen and D. Q. Nguyen, "Microorganisms", Publishing House of Education, 2007.
- [11] T. M. Pham *et al.*, "Isolation of indole-3-acetic acid-producing *Azospirillum brasilense* from Vietnamese wet rice: Co-immobilization of isolate and microalgae as a sustainable biorefinery", (in eng), *J Biotechnol*, vol. 349, pp. 12-20, 2022.
- [12] C. M. Miller *et al.*, "Ecomycins, unique antimycotics from *Pseudomonas viridiflava*", (in eng), *J Appl Microbiol*, vol. 84, no. 6, pp. 937-44, 1998.
- [13] A. Ballio *et al.*, "Structure of syringotoxin, a bioactive metabolite of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*", (in eng), *FEBS Lett*, vol. 269, no. 2, pp. 377-80, 1990.
- [14] U. F. Castillo *et al.*, "Munumbicins, wide-spectrum antibiotics produced by *Streptomyces* NRRL 30562, endophytic on *Kennedia nigricans*", (in eng), *Microbiology (Reading)*, vol. 148, no. Pt 9, pp. 2675-2685, 2002.
- [15] T. Sana and A. Basharat, "Evaluation of *Bacillus* and *Rhizobium* Strains to Enhance the Growth of *Vigna radiata* (L.) under Drought Stress", *Pak-Euro J. Med. Life Sci*, vol. 5, pp. 101-112, 2022.