

# Phân lập, tuyển chọn vi khuẩn phân giải lân, kali khó tan từ đất trồng cà phê tại khu vực Tây Nguyên

Nguyễn Thị Thanh Mai<sup>1</sup>, Chu Đức Hà<sup>2</sup>, Phạm Phương Thu<sup>3</sup>, Nguyễn Văn Giang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ sinh học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

<sup>2</sup>Viện Di truyền Nông nghiệp, Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam

<sup>3</sup>Trường Đại học Sư phạm Hà Nội 2

Ngày nhận bài 24/11/2017; ngày chuyển phân biện 30/11/2017; ngày nhận phân biện 17/1/2018; ngày chấp nhận đăng 9/2/2018

## Tóm tắt:

Mục đích của nghiên cứu này là tuyển chọn chủng vi khuẩn có khả năng phân giải lân (P) và kali (K) khó tan trong đất trồng cây công nghiệp. Từ đất vùng rễ cây cà phê trồng tại khu vực Tây Nguyên, 16 chủng vi sinh vật có khả năng phân giải P và K khó tan đã được phân lập, trong đó, đã xác định được chủng vi khuẩn CF19 có hoạt tính phân giải  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  cao nhất, đạt 145,55 mg/l  $\text{PO}_4^{3-}$ . Chủng vi khuẩn CF19 đồng thời có khả năng hòa tan  $\text{AlPO}_4$  và  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . Khuẩn lạc của chủng CF19 có dạng tròn, bề mặt lõm, trơn, bóng ướt, màu trắng ngà, tế bào dạng que (trực khuẩn), Gram dương và có khả năng di động. Chủng CF19 sinh enzyme catalase, siderophore và biểu hiện hoạt tính phân giải P mạnh nhất khi môi trường nuôi cấy được bổ sung đường glucose,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  và cao nấm men. Trong môi trường phân giải P chứa 10% NaCl, chủng CF19 vẫn thể hiện được hoạt tính phân giải  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Chủng CF19 có khả năng tổng hợp IAA kích thích sinh trưởng thực vật. Hàm lượng IAA sau 4 ngày nuôi cấy CF19 trong môi trường NBRIP có bổ sung L-Tryptophan đạt 68,79  $\mu\text{g/ml}$ . Chủng CF19 có khả năng đối kháng với nấm gây bệnh héo vàng *Fusarium oxysporum*.

**Từ khóa:** Chất kích thích sinh trưởng thực vật, đất trồng cà phê, phân giải kali, phân giải lân, phân lập, vi khuẩn.

**Chỉ số phân loại:** 4.1

## **Đặt vấn đề**

Hiện nay, đất trồng cây công nghiệp lâu năm ở Việt Nam đang gặp phải hiện tượng thoái hóa và bạc màu. Để tăng độ phì nhiêu của đất, người nông dân thường bón phân N-P-K. Tuy nhiên, hầu hết phân bón thường bị rửa trôi hoặc tồn tại trong đất ở dạng khó tiêu do liên kết với ion kim loại ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$ ). Các nghiên cứu trước đây đã ghi nhận nhiều nhóm vi sinh vật, như nấm *Aspergillus* và *Penicillium* [1], vi khuẩn *Bacillus* và *Pseudomonas* [2, 3], có khả năng tiết một số enzym hay axit hữu cơ, từ đó phân giải và chuyển hóa P và K thành dạng dễ tan, giúp rễ cây hấp thụ. Bên cạnh đó, một số nhóm vi khuẩn còn có khả năng sinh tổng hợp các chất kích thích sinh trưởng thực vật, như Indole-3-acetic acid (IAA). Vì thế, bổ sung nguồn vi sinh vật phân giải P và K khó tan trong đất được xem là một giải pháp hữu hiệu và thân thiện với môi trường, đồng thời làm tăng hiệu quả sử dụng phân bón.

Hiện nay, đất trồng cà phê tại khu vực Tây Nguyên được ghi nhận chủ yếu là dạng đất đỏ, tích sét và đất đỏ, kết vón ít. Nhìn chung, đây là loại đất giàu P tổng số nhưng ít P dễ tiêu, K tổng số nghèo và nghèo bazơ, có độ chua nhất định (pH 4,5-5,3) [4]. Nhằm phát triển cà phê và các cây công

nghiệp lâu năm nói chung một cách lâu dài và bền vững, cần thiết phải tìm kiếm và phân lập các chủng vi sinh vật phân giải P và K khó tan để cung cấp vào đất trồng song song với việc sử dụng phân bón [5-7]. Nghiên cứu này được tiến hành với mục đích phân lập, tuyển chọn chủng vi sinh vật có khả năng phân giải P và K khó tan từ đất vùng rễ cây cà phê trồng tại một số vùng thuộc khu vực Tây Nguyên. Kết quả của nghiên cứu này nhằm xem xét khả năng thích ứng của chủng vi khuẩn phân lập với đất trồng cà phê tại Tây Nguyên, qua đó đề xuất làm chủng giống vi sinh vật hữu ích trong sản xuất phân bón vi sinh, góp phần cải thiện đất trồng cà phê.

## **Vật liệu và phương pháp nghiên cứu**

### *Vật liệu nghiên cứu*

Các mẫu đất ở độ sâu 10-20 cm xung quanh rễ cây cà phê Arabica được thu thập tại huyện Cư Kuin, Krông Buk, Krông Năng và TP Buôn Mê Thuột vào tháng 4-5/2016 (mùa khô). Các địa điểm này nằm trong khu vực tọa độ 12°42'57"B-108°00'46"E.

### *Phương pháp nghiên cứu*

Các mẫu đất thu tại vùng rễ trồng cà phê được pha loãng

\*Tác giả liên hệ: Email: vangianghua@gmail.com

# Isolation, selection of phosphate and potassium solubilising rhizosphere bacteria from coffee cultivated soil of the Central Highlands

Thi Thanh Mai Nguyen<sup>1</sup>, Duc Ha Chu<sup>2</sup>,  
Phuong Thu Pham<sup>3</sup>, Van Giang Nguyen<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Vietnam National University of Agriculture

<sup>2</sup>Agricultural Genetics Institute, Vietnam Academy of Agricultural Sciences

<sup>3</sup>Hanoi Pedagogical University 2

Received 24 November 2017; accepted 9 February 2018

## Abstract:

In this study, 16 phosphate (P) and potassium (K) solubilising bacterial strains were isolated from the rhizosphere of coffee trees cultivated in the Central Highlands. Among them, 'CF19' strain was determined to exhibit the highest phosphate solubilisation (145.55 mg/l  $PO_4^{3-}$ ). This strain also showed an ability to solubilise two phosphate types,  $AlPO_4$  and  $Fe_2(SO_4)_3$ . The typical colonies of 'CF19' strain were recorded to have circular, concave, sleek and wet surface with white colour. This strain has the ability to produce catalase enzyme and siderophore. 'CF19' strain showed the highest phosphate solubilisation on the medium with glucose (C resource),  $(NH_4)_2SO_4$  and yeast extract (N resources). This strain could grow in the medium pH 4-5, and salt resistance up to 10%. CF19 could synthesise plant regulator IAA. After 4 days of culture on NBRIP medium containing L-Tryptophan, the maximum amount of IAA approximately reached 68.79  $\mu$ g/ml. This strain also showed the antagonistic activity against *Fusarium oxysporum*.

**Keywords:** bacteria, coffee cultivated soil, isolation, phosphate solubilization, plant regulator, potassium solubilization.

**Classification number:** 4.1

ở nồng độ  $10^{-5}$ , sau đó nuôi cấy trên môi trường NBRIP chứa  $Ca_3(PO_4)_2$  và Aleksandrov chứa  $KAlSi_2O_6$  khó tan [8, 9]. Khuẩn lạc có hoạt tính được lựa chọn sau 5 ngày nuôi cấy ở 30°C bằng cách xác định vòng phân giải (vòng sáng quanh khuẩn lạc).

Hình thái và một số đặc tính cơ bản, bao gồm phản ứng với catalase, đỏ methyl, khả năng biến dưỡng citrate và khả năng di động của vi khuẩn được tiến hành phân tích theo các phương pháp của Vũ Thị Minh Đức (2001) [10]. Khả năng sinh siderophore của vi khuẩn được tiến hành dựa theo phương pháp O-CAS trên môi trường có bổ sung CAS [11].

Hoạt tính phân giải P khó tan được xác định dựa trên nồng độ  $PO_4^{3-}$  có trong dịch nuôi cấy bằng phương pháp so màu xanh molybdate [10]. Chủng vi khuẩn được nuôi trong bình tam giác chứa 25 ml môi trường NBRIP lỏng ( $t^\circ = 30^\circ C$ ,  $t = 4$  ngày, lắc 150 rpm). Dịch nuôi cấy được ly tâm ở 10.000 rpm,  $t = 10$  phút,  $t^\circ = 4^\circ C$ . Hút 1 ml dịch nổi bổ sung 0,2 ml  $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$  2,5% và  $SnCl_2$  2,5% đem xử lý và so màu ở bước sóng  $\lambda = 820$  nm.

Nuôi cấy vi khuẩn tuyển chọn trong môi trường phân giải P lỏng, trong đó nguồn C được sử dụng lần lượt là glucose, fructose, xylose, maltose, manitose, lactose, sucrose và dextrin, nguồn N được sử dụng lần lượt là  $(NH_2)_2CO$ ,  $(NH_4)_2SO_4$ ,  $NaNO_3$ ,  $KNO_3$ ,  $NH_4NO_3$ ,  $NH_4Cl$ , pepton, cao nấm men, pH được thay đổi từ 4÷10, nồng độ muối được bổ sung ở dải nồng độ 0÷10% trên máy lắc với tốc độ lắc 150 rpm, xác định hàm lượng P tan trong môi trường sau 4 ngày theo phương pháp của Vũ Thị Minh Đức nêu trên [10].

Sự có mặt của IAA được phát hiện bằng thuốc thử Salkowski [10]. Định lượng tương đối IAA được xác định và phân tích bằng phương pháp đo độ hấp thụ quang ở bước sóng  $\lambda = 530$  nm trên máy quang phổ với thuốc thử Salkowski ( $FeCl_3$  0,5M,  $H_2SO_4$  98%,  $H_2O$ ) [10].

Khả năng đối kháng nấm *F. oxysporum* gây bệnh héo vàng được thực hiện bằng phương pháp đồng nuôi cấy [10]. Trong đó, chủng *F. oxysporum* được thu thập từ Trung tâm Nghiên cứu bệnh cây nhiệt đới thuộc Học viện Nông nghiệp Việt Nam. Nấm bệnh cùng chủng vi khuẩn được cấy trên môi trường PDA. Đĩa nuôi cấy được nuôi trong điều kiện 30°C. Quan sát khả năng đối kháng sau 7 ngày nuôi cấy [10].

## Kết quả và thảo luận

### Phân lập và tuyển chọn vi sinh vật phân giải P, K khó tan

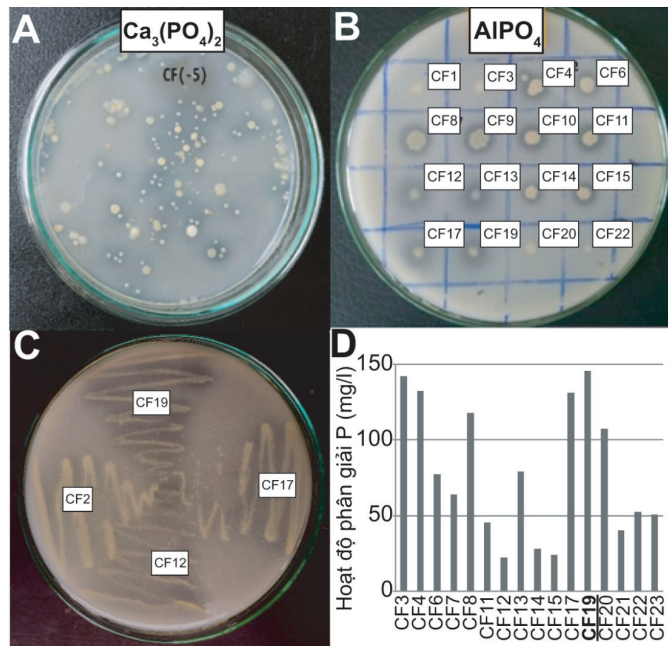
Kết quả đã phân lập được 25 chủng vi sinh vật, đặt tên từ CF1 đến CF25 có khả năng tạo các vòng phân giải P trên môi trường NBRIP chứa  $Ca_3(PO_4)_2$  khó tan, trong đó 16 chủng có đường kính vòng phân giải lớn nhất. Hiện

tương này được giải thích do các chủng này có khả năng tiết một số dạng axit hữu cơ, như axit citric, axit lactic hay axit succinic, phân giải gốc  $PO_4^{3-}$  khó tan [1].

Theo ghi nhận gần đây, đất đỏ bazan trồng cà phê chứa nhiều muối  $Al^{3+}$  và  $Fe^{3+}$  [4]. Để tăng hiệu quả phân giải các nhóm P khó tan, 16 chủng vi sinh vật có vòng phân giải P lớn nhất được tiếp tục đánh giá khả năng phân giải photphat nhôm, sắt trên môi trường NBRIP được bổ sung  $AlPO_4$  và  $FePO_4$ . Kết quả cho thấy, ngoài 4 chủng ký hiệu CF1, CF3, CF20 và CF22 không tạo vòng phân giải trên môi trường chứa  $AlPO_4$ , các chủng còn lại đều có khả năng tạo vòng phân giải trên môi trường chứa  $AlPO_4$  và  $FePO_4$ , trong đó 4 chủng CF12, CF13, CF17 và CF19 được ghi nhận có vòng phân giải lớn nhất.

Kết quả định lượng  $PO_4^{3-}$  bằng phương pháp xanh molybdate [12] cho thấy, 6 chủng có khả năng phân giải P cao nhất là CF19 (145,55 mg/l), CF3 (142,55 mg/l), CF4 (132,6 mg/l), CF17 (131,23 mg/l), CF8 (117,85 mg/l) và CF20 (107,25 mg/l) (hình 1D). Năm 2017, Trần Bảo Trâm và cộng sự [13] đã phân lập được 7 chủng vi khuẩn có hoạt tính phân giải P khó tan từ đất trồng sâm Ngọc Linh ở Quảng Nam với hoạt tính dao động từ 57,81 đến 118,40 mg/l  $PO_4^{3-}$ . Hoạt tính phân giải P khó tan của các chủng vi khuẩn được phân lập từ đất trồng cà phê tương đương và cao hơn.

Trên môi trường Aleksandrov chứa  $KAlSi_2O_6$  sau 5 ngày nuôi cấy, 16 trong tổng số 25 (chiếm 64%) chủng vi sinh vật phân lập đã tạo được vòng phân giải K, trong đó chủng CF19 cũng có khả năng phân giải K khá mạnh (hình 1C).

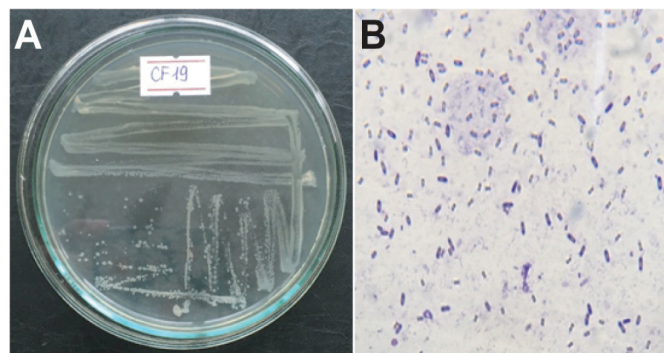


Hình 1. Khả năng phân giải P và K khó tan của một số chủng vi sinh vật trên môi trường chứa (A)  $Ca_3(PO_4)_2$ , (B)  $AlPO_4$ , (C)  $KAlSi_2O_6$ . (D) Hoạt độ phân giải P của các chủng vi sinh vật.

Từ các kết quả nghiên cứu nêu trên, chủng CF19 có hoạt tính phân giải P, K mạnh nhất được lựa chọn cho các nghiên cứu tiếp theo.

**Một số đặc điểm hình thái khuẩn lạc, tế bào và đặc tính sinh học của chủng CF19**

Hình thái khuẩn lạc và hình dạng tế bào của chủng CF19 được quan sát theo các phương pháp của Vũ Thị Minh Đức (2001) [10]. Kết quả cho thấy, khuẩn lạc của CF19 tròn đều, bề mặt lõm, trơn, bóng ướt, màu trắng ngà. Một số báo cáo cũng đã ghi nhận về hình dạng khuẩn lạc của các vi khuẩn hòa tan P và K tương tự như trong nghiên cứu này [6, 7]. Quan sát dưới kính hiển vi, CF19 có dạng hình que ngắn (trực khuẩn), kích thước khoảng  $0,5 \times 1,5 \mu m$ , là vi khuẩn Gram dương (hình 2B).

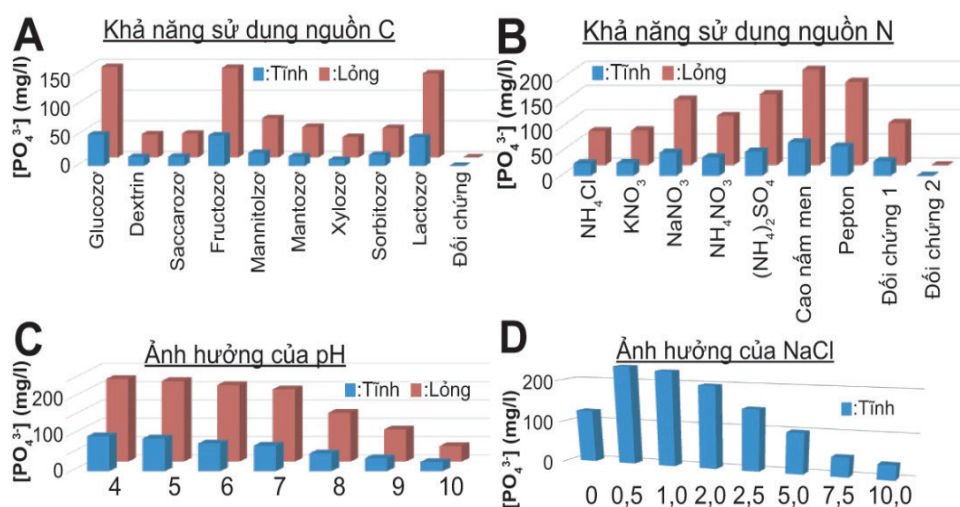


Hình 2. Hình thái khuẩn lạc (A) và tế bào (B) của chủng vi khuẩn CF19.

Một số đặc tính sinh học cơ bản của vi khuẩn CF19 được nghiên cứu và xác định chủng CF19 có khả năng tổng hợp enzyme catalase để phân giải  $H_2O_2$ , sử dụng citrate, tiết acid (phản ứng với đỏ methyl), đặc biệt là sinh siderophore - chất vận chuyển sắt rất cần thiết khi cây trồng sinh trưởng tại các vùng đất nghèo dinh dưỡng. Chủng khuẩn CF19 có thể di động nhưng không có khả năng sinh acetoin (tiền chất của 2,3-butanediol). Các đặc tính này cũng được ghi nhận tương tự với một số vi sinh vật phân giải P khó tan đã phân lập từ đất vùng rẫy trồng sâm Ngọc Linh ở Quảng Nam [13].

**Ảnh hưởng của một số điều kiện nuôi cấy đến khả năng phân giải P của chủng CF19**

Để đánh giá hiệu quả phân giải P của chủng CF19, một số điều kiện nuôi cấy đã được thay đổi để theo dõi hàm lượng  $PO_4^{3-}$  được giải phóng vào môi trường. Các điều kiện về nguồn dinh dưỡng C, N, yếu tố pH, nồng độ muối lần lượt được thử nghiệm trong điều kiện nuôi tĩnh và lắc. Kết quả đánh giá khả năng phân giải P của CF19 trong từng điều kiện được minh họa ở hình 3.



Hình 3. Ảnh hưởng của một số điều kiện nuôi cấy, bao gồm (A) nguồn C, (B) nguồn N, (C) giá trị pH và (D) muối NaCl đến hoạt tính phân giải P của chủng CF19.

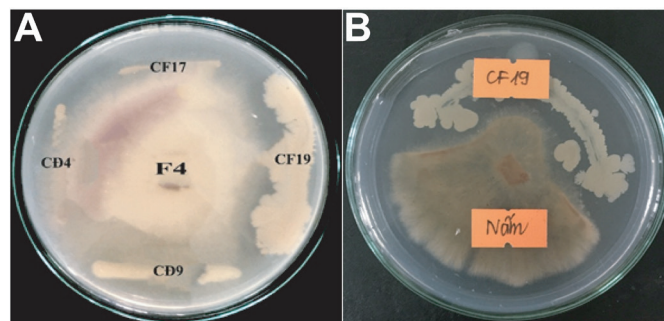
Hoạt tính phân giải P của chủng CF19 trong 2 điều kiện nuôi tĩnh và lắc đều thể hiện mạnh nhất trong công thức môi trường có bổ sung glucose (nuôi lắc đạt 147,32 mg/l  $PO_4^{3-}$ , tĩnh đạt 51,1 mg/l  $PO_4^{3-}$ ), fructose (nuôi lắc và tĩnh lần lượt đạt 145,64 và 49,54 mg/l  $PO_4^{3-}$ ) và lactose (nuôi lỏng đạt 136,63 mg/l  $PO_4^{3-}$  trong khi ở trạng thái tĩnh đạt 46,54 mg/l  $PO_4^{3-}$ ) (hình 3A). Khi trong môi trường có nguồn N vô cơ dễ hấp thụ có gốc  $NO_3^-$  và  $NH_4^+$ , như là  $NaNO_3$ ,  $NH_4NO_3$  hay  $(NH_4)_2SO_4$ , chủng CF19 có hoạt tính phân giải P khó tan khá tốt. Cao nấm men được ghi nhận là nguồn N hữu cơ cho hiệu quả phân giải P cao nhất đối với chủng vi khuẩn CF19 (hình 3B).

Hoạt tính phân giải P được ghi nhận mạnh nhất ở pH đạt giá trị 4 trong điều kiện nuôi cấy tĩnh (tương ứng 95,15 mg/l  $PO_4^{3-}$ ) và nuôi cấy lỏng (tương ứng 225,45 mg/l  $PO_4^{3-}$ ) (hình 3C). Điều này rất thích hợp cho điều kiện đất trồng cà phê ở Tây Nguyên nói chung như đã được đề cập trong nghiên cứu trước đây [4]. Liên quan đến ảnh hưởng của nồng độ muối, chủng CF19 có hoạt độ phân giải P khó tan mạnh trên môi trường có bổ sung NaCl ở ngưỡng 0,5÷2,5%. Đáng chú ý, khả năng phân giải P của chủng CF19 vẫn được ghi nhận trên công thức môi trường có bổ sung 10% muối (hình 3D). Đặc tính này cho thấy chủng CF19 có khả năng chịu mặn khá tốt, thích hợp với sự thoái hóa và bạc màu đang xảy ra tại những vùng trồng cây công nghiệp lâu năm ở Việt Nam. Kết quả này hứa hẹn chủng CF19 sẽ là đối tượng tiềm năng trong việc sản xuất phân bón vi sinh tại các vùng canh tác hiện nay.

#### Khả năng tổng hợp IAA và đối kháng nấm *F. oxysporum* của chủng CF19

Khả năng sinh tổng hợp IAA là một trong những đặc tính quý của vi khuẩn sử dụng trong sản xuất phân bón vi sinh

vật. Kết quả xác định khả năng tổng hợp IAA của chủng CF19 trên môi trường NBRIP có bổ sung L-Tryptophan cho dịch ly tâm chuyển sang màu đỏ sau khi thử với dung dịch Salkowski. Hàm lượng IAA sau 4 ngày nuôi cấy đạt 68,79  $\mu\text{g/ml}$ .



Hình 4. Khả năng đối kháng nấm gây bệnh *F. oxysporum* của chủng CF19 sau (A) 7 ngày và (B) 14 ngày đồng nuôi cấy.

Kết quả đánh giá khả năng đối kháng với *F. oxysporum* của chủng CF19 cho thấy vi khuẩn tuyển chọn có khả năng ức chế mạnh sự phát triển của nấm *F. oxysporum* sau 7 ngày (hình 4A) và 14 ngày (hình 4B) đồng nuôi cấy.

Tóm lại, chủng vi khuẩn CF19 phân lập tại đất vùng rễ cây cà phê trồng tại Tây Nguyên vừa có khả năng phân giải các hợp chất P khó tan, đồng thời phân giải K, tổng hợp IAA và đối kháng nấm gây bệnh. Đây được xem là đối tượng có tiềm năng trong sản xuất chế phẩm vi sinh kích thích sinh trưởng thực vật.

#### Kết luận

Đã phân lập và tuyển chọn được 16 chủng vi sinh vật có khả năng phân giải P và K khó tan từ đất vùng rễ cây cà phê trồng tại khu vực Tây Nguyên. Trong đó, chủng vi khuẩn

CF19 có hoạt tính phân giải 3 hợp chất P ( $\text{FePO}_4$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) và K khó tan cao nhất.

Khuẩn lạc của chủng CF19 tròn đều, bề mặt lõm, trơn, bóng ướt, màu trắng ngà, là trực khuẩn Gram dương. Chủng CF19 có khả năng tổng hợp enzyme catalase, sinh siderophore, có thể di động nhưng không có khả năng sinh acetoin.

Chủng CF19 có hoạt tính phân giải P mạnh nhất khi nguồn C được thay thế là đường glucozơ, nguồn N vô cơ và hữu cơ lần lượt là  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  và cao nấm men. Chủng CF19 sinh trưởng phát triển tốt ở điều kiện pH 4-5. Chủng này có thể chịu được nồng độ muối NaCl 10%, hoạt tính phân giải mạnh nhất trong môi trường có nồng độ muối dưới 1%.

Chủng CF19 có khả năng sinh tổng hợp IAA kích thích sự sinh trưởng của cây trồng. Lượng IAA thu được sau 4 ngày nuôi cấy đạt khoảng 68,79  $\mu\text{g/ml}$ . Chủng CF19 đối kháng mạnh với nấm gây bệnh héo vàng *F. oxysporum*.

Nghiên cứu này sẽ được tiếp tục nhằm tìm hiểu những đặc tính sinh học và định danh chính xác chủng vi khuẩn CF19, từ đó có thể đánh giá hiệu quả phân giải P và K khó tan trong thực tế sản xuất.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] S.B. Sharma, et al. (2013), "Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils", *SpringerPlus*, **2**, p.587, doi: 10.1186/2193-1801-2-587.

[2] I.P. Anjanadevi, N.S. John, K.S. John, M.L. Jeeva, R.S. Misra (2016), "Rock inhabiting potassium solubilizing bacteria from Kerala, India: characterization and possibility in chemical K fertilizer substitution", *J. Basic Microbiol.*, **56(1)**, pp.67-77.

[3] Z.S. Yuan, F. Liu, G.F. Zhang (2015), "Characteristics and biodiversity of endophytic phosphorus- and potassium-solubilizing bacteria in Moso

Bamboo (*Phyllostachys edulis*)", *Acta Biologica Hungarica*, **66(4)**, pp.449-459.

[4] Phạm Thế Trinh (2012), "Nghiên cứu đặc điểm sử dụng đất đỏ bazan (ferralsols) tỉnh Đắk Lắk", *Tạp chí Khoa học và phát triển*, **10(7)**, tr.1024-1031.

[5] Nguyễn Thị Đơn, Nguyễn Thị Kiều Diễm, Cao Ngọc Diệp (2012), "Phân lập và nhận diện vi khuẩn hòa tan P và K từ mẫu vật liệu phong hóa đá hoa cương núi Sập, tỉnh An Giang", *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ*, **24a**, tr.179-186.

[6] Cao Ngọc Diệp, Nguyễn Thị Đơn, Dương Thị Xuân Dao (2012), "Isolation and identification of phosphate and potassium - solubilizing bacteria from weathered materials of granite brock of BaHon mountain, Kien Giang, Vietnam", *International Conference on Environmental Research and Technology*, **3**, pp.133-138.

[7] H. Xiufang, C. Jishuang, G. Jiangfeng (2006), "Two phosphate- and potassium- solubilizing bacteria isolated from Tianmu Mountain, Zhejiang, China", *World J. Microbiol. Biotechnol.*, **22**, pp.983-990.

[8] H.M. Sadiq, G.Z. Jahangir, I.A. Nasir, M. Iqtidar, M. Iqbal (2013), "Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacteria from rhizosphere soil", *Biotechnol. & Biotechnol. Equip.*, **27(6)**, pp.4248-4255.

[9] T.C. Setiawati, L. Mutmainnah (2016), "Solubilization of potassium containing mineral by microorganisms from sugarcane rhizosphere", *Agri. & Agricult. Sci. Proce.*, **9**, pp.108-117.

[10] Vũ Thị Minh Đức (2001), *Thực tập vi sinh vật học*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.

[11] S.M. Perez, N. Cabirol, R.G. Tellez, L.S. Zamudio Rivera, F.J. Fernandez (2007), "O-CAS, a fast and universal method for siderophore detection", *J. Microbiol. Methods*, **70(1)**, pp.127-131.

[12] E.A. Nagul, I.D. McKelvie, P. Worsfold, S.D. Kolev (2015), "The molybdenum blue reaction for the determination of orthophosphate revisited: Opening the black box", *Anal. Chim. Acta.*, **890**, pp.60-82.

[13] Trần Bảo Trâm, Nguyễn Thị Hiền, Nguyễn Thị Thanh Mai, Phạm Hương Sơn, Phạm Thế Hải (2017), "Phân lập và nhận diện vi khuẩn phân giải P từ đất trồng sâm Ngọc Linh ở Quảng Nam", *Tạp chí Khoa học công nghệ nông nghiệp Việt Nam*, **2(75)**, tr.80-86.