

Nghiên cứu tuyển chọn vi khuẩn vùng rễ có khả năng tăng tính chịu hạn cho cây trồng từ mẫu đất thu thập ở tỉnh Đắk Lắk

Vũ Thanh Hiền, Nguyễn Vũ Phương Thảo, Đặng Thị Thanh Tâm*

Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Screening of rhizosphere bacteria with the ability to enhance drought tolerance in plants from soil samples collected in Dak Lak

Vu Thanh Hien, Nguyen Vu Phuong Thao, Dang Thi Thanh Tam*

Vietnam National University of Agriculture

*Corresponding author: thanh tam@vnua.edu.vn

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.15.4.2026.003-012>

TÓM TẮT

Hiện nay tình trạng hạn hán đang ngày càng ảnh hưởng tới hoạt động sản xuất trồng trọt ở nhiều nước trên thế giới. Nhiều giải pháp đã được nghiên cứu và triển khai, bao gồm hướng sử dụng các chủng vi khuẩn đất có khả năng tăng tính chịu hạn cho cây trồng trong điều kiện thiếu nước. Từ mẫu đất thu được ở tỉnh Đắk Lắk, 12 chủng vi khuẩn đã được sàng lọc có khả năng sinh trưởng tốt trên môi trường có áp suất thẩm thấu cao. Các chủng này được đánh giá in vitro các đặc điểm sinh hóa liên quan đến khả năng kích thích sinh trưởng cây trồng. Bên cạnh đó, đánh giá tác động của các chủng đến sự sinh trưởng của cây cúc thì chọn lọc được 3 chủng làm tăng các chỉ tiêu sinh trưởng gồm khối lượng tươi và khô, chiều dài thân và rễ so với đối chứng trong điều kiện tưới đủ nước. Các chủng này cũng đã được chứng minh có khả năng tăng tính chịu hạn cho cây cúc trong điều kiện thiếu nước và giúp cây tái phục hồi hoàn toàn khi được tưới nước bổ sung. Định danh phân tử xác định 03 chủng này là *Psychrobacillus* sp. S7, *Lysinibacillus* sp. C1 và *Lysinibacillus* sp. C4. Kết quả nghiên cứu cho thấy, đây là các chủng vi khuẩn tiềm năng cho hướng nghiên cứu phát triển các chế phẩm sinh học hỗ trợ cây trồng trong điều kiện stress hạn.

ABSTRACT

Currently, drought stress is increasingly affecting crop production in many countries worldwide. Different strategies have been investigated and implemented, including the application of soil bacterial strains capable of enhancing plant drought tolerance under water-deficit conditions. From soil samples collected in Đắk Lắk province, twelve bacterial strains were screened for their ability to grow well under high osmotic pressure conditions. These strains were evaluated in vitro for biochemical traits associated with plant growth-promoting potential. In addition, evaluating the effects of the twelve bacterial strains on the growth of *Chrysanthemum* plants showed that three strains significantly enhanced plant growth including fresh and dry weight, shoot and root length under well-watered conditions. These strains were also demonstrated to improve drought tolerance in *Chrysanthemum* under water-limited conditions and plant recovery upon re-watering. Molecular identification revealed that the three selected strains belonged to *Psychrobacillus* sp. S7, *Lysinibacillus* sp. C1, and *Lysinibacillus* sp. C4. Overall, the results indicate that these bacterial strains are promising candidates for the development of bioinoculants that apply under drought stress conditions.

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 12/01/2026

Ngày phản biện: 03/03/2026

Ngày quyết định đăng: 01/04/2026

Từ khóa:

Lysinibacillus sp.,

Psychrobacillus sp., stress hạn,

vi khuẩn chịu hạn.

Keywords:

Drought stress, drought-tolerant

bacteria, *Lysinibacillus* sp.,

Psychrobacillus sp.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, tình trạng hạn hán đang diễn ra ngày càng nhiều và nghiêm trọng trên toàn thế giới do tác động của biến đổi khí hậu. Theo Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO), tần suất và thời gian của các đợt hạn hán đã tăng 29% kể từ năm 2000 [1]. Tình trạng này đã ảnh hưởng nghiêm trọng đến sản xuất nông nghiệp và nền kinh tế toàn cầu. Theo báo cáo của Công ước Liên Hợp Quốc về chống sa mạc hóa (UNCCD) năm 2022, hạn hán gây thiệt hại kinh tế lên đến hàng trăm tỷ USD trên toàn thế giới và ảnh hưởng trực tiếp đến khoảng 55 triệu người mỗi năm [2]. Trong lĩnh vực nông nghiệp, cây trồng là đối tượng chịu ảnh hưởng trực tiếp và nghiêm trọng nhất của hạn hán. Sự tăng nhiệt độ và giảm lượng mưa làm suy giảm lượng nước có sẵn trong đất, dẫn đến tình trạng mất nước kéo dài ở thực vật. Stress hạn có thể làm gián đoạn quá trình trao đổi chất, kìm hãm sinh trưởng và phát triển của cây trồng, từ đó làm suy giảm năng suất và dẫn đến thiệt hại kinh tế nặng nề [3]. Trước thách thức này, nhiều giải pháp đã được đề ra nhằm tăng khả năng thích nghi của cây trồng với điều kiện khô hạn, bao gồm các biện pháp tưới tiết kiệm nước, phương pháp lai tạo truyền thống và ứng dụng kỹ thuật di truyền để tạo ra các cây chuyển gen chịu hạn. Tuy nhiên, những phương pháp này đòi hỏi thời gian, kỹ thuật và chi phí cao, khó ứng dụng rộng rãi trong thực tế [4]. Trong khi đó, việc sử dụng vi khuẩn vùng rễ (rhizobacteria), đặc biệt là nhóm vi khuẩn có khả năng tăng tính chịu hạn của cây trồng, được xem là một hướng tiếp cận bền vững và hiệu quả [5]. Nhóm vi khuẩn này có khả năng tăng cường sức chống chịu hạn của cây trồng thông qua nhiều cơ chế sinh lý và phân tử, bao gồm sản xuất các polysaccharid ngoại bào (EPS), phytohormon, enzyme 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase, các hợp chất dễ bay hơi, khả năng cố định đạm, hoà tan phosphate khó tan, sản sinh siderophore, chất chống oxy hoá, điều hoà biểu hiện gen phản ứng với stress hay thay đổi hình thái rễ [6, 7].

Ở Việt Nam, tình trạng hạn hán đang diễn

biến ngày càng phức tạp. Vùng Tây Nguyên, Nam Trung Bộ và Đồng bằng sông Cửu Long là những vùng chịu ảnh hưởng nặng nề nhất từ hạn hán, với các hệ quả bao gồm xâm nhập mặn, thiếu nước sạch và giảm năng suất các cây trồng chủ lực như lúa, cà phê [8, 9]. Trước tình trạng này, việc ứng dụng các chủng vi khuẩn vùng rễ là phương pháp cấp thiết, an toàn và hiệu quả. Để phù hợp với điều kiện nông hóa thổ nhưỡng của Việt Nam, nghiên cứu đã lựa chọn phân lập vi khuẩn vùng rễ từ các mẫu đất thu thập xung quanh rễ cây trồng tại vùng khô hạn tỉnh Đắk Lắk, nhằm tìm ra các chủng có khả năng tăng tính chịu hạn cho cây trồng. Kết quả của nghiên cứu là cơ sở quan trọng để ứng dụng và phát triển các chế phẩm sinh học giúp tăng khả năng chịu hạn cho cây trồng trong tương lai.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

- Mẫu đất được thu thập xung quanh vùng rễ của cây sầu riêng (vị trí: 13°03'37N"109°02'18E") và cây cà phê (vị trí: 12°54'56N"109°26'56E") tại tỉnh Đắk Lắk.

- Cây cúc sử dụng trong nghiên cứu là cây giâm cắt từ cây mẹ giống Cam lửa (*Chrysanthemum* sp.- cây giống nuôi cấy mô) và có kích thước đồng đều với chiều cao 4-5 cm, rễ dài 1 cm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phân lập và sàng lọc vi khuẩn vùng rễ có khả năng sinh trưởng trên môi trường có bổ sung Polyethylene Glycol 6000

Để phân lập các chủng vi khuẩn có khả năng sinh trưởng trong điều kiện áp suất thẩm thấu cao, mẫu đất được pha loãng và cấy trải trên môi trường LB (tryptone 10 g/l, yeast extract 5 g/l, NaCl 10 g/l, agar 20 g/l, pH=7) có bổ sung Polyethylene Glycol (PEG) 6.000 với nồng độ 15%. Cụ thể, 1 g mẫu đất được pha loãng trong 100 ml dung dịch NaCl 0,85% (10^{-2}) và lắc đều đến khi đồng nhất. Chuyển 1 ml dịch pha loãng trên sang 9 ml dung dịch NaCl 0,85% và tiếp tục lặp lại đến khi đạt hệ số pha loãng 10^{-7} . Sau đó, dịch pha loãng thu được được làm giàu trong môi trường LB lỏng bổ sung 15% PEG 6000 trong 24 giờ. Cấy trải 100 μ l dịch làm giàu lên

môi trường thạch LB chứa 15% PEG 6000 và ủ ở 30°C đến khi xuất hiện khuẩn lạc. Các khuẩn lạc được làm thuần để tiếp tục đánh giá. Các chủng vi khuẩn phân lập được kí hiệu lần lượt là S và C. Để lựa chọn chủng có khả năng sinh trưởng tốt, các chủng thu được tiếp tục được đánh giá khả năng tăng sinh khối trong môi trường bổ sung PEG 6.000 với nồng độ 20%. Cụ thể, sau khi nuôi tăng sinh khuẩn lạc đơn của các chủng trong môi trường LB lỏng ở 30°C trong 24 giờ, dịch khuẩn được bổ sung theo tỷ lệ 1:100 vào các công thức môi trường: LB (đối chứng) và LB + 20% PEG 6000 (thí nghiệm). Các bình thí nghiệm tiếp tục được nuôi lắc trong 48 giờ, ở 30°C, lắc 150 vòng/phút. Sau đó, thu 1,5 ml dịch nuôi từ mỗi bình thí nghiệm để ly tâm, loại bỏ dịch nổi. Phần sinh khối còn lại được sấy ở điều kiện 60°C từ 3 - 4 ngày đến khối lượng không đổi, sau đó được cân để xác định khối lượng sinh khối khô - KLSK (mg/ml). Thí nghiệm được lặp lại 3 lần trên mỗi chủng.

2.2.2. Đánh giá các đặc điểm hóa sinh của chủng vi khuẩn thể hiện tiềm năng kích thích sinh trưởng ở cây trồng

Các chủng vi khuẩn sống được trong môi trường áp suất thẩm thấu cao tiếp tục được đánh giá các đặc điểm hoá sinh liên quan tới khả năng kích thích sinh trưởng cây trồng, bao gồm: khả năng tổng hợp IAA, cố định đạm, phân giải phosphate khó tan và sản sinh siderophore.

Khả năng tổng hợp IAA được khảo sát dựa trên phương pháp so màu thuốc thử Salkowski [10]. Khả năng cố định đạm của các chủng vi khuẩn chọn lọc được đánh giá theo phương pháp của Döbereiner (1995) trên môi trường Ashby và nuôi ở điều kiện 35°C trong 48 giờ [11]. Chủng vi khuẩn nào có thể sinh trưởng được ở trên môi trường này là có khả năng cố định đạm.

Khả năng phân giải phosphate khó tan được thực hiện bằng việc chủng vi khuẩn được cấy chấm điểm trên môi trường Pikovskaya và nuôi ở 37°C trong 5 ngày [12]. Chủng có khả năng phân giải phosphate khó tan sẽ tạo vòng phân giải màu trắng xung quanh khuẩn lạc.

Khả năng sản sinh siderophore của các

chủng vi khuẩn được tiến hành theo phương pháp của Lynne và cộng sự (2011) [13]. Các chủng vi khuẩn được nuôi lỏng trong môi trường LB, sau 24 giờ tiến hành cấy ria dịch khuẩn lên môi trường Chrome Azurol S (CAS) và nuôi ở 35-36 °C trong 24 giờ [14]. Chủng có khả năng sản sinh siderophore sẽ làm xuất hiện vùng đổi màu từ xanh sang vàng cam xung quanh khuẩn lạc, cho thấy sự hấp thụ sắt.

2.2.3. Đánh giá khả năng kích thích sinh trưởng trên cây cúc của các chủng chọn lọc

Khả năng kích thích sinh trưởng cây trồng của các chủng chọn lọc được thực hiện trên cây cúc theo phương pháp của Tâm và cộng sự (2024) có cải tiến [15]. Để đánh giá khả năng kích thích sinh trưởng của các chủng chọn lọc đến cây cúc, chủng vi khuẩn được nuôi tăng sinh khối, bổ sung vào đất trong quá trình trồng và đánh giá sau 4 tuần. Đất sử dụng trong thí nghiệm được phối trộn với tỷ lệ 1 đất : 1 xơ dừa, và được hấp khử trùng trước. Mỗi bầu cây chứa 200 g hỗn hợp đất. Thí nghiệm gồm 13 công thức, trong đó có 1 đối chứng và 12 công thức chủng vi khuẩn chọn lọc. Mỗi công thức được thực hiện trên 20 cây cúc, bố trí trồng 2 cây/bầu. Các chủng vi khuẩn được nuôi khởi động trong môi trường LB lỏng, ở tốc độ lắc 150 vòng/phút trong 24 giờ. Sau đó, tiếp tục nuôi tăng sinh dịch khuẩn ở cùng điều kiện bằng cách chuyển sang môi trường LB lỏng mới với tỷ lệ 1:100. Dịch nuôi vi khuẩn sẽ được ly tâm ở tốc độ 10.000 vòng/ phút trong 10 phút. Sinh khối thu được sẽ được pha loãng với nước để đạt giá trị $OD_{600nm} = 0,5$. Dịch vi khuẩn với thể tích 2 ml được bổ sung vào mỗi bầu cây. Vi khuẩn được bổ sung vào các bầu cây thí nghiệm 2 lần trong 4 tuần vào ngày 1 và 8. Ở công thức đối chứng, bầu cây không bổ sung dịch khuẩn. Sau 4 tuần, tiến hành đánh giá các chỉ tiêu gồm: khối lượng tươi của cây (mg), khối lượng khô của cây (mg), chiều cao cây (cm), chiều dài rễ (cm). Các chỉ tiêu về chiều cao cây và chiều dài rễ được thu bằng phần mềm ImageJ.

2.2.4. Đánh giá khả năng tương tác với cây trồng trong điều kiện hạn của các chủng vi khuẩn tiềm năng

Để đánh giá tác động của các chủng vi khuẩn tiềm năng đến khả năng chịu hạn của cây cúc, cây được trồng và bổ sung các chủng trong 2 tuần đầu, sau đó ngừng cung cấp nước trong 15 ngày để mô phỏng điều kiện khô hạn. Đất trồng cây, cách chuẩn bị dịch vi khuẩn được bố trí như thí nghiệm ở phần 2.2.3. Thí nghiệm gồm 4 công thức, trong đó có 1 đối chứng và 3 công thức chủng vi khuẩn tiềm năng. Mỗi công thức được thực hiện trên 60 cây cúc, bố trí trồng 2 cây/bầu. Mỗi bầu cây được bổ sung 2 ml dịch vi khuẩn ($OD_{600nm} = 0,5$) 2 lần vào tuần 1 và 2, với công thức đối chứng thì không bổ sung dịch khuẩn. Theo dõi tỷ lệ cây héo theo thời gian trong 15 ngày tính từ thời điểm ngừng tưới. Tỷ lệ cây héo (%) được xác định bằng số cây biểu hiện hình thái héo trên tổng số cây trong công thức (60 cây). Sau 15 ngày xử lý hạn, cây cúc được tưới nước trở lại trong 16 ngày để đánh giá khả năng phục hồi của cây. Các chỉ tiêu theo dõi bao gồm: tỷ lệ cây phục hồi (%), tỷ lệ cây chết (%), hình thái cây và khối lượng cây tươi (mg). Trong đó, tỷ lệ cây phục hồi và tỷ lệ cây chết được xác định bằng số cây phục hồi hoặc chết trên tổng số cây thí nghiệm của mỗi công thức (60 cây).

2.2.5. Định danh phân tử các chủng tiềm năng

Các chủng vi khuẩn tiềm năng được định danh bằng cách phân tích trình tự gen 16S rRNA. DNA tổng số của các chủng vi khuẩn được tách chiết theo phương pháp cải tiến của Farhad và

cộng sự (2016) [16]. Trình tự gen 16S rRNA được nhân lên bằng phản ứng PCR với cặp mồi: 27F (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') và 1492R (5'-GGTACCTTGTACGACTT-3') ở nhiệt độ gắn mồi $T = 53^{\circ}C$. Sản phẩm PCR (1465 bp) được tinh sạch và giải trình tự tại công ty 1st BASE Singapore. Kết quả giải trình tự 16S rRNA của các chủng vi khuẩn tiềm năng được căn trình tự nhờ phần mềm Bioedit và so sánh trình tự trên Genbank bằng công cụ Blastn (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

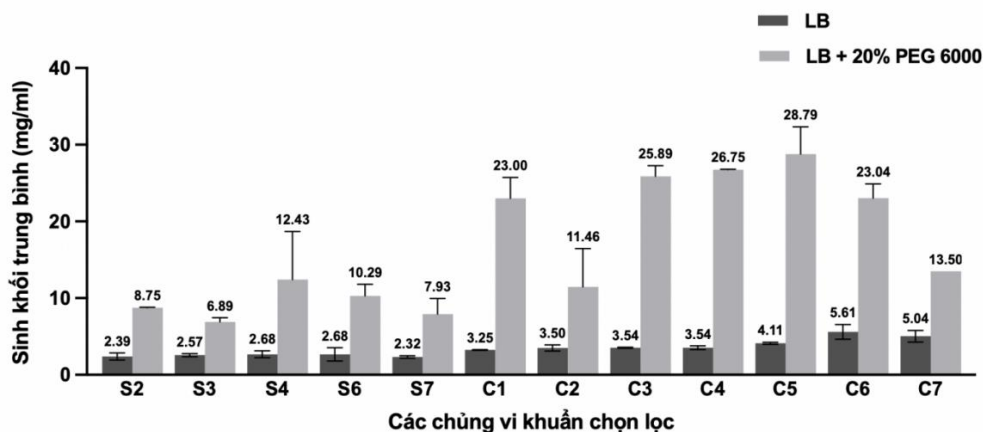
2.2.6. Xử lý số liệu

Số liệu được phân tích thống kê trên phần mềm Excel và GraphPad Prism 8.0. Trong đó, sự sai khác giữa các nghiệm thức được xác định bằng phân tích phương sai (ANOVA) dựa trên sự khác biệt bình phương nhỏ nhất (LSD) với độ tin cậy $p < 0,05$.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sàng lọc các chủng vi khuẩn có khả năng sinh trưởng trên môi trường có bổ sung PEG từ mẫu đất thu thập

Từ hai mẫu đất thu thập được tại tỉnh Đắk Lắk, nhóm nghiên cứu phân lập được 16 chủng vi khuẩn có khả năng sống trên môi trường có bổ sung 15% PEG 6000. Tiếp tục sàng lọc các chủng trên môi trường chứa 20% PEG 6.000, nghiên cứu thu được 12 chủng vi khuẩn có khả năng tăng sinh khối cao hơn so với môi trường không bổ sung PEG 6000 (Hình 1).



Hình 1. Khả năng sinh trưởng của các chủng vi khuẩn chọn lọc trên môi trường có áp suất thẩm thấu cao so với môi trường thông thường

Cụ thể, 12 chủng chọn lọc là các chủng có sinh khối tăng gấp hơn 2 lần so với đối chứng. Đặc biệt, có những chủng có khả năng tăng sinh khối mạnh mẽ như chủng C5 có sinh trưởng sinh khối cao nhất, đạt 28,79 mg/ml ở môi trường chứa 20% PEG 6000, gấp 7 lần so với môi trường thông thường. Kết quả của nghiên cứu này phù hợp với các nghiên cứu khác về vi khuẩn chịu hạn ở cây trồng. Với môi trường có bổ sung 10%, 20% và 30% PEG 6000, Yadav và cộng sự (2022) đã phân lập được hai chủng vi khuẩn chịu hạn tiềm năng là *Bacillus altitudinis* DT-89 và *Bacillus paramycoides* DT-113 [17]. Tương tự, Kim và cộng sự (2024) đã sàng lọc được chủng vi khuẩn *Lysinibacillus capsici* TT41 có khả năng tăng tính chịu hạn ở cây bắp cải kim chi thông qua khả năng sinh trưởng của TT41 trên môi trường có bổ sung 30% PEG 6000 [18]. Do đó, 12 chủng chọn lọc có thể sinh trưởng tốt trong môi trường áp suất thẩm thấu cao cho thấy tiềm năng các chủng này có thể tồn tại và sinh trưởng trong điều kiện hạn. Vì vậy, cả 12 chủng vi khuẩn này được lựa chọn để tiếp tục đánh giá.

3.2. Đánh giá các đặc điểm hóa sinh thể hiện tiềm năng kích thích sinh trưởng ở cây trồng

Trong thí nghiệm này, nhóm tác giả đánh giá một số đặc điểm sinh hóa liên quan đến khả năng kích thích sinh trưởng ở cây trồng. Kết quả thể hiện ở Bảng 1 cho thấy, 12 chủng nghiên cứu có đặc điểm sinh hóa khá đa dạng và các chủng đều có ít nhất 2 đặc điểm hoá sinh khác nhau liên quan tới khả năng kích thích sinh trưởng ở cây trồng. Đánh giá khả năng sản sinh IAA trên 12 chủng cho thấy tất cả các chủng đều có thể tổng hợp IAA, trong đó chủng S7 và C7 thể hiện hoạt tính mạnh nhất, đạt lần lượt 82,50 µg/ml và 62,68 µg/ml. Về khả năng cố định đạm, có 8 chủng vi khuẩn thể hiện đặc tính này, bao gồm chủng S7 và toàn bộ các chủng phân lập từ mẫu đất vùng rễ cây cà phê (C1-C7). Ngược lại, chỉ 02 chủng C1 và C4 có khả năng phân giải phosphate khó tan. Đối với khả năng sản sinh siderophore, ghi nhận 06 chủng có đặc điểm này, gồm tất cả các chủng phân lập từ mẫu đất vùng rễ cây sầu riêng (S2, S3, S4, S6 và S7) và chủng C1. Trong 12 chủng nghiên cứu, một số chủng có nhiều hơn 2 đặc điểm hóa sinh liên quan đến khả năng kích thích sinh trưởng ở cây trồng là S7, C1 và C4. Dựa trên kết quả thu được, cả 12 chủng vi khuẩn sẽ được sử dụng để đánh giá ở thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 1. Đánh giá các đặc điểm hoá sinh liên quan đến khả năng kích thích sinh trưởng ở cây trồng của các chủng vi khuẩn chọn lọc

Ký hiệu chủng	Khả năng sản sinh IAA (µg/ml)	Khả năng cố định đạm	Khả năng phân giải phosphate khó tan	Khả năng sản sinh siderophore
S2	32,77	-	-	+
S3	28,05	-	-	+
S4	25,00	-	-	+
S6	27,85	-	-	+
S7	82,50	+	-	+
C1	8,72	+	+	+
C2	56,12	+	-	-
C3	15,86	+	-	-
C4	10,26	+	+	-
C5	62,86	+	-	-
C6	31,06	+	-	-
C7	62,68	+	-	-

Ghi chú: “+” thể hiện là có khả năng, “-” thể hiện là không có khả năng.

3.3. Đánh giá khả năng kích thích sinh trưởng trên cây cúc của các chủng chọn lọc

Sau 4 tuần trồng và bổ sung dịch khuẩn vào đất trồng cây, kết quả đánh giá khả năng kích thích sinh trưởng trên cây hoa cúc của 12 chủng vi khuẩn được thể hiện ở Bảng 2. Các chỉ tiêu đánh giá bao gồm: khối lượng tươi của cây (mg), khối lượng khô của cây (mg), chiều cao cây (cm),

chiều dài rễ (cm). Trong 12 chủng nghiên cứu, chỉ có 03 chủng thể hiện khả năng kích thích sinh trưởng trên cây cúc trong điều kiện *in vivo*, bao gồm chủng S7, C1 và C4. Ngược lại, 09 chủng còn lại không tác động làm tăng sinh trưởng trên cây cúc, các chỉ tiêu theo dõi đều không có sự sai khác có ý nghĩa thống kê so với đối chứng.

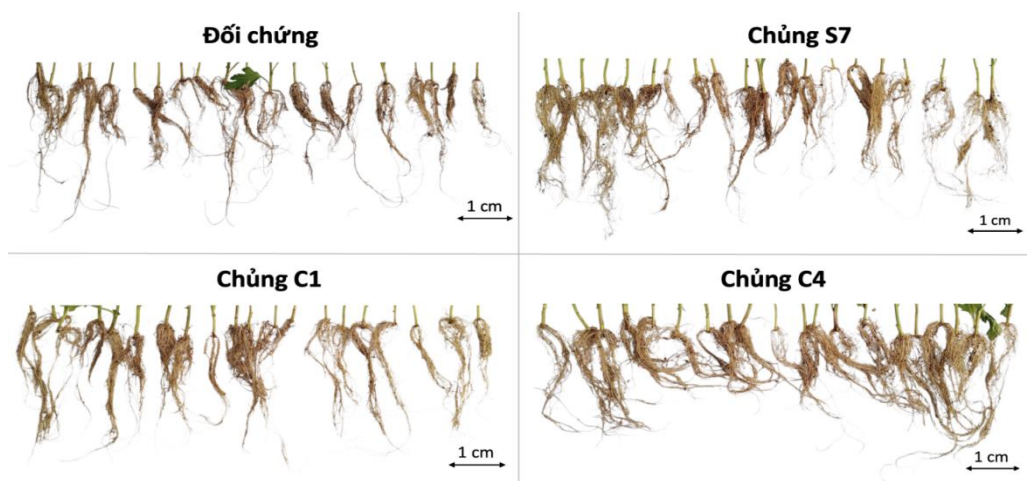
Bảng 2. Tác động của các chủng vi khuẩn chọn lọc đến sinh trưởng cây cúc (sau 4 tuần trồng)

Chủng	Khối lượng tươi	Khối lượng khô	Chiều cao	Chiều dài rễ
	TB ± SE (mg)	TB ± SE (mg)	TB ± SE (cm)	TB ± SE (cm)
ĐC	1989 ^a ± 100	328 ^a ± 20	12,50 ^a ± 0,66	13,77 ^a ± 0,83
S2	1967 ^a ± 80	325 ^a ± 10	12,29 ^a ± 0,29	14,18 ^a ± 0,50
S3	2154 ^a ± 60	364 ^a ± 40	12,23 ^a ± 0,44	15,74 ^a ± 0,90
S4	1968 ^a ± 80	323 ^a ± 20	12,14 ^a ± 0,37	15,51 ^a ± 0,62
S6	2170 ^a ± 60	378 ^a ± 40	12,13 ^a ± 0,28	15,27 ^a ± 0,44
S7	3097 ^c ± 180	532 ^b ± 20	14,22 ^b ± 0,67	16,78 ^b ± 0,44
C1	3120 ^c ± 160	501 ^b ± 30	15,02 ^c ± 0,58	17,00 ^c ± 0,73
C2	1943 ^a ± 70	323 ^a ± 10	12,23 ^a ± 0,26	13,77 ^a ± 0,46
C3	1930 ^a ± 90	318 ^a ± 10	12,28 ^a ± 0,37	13,96 ^a ± 0,93
C4	3432 ^c ± 180	581 ^b ± 30	14,43 ^b ± 0,48	17,01 ^c ± 0,64
C5	1998 ^a ± 80	334 ^a ± 20	12,12 ^a ± 0,37	14,76 ^a ± 0,69
C6	1954 ^a ± 40	326 ^a ± 10	12,45 ^a ± 0,44	15,99 ^a ± 0,71
C7	2155 ^a ± 50	342 ^a ± 30	11,96 ^a ± 0,31	13,85 ^a ± 0,87

Ghi chú: Các ký tự a, b, c trên cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê $p < 0,05$.

Phân tích các chỉ tiêu theo dõi trên 03 chủng S7, C1 và C4 cho thấy tác động của các chủng này lên cây cúc thể hiện rất rõ rệt. Cụ thể, cả 03 chủng đều giúp làm tăng khối lượng tươi và khô của cây so với đối chứng. Trong đó, công thức bổ sung chủng C4 cho giá trị khối lượng tươi cao nhất, đạt 3432 mg/cây, so với mức 1989 mg/cây ở đối chứng. Khối lượng khô của cây ở công thức C4 cũng đạt giá trị cao nhất (581 mg/cây), trong khi chủng S7 và C1 cho giá trị lần lượt là 532 mg/cây và 501 mg/cây, tất cả đều cao hơn so với đối chứng (328 mg/cây). Tương tự, chủng S7, C1, C4 giúp tăng chiều cao cây và chiều dài rễ của cây cúc trong 4 tuần trồng. Chiều cao trung bình của cây cúc khi bổ sung các chủng này đạt từ 14,22 đến 15,02 cm, sai khác vượt trội so với mức 12,5 cm của các cây

ở công thức đối chứng. Chiều dài rễ khi được bổ sung 03 chủng trên cũng tăng khoảng 22% so với đối chứng, đạt từ 16,78 đến 17 cm/cây. Quan sát hình thái rễ của các cây ở các công thức thí nghiệm bổ sung ba chủng S7, C1, C4 (Hình 2) có thể thấy cây có chiều dài rễ tăng và số lượng rễ nhiều hơn. Sự tác động làm thay đổi hình thái rễ này có thể giúp cây tăng khả năng hấp thụ dinh dưỡng từ đất, từ đó giúp tăng sinh khối cây trồng. Kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với đặc điểm sinh hóa của các chủng S7, C1 và C4 thu được ở thí nghiệm trước. Mặc dù, ba chủng S7, C1 và C4 thể hiện khả năng kích thích sinh trưởng ở cây cúc có các đặc điểm sinh hóa khác nhau nhưng cả 03 chủng đều có 1 đặc điểm chung là có khả năng cố định đạm.

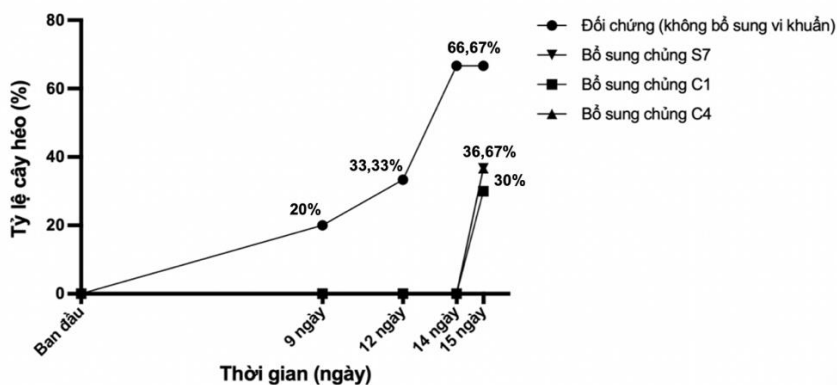


Hình 2. Hình thái rễ cây cúc khi bổ sung vào đất các chủng vi khuẩn S7, C1 và C4 (sau 4 tuần)

3.4. Đánh giá khả năng tương tác với cây trồng trong điều kiện hạn của các chủng tiềm năng

Để đánh giá tác động của 03 chủng S7, C1, C4 đến khả năng chịu hạn của cây cúc, nhóm nghiên cứu bố trí điều kiện hạn nhân tạo không tưới nước trong 15 ngày và tưới phục hồi trong 16 ngày. Kết quả ở Hình 3 cho thấy, với cây được bổ sung các chủng vi khuẩn, hiện tượng héo chỉ xuất hiện từ ngày 14 với tỷ lệ cây héo

từ 30% đến 36,67%. Trong khi đó, cây ở công thức đối chứng có tỷ lệ cây héo đạt 20% ở ngày thứ 9 và tăng lên tới 66,67% ở ngày thứ 14 và 15. Hiện tượng rũ, vàng lá ở cây đối chứng cũng rõ ràng hơn so với cây được xử lý các chủng vi khuẩn. Qua đó, có thể thấy ba chủng vi khuẩn S7, C1 và S4 có khả năng bảo vệ cây cúc hiệu quả trong điều kiện thiếu nước, giúp giảm tỷ lệ cây héo và tổn thương rõ rệt.



Hình 3. Tác động của các chủng vi khuẩn đến khả năng chịu hạn của cây cúc trong 15 ngày xử lý

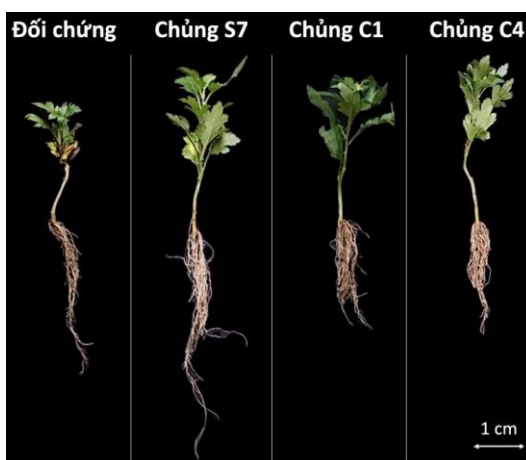
Sau 15 ngày xử lý hạn, cây được bổ sung lại nước tưới và kết quả được thể hiện ở Bảng 3. Trong giai đoạn tái phục hồi, chỉ 86,67% cây ở công thức đối chứng sống sót, 13,33% cây bị chết. Ngược lại, các cây được bổ sung chủng vi khuẩn S7, C1, C4 trong đất trồng đều được phục hồi 100%, cây sống và tươi trở lại. Bên cạnh đó, sau giai đoạn tưới phục hồi, cây được xử lý các chủng vi khuẩn có khối lượng tươi tăng từ 35-48% so với đối chứng, trong đó cây bổ sung chủng S7 có sinh khối tươi cao nhất,

đạt 3590 mg/cây. Quan sát Hình 4 có thể thấy rõ sự khác biệt về hình thái cây ở các công thức sau giai đoạn xử lý hạn và tưới phục hồi. Cụ thể, các cây được bổ sung các chủng vi khuẩn đều có lá xanh tươi, bộ rễ dày, cây phát triển khỏe mạnh. Trong khi đó, cây đối chứng phát triển kém hơn, lá nhỏ, vàng, thân ngắn và mật độ rễ mỏng hơn các công thức vi khuẩn. Điều này cho thấy ba chủng vi khuẩn S7, C1 và C4 có khả năng giúp cây cúc phục hồi tốt sau hạn.

Bảng 3. Tác động của các chủng vi khuẩn tiềm năng đến khả năng phục hồi của cây cúc

Chủng	Tỷ lệ cây phục hồi (%)	Tỷ lệ cây chết (%)	Hình thái cây sau tưới phục hồi	Khối lượng cây tươi TB ± SE (mg/cây)	Tỷ lệ sinh khối tăng so với đối chứng (%)
ĐC	86,67	13,33	Cây rụng hết lá già héo và vàng	2420 ^a ± 140	-
S7	100	0	Cây tươi	3590 ^b ± 190	48,35
C1	100	0	Cây tươi, rụng lá vàng	3260 ^c ± 130	34,71
C4	100	0	Cây tươi	3290 ^c ± 150	35,95

Ghi chú: Các ký tự a, b, c trên cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê $p < 0,05$.



Hình 4. Hình thái cây cúc khi bổ sung các chủng vi khuẩn tiềm năng so với đối chứng sau giai đoạn xử lý hạn và tái phục hồi

Kết quả ở nhiều nghiên cứu khác cho thấy, các chủng vi khuẩn có khả năng làm tăng tính chịu hạn ở cây trồng thường có các đặc điểm làm tăng sinh khối và kích thích sinh trưởng cho cây. Ví dụ như, trong nghiên cứu của của Yadav và cộng sự (2021), chủng vi khuẩn vùng rễ *Bacillus paramycoides* DT-113 và *Bacillus altitudinis* DT-89 đã giúp cây lúa mì tăng sinh khối rễ, thân, và hàm lượng diệp lục trong cả điều kiện bình thường và điều kiện hạn, giúp cây chống chịu tốt hơn với stress hạn. Các chủng này sở hữu nhiều đặc tính hoá sinh liên quan tới kích thích sinh trưởng thực vật như hòa tan phosphat khó tan, sản sinh siderophore, tổng hợp IAA, exopolysaccharide, amoniac và cytokinin [17]. Tương tự, nghiên cứu của Sofia và cộng sự (2026) cho thấy trong điều kiện hạn

kéo dài 14 ngày, cây đậu đũa (*Phaseolus vulgaris* L.) khi được bổ sung chủng *Lysinibacillus sphaericus* có khả năng duy trì hàm lượng nước trong lá và tốc độ quang hợp cao hơn, đồng thời làm giảm tốc độ thoát hơi nước, qua đó giúp cây tăng sản lượng lá, tăng sinh khối so với đối chứng. Sau khi kết thúc giai đoạn hạn và được tưới nước trở lại, cây xử lý chủng vi khuẩn này đạt tỷ lệ phục hồi 100% [19].

3.5. Định danh phân tử ba chủng vi khuẩn tiềm năng

Dựa trên trình tự gen 16S rRNA cùng đặc điểm khuẩn lạc và tế bào, nhóm nghiên cứu xác định và đặt tên 03 chủng vi khuẩn tiềm năng lần lượt là *Psychrobacillus* sp. S7, *Lysinibacillus* sp. C1 và *Lysinibacillus* sp. C4 (Bảng 4).

Bảng 4. Định danh phân tử dựa trên trình tự gen 16S rRNA của ba chủng vi khuẩn tiềm năng

Kí hiệu chủng	Gram	Đặc điểm hình thái khuẩn lạc	Chủng có trình tự tương đồng lớn nhất trên Genbank	Kết luận
S7	+	Khuẩn lạc màu trắng vàng, tròn, nhỏ, nhớt, lồi	96,33% với các loài thuộc chi <i>Psychrobacillus</i> sp. (MK737179.1)	<i>Psychrobacillus</i> sp. S7
C1	+	Khuẩn lạc màu trắng, tròn, bề mặt lồi, có nhớt	96,23% với các loài thuộc chi <i>Lysinibacillus</i> sp. (MW736873.1)	<i>Lysinibacillus</i> sp. C1
C4	+	Khuẩn lạc màu trắng, tròn, nhỏ, phẳng đều	97,25% với các loài thuộc chi <i>Lysinibacillus</i> sp. (MW730716.1)	<i>Lysinibacillus</i> sp. C4

Chi *Lysinibacillus* được biết đến như một nhóm vi khuẩn vùng rễ thúc đẩy tăng trưởng thực vật, đồng thời giúp cây trồng tăng khả năng chống chịu trước các điều kiện stress phi sinh học [20]. Cơ chế tác động của chi này có thể kể đến như khả năng hòa tan khoáng chất, sản xuất phytohormone, enzyme ACC deaminase, kích thích cây trồng tăng cường tích lũy chất bảo vệ (proline, axit ascorbic, phenol) và hệ thống enzyme chống oxy hóa (superoxide dismutase, peroxidase, catalase) [20, 21]. Đối với chi *Psychrobacillus*, các chủng thuộc chi này có khả năng sinh trưởng và chống chịu stress trong môi trường khắc nghiệt [22, 23]. Trong đó, chủng *Psychrobacillus psychrodurans* là vi khuẩn vùng rễ có khả năng kích thích sinh trưởng và giúp cây trồng chống chịu stress hạn qua việc sản sinh IAA để kích thích hệ rễ kéo dài và tiết exopolysaccharide (EPS) giúp cải thiện cấu trúc đất và giữ nước, đồng thời tạo enzyme ACC deaminase để điều hòa và làm giảm hormone căng thẳng ở thực vật [23].

4. KẾT LUẬN

Từ hai mẫu đất vùng rễ thu thập ở tỉnh Đắk Lắk, nghiên cứu đã phân lập và chọn lọc được 12 chủng vi khuẩn có khả năng sinh trưởng tốt trên môi trường có áp suất thẩm thấu cao PEG 6.000, đồng thời cũng thể hiện các đặc điểm hoá sinh liên quan tới khả năng kích thích sinh trưởng cây trồng. Đánh giá các chủng trên trong điều kiện nhà lưới cho thấy có 03 chủng vi khuẩn S7, C1 và C4 thể hiện khả năng kích thích sinh trưởng cây cúc giống Cam lửa, giúp cây tăng khối lượng tươi, khối lượng khô, chiều

dài thân và rễ so với cây đối chứng. Hơn nữa, trong điều kiện không tưới nước 15 ngày, 03 chủng này có khả năng tăng tính chống chịu hạn của cây cúc, cây chỉ biểu hiện héo từ ngày thứ 14 với tỷ lệ héo từ 30% đến 36,67%. Sau khi cung cấp nước trở lại, các cây được bổ sung 03 chủng trên có thể tái phục hồi hoàn toàn và tăng sinh khối sau 16 ngày. Dựa trên phân tích trình tự gen 16S rRNA, chủng S7 được xác định thuộc chi *Psychrobacillus* sp. và hai chủng vi khuẩn C1 và C4 thuộc chi *Lysinibacillus* sp.. 03 chủng này là nguồn vật liệu tiềm năng để ứng dụng phát triển chế phẩm vi sinh hỗ trợ cây trồng tăng khả năng chịu hạn trong sản xuất nông nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. World Meteorological Organization (2021). 2021 State of climate services: Water. Truy cập từ <https://library.wmo.int/idurl/4/57630>
- [2]. United Nations Convention to Combat Desertification (2022). Drought in numbers. Truy cập từ <https://www.unccd.int/sites/default/files/2022-05/Drought%20in%20Numbers.pdf>
- [3]. Razi K. & Muneer S. (2021). Drought stress-induced physiological mechanisms, signaling pathways and molecular response of chloroplasts in common vegetable crops. *Critical Reviews in Biotechnology*. 41(5): 669-691.
- [4]. Niu X., Song L., Xiao Y. & Ge W. (2018). Drought-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria associated with foxtail millet in a semi-arid agroecosystem and their potential in alleviating drought stress. *Frontiers in microbiology*. 8: 2580.
- [5]. El-Saadony M. T., Saad A. M., Mohammed D. M., Fahmy M. A., Elesawi I. E., Ahmed A. E., Algotishi U. B., Elrys A. S., Desoky E.-S. M. & Mosa W. F. (2024). Drought-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria alleviate

drought stress and enhance soil health for sustainable agriculture: A comprehensive review. *Plant Stress*. 14: 100632.

[6]. Vurukonda S. S. K. P., Vardharajula S., Shrivastava M. & SkZ A. (2016). Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological research*. 184: 13-24.

[7]. Liu K., Deng F., Zeng F., Chen Z.-H., Qin Y. & Chen G. (2025). Plant growth-promoting rhizobacteria improve drought tolerance of crops: a review. *Plant Growth Regulation*. 1-15.

[8]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2023). Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2023.

[9]. United Nations Convention to Combat Desertification (2025). Drought hotspots around the world 2023-2025.

[10]. Enebe M. C. & Babalola O. O. (2018). The influence of plant growth-promoting rhizobacteria in plant tolerance to abiotic stress: a survival strategy. *Applied microbiology and biotechnology*. 102(18): 7821-7835.

[11]. Döbereiner J., Alef K. & Nannipieri P. (1995). Isolation and identification of aerobic nitrogen-fixing bacteria from soil and plants. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic press, London. 134-141.

[12]. Tiêu chuẩn Việt Nam (1996). TCVN 6167:1996 về phân bón vi sinh vật phân giải hợp chất photpho khó tan.

[13]. Lynne A. M., Louden B. C. & Daniel Haarmann (2011). Use of Blue Agar CAS Assay for Siderophore Detection. *Journal Of Microbiology & Biology Education*. 51-53.

[14]. Louden B. C., Haarmann D. & Lynne A. M. (2011). Use of blue agar CAS assay for siderophore detection. *Journal of Microbiology & Biology Education*. 12(1): 51-53.

[15]. Đặng Thị Thanh Tâm, Dương Thuý Hiền, Nguyễn Thị Thu & Nguyễn Vũ Phương Thảo (2024). Tác động của một số chủng vi khuẩn tiềm năng đến sự sinh trưởng của cây hoa cúc pha lê vàng. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*. 22: 1605-1614.

[16]. Farhad M.-A., Jabbari L., Nekouei R. K. & Aalami

A. (2016). A simple and rapid system for DNA and RNA isolation from diverse plants using handmade kit. *Protocol Exchange*.

[17]. Yadav V. K., Bhagat N. & Sharma S. K. (2022). Modulation in plant growth and drought tolerance of wheat crop upon inoculation of drought-tolerant-*Bacillus* species isolated from hot arid soil of India. *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 16(1): 246-263.

[18]. Kim T. J., Hwang Y. J., Park Y. J., Lee J. S., Kim J. K. & Lee M.-H. (2024). Metabolomics reveals *Lysinibacillus capsici* TT41-induced metabolic shifts enhancing drought stress tolerance in kimchi cabbage (*Brassica rapa* L. subsp. *pekinensis*). *Metabolites*. 14(2): 87.

[19]. Hernández-Cortés S., Hernández-Alcántara N., Díaz Yayguaje M., Agustín Guzmán J., Tenorio D., Oliva A. M., Rodríguez M. C., Dussán J., Rada F. & Lasso E. (2026). Enhancing drought resilience in common bean (*Phaseolus vulgaris*) through *Lysinibacillus sphaericus* inoculation. *Discover Plants*. 3(1): 1.

[20]. Jamal Q. M. S. & Ahmad V. (2022). *Lysinibacilli*: A biological factories intended for bio-insecticidal, bio-control, and bioremediation activities. *Journal of Fungi*. 8(12): 1288.

[21]. Jinal H. N., Gopi K., Kumar K. & Amaresan N. (2021). Effect of zinc-resistant *Lysinibacillus* species inoculation on growth, physiological properties, and zinc uptake in maize (*Zea mays* L.). *Environmental Science and Pollution Research*. 28(6): 6540-6548.

[22]. da Silva M. B. F., da Mota F. F., Jurelevicius D., de Carvalho Azevedo V. A., da Costa M. M., Góes-Neto A., Ramos R. T. J., de Castro Soares S., Rosado A. S. & Seldin L. (2022). Genomic analyses of a novel bioemulsifier-producing *Psychrobacillus* strain isolated from soil of King George Island, Antarctica. *Polar Biology*. 45(4): 691-701.

[23]. Benmrid B., Ghoulam C., Ammar I., Nkir D., Saidi R., Staropoli A., Iacomino G., Elhajjami E., Cheto S. & Geistlinger J. (2024). Drought-tolerant rhizobacteria with predicted functional traits enhanced wheat growth and P uptake under moderate drought and low P-availability. *Microbiological Research*. 285: 127795.