Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ
Phần B: Nông nghiệp, Thủy sản và Công nghệ Sinh học
ISSN 1859-2333 | e-ISSN 2815-5599

DOI:10.22144/ctujos.2026.021

HIỆU QUẢ CỦA HAI DÒNG VI KHUẨN *Curtobacterium citreum* HH5 VÀ *Curtobacterium luteum* MT6 LÊN SINH TRƯỞNG, NĂNG SUẤT CẢI XANH (*Brassica juncea*) VÀ ĐẶC TÍNH ĐẤT Ở THỰC TẾ ĐỒNG RUỘNG TẠI THÀNH PHỐ CẦN THƠ

Châu Thị Anh Thy, Nguyễn Thị Kiều Oanh, Trần Trung Hừng và Nguyễn Khởi Nghĩa*
Trường Nông Nghiệp, Đại học Cần Thơ, Việt Nam
**Tác giả liên hệ (Corresponding author): nknghia@ctu.edu.vn*

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 03/05/2025
Sửa bài (Revised): 21/05/2025
Duyệt đăng (Accepted): 20/12/2025

Title: *Effect of two bacterial strains on growth, yield of mustard green (Brassica juncea) and soil properties under the field conditions in Can Tho city*

Author(s): *Chau Thi Anh Thy, Nguyen Thi Kieu Oanh, Tran Trung Hung and Nguyen Khoi Nghia**

Affiliation(s): *College of Agriculture, Can Tho University, Viet Nam*

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá hiệu quả của hai dòng vi khuẩn Curtobacterium citreum HH5 và Curtobacterium luteum MT6 lên sinh trưởng, năng suất của cải xanh và đặc tính đất tại Thành phố Cần Thơ. Thí nghiệm được bố trí khối hoàn toàn ngẫu nhiên với 5 nghiệm thức và 4 lần lặp lại. Kết quả qua ba vụ thí nghiệm cho thấy, hai dòng vi khuẩn MT6 và HH5 giúp giảm 25% phân bón hóa học, đồng thời cải thiện chiều cao cây, chiều dài lá, chỉ số SPAD của lá, năng suất và sinh khối khô của cải xanh, đặc biệt giúp giảm hàm lượng nitrat tích lũy trong thân cây. Dòng vi khuẩn MT6 kích thích chiều dài rễ, tăng năng suất và sinh khối khô tốt hơn dòng vi khuẩn HH5. Cả hai dòng vi khuẩn đều giúp cải thiện P hữu dụng, EC và pH trong đất so với nghiệm thức chỉ bón phân hóa học. Đặc biệt, dòng vi khuẩn MT6 giúp tăng P_{ts} trong thân và P_{hd} trong đất. Ngoài ra, các nghiệm thức có chủng vi khuẩn cũng giúp cải thiện mật số vi khuẩn cố định đạm, hòa tan lân và silic trong đất.

Từ khóa: *Cải xanh, Curtobacterium citreum, Curtobacterium luteum, đặc tính đất, kích thích sinh trưởng*

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the efficacy of two bacterial strains, Curtobacterium citreum HH5 and Curtobacterium luteum MT6, on the growth, yield of mustard greens, and soil properties in Can Tho City. The experiment was arranged in a completely randomized block design with 5 treatments and 4 replications. The results of three experimental crops showed that the two bacterial strains MT6 and HH5 helped reduce 25% of chemical fertilizers, while improving plant height, leaf length, leaf SPAD index, yield and dry biomass of mustard greens, especially helping to reduce the nitrate content accumulated in the stem. The MT6 bacterial strain stimulated root length, increased yield and dry biomass better than the HH5 bacterial strain. Both bacterial strains helped improve P-avail., EC and pH in the soil compared to the treatment with only chemical fertilizers. In particular, the MT6 bacterial strain helped increase P-total in the stem and P-avail. in the soil. In addition, the treatments with the bacterial strain also improved the numbers of nitrogen-fixing bacteria, phosphorus and silicon solubilizing bacteria in the soil.

Keywords: *Curtobacterium citreum, Curtobacterium luteum, growth promotion, Mustard greens (Brassica juncea), soil properties*

1. GIỚI THIỆU

Canh tác nông nghiệp theo hướng an toàn và bền vững đang được quan tâm nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trên thế giới. Với sự phát triển của công nghệ vi sinh, chế phẩm vi sinh từ các dòng vi khuẩn phân lập chủ yếu từ đất nông nghiệp được coi là một giải pháp có tiềm năng hỗ trợ tăng trưởng và phát triển, giúp gia tăng năng suất cây trồng thông qua các cơ chế trực tiếp và gián tiếp khác nhau như sản xuất các chất chuyển hóa thứ cấp, như cố định đạm, hòa tan lân, hòa tan kali và silic, tổng hợp phytohormone (IAA, gibberellin, cytokinin,…), cung cấp vitamin, enzymes giúp kích thích sinh trưởng cây trồng, đối kháng với sâu bệnh hại và tăng khả năng chống chịu với stress (Kesaulya et al., 2021; Mishra et al., 2022; Ghorbel et al., 2023).

Chi *Curtobacterium* thuộc họ *Microbacteriaceae*, bao gồm các vi khuẩn Gram dương có có hàm lượng Guanin (G) và Cytosine (C) cao trong bộ gen. Nhóm vi khuẩn này thường tồn tại dưới dạng nội sinh hoặc cộng sinh trên bề mặt lá và vùng rễ của nhiều loài thực vật, trong đó phổ biến nhất ở cây dâu tằm. Nhờ mối quan hệ tương tác chặt chẽ với cây chủ, *Curtobacterium* đóng vai trò quan trọng trong việc hỗ trợ sinh trưởng và phát triển của thực vật. Các chủng thuộc chi này có khả năng sinh tổng hợp các chất điều hòa sinh trưởng thực vật như auxin và cytokinin, tham gia chuyển hóa nitơ thông qua hoạt động urease và cố định nitơ, đồng thời sản xuất enzyme 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase giúp điều chỉnh nồng độ ethylen nội sinh trong cây. Bên cạnh đó, *Curtobacterium* còn góp phần nâng cao hiệu quả hấp thu dinh dưỡng và thể hiện tiềm năng ứng dụng trong kiểm soát sinh học (Maliti, 2000; Sy et al., 2001; Madhaiyan et al., 2006). Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng các chủng *Curtobacterium* sp. có thể kích hoạt các cơ chế bảo vệ khác nhau, qua đó hạn chế sự xâm nhập của vi sinh vật gây bệnh và thúc đẩy sinh trưởng của một số cây trồng như cải xanh, rau diếp, húng quế và các loại rau ăn lá khác (Lacava et al., 2007; Bulgari et al., 2011; Mayer et al., 2019). Phân tích hệ gen cho thấy phần lớn các chủng *Curtobacterium* mang nhiều gene liên quan đến đặc tính kích thích sinh trưởng thực vật (Bulgari et al., 2014).

Tại Việt Nam, các công trình nghiên cứu về phân lập và tuyển chọn vi khuẩn có nguồn gốc từ thực vật nhằm phục vụ mục tiêu kích thích sinh trưởng, nâng cao năng suất và tăng cường khả năng bảo vệ cây trồng hiện vẫn chưa được quan tâm. Một số kết quả nghiên cứu gần đây đã ghi nhận rằng hai chủng vi khuẩn *Curtobacterium citreum* HH5 (HH5) và *Curtobacterium luteum* MT6 (MT6), được phân lập lần lượt từ lá cây hoa hồng và cây mồng tơi, thể hiện khả năng cải thiện tỷ lệ nảy mầm của hạt. Đặc biệt, các chủng này còn giúp phục hồi tỷ lệ nảy mầm đã bị suy giảm do xử lý nhiệt ở 50°C trong thời gian 48 giờ.

Bên cạnh đó, hai dòng vi khuẩn HH5 và MT6 có khả năng cố định đạm sinh học với hàm lượng lần lượt là 3,54 mg/L và 3,43 mg/L sau 24 giờ; hòa tan lân khó tan $Ca_3(PO_4)_2$ đạt 12,20 và 18,02 mg/L P_2O_5; nồng độ Gibberellin được tổng hợp của hai dòng vi khuẩn HH5 và MT6 lần lượt đạt 1601 fmol/uL và 1768 fmol/uL; nồng độ siderophore được tổng hợp từ hai dòng vi khuẩn lần được đạt đạt 62,69 psu và 39,85 psum sau 72 giờ. Khi khảo sát trong điều kiện nhà lưới cho thấy dòng vi khuẩn HH5 giúp kích thích gia tăng chiều cao cây, kích thước lá, hàm lượng diệp lục tố, cũng như EC trong đất qua 2 vụ thí nghiệm và làm tăng năng suất cải xanh lên đến 11,7% (vụ 1) và 36,7% (vụ 2). Trong khi dòng vi khuẩn MT6 làm tăng năng suất cải ở vụ 2 lần lượt 19,6% và 11,2% (Ung et al., 2021; Chau et al., 2023). Dựa trên kết quả nghiên cứu đạt được của hai dòng vi khuẩn tiềm năng HH5 và MT6 lên sinh trưởng và năng suất cây trồng cũng như các đặc tính của đất ở điều kiện nhà lưới, việc đánh giá hiệu quả của hai dòng vi khuẩn này ở các đối tượng cây trồng khác nhau và trong điều kiện đồng ruộng là cần thiết nhằm phục vụ sản xuất nông nghiệp bền vững, góp phần gia tăng năng suất, bảo vệ môi trường.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm

Thí nghiệm được thực hiện trên đất phù sa (*Fluvisols*), trồng rau chuyên canh tại phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ với 3 vụ thí nghiệm liên tục từ tháng 06 đến tháng 12 năm 2024.

Chuẩn bị đất: diện tích mỗi liếp đất tương ứng với mỗi lặp lại cho nghiệm thức là 20 m2 (5 m x 4 m), chiều cao của liếp so với với mặt đất là 30 cm, mỗi liếp cách nhau 0,5 m. Mỗi liếp đất tương ứng với một lặp lại. Đầu tiên đất thí nghiệm được cuốc lên, lên liếp, đất trên bề mặt liếp được băm nhỏ và trải đều cho bằng phẳng để đảm bảo độ đồng đều cho thí nghiệm và thoát nước tốt. Sau đó, đất được tiến hành thu mẫu vào đầu vụ để phân tích một số chỉ tiêu như pH, EC, đạm và lân hữu dụng, vi sinh vật. Kết quả đặc tính đất đầu vụ được thể hiện trong Bảng 1 cho thấy đất có pH 5,13 và EC là 60,3 µS/cm phù hợp canh tác cây rau. Hàm lượng đạm hữu dụng

dạng amoni đạt 96,5 mg/kg ở mức trung bình, dạng nitrate khá thấp (19,2 mg/kg) và hàm lượng lân hữu dụng cũng thấp chỉ đạt 29,2 mg/kg (Orgeon state uniersity extension service, 2004; Washington State University-Tree Fruit Research & Extension Center, 2004). Mật số vi khuẩn tổng và xạ khuẩn khá cao lần lượt là 2,78x10^6 cfu/g và 1,25x10^5 cfu/g, có sự đa dạng của các nhóm vi khuẩn có lợi, trong đó vi khuẩn cố định đạm chiếm ưu thế hơn đạt 6,84x10^5 cfu/g.

2.2. Nguồn vi khuẩn

Nhân sinh khối vi khuẩn và cố định nguồn vi khuẩn trong xỉ than: nguồn vi khuẩn Curtobacterium citreum HH5 và MT6 được phân lập từ lá cây hoa hồng và mồng tơi từ các nghiên cứu trước (Ung et al., 2021). Vi khuẩn được nhân mật số trong 100 mL TSB (Tryptone Soya Broth) trong 3 ngày. Vi khuẩn được cố định trong xỉ than (2 x 2 mm) là chất mang dựa theo phương pháp của Nguyen et al. (2015) với tỷ lệ 1:1. Mật số vi khuẩn gốc đạt 10^9 CFU/g.

2.3. Hạt giống

Hạt giống cải xanh trong thí nghiệm là giống cải xanh bẹ mỡ HN-25 của công ty Hóa Nông. Hạt được ngâm trong dung dịch huyền phù vi khuẩn HH5, MT6 riêng lẻ và hỗn hợp HH5 và MT6 với mật số cuối cùng là 106 CFU/mL. Hạt rau cải xanh của nghiệm thức đối chứng không chủng vi khuẩn được thực hiện tương tự nhưng sử dụng nước cất tiệt trùng. Hạt được ủ trong tối trong 24 giờ để hạt nứt nanh trước khi gieo.

2.4. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí theo thể thức khối hoàn toàn ngẫu nhiên (RCBD) với 5 nghiệm thức và được 4 lặp lại (n = 4), mỗi lần lặp lại tương ứng với một liếp. Các nghiệm thức được liệt kê như sau:

– Nghiệm thức 1 (T1): 100% NPK khuyến cáo bón phân (70N-48P_2O_5-24K_2O)

– Nghiệm thức 2 (T2): 75% NPK (52,5N-36P_2O_5-24K_2O)

– Nghiệm thức 3 (T3): 75% NPK + HH5 (10^6 CFU/g đất)

– Nghiệm thức 4 (T4): 75% NPK + MT6 (10^6 CFU/g đất)

– Nghiệm thức 5 (T5): 75% NPK + MT6 và HH5 (10^6 CFU/g đất)

Phân bón hóa học cho cải xanh theo công thức 70N-48P_2O_5-24K_2O (Cao et al., 2011; Tran & Vo, 2019). Phân được bón thúc 3 lần theo thời gian sinh trưởng của cây cải xanh.

Hình 1. Cải xanh ở thời điểm 20 ngày sau khi gieo ở vụ 1 tại phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ.

Bảng 1. Một số đặc tính đất thí nghiệm đầu vụ tại phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ từ tháng 06 đến tháng 12 năm 2024

Các chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị
pH_{H2O}	-	5,13
EC (1: 2,5)	µS/cm	60,3
Amoni (NH_4^+)	mg/kg	96,5
Nitrate (NO_3^-)	mg/kg	19,2
$P_{hữu\ dụng}$	mg/kg	29,2
Vi khuẩn	CFU/g	2,78x10^6
Nấm	CFU/g	5,57x10^3
Xạ khuẩn	CFU/g	1,25x10^5
Vi khuẩn cố định đạm	CFU/g	6,84x10^5
Vi khuẩn hòa tan lân	CFU/g	2,99x10^3
Vi khuẩn hoàn tan silic	CFU/g	5,26x10^3
Vi khuẩn hòa tan kali	CFU/g	8,56x10^3

Bảng 2. Lượng phân N, P, K bón cho cây cải xanh ở giai đoạn 10, 15, và 25 NSG

Loại phân bón / NSG	10	20	25
	Phần trăm phân bón (%)		
Urea	30	40	30
DAP	30	40	30
KCl	30	30	40

**Lưu ý: NSG: Ngày sau gieo; Phần trăm phân bón (%) cho cây cải xanh ở các giai đoạn bón phân tương ứng với lượng phân bón ở các nghiệm thức thí nghiệm.*

Kỹ thuật chăm sóc: Quy trình kỹ thuật chăm sóc cho cải xanh được thực hiện. Lịch bón phân hóa học vào ba thời điểm 10, 20 và 25 ngày sau gieo (NSG) được trình bày trong Bảng 2. Quan sát sự sinh trưởng của cây, thường xuyên kiểm soát sâu bệnh hại, cỏ dại và tưới nước trong quá trình canh tác bởi phương pháp thủ công.

2.5. Chỉ tiêu đánh giá

2.5.1. Chỉ tiêu nông học:

Các chỉ tiêu được thu thập trong khung vuông (0,5 x 0,5 m), mỗi nghiệm thức được đặt 3 khung để theo dõi và đánh giá sinh trưởng vào các giai đoạn 15, 25 và 40 ngày sau gieo (NSG). Các chỉ tiêu bao gồm: chiều cao cây, chiều dài lá, chỉ số SPAD, chiều dài rễ. Các phương pháp xác định theo công bố Chau et al. (2023).

2.5.2. Chỉ tiêu năng suất và chất lượng

– *Năng suất tổng của cải xanh (kg):* được xác định dựa trên trọng lượng tươi ở thời điểm thu hoạch, tiến hành thu toàn bộ cây cải xanh của mỗi khung tương ứng với từng nghiệm thức thí nghiệm.

– *Sinh khối thân khô:* một lượng cải mẫu nhất định được lấy để đem đi sấy ở 70°C trong tủ sấy đến khi khối lượng không đổi, cân khối lượng sau khi sấy và tính ra được ẩm độ cũng như sinh khối khô của cây cải xanh trong khung của các nghiệm thức.

– *Chỉ tiêu về chất lượng của rau*: hàm lượng N, P tổng số và nitrate (NO_3^-) trong thân lá được phân tích vào thời điểm thu hoạch

+ Hàm lượng nitrate (NO_3^-) trong rau được phân tích theo tiêu chuẩn TCVN 8742:2011: mẫu trích với nước cất và hiện màu với dung dịch thuốc thử C, và so màu trên máy quang phổ ở bước sóng 540 nm.

+ Hàm lượng đạm tổng số (Nts) trong sinh khối rau được xác định bằng phương pháp vô cơ mẫu và chưng Kjeldahl sau đó chuẩn độ bằng H_3BO_3 2% có chỉ thị màu (AOAC, 2005a).

+ Hàm lượng lân tổng số (P_{ts}) trong sinh khối rau được xác định bằng phương pháp vô cơ và so màu ở bước sóng 880 nm (AOAC, 2005b).

2.5.3. Chỉ tiêu đặc tính đất

– *Sinh học đất:* mật số vi khuẩn, nấm, xạ khuẩn, vi khuẩn cố định đạm, hòa tan lân, hòa tan kali, hoàn tan sillic. Phương pháp trích mẫu đất thực hiện theo Gerba & Pepper, 2004. Các môi trường chuyên biệt cho vi khuẩn cố định đạm, vi khuẩn hòa tan lân, hòa tan kali và hòa tan silic (Bold, 1949; Kwon et al., 2002; Park et al., 2005; Hu et al., 2006).

– *Hóa học đất:* pH, EC, đạm hữu dụng, lân hữu dụng.

– pH_{H2O} đất: được xác định dựa trên phương pháp của Benton (2001).

– EC đất (Electronic conductivity, mS/cm): được xác định dựa trên phương pháp của Rhoades et al. (1999).

– Đạm hữu dụng: được xác định bởi hàm lượng ammonium và nitrate trong đất.

Hàm lượng ammonium trong đất (NH_4^+, mg N/kg): được trích bằng dung dịch KCl 2 M tỉ lệ 1:10 (w/v). Hàm lượng đạm ammonium (N-NH_4^+) trong dung dịch trích được xác định theo phương pháp so màu và đo bằng máy đo quang phổ (UV/vis) ở bước sóng 650 nm (Bremner & Keeney, 1996; Nelson, 1983).

Hàm lượng nitrate trong đất (NO_3^-, mg N/kg): được trích bằng HCl 0,5 M; 0,5 g vanadium (III) chloride; 0,2 g sulfanilamide; 0,01 g N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride và đo bằng máy đo quang phổ (UV/vis) ở bước sóng 540 nm (Bremner & Keeney, 1996; Miranda et al., 2001)

– Lân hữu dụng: mẫu đất được xác định bằng cách trích đất với dung dịch 0.1 N HCl + 0.03 N NH_4F với tỷ lệ đất: nước là 1:7 (phương pháp Bray II). Hàm lượng lân dễ hữu dụng được đo bằng máy đo quang phổ (UV/vis) ở bước sóng 880 nm (Olsen, 1954).

2.6. Phân tích và xử lý số liệu

Phần mềm Microsoft Excel (ver. 2016) được sử dụng để tổng hợp, xử lý các số liệu. Chương trình thống kê Minitab ver 16.2 được dùng để phân tích phương sai và sử dụng phép thử so sánh Tukey để đánh giá sự khác biệt giữa các thí nghiệm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của hai dòng vi khuẩn HH5 và MT6 lên kích thích tăng trưởng, năng suất và giảm phân bón hóa học trên cải xanh

3.1.1. Sinh trưởng

– *Chiều cao cây*

Kết quả chiều cao cây cải xanh có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) giữa các nghiệm thức qua 3 vụ thí nghiệm (Bảng 3). Ở vụ 1, thời điểm 15 và 35 ngày sau gieo (NSG) chiều cao cây cải xanh có sự khác biệt không ý thống kê khi so sánh với nhau ($p>0,05$) cho thấy việc giảm 25% phân NPK và bổ sung 2 dòng vi khuẩn có hiệu quả tương đương nghiệm thức bón 100% NPK. Tuy nhiên, ở thời

điểm 25 NSG, nghiệm thức bón 75% NPK bổ sung vi khuẩn MT6 và hỗn hợp 2 dòng vi khuẩn này có chiều cao đạt cao nhất so với các nghiệm thức còn lại (p< 0,05) lần lượt là 22,7 và 22,9 cm. Trong vụ 2, chiều cao cây ở 3 thời điểm thu mẫu đều có cùng xu hướng gia tăng sau 35 NSG. Tuy không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về chiều cao giữa các nghiệm thức, nhưng nghiệm thức có bổ sung vi khuẩn có xu hướng gia tăng chiều cao cây so với chỉ bón phân NPK. Ở vụ 3, chiều cao cải xanh có sự khác biệt rõ ở các nghiệm thức thí nghiệm tại thời điểm 25 và 35 NSG. Ở 2 thời điểm này nghiệm thức bón 75% NPK và bổ sung vi khuẩn HH5 hoặc MT6 cho chiều cao cải xanh tăng nhanh và cao hơn nghiệm thức bón 100% NPK. Nghiệm thức bổ sung hỗn hợp của 2 dòng vi khuẩn này cho thấy sự gia tăng chiều cao cải xanh khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05) so với nghiệm thức không bổ sung vi khuẩn và tương đương với nghiệm thức bón 100% NPK khuyến cáo.

Như vậy, qua 3 vụ thí nghiệm cho thấy việc bổ sung riêng lẻ 2 dòng vi khuẩn MT6 và HH5 giúp giảm 25% phân bón đạm, lân và giúp làm gia tăng chiều cao cây cải xanh khác biệt có ý nghĩa thống kê với nghiệm thức chỉ bón 100% NPK. Bên cạnh đó, kết quả cho thấy hỗn hợp 2 dòng này cho hiệu quả trong việc kích thích chiều cao cây cải xanh, mặc dù kết quả chỉ tương đương chứ không cao hơn so với nghiệm thức bón 100% NPK. Kết quả này phù hợp với công bố Chau et al. (2023) cho thấy việc bổ sung dòng vi khuẩn HH5 và MT6 giúp kích thích chiều cao cây cải xanh qua 2 vụ thí nghiệm trong điều kiện nhà lưới.

Bảng 3. Chiều cao cây cải xanh qua 3 vụ thí nghiệm phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ từ tháng 06 đến 12 năm 2024 (n=4)

Nghiệm thức	Chiều cao cây (cm)								
	Vụ 1			Vụ 2			Vụ 3		
	15 NSG	25 NSG	35 NSG	15 NSG	25 NSG	35 NSG	15 NSG	25 NSG	35 NSG
100% NPK	7,70	20,5^{b}	29,9	6,05^{ab}	13,9^{ab}	18,7^{ab}	6,08^{a}	12,1^{b}	18,8^{b}
75% NPK	7,56	20,4^{b}	29,1	5,70^{b}	12,7b	17,7^{b}	5,18^{b}	10,8^{c}	16,1^{c}
75%NPK+HH5	7,72	20,8^{b}	29,3	6,02^{ab}	13,3^{ab}	18,6^{ab}	6,11^{a}	13,2^{a}	19,7^{a}
75%NPK+MT6	7,43	22,7^{a}	28,8	6,66^{a}	13,6a^{b}	19,9^{a}	6,17^{a}	12,8^{ab}	19,9^{a}
75%NPK+MT6+HH5	7,43	22,9^{a}	29,7	6,50^{ab}	14,5^{a}	18,4^{ab}	5,84^{ab}	12,3^{ab}	18,9^{b}
F	ns	*	ns	*	*	*	*	*	*
CV (%)	5,0	6,5	4,1	8,2	5,9	5,7	8,1	7,6	7,6

**Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*); ns: không khác biệt ý nghĩa thống kê; NSG: ngày sau gieo.*

– *Chiều dài lá*

Kết quả chiều dài lá cải xanh qua 3 vụ thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 4 cho thấy có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở các thời điểm thu mẫu (p< 0,05). Ở vụ 1, thời điểm 15 NSG không có sự khác biệt rõ giữa các nghiệm thức, tuy nhiên đến thời điểm 25 và 35 ngày nghiệm thức bón 75% NPK và bổ sung dòng vi khuẩn HH5 có chiều dài lá cao hơn nghiệm thức bón 100 NPK (p< 0,05). Nghiệm thức bón 75% NPK + vi khuẩn MT6 có chiều dài lá cao hơn nghiệm thức 100% NPK ở 25 ngày, nhưng đến 35 NSG hai nghiệm thức này có chiều dài lá tương đương nhau. Nghiệm thức hỗn hợp của 2 dòng vi khuẩn có chiều dài lá khác biệt không ý nghĩa thống kê kho so với nghiệm thức bón phân 100% NPK khuyến cáo. Ở vụ 2, kết quả chiều dài lá có sự khác biệt không rõ ràng giữa các nghiệm thức.

Nhưng qua vụ 3, có sự khác biệt giữa các nghiệm thức ở thời điểm 25 và 35 ngày. Nghiệm thức bón 75% NPK khuyến cáo bổ sung riêng lẻ vi khuẩn HH5 hoặc MT6 cho kết quả chiều dài lá cao hơn nghiệm thức bón 75% và 100% NPK ở thời điểm 25 và 35 NSG, khác biệt có ý nghĩa thống kê (p< 0,05) khi so với nhau. Nghiệm thức chủng tổ hợp của 2 dòng vi khuẩn + bón 75% NPK có kết quả chiều dài lá tương đương nghiệm thức bón 100% phân hóa học. Như vậy, qua 3 vụ thí nghiệm cho thấy chủng riêng lẻ 2 dòng vi khuẩn HH5 và MT6 có hiệu quả hơn so với chủng tổ hợp trong việc giảm 25% phân đạm, lân và giúp kích thích chiều dài lá cải xanh.

Bảng 4. Chiều dài lá cây cải xanh qua 3 vụ thí nghiệm tại phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ từ tháng 06 đến tháng 12 năm 2024 (n=4)

Nghiệm thức	Chiều dài lá (cm)								
	Vụ 1			Vụ 2			Vụ 1		
	15 NSG	25 NSG	15 NSG	15 NSG	15 NSG	35 NSG	15 NSG	25 NSG	15 NSG
100% NPK	6,0^{ab}	17,4^{b}	23,9^{b}	4,9^{ab}	11,9^{ab}	17,4^{ab}	4,9^{ab}	10,7^{b}	17,9^{b}
75% NPK	6,0^{ab}	17,5^{b}	24,6^{ab}	4,6^{b}	11,0^{b}	17,0^{b}	4,2^{b}	9,5^{c}	15,8^{c}
75%NPK+HH5	6,4^{a}	18,0^{ab}	25,5^{a}	5,2^{ab}	11,3^{ab}	18,1^{ab}	5,1^{a}	12,0^{a}	18,4^{ab}
75%NPK+MT6	6,3^{a}	19,1^{a}	23,7^{b}	5,7^{a}	11,9^{ab}	18,7^{a}	5,0^{ab}	11,7^{a}	18,8^{a}
75%NPK+MT6+HH5	5,7^{b}	18,4^{ab}	23,5b	5,5^{ab}	12,8^{a}	17,6^{ab}	4,7^{ab}	11,2^{ab}	17,80^{b}
F	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	5,1	5,0	3,8	11,0	7,5	4,9	9,8	8,8	6,4

**Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*); ns: không khác biệt ý nghĩa thống kê; NSG: ngày sau gieo.*

– *Chỉ số SPAD*

Kết quả chỉ số SPAD của cây cải xanh qua 3 vụ thí nghiệm được thể hiện ở Bảng 5. Nhìn chung, chủng 2 dòng vi khuẩn HH5 và MT6 giúp duy trì chỉ số SPAD lá cây cải xanh trong điều kiện giảm 25% NPK khuyến cáo. Đặc biệt, kết quả qua 3 vụ thí nghiệm ở ngoài đồng cho thấy chỉ số SPAD của nghiệm thức bón 75% NPK kết hợp chủng dòng vi khuẩn MT6 cho chỉ số SPAD trong lá cao nhất, khác biệt có ý nghĩa thống kê (p< 0,05) khi so sánh với các nghiệm thức còn lại. Chỉ số SPAD của lá thực vật tương quan thuận với hàm lượng diệp lục tố của lá cây (Uddling et al., 2007). Bên cạnh đó, chỉ số diệp lục tố có mối tương quan chặt chẽ với hàm lượng phân đạm bón cho cây (Shapiro et al., 2006; Xiong et al., 2015). Vì vậy, việc bổ sung 2 dòng vi khuẩn HH5 và MT6 chủng riêng lẻ hay kết hợp đều cho hiệu quả duy trì hàm lượng diệp lục tố lá trong điều kiện bón giảm 25% phân bón hóa học theo khuyến cáo, giúp cây sinh trưởng tốt và tiết kiệm chi phí phân bón.

Bảng 5. Chỉ số SPAD của lá cải xanh qua 3 vụ thí nghiệm tại phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ từ tháng 06 đến tháng 12 năm 2024 (n=4)

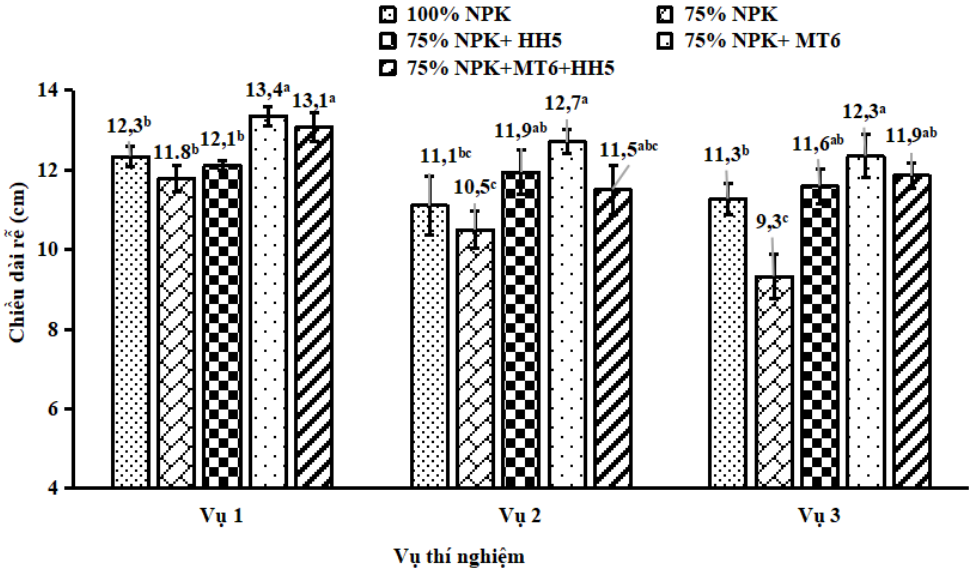
Nghiệm thức	Chỉ số SPAD (CCI)								
	Vụ 1			Vụ 2			Vụ 1		
	15 NSG	25 NSG	15 NSG	15 NSG	15 NSG	35 NSG	15 NSG	25 NSG	15 NSG
100% NPK	23,8^{ab}	27,2^{c}	28,0^{ab}	27,0^{a}	30,3^{b}	29,0^{ab}	25,4^{ab}	32,2^{ab}	31,0^{b}
75% NPK	24,1^{ab}	27,6^{abc}	27,3^{b}	25,8^{b}	30,5^{b}	28,3^{b}	24,6^{b}	31,3^{b}	29,2^{c}
75%NPK+HH5	22,6^{b}	27,4^{bc}	28,9^{a}	26,2^{ab}	31,0^{ab}	29,3^{ab}	25,0^{ab}	32,3^{ab}	31,8^{ab}
75%NPK+MT6	24,7^{a}	28,6^{a}	27,9^{ab}	26,5^{ab}	32,2^{a}	30,1^{a}	25,8^{a}	32,9^{a}	32,5^{a}
75%NPK+MT6	24,1^{ab}	28,5^{ab}	28,6^{a}	26,6^{ab}	31,8^{ab}	29,7^{a}	25,5^{ab}	32,3^{ab}	31,3^{ab}
F	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	*4,0*	*2,7*	*2,8*	*2,3*	*3,2*	*2,6*	*2,4*	*2,2*	*4,1*

**Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*); ns: không khác biệt ý nghĩa thống kê; NSG: ngày sau gieo. CCI: Chlorophyll Content Index*

– *Chiều dài rễ*

Nhìn chung, kết quả chiều dài rễ cải xanh qua 3 vụ thí nghiệm cho thấy các nghiệm thức có chủng vi khuẩn đều cho chiều dài rễ dài hơn so với nghiệm thức chỉ bón phân hóa học và khác biệt có ý nghĩa thống kê (p< 0,05) (Hình 1). Ở vụ 1, nghiệm thức bón 75% NPK + vi khuẩn MT6, và nghiệm thức kết hợp với hỗn hợp vi khuẩn MT6 và HH5 có chiều dài rễ cao nhất lần lượt đạt 13,4 và 13,1 cm. Các nghiệm thức còn lại có chiều dài rễ khác biệt không ý nghĩa thống kê (p< 0,05). Ở vụ 2, các nghiệm thức bón 75% NPK kết hợp dòng vi khuẩn đơn lẻ HH5 hoặc MT6 đều cho chiều dài rễ cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê (p< 0,05) khi so sánh với nghiệm thức đối chứng dương chỉ bón 100% NPK. Ở vụ 3, sự khác biệt giữa các nghiệm thức thể hiện rõ khi nghiệm thức bón 75% NPK nhưng không kết hợp chủng vi khuẩn cho chiều dài rễ thấp nhất, khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại

(p< 0,05). Trong đó, nghiệm thức bón 75% NPK bổ sung vi khuẩn MT6 có chiều dài rễ cao nhất (12,3 cm), vượt hơn cả nghiệm thức bón 100% NPK (11,3 cm). Từ các kết quả cho thấy, chủng dòng vi khuẩn MT6 vào đất không những có hiệu quả trong việc giảm 25% lượng phân bón NPK khuyến cáo mà còn giúp kích thích làm dài rễ cây cải xanh. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu trước đây cho thấy việc chủng vi khuẩn *Curtobacterium herbarum* (M132) đã cải thiện cả sự phát triển của rễ và thân đối với cây cải xoong tai chuột (*Arabidopsis),* cũng như sự phát triển của rễ đối với rau diếp và húng quế (Mayer et al., 2019).



Hình 2. Chiều dài rễ cây cải xanh qua 3 vụ thí nghiệm tại phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ từ tháng 06 đến 12 năm 2024 (n=4)

**Ghi chú: Trong cùng một vụ, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% và ngược lại.*

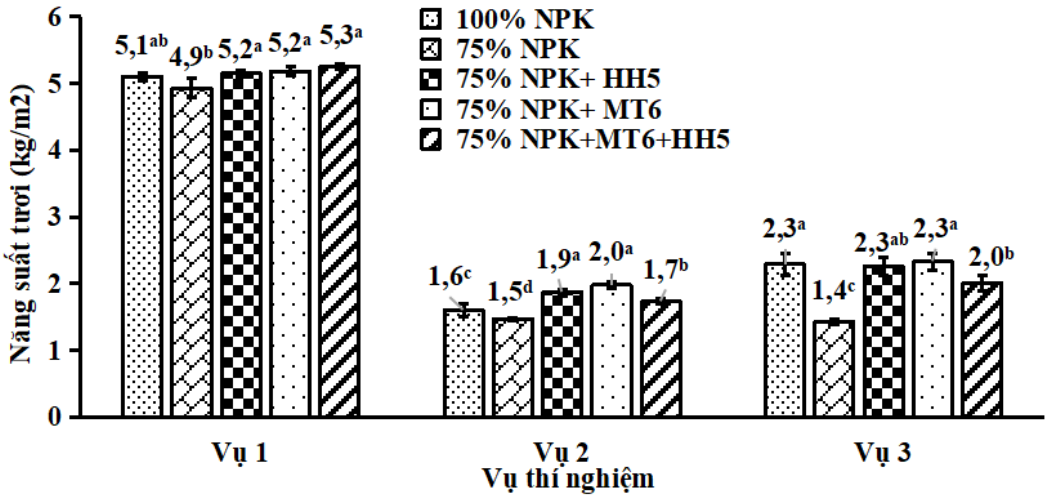
3.1.2. Năng suất tổng và chất lượng rau cải xanh

– *Năng suất tổng*

Kết quả năng suất cây cải xanh có sự khác biệt ý nghĩa thống kê (p< 0,05) giữa các nghiệm thức và giảm qua 3 vụ thí nghiệm ở đồng ruộng (Hình 2). Ở vụ 1, năng suất cải xanh dao động từ 4,9 đến 5,3 kg/m^2. Các nghiệm thức bón 75% NPK kết hợp vi khuẩn đều có năng suất cao hơn so với nghiệm thức chỉ bón 75% phân hóa học, và các nghiệm thức này khác biệt không ý nghĩa thống kê với nghiệm thức bón 100% NPK. Trong vụ 2, năng suất cải xanh giảm đáng kể và dao động từ 1,5 đến 2 kg/m2 so với vụ 1. Nghiệm thức giảm 25% NPK kết hợp chủng riêng lẻ 2 dòng HH5 và MT6 cho năng suất cao nhất, lần lượt là 1,9 và 2 kg/m2 (p< 0,05). Năng suất của nghiệm thức bón kết hợp 2 dòng vi khuẩn + 75% NPK khuyến cáo đạt giá trị thấp hơn nghiệm thức có chủng các dòng vi khuẩn đơn lẻ trên cùng nền phân bón (1,7 kg/m2), khác biệt có ý nghĩa thống kê (p< 0,05) với hai nghiệm thức chỉ bón NPK. Ở vụ 3, nghiệm thức chỉ bón 75% NPK không chủng vi khuẩn có năng suất thấp nhất so với các nghiệm thức còn lại, chỉ đạt 1,4 kg/m2. Các nghiệm thức có bón bổ sung các dòng vi khuẩn cho năng suất tương đương nghiệm thức bón 100% NPK khuyến cáo, khác biệt không ý nghĩa thống kê (p< 0,05) khi so sánh với nhau. Cuối cùng, nghiệm thức bón hỗn hợp 2 dòng vi khuẩn có năng suất cải xanh thấp hơn (2 kg/m2) so với nghiệm thức bón 100% NPK. Năng suất cải xanh ở vụ 3 tiếp tục giảm so với vụ 1 và tương đương vụ 2. Kết quả sinh trưởng bao gồm chiều cao cây, chiều dài lá có xu hướng tương tự năng suất tổng đều có kết quả ở vụ 2 và 3 giảm đáng kể so với vụ 1. Nguyên nhân có thể do vụ 2 và vụ 3 được trồng trong thời gian từ tháng 8 đến tháng 12 năm 2024, là khoảng thời gian điều kiện thời tiết mưa bão kéo dài và phức tạp của năm 2024 (Center for Hydrometeorology, 2024). Thêm vào đó, địa điểm bố trí có địa hình thấp nên thoát nước kém, làm cây cải bị chậm phát triển vì cây cải xanh là cây có khả năng chịu úng kém (Ba Ria Vung Tau Provincial Agricultural Extension Center, 2022). Tóm lại, việc bổ sung đơn lẻ 2 dòng vi khuẩn HH5 và MT6 giúp duy trì năng suất cải xanh khi giảm

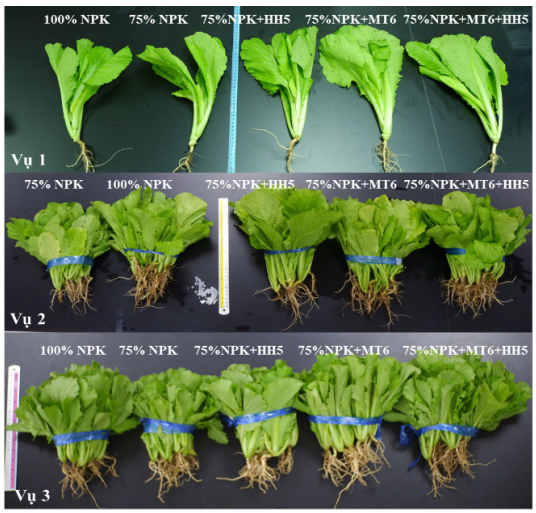
25% phân NPK khuyến cáo. Đặc biệt, dòng MT6 có khả năng giúp tăng năng suất so với nghiệm thức chỉ bón phân 100% NPK (vụ 2). Mặc dù, cây cải xanh bị hạn chế phát triển, nhưng hai dòng vi khuẩn vẫn cho thấy hiệu quả trong việc kích thích sinh trưởng, năng suất ở các nghiệm thức giảm 25% NPK. Điều này chứng tỏ hai dòng vi khuẩn thích nghi tốt và có tiềm năng cao trong việc ứng dụng vào đất. Kết quả này tương tự như kết quả công bố của Chau et al. (2023), dòng vi khuẩn HH5 làm tăng năng suất cải xanh lên đến 11,7% (vụ 1) và 36,7% (vụ 2) và dòng MT6 đơn lẻ hoặc kết hợp hai dòng vi khuẩn với nhau tăng kích thước lá và năng suất ở vụ 2 là 19,6% và 11,2% so với đối chứng. Mặc dù năng suất cải xanh giảm rõ rệt sau 3 vụ trồng, điều này cũng chứng minh việc canh tác liên tục 3 vụ trên cùng nền đất ảnh hưởng đến năng suất cây trồng, đặc biệt các loại cây ngắn ngày khi thời gian nghỉ giữa các vụ rất ít. Nghiên cứu của Gentry et al. (2013) cũng công bố việc độc canh cây bắp cho năng suất thấp hơn so với luân canh cây bắp với cây họ đậu.

Nhiều nghiên cứu khác cũng cho thấy chi vi khuẩn *Curtobacterium* sp. có khả năng kích thích sinh trưởng, năng suất và chất lượng cây trồng. Theo Tajzadah et al. (2024) chủng vi khuẩn *Curtobacterium* sp. LUW vào đất tăng đáng kể đường kính rễ, chiều dài rễ, diện tích lá, số lượng lá, chiều cao cây, số lượng thân, sinh khối rễ, sinh khối rễ, trọng lượng khô của lá và hàm lượng nước tương đối của cây bạc hà lần lượt là 34,3; 23,3; 36,6; 21,1; 87,5; 12,3; 20,4; 42,6 và 6,46 % so với điều kiện đối chứng. Đặc biệt, việc ứng dụng vi khuẩn đã làm tăng tổng lượng tinh dầu, proline và nồng độ diệp lục trong lá lần lượt là 50,9; 20,9 và 33,4% so với điều kiện đối chứng. Một nghiên cứu khác chứng minh hiệu quả của việc chủng *Curtobacterium flaccumfaciens* W004 vào đất thúc đẩy sự phát triển và sinh trưởng của cây lúa mì được trồng vào mùa xuân, từ đó giúp năng suất hạt tăng 54,3% so với không chủng vi khuẩn trong điều kiện nhà lưới liên tục trong 2 năm (Chebotar et al., 2023). Nghiên cứu của Vimal et al. (2019) chứng minh hiệu quả của vi khuẩn *Curtobacterium albidum* SRV4 trong việc kích thích sinh trưởng và tăng năng suất lúa trong điều kiện mặn. Nghiên cứu của Cardinale et al. (2015) cho thấy *Curtobacterium flaccumfaciens* E108, giúp tăng trưởng lúa mạch lên tới 300% trong điều kiện mặn. Ngoài ra, kết quả thể hiện sự gia tăng đáng kể sinh khối lá, thân, rễ lần lượt là 106, 152 và 319% so với đối chứng khi được chủng dòng vi khuẩn này. Hơn nữa, dòng vi khuẩn này giúp tăng khả năng giữ nước trong rễ cây lúa mạch, giúp thích nghi điều kiện mặn. Bên cạnh đó, trong nghiên cứu này, cho thấy dòng vi khuẩn *Curtobacterium flaccumfaciens* E108 có khả năng tổng hợp IAA và hòa tan lân. Các kết quả trên cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu này khi hai dòng vi khuẩn được chứng minh có khả năng cố định đạm sinh học, hòa tan lân giúp giảm phân bón hóa học; và tổng hợp gibberellin, siderophore giúp tăng trưởng cho cây. Từ đó cho thấy khả năng ứng dụng cao của hai dòng này trong việc phát triển chế phẩm sinh học giúp kích thích sinh trưởng và tăng năng suất cây trồng.

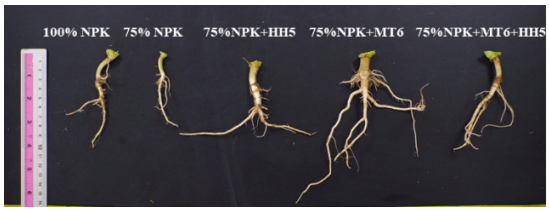


Hình 3. Năng suất cải xanh tổng qua 3 vụ thí nghiệm tại phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ từ tháng 06 đến tháng 12 năm 2024 (n=4)

**Ghi chú: Trong cùng một vụ, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% và ngược lại.*



Hình 4. Sinh khối tươi của cải xanh ở 3 vụ thí nghiệm tại phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ từ tháng 06 đến tháng 12 năm 2024 (n=4).



Hình 5. Rễ của cải xanh ở vụ 3 thí nghiệm tại phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ từ tháng 06 đến tháng 12 năm 2024 (n=4)

– *Sinh khối thân khô và nitrate trong thân*

Kết quả sinh khối thân qua 3 vụ thí nghiệm cho thấy việc chủng vi khuẩn vào đất kết hợp giảm 25% phân NPK khuyến cáo có sinh khối thân cao hơn so với nghiệm thức chỉ bón phân NPK (Bảng 6). Ở vụ 1, nghiệm thức bón 75% NPK và bổ sung đơn lẻ dòng vi khuẩn HH5 hoặc MT6 cho sinh khối thân cao hơn nghiệm thức bón 75% NPK và 100% NPK không bổ sung vi khuẩn ($p < 0,05$). Riêng nghiệm thức bón kết hợp 2 dòng vi khuẩn này có sinh khối thân tương đương và khác biệt không ý nghĩa thống kê với hai nghiệm thức chỉ bón phân hóa học NPK. Tiếp tục qua vụ 2, sinh khối của hai nghiệm thức bón 75% NPK + chủng riêng lẻ 2 dòng vi khuẩn HH5 và MT6 có sinh khối thân cao hơn 3 nghiệm thức còn lại và khác biệt có ý nghĩa thống kê khi so sánh với nhau ($p<0,05$). Tương tự ở vụ 3, nghiệm thức bón giảm 25% NPK + MT6 có sinh khối thân cao nhất, đạt 43,2 g/0,25 m^2, khác biệt có ý nghĩa thống kê với hai nghiệm thức chỉ bón phân hóa học ($p<0,05$). Trong khi nghiệm thức bón bổ sung dòng vi khuẩn HH5 hoặc tổ hợp cả hai dòng vi khuẩn duy trì sinh khối thân tương đương với nghiệm thức bón 100% NPK. Như vậy, tương tự như năng suất, các nghiệm thức bổ sung vi khuẩn có hiệu quả duy trì sinh khối khô như nghiệm thức bón 100% NPK mặc dù bón giảm 25% NPK khuyến cáo. Đặc biệt, dòng vi khuẩn MT6 giúp kích thích sinh trưởng, tăng sinh khối khô cao hơn so với nghiệm thức chỉ bón 100% phân hóa học khuyến cáo. Kết quả phù hợp với nghiên cứu của Tajzadah et al. (2024) và Cardinale et al. (2015) về khả năng tăng sinh khối của cây bạc hà và lúa mạch khi chủng dòng vi khuẩn *Curtobacterium* sp. vào đất.

Hàm lượng nitrate trong thân cải xanh qua 3 vụ thí nghiệm đều cho thấy hiệu quả của việc giảm phân hoá học kết hợp bón bổ sung vi khuẩn giúp làm giảm hàm lượng nitrate trong thân (Bảng 6). Nhìn chung, hàm lượng nitrate trong các nghiệm thức đều giảm dần qua 3 vụ canh tác. Trong đó, các nghiệm thức bón kết hợp NPK + chủng dòng vi khuẩn HH5, MT6 và hỗn hợp 2 dòng vi khuẩn cho thấy hàm lượng nitrate trong thân cải xanh từ vụ 1 đến vụ 3 giảm lần lượt 39,9%, 49,4% và 42,5%, cao hơn so với mức giảm ở nghiệm thức bón 100% NPK chỉ có 35,7%. Bên cạnh đó, nghiệm thức bón giảm 25% NPK không bổ sung các dòng vi khuẩn sau 3 vụ thí nghiệm có hàm lượng nitrate trong thân cải xanh giảm không đáng kể chỉ đạt 3,1%. Kết quả này cho thấy việc bổ sung liên tục hai dòng vi khuẩn vào đất qua 3 vụ thí nghiệm có hiệu quả tốt trong việc giảm hàm lượng nitrat trong thân cải xanh. Ở từng vụ thí nghiệm, các nghiệm thức bón 75% NPK kết hợp bón bổ sung riêng lẻ 2 dòng vi khuẩn HH5, MT6 hoặc bón hỗn hợp 2 dòng này đều có hàm lượng nitrate thấp hơn nghiệm thức bón 100% NPK, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$). Ở vụ 1, các nghiệm thức bổ sung vi khuẩn có hàm lượng nitrate trong thân khác biệt không ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức bón 75% NPK. Đến vụ 2 và vụ 3, các nghiệm thức bón 75% NPK kết hợp chủng các dòng vi khuẩn đơn lẻ hay hỗn hợp đều có hàm lượng nitrate trong thân cải xanh thấp nhất. Điều này cho thấy hiệu quả của các dòng vi khuẩn này giúp giảm hàm lượng nitrate trong thân cải. Việc lưu tồn nitrate trong rau được xem là vấn đề rất được quan tâm. Các nghiên cứu trước đây cho thấy rau là nguồn thực phẩm cung cấp nitrate quan trọng nhất trong chế độ ăn của con người và đóng góp 80% nitrate cho cơ thể của con người (Chou et al., 2003; Sadeghi et al., 2015. Nitrat ở hàm lượng cho phép thường không gây ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Tuy nhiên, khi đi vào hệ tiêu hóa, nitrat có thể bị khử thành nitrit (NO_2^-), chất

này có khả năng oxy hóa oxyhemoglobin là phân tử đảm nhiệm chức năng vận chuyển oxy trong máu thành methemoglobin, một dạng không còn khả năng gắn và vận chuyển oxy. Khi cơ thể tiếp nhận nitrat vượt quá ngưỡng an toàn, sự gia tăng nitrit sẽ làm suy giảm quá trình hô hấp tế bào, ảnh hưởng đến chức năng của tuyến giáp, đồng thời làm tăng nguy cơ gây đột biến gen và hình thành khối u, từ đó dẫn đến các bệnh ung thư. Vì vậy, việc kiểm soát hàm lượng nitrate có trong rau sạch là rất quan trọng và cần thiết. Tại Việt Nam chưa có quy định chính xác hàm lượng nitrat trong cải xanh, nhưng quy định về rau nói chung ở mức 400 mg/kg rau tươi do Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn quy định(Ministry of Agriculture and Rural Development, 2008). Như vậy, việc bón bổ sung hai dòng vi khuẩn HH5 và MT6 kết hợp giảm 25% NPK vào đất giúp làm giảm lượng nitrate trong thân cải xanh có ý nghĩa quan trọng trong canh tác cải xanh nói riêng và thực vật nói chung, đảm bảo an toàn cho sức khoẻ người tiêu dùng và góp phần bảo vệ môi trường, giảm thiểu ô nhiễm nitrate.

Bảng 6. Sinh khối thân khô và nitrate trong thân cải xanh qua 3 vụ thí nghiệm tại phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ từ tháng 06 đến tháng 12 năm 2024 (n=4)

Nghiệm thức	Sinh khối thân khô (g/0,25m^2)			Nitrate trong thân (mg/kg) <400 mg/kg (TCVN 5247:1990)		
	Vụ 1	Vụ 2	Vụ 3	Vụ 1	Vụ 2	Vụ 3
100% NPK	77,0b	38,6^{c}	37,5^{b}	367a	245a	236^{a}
75% NPK	75,5^{b}	31,8^{d}	25,9^{c}	159^{b}	152^{b}	154^{b}
75% NPK+ HH5	**84,0^{a}**	**49,9^{a}**	42,1^{ab}	131^{bc}	**73,5^{c}**	**78,8^{c}**
75% NPK+ MT6	**84,5^{a}**	**47,8^{a}**	**43,2^{a}**	**113^{c}**	**68,8^{c}**	**57,2^{d}**
75% NPK+MT6+HH5	79,3^{ab}	43,9^{b}	40,4^{ab}	138^{bc}	**85,0^{c}**	**79,4^{c}**
F	*	*	*	*	*	*
CV (%)	*5,62*	*16,1*	*17,9*	*54,1*	*55,4*	*56,3*

**Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*); ns: không khác biệt ý nghĩa thống kê; NSG: ngày sau gieo.*

– Hàm lượng dinh dưỡng trong thân cải xanh

Hàm lượng dinh dưỡng trong thân cải xanh bao gồm đạm tổng số (N_{ts}) và lân tổng số (P_{ts}) được thể hiện trong Bảng 7. Nhìn chung, các nghiệm thức bón bổ sung các dòng vi khuẩn đều cho thấy giúp duy trì hàm lượng N_{ts} trong thân cải mặc dù đã giảm 25% lượng phân bón NPK khuyến cáo. Trong đó, nghiệm thức bón 75% NPK + dòng vi khuẩn MT6 giúp gia tăng hàm lượng N_{ts} trong than đáng kể, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) khi so với nghiệm thức bón 100% NPK, đạt giá trị lần lượt ở 3 vụ là 3,01 mg/kg, 3,19 mg/kg và 3,53 mg/kg. Từ các kết quả trên cho thấy, dù dòng vi khuẩn HH5 và MT6 được chủng vào đất dưới dạng đơn lẻ hay hỗn hợp đều có hiệu quả duy trì và có thể giúp tăng hàm lượng N_{ts} trong thân cải xanh so với nghiệm thức chỉ bón phân hóa học NPK. Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu trước đây cho thấy hai dòng vi khuẩn HH5 và MT6 có khả năng cố định đạm sinh học với hàm lượng lần lượt là 3,54 mg/L và 3,43 mg/L sau 24 giờ nuôi cấy, từ đó cho hiệu quả trong việc gia tăng N_{ts} cho thân cây cải (Nguyen, 2022).

Kết quả trình bày hàm lượng P_{ts} trong thân cải xanh ở Bảng 7 cho thấy việc chủng vi khuẩn HH5 và MT6 giúp duy trì hàm lượng P_{ts} trong thân tương đương với nghiệm thức đối chứng dương bón 100% NPK mặc dù đã giảm 25% lượng NPK khuyến cáo. Điều này thể hiện rõ khi so sánh với nghiệm thức chỉ bón giảm 25% NPK nhưng không chủng vi khuẩn, hàm lượng P_{ts} trong thân cải xanh giảm dần qua các vụ từ 0,35 mg/kg ở vụ 1 giảm còn 0,31 mg/kg ở vụ 2. Trong khi hàm lượng P_{ts} ở nghiệm thức bón giảm 25% NPK + dòng vi khuẩn MT6 có xu hướng giúp gia tăng P_{ts} từ 0,35 mg/kg đến 0,44 mg/kg, cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p< 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức chỉ bón NPK. Nghiên cứu của Nguyen (2022) cũng cho thấy khả năng hòa tan lân khó tan $Ca_3(PO_4)_2$ của dòng vi khuẩn khẩn MT6 đạt 18,1 (mg/L) cao hơn dòng vi khuẩn HH5 đạt 12,20 P_2O_5 sau 7 ngày nuôi cấy. Điều này thể hiện khả năng cung cấp bổ sung lân cho cây trồng của hai dòng vi khuẩn này.

Bảng 7. Hàm lượng dinh dưỡng trong thân cải xanh qua 3 vụ thí nghiệm tại phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ từ tháng 06 đến tháng 12 năm 2024 (n=4)

Nghiệm thức	N (mg/kg)			P (mg/kg)		
	Vụ 1	Vụ 2	Vụ 3	Vụ 1	Vụ 2	Vụ 3
100% NPK	2,82^{b}	2,97^{b}	2,52^{c}	0,40^{a}	0,36^{ab}	0,36^{b}
75% NPK	2,47^{c}	2,90^{bc}	2,33^{c}	0,35^{b}	0,33^{b}	0,31^{b}
75% NPK+ HH5	2,86^{b}	2,74^{c}	2,91^{b}	0,36^{ab}	0,35^{ab}	0,35^{b}
75% NPK+ MT6	3,01^{ab}	3,19^{a}	3,53^{a}	0,35^{ab}	0,40^{a}	0,44^{a}
75% NPK+MT6+HH5	3,24^{a}	2,85^{bc}	3,12^{b}	0,34^{b}	0,36^{ab}	0,38^{ab}
F	*	*	*	*	*	*
CV	9,7	5,8	16,0	7,2	7,8	14,9

**Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*); ns: không khác biệt ý nghĩa thống kê; NSG: ngày sau gieo.*

3.2. Ảnh hưởng của hai dòng vi khuẩn HH5 và MT6 lên đặc tính đất qua 3 vụ thí nghiệm

3.2.1. Hóa học đất

Kết quả hàm lượng đạm hữu dụng (N_{hd}) trong đất sau 3 vụ thí nghiệm cho thấy việc chủng vi khuẩn vào đất chưa tác động đến việc gia tăng N_{hd} trong đất (Bảng 8). Cụ thể, nghiệm thức bón 100% NPK có hàm lượng N_{hd} dạng amonium cao nhất (70,1 mg/kg), khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại ($p< 0,05$). Hàm lượng đạm amonium ở nghiệm thức bón 75% NPK + MT6 thấp nhất (42 mg/kg), kế đến nghiệm thức bón 75% NPK + hỗn hợp 2 dòng này (48,2 mg/kg). Hai nghiệm thức bón giảm 25% NPK có và không chủng các dòng vi khuẩn không cho khác biệt với nhau về hàm lượng N_{hd} trong đất. Tương tự, hàm lượng đạm nitrate trong đất của nghiệm thức bón 100% NPK cho kết quả cao nhất (17,6 mg/kg) khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại ($p< 0,05$). Kết quả này có thể do hàm lượng N_{hd} được hai dòng vi khuẩn tổng hợp, đều được cây sử dụng để tăng sinh khối và năng suất cho cây cải, phù hợp với các kết quả nêu trên đều cho thấy việc bổ sung các dòng vi khuẩn cho hàm lượng dinh dưỡng, sinh khối và năng suất cao hơn so với nghiệm thức chỉ bón phân NPK.

Tương tự, kết quả hàm lượng lân hữu dụng (P_{hd}) trong đất qua 3 vụ thí nghiệm cho thấy hàm lượng lân hữu dụng trong đất của nghiệm thức bón 75% NPK + các dòng vi khuẩn không khác biệt ý nghĩa thống kê khi so sánh với nghiệm thức bón 100% NPK. Chỉ có trường hợp bón bổ sung dòng vi khuẩn MT6 cho thấy có xu hướng tăng hàm lượng lân hữu dụng trong đất so với nghiệm thức chỉ bón phân hóa học NPK.

Giá trị EC trong đất qua 3 vụ thí nghiệm có khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức thí nghiệm ($p< 0,05$) (Bảng 8). Giá trị EC đạt cao nhất ở 2 nghiệm thức bón 75% NPK bổ sung đơn lẻ dòng vi khuẩn HH5 và MT6 đạt lần lượt 79,2 và 79,3 uS/cm. Nghiệm thức bón 75% NPK có giá trị EC thấp nhất (69,4 uS/cm). Từ kết quả trên cho thấy, việc bổ sung đơn lẻ 2 dòng vi khuẩn giúp tăng giá trị EC trong đất so với chỉ bón phân hóa học. Kết quả này, tương tự nghiên cứu Chau et al. (2023) về hiệu quả của 2 dòng vi khuẩn này trong việc gia tăng giá trị EC trong đất trồng cải xanh ở điều kiện nhà lưới.

Tương tự, kết quả pH đất qua 3 vụ thí nghiệm cho thấy việc chủng hai dòng vi khuẩn dạng đơn lẻ hay hỗn hợp đều có hiệu quả gia tăng pH đất so với nghiệm thức chỉ bón phân hóa học ($p< 0,05$) (Bảng 8). Giá trị pH ở nghiệm thức bón 75% NPK đạt thấp nhất (pH = 4,75), ngưỡng pH này có khả năng hạn chế sự phát triển cây cải xanh. Điều này cho thấy việc duy trì bón phân hoá học có thể ảnh hưởng bất lợi đến pH và EC của đất, từ đó ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển của cây trồng.

Nhìn chung, việc bón bổ sung dòng vi khuẩn HH5 và MT6 dạng riêng lẻ cho thấy hiệu quả trong việc cải thiện P_{hd}, EC và pH trong đất so với chỉ bón phân hóa học.

Bảng 8. Chỉ tiêu hóa học đất cải xanh qua 3 vụ thí nghiệm ở điều kiện ngoài đồng tại phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ từ tháng 06 đến tháng 12 năm 2024 (n=4)

Nghiệm thức	N_{hd} (mg/kg)		P_{hd} (mg/kg)	EC (uS/cm)	pH
	Amonium (NH_4^+)	Nitrate (NO_3^-)			
100% NPK	70,1^{a}	17,6^{a}	47,9^{ab}	74,8^{b}	5,1^{c}
75% NPK	50,4^{bc}	15,9^{ab}	44,4^{b}	69,4^{c}	4,8^{d}
75% NPK+ HH5	53,7^{b}	13,1^{c}	48,6^{ab}	79,2^{a}	5,4^{ab}
75% NPK+ MT6	42,0^{d}	13,4^{c}	50,1^{a}	79,3^{a}	5,5^{a}
75% NPK+MT6+HH5	48,2^{c}	14,9^{bc}	44,3^{b}	73,0^{b}	5,2^{bc}
F	*	*	*	*	*
CV (%)	18,6	12,6	6,7	5,37	5,17

**Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*); ns: không khác biệt ý nghĩa thống kê; NSG: ngày sau gieo.*

3.2.2. Sinh học đất

Kết quả mật số vi khuẩn tổng, nấm, xạ khuẩn và các vi khuẩn có lợi trong đất cải xanh qua 3 vụ thí nghiệm, được thể hiện trong Bảng 9. Kết quả mật số vi khuẩn tổng (6,81 log10 CFU/g) của nghiệm thức bón 75% NPK + MT6 cao hơn hai nghiệm thức bón 75% và 100% NPK và nghiệm thức này có mật số vi khuẩn khác biệt không ý nghĩa thống kê với hai nghiệm thức bổ sung vi khuẩn còn lại. Mật số nấm có xu hướng khác với mật số vi khuẩn và xạ khuẩn. Nghiệm thức bón phân hóa học có mật số nấm cao hơn nghiệm thức bón 75% NPK + hỗn hợp 2 dòng vi khuẩn và khác biệt không ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại. Việc bón phân hóa học liên tục 3 vụ ở nghiệm thức bón 100% và 75% NPK làm đất bị giảm pH và acid hóa, điều này làm cho mật số vi khuẩn giảm so với nấm. Nghiên cứu của Wang et al. (2022) cho thấy tính đa dạng α của cộng đồng vi khuẩn giảm đáng kể khi tính acid của đất tăng lên, trong khi tính đa dạng của cộng đồng nấm ít bị ảnh hưởng với tính acid của đất, do đó chỉ ra rằng vi khuẩn chứ không phải nấm phản ứng nhạy cảm với tính acid của đất. Nghiên cứu khác chứng minh nấm thích phạm vi pH rộng hơn vi khuẩn để phát triển tối ưu (Rousk et al., 2010). Nghiên cứu chỉ ra rằng tính nhạy cảm của mật số vi sinh vật đất đối với những thay đổi của môi trường đất, nó có thể được sử dụng như một trong những chỉ báo để cảnh báo sớm quan trọng về những thay đổi chất lượng đất nông nghiệp trong quá trình trồng trọt nông nghiệp (Zhang et al., 2019). Mật số xạ khuẩn của các nghiệm thức cũng không có sự khác biệt rõ rệt. Mật số xạ khuẩn của nghiệm thức bón 75% NPK + chủng 2 dòng vi khuẩn HH5 và MT6 cao hơn nghiệm thức bón 100% NPK, tuy nhiên nghiệm thức này khác biệt không ý nghĩa thống kê với các nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$). Như vậy, việc chủng hai dòng vi khuẩn này vào đất có cải thiện mật số vi khuẩn tổng và xạ khuẩn, nhưng chưa rõ rệt và ít ảnh hưởng đến mật số nấm trong đất.

Bảng 9. Đặc tính sinh học đất cải xanh qua 3 vụ thí nghiệm ở điều kiện ngoài đồng tại phường Hưng Thạnh, quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ từ tháng 06 đến tháng 12 năm 2024 (n=4)

Nghiệm thức	Mật số vi sinh vật (log10 CFU/g)						
	VK	Nấm	XK	VK CĐĐ	VK HTL	VK HTSi	VK HTK
100% NPK	6,55^{b}	3,99^{a}	4,74^{b}	5,52^{b}	3,72^{b}	3,77^{b}	3,52^{ab}
75% NPK	6,33^{c}	3,95^{ab}	4,90^{ab}	5,53^{b}	3,52^{c}	3,65^{b}	3,33^{b}
75% NPK+ HH5	6,71^{ab}	3,93^{ab}	4,95^{ab}	**5,85^{a}**	3,72^{b}	**4,05^{a}**	3,73^{a}
75% NPK+ MT6	**6,81^{a}**	3,79^{bc}	4,99^{ab}	5,78^{ab}	3,85^{ab}	**4,08^{a}**	3,79^{a}
75% NPK+MT6+HH5	6,70^{ab}	3,71^{c}	**5,03^{a}**	5,77^{ab}	**3,92^{a}**	3,82^{b}	3,57^{ab}
F	*	*	*	*	*	*	*
CV	2,8	3,4	3,0	3,3	4,1	4,8	5,8

**Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*); ns: không khác biệt ý nghĩa thống kê; VK: vi khuẩn; XK: xạ khuẩn; CĐĐ: cố định đạm; HTL: hòa tan lân; HTSi: hòa tan silic; HTK: hòa tan kali.*

Đối với mật số các vi khuẩn có lợi trong đất, việc chủng hai dòng vi khuẩn dạng riêng lẻ hay kết hợp kích thích gia tăng mật số vi khuẩn cố định đạm, vi khuẩn hòa tan lân và vi khuẩn hòa tan silic trong đất (Bảng 9). Cụ thể, mật số vi khuẩn cố định đạm ở

nghiệm thức bổ sung HH5 đạt cao nhất (5,85 log10 CFU/g), khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$). Tương tự, chủng riêng lẻ hai dòng vi khuẩn HH5 hoặc MT6 cũng kích thích sự gia tăng mật số vi khuẩn hoà tan silic, khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$). Đối với mật số vi khuẩn hoà tan lân, hiệu quả của việc bổ sung kết hợp hai dòng vi khuẩn cho thấy gia tăng mật số vi khuẩn hoà tan lân đạt 3,92 log10 CFU/g, khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức chỉ bón NPK ($p < 0,05$). Mật số vi khuẩn hòa tan silic dao động từ 3,33 đến 3,79 log10 CFU/g và không cho thấy sự khác biệt rõ rệt giữa các nghiệm thức với nhau.

4. KẾT LUẬN

Qua 3 vụ thí nghiệm cho thấy việc bổ sung riêng lẻ hai dòng vi khuẩn MT6 và HH5 giúp giảm 25% phân bón đạm, lân, kali và giúp tăng chiều cao cây cải xanh, chiều dài lá, duy trì chỉ số SPAD lá, sinh khối khô và năng suất cây cải xanh. Ngoài ra, bổ sung hai dòng vi khuẩn HH5 và MT6 vào đất có khả năng làm giảm lượng nitrate trong thân cải xanh. Việc bón bổ sung dòng vi khuẩn MT6 kết hợp bón giảm 25% NPK giúp kích thích chiều dài rễ tăng năng suất và sinh khối khô, giảm hàm lượng nitrat trong thân so với nghiệm thức chỉ bón phân NPK khuyến cáo. Đặc biệt, dòng vi khuẩn MT6 hỗ trợ tăng P_{ts} trong thân, tăng P_{hd} trong đất qua 3 vụ thí nghiệm.

Việc nghiên cứu thành phần và chức năng của các cộng đồng vi khuẩn nội sinh có tiềm năng lớn để cải thiện sinh trưởng và năng suất của cây trồng. Vì vậy, kết quả đánh giá hiệu quả của hai dòng vi khuẩn *Curtobacterium citreum* HH5 và *Curtobacterium luteum* MT6 trong điều kiện ngoài đồng của nghiên cứu này là tiền đề cho việc phát triển sản phẩm vi sinh cần thiết và hữu ích cho sản xuất nông nghiệp bền vững.

LỜI CẢM TẠ

Nghiên cứu được thực hiện với sự tài trợ kinh phí của đề tài Khoa học và Công nghệ cấp cơ sở mã số T2024-105 do Trường Đại học Cần Thơ quản lý năm 2024.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

AOAC International. (2005a). Official methods of analysis (18th ed.). *Method 984.13 – Nitrogen (Total) in Plants: Kjeldahl Method. Gaithersburg, MD: AOAC International.*

AOAC International. (2005b). Official Methods of Analysis (18th ed.). *Method 965.17 – Phosphorus (Total) in Plants*. Gaithersburg, MD: AOAC International.

Ba Ria Vung Tau Provincial Agricultural Extension Center. (2022). *Watering and caring for leafy vegetables (in Vietnamese)*. http://knkn.baria-vungtau.gov.vn/thong-tin-khac3/-/view_content/content/998356/tuoi-nuoc-va-cham-soc-cho-rau-an-

Bold, H. C. (1949). The morphology of Chlamydomonas chlamydogama sp. nov. Bull. *Torrey Bot. Club*, 76, 101-108. https://doi.org/10.2307/2482218

Bremner, J. M., & Keeney, D. R. (1996). Determination and Isotope-Ratio Analysis for Different Forms of Nitrogen in Soils: 3. Exchangeable Ammonium, Nitrate, and Nitrite by Extraction-Distillation Methods. *Proceedings of the Soil Science Society of America*, 30, 577-582. https://doi.org/10.2136/sssaj1966.03615995003000050015x

Bulgari, D., Casati, P., Crepaldi, P., Daffonchio, D., Quaglino, F., Brusetti, L., & Bianco, P. A. (2011). Restructuring of endophytic bacterial communities in grapevine yellows-diseased and recovered Vitis vinifera L. plants. *Applied and Environmental Microbiology*, *77*(14), 5018-5022. https://doi.org/10.1128/AEM.00051-11

Bulgari, D., Minio, A., Casati, P., Quaglino, F., Delledonne, M., & Bianco, P. A. (2014). Curtobacterium sp. genome sequencing underlines plant growth promotion-related traits. *Genome announcements*, *2*(4), 10-1128. https://doi.org/10.1128/genomea.00592-14.

Cao, D. N., Tran, G. T., & Nguyen, T. T. (2011). Effectiveness of bio-organic fertilizer on yield and quality of leafy vegetables grown on alluvial soil in Long An province. *Can Tho University Journal of Science*, 18b, 18–28 *(in Vietnamese)*.

Cardinale, M., Ratering, S., Suarez, C., Montoya, A. M. Z., Geissler-Plaum, R., & Schnell, S. (2015). Paradox of plant growth promotion potential of rhizobacteria and their actual promotion effect on growth of barley (Hordeum vulgare L.) under salt stress. *Microbiological research*, 181, 22-32. https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.08.002

Center for Hydrometeorology. (2024). *The National Center for Hydro-Meteorological Forecasting held a conference to review the work in 2024 and deploy tasks in 2022 (in Vietnamese)*. http://tckttv.gov.vn/public/chi-dao-dieu-hanh-103/trung-tam-du-bao-khi-tuong-thuy-van-quoc-gia-to-chuc-hoi-nghi-tong-ket-cong-tac-nam-

2024-va-trien-khai-nhiem-vu-nam-2025-17879.html

Chau, T. T. A., Nguyen, O. T. K., Nguyen, H. N., Tran, T. M., & Nguyen, N. K. (2023). Effects of two bacterial strains, Curtobacterium citreum HH5 and Curtobacterium luteum MT6, on the growth, yield of mustard greens (Brassica juncea), and soil properties under net house conditions. *Can Tho University Journal of Science*, *59*(5), 113-122. https://doi.org/10.22144/ctujos.2023.200. (in Vietnamese).

Chebotar, V. K., Gancheva, M. S., Chizhevskaya, E. P., Baganova, M. E., Keleinikova, O. V., Husainov, K. A., & Pishchik, V. N. (2023). Genome Sequence of the Plant-Growth-Promoting Endophyte Curtobacterium flaccumfaciens Strain W004. *Data*, *8*(12), 187. https://doi.org/10.3390/data8120187

Chou, S. S., Chung, J. C., & Hwang, D. F. (2003). A high performance liquid chromatography method for determining nitrate and nitrite levels in vegetables. *Journal of Food and Drug Analysis, 11*(3), 11. https://doi.org/10.38212/2224-6614.2702

Gentry, L. F., Matias, L., Ruffo, & Fred, E. B. (2013). Identifying factors controlling the continuous corn yield penalty. *Agronomy Journal,* 105.2, 295-303. https://doi.org/10.2134/agronj2012.0246

Ghorbel, S., Aldilami, M., Zouari-Mechichi, H., Mechichi, T., & AlSherif, E. A. (2023). Isolation and characterization of a plant growth promoting Rhizobacterium strain MD36 that promotes barley seedlings and growth under heavy metals stress. 3 *Biotech*, *13*(5), 145. https://doi.org/10.1007/s13205-023-03566-3.

Hu, X., Chen, J., & Guo, J. (2006). Two phosphate- and potassium-solubilizing bacteria isolated from Tianmu Mountain, Zhejiang, China. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *22*(9), 983-990. https://doi.org/10.1007/s11274-006-9144-2.

Kesaulya, H., Talahaturuson, A., Kalay, A. M., Matatula, E., Lawalatta, I. J., Hehanussa, M. L., & Nendissa, S. J. (2021). Characterization of plant growth promoting rhizobacteria of maize. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,* 883, 1, p. 012028. https://doi.org/10.1088/1755-1315/883/1/012028

Kwon, S. H., Jun, Y. K., Hong, S. H., Lee, I. S., Kim, H. E., & Won, Y. Y. (2002). Calcium phosphate bioceramics with various porosities and dissolution rates. *Journal of the American Ceramic Society*, *85*(12), 3129-3131. https://doi.org/10.1111/j.11512916.2002.tb00599.x.

Lacava, P. T., Li, W., Arau´jo, W. L., Azevedo, J. L., & Hartung, J. S. (2007). The endophyte Curtobacterium flaccumfaciens reduces symptoms caused by Xylella fastidiosa in Catharanthus roseus. *Journal of Microbiology*, *45*(5), 388-393.

Madhaiyan, M., Poonguzhali, S., Ryu, J., & Sa, T. (2006). Regulation of ethylene levels in canola (Brassica campestris) by 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase-containing Methylobacterium fujisawaense. Planta, 224, 268-278. https://doi.org/10.1007/s00425-005-0211-y.

Maliti, C. M. (2000). *Physiological and biochemical effects of Methylobacterium sp. strains and foliar-applied methanol on growth and development of rice Oryza sativa L*. City University of New York.

Mayer, E., Dörr de Quadros, P., & Fulthorpe, R. (2019). Plantibacter flavus, Curtobacterium herbarum, Paenibacillus taichungensis, and Rhizobium selenitireducens endophytes provide host-specific growth promotion of Arabidopsis thaliana, basil, lettuce, and bok choy plants. *Applied and Environmental Microbiology*, *85*(19), e00383-19. https://doi.org/10.1128/AEM.00383-19.

Ministry of Agriculture and Rural Development. (2008). *Regulations on management of production, processing and certification of safe tea.* Decision No. 99/2008/QD-BNN dated October 15, 2008 of the Minister of Agriculture and Rural Development promulgating Regulations on management of production and trading of safe vegetables *(in Vietnamese)*.

Miranda, K .M., Espey, M. G., & Wink, D. A. (2001). A Rapid, Simple Spectrophotometric Method for Simultaneous Detection of Nitrate and Nitrite. *Nitric Oxide*, *5*(1), 62-71. https://doi.org/10.1006/niox.2000.0319

Mishra, P., Bhattacharya, A., Verma, P., Bharti, C., & Arora, N. K. (2022). Plant growth-promoting bacteria as biostimulants of crops in saline agroecosystems. *In Microbial BioTechnology for Sustainable Agriculture*, 1 (pp. 205-235). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4843-4_6.

Nelson, D. W. (1983). Determination of ammonium in KCI extracts of soil by the salicylate method. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*., 14: 1051-1062. https://doi.org/10.1080/00103628309367431

Nguyen, H. N. (2022). *Investigation of some biological characteristics of two plant growth-promoting bacterial strains, Curtobacterium sp*. HH5 and MT6 (Master's thesis). Can Tho University (*in Vietnamese*).

Nguyen, N. K., Dương, V. M., Nguyen, Q. T. T., Đô, S. H., Lam, L. T., & Nguyen, O. T. K. (2015). Biodegradation of the pesticide Propuxur in soil by Paracoccus sp. P23-7 immobilized on biochar. *Can Tho University Journal of Science*, *40*(2), 90–98. (in Vietnamese).

Olsen, S. R., Cole, C. V., & Watanabe, F. S. (1954). *Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate*. USDA Circular No. 939, US Government Printing Office, Washington DC.

Park, M., Kim, C., Yang, J., Lee, H., Shin, W., Kim, S., & Sa, T. (2005). Isolation and characterization of diazotrophic growth promoting bacteria from rhizosphere of agricultural crops of Korea. *Microbiological Research*, *160*(2), 127-133. https://doi.org/10.1016/j.micres.2004.10.003.

Gerba, I.L., & Pepper, C.P. (2004). *Environmental microbiology: a laboratory manual*. In: Pepper I, Gerba C, Brendecke J, eds. Examination of soil microorganisms via microscopic and cultural assays. Cambridge: Academic Press, 27–36.

Rhoades, J. D., Chanduvi, F., & Lesch, S. M. (1999). *Soil salinity assessment: Methods and interpretation of electrical conductivity measurements,* 57. Food & Agriculture Org.

Rousk, J., Bååth, E., Brookes, P. C., Lauber, C. L., Lozupone, C., Caporaso, J. G., Knight, R. & Fierer, N. (2010). Soil bacterial and fungal communities across a pH gradient in an arable soil. *The ISME journal*, *4*(10), 1340-1351.https://doi.org/10.1038/ismej.2010.58.

Sadeghi, E., Sharafi, K., Almasi, A., Dayhim, M., Azizi, E., & Ghayebzadeh, M. (2015). *Study on the nitrite and nitrate levels changes by drying and frying processing in vegetables*.

Shapiro, C. A., Schepers, J. S., Francis, D. D., & Shanahan, J. F. (2006). *Using a chlorophyll meter to improve N management*. University of Nebraska-Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, 13-16.

Sy, A., Giraud, E., Jourand, P., Garcia, N., Willems, A., De Lajudie, P., Prin, Y., Neyra, M., Gillis, M., Boivin-Masson, C., & Dreyfus, B. (2001). Methylotrophic Methylobacterium bacteria nodulate and fix nitrogen in symbiosis with legumes. *Journal of Bacteriology*, *183*(1), 214-220. https://doi.org/10.1128/jb.183.1.214-220.2001.

Tajzadah, A. W., Rahmani, S., & Faqiri, G. M. (2024). Effects of Plant Growth Promoting Bacteria on Growth and Essential Oil Production of Peppermint. Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: B. *Life and Environmental Sciences*, *61*(3), 295-299. https://doi.org/10.53560/PPASB(61-3)993

TCVN 8742:2011 – Thực phẩm – Xác định hàm lượng nitrat bằng phương pháp quang phổ hấp thụ phân tử.

Tran, B. T., & Vo, T. T. B. (2019). *Vegetable Cultivation Textbook. Faculty of Agriculture and Applied Biology*. Can Tho University *(in Vietnamese)*.

Uddling, J., Gelang-Alfredsson, J., Piikki, K., & Pleijel, H. (2007). Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynthesis research*, *91*(1), 37-46.

Ung, N. T., Nguyen, O. T. K., & Nguyen, N. K. (2021). Isolation and selection of some bacterial strains from plant leaves with the ability to promote plant growth. *Can Tho University Journal of Science*, *57*(2), 94-103 *(in Vietnamese)*. https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2021.042.

Vimal, S. R., Patel, V. K., & Singh, J. S. (2019). Plant growth promoting Curtobacterium albidum strain SRV4: an agriculturally important microbe to alleviate salinity stress in paddy plants. *Ecological Indicators,* 105, 553-562. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.014

Wang, T., Cao, X., Chen, M., Lou, Y., Wang, H., Yang, Q., Hong, P., & Zhuge, Y. (2022). Effects of soil acidification on bacterial and fungal communities in the Jiaodong Peninsula, Northern China. *Agronomy*, *12*(4),927. https://doi.org/10.3390/agronomy12040927.

Washington State University - Tree Fruit Research & Extension Center. (2004). *A guide in interpretation of soil test results*.

Xiong, D., Chen, J., Yu, T., Gao, W., Ling, X., Li, Y., Peng, S., & Huang, J. (2015). SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics. *Scientific Reports*, *5*(1), 13389. https://doi.org/10.1038/srep13389

Zhang, Q., Li, Y., Xing, J., Brookes, P. C., & Xu, J. (2019). Soil available phosphorus content drives the spatial distribution of archaeal communities along elevation in acidic terrace paddy soils. *Science of The Total Environment*, 658, 723-731. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.144