

DOI:10.22144/ctu.jvn.2022.236

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ VI KHUẨN HÒA TAN KALI LÊN SINH TRƯỞNG VÀ NĂNG SUẤT CẢI BÓ XÔI (*Spinacia oleracea* L.) VÀ MỘT SỐ ĐẶC TÍNH ĐẤT Ở ĐIỀU KIỆN NHÀ LƯỚI

Nguyễn Khởi Nghĩa^{1*}, Võ Duyên Thảo Vy² và Lê Thị Xã³

¹Khoa Khoa học đất, Trường Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

²Học viên ngành Khoa học đất, Trường Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

³Khoa Sư phạm, Trường Cao đẳng Cộng đồng Sóc Trăng

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Khởi Nghĩa (email: nknghia@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 13/05/2022

Ngày nhận bài sửa: 07/06/2022

Ngày duyệt đăng: 14/06/2022

Title:

Evaluation on the efficacy of potassium solubilizing bacteria on growth, yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.) and some soil properties under the greenhouse conditions

Từ khóa:

Burkholderia vietnamiensis, kali, cải bó xôi, *Staphylococcus hominis*, vi khuẩn hòa tan kali

Keywords:

Burkholderia vietnamiensis, spinach, potassium solubilizing bacteria, potassium, soil microorganisms, *Staphylococcus hominis*

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the efficacy of two potassium solubilizing bacteria (PSB) on the growth and yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.) as well as some soil properties under greenhouse conditions. Spinach seeds were soaked in a bacterial solution with a density of 10^8 cfu/mL for 24 h and grown for 45 days under the soil applied 1 ton of rice straw/ha and 50% of the recommended potassium fertilizer. The results showed that the inoculation of PSB strains helped to increase the growth and yield of spinach by 45.3-80.0%, also increased the total K content in spinach biomass as well as exchangeable K content in the soil, and simultaneously reduced up to 50% of the amount of inorganic potassium fertilizer. Thus, the two PSB strains, *Burkholderia vietnamiensis* L1.1 and *Staphylococcus hominis* T7.3, had a great potential to develop as microbial fertilizers to increase the growth and yield of crops, reduce chemical fertilizers, and implement friendly and sustainable agricultural production.

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định hiệu quả của hai dòng vi khuẩn hòa tan kali lên sinh trưởng, năng suất cây cải bó xôi (*Spinacia oleracea* L.) và một số đặc tính lý, hóa và sinh học đất ở điều kiện nhà lưới. Hạt cải bó xôi được chùng với dung dịch vi khuẩn có mật số 10^8 cfu/mL trong 24 giờ và được trồng trong điều kiện giảm 50% phân kali theo khuyến cáo cho cây cải bó xôi và có bổ sung rơm (1 tấn/ha). Kết quả cho thấy chủng vi khuẩn hòa tan kali kích thích tăng sinh trưởng và tăng năng suất cải bó xôi thêm 45,3-80,0%, tăng hàm lượng K_{is} trong rau và tăng hàm lượng K_{id} trong đất, đồng thời giảm được 50% lượng phân kali vô cơ theo khuyến cáo sau 1 vụ gieo trồng. Như vậy, hai dòng vi khuẩn hòa tan kali *Burkholderia vietnamiensis* L1.1 và *Staphylococcus hominis* T7.3 có tiềm năng để phát triển làm phân bón vi sinh giúp tăng sinh trưởng, năng suất cây trồng, giảm phân bón kali hóa học, thực hiện sản xuất nông nghiệp thân thiện và bền vững.

1. GIỚI THIỆU

Kali (K) là nguyên tố dinh dưỡng đa lượng, quan trọng thiết yếu thứ ba sau N, P và là nguyên tố được

cây trồng hấp thu nhiều nhất. Ngoài vai trò giúp cây trồng trao đổi chất tốt, K còn cải thiện chất lượng cây trồng vì giúp thân cây cứng chắc, chống đổ ngã,

tăng khả năng kháng bệnh và cũng giúp cây trồng chống chịu với stress từ môi trường (Hùng & Chinh, 2017). Hầu hết đất ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) có tỷ lệ K tổng số trong đất từ mức trung bình đến cao, nhưng 90-98% lượng K trong đất thường nằm ở dạng không hữu dụng cho cây trồng hấp thu (Hung và ctv., 2004). Do đó, tìm kiếm một giải pháp thích hợp để chuyển hóa dạng kali khó tiêu sang dạng hữu dụng bổ sung kali cho cây trồng, cải thiện cân bằng dinh dưỡng và duy trì sức khỏe của đất là cần thiết.

Áp dụng vi sinh vật kích thích sinh trưởng cây trồng (Plant Growth Promotion Microorganisms-PGPMs) trong đó có các vi sinh vật hòa tan các dạng khoáng khó tiêu được khuyến khích sử dụng trong canh tác nông nghiệp bền vững để đạt được những lợi ích tối đa, quản lý bền vững nguồn tài nguyên thiên nhiên và giảm thiểu tác động môi trường (Hungria et al., 2013). Vì vậy, sử dụng vi khuẩn hòa tan kali sẽ là một giải pháp mới an toàn, bền vững để chuyển hóa kali khó hòa tan sang dạng hòa tan trong đất. Các vi khuẩn hòa tan kali này có thể hòa tan kali khó tan trong đất thông qua việc tổng hợp và tiết ra các acid hữu cơ, vô cơ hoặc các proton (Parmar & Sindhu, 2013; Meena et al., 2014; Meena et al., 2015b). Nhiều nước trên thế giới từ lâu đã tích cực phân lập vi khuẩn hòa tan kali nhằm ứng dụng lên cây trồng, chúng được sử dụng như những yếu tố sinh học giúp cải thiện năng suất, chất lượng nông sản, bảo vệ môi trường và là một trong những biện pháp phát triển nông nghiệp bền vững, góp phần bảo vệ môi trường (Don và ctv., 2012). Tuy nhiên, các nghiên cứu về vi khuẩn hòa tan kali cũng như ứng dụng các nhóm vi khuẩn có chức năng này lên cây trồng còn ít phổ biến ở phạm vi trong nước. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá hiệu quả của hai dòng vi khuẩn hòa tan kali được phân lập *Burkholderia vietnamiensis* L1.1 và *Staphylococcus hominis* T7.3 từ đất trồng lúa và trồng tác ở tỉnh Hậu Giang và thành phố Cần Thơ lên sinh trưởng, năng suất cải bó xôi (*Spinacia oleracea* L.) và một số đặc tính đất.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Hai dòng vi khuẩn hòa tan kali được sử dụng trong nghiên cứu này là dòng vi khuẩn *Burkholderia vietnamiensis* L1.1 được phân lập từ đất trồng lúa tại huyện Châu Thành A, tỉnh Hậu Giang và dòng vi khuẩn *Staphylococcus hominis* T7.3 phân lập từ đất trồng tác tại huyện Phong Điền, thành phố Cần Thơ.

Hạt giống cải bó xôi là hạt giống F1 của Công ty TNHH Giống cây trồng Phú Nông có độ tinh sạch 99%, tỷ lệ nảy mầm >85%, giống chịu nhiệt, khoảng cách trồng hàng cách hàng 15 cm, cây cách cây 20 cm, thời gian thu hoạch 35 - 45 ngày sau gieo.

Đất thí nghiệm được thu từ nền đất mặt (độ sâu từ 0 đến 20 cm) của đất trồng lúa tại phường Thới An Đông, quận Bình Thủy, thành phố Cần Thơ. Đặc tính đất thí nghiệm được trình bày trong Bảng 1 cho thấy các chỉ số pH, EC, K trao đổi của đất phù hợp để trồng rau.

Rom sử dụng cho thí nghiệm là rom tươi được thu từ ruộng lúa khu vực thành phố Cần Thơ.

Bảng 1. Đặc tính hóa học và sinh học đất đầu vụ tại phường Thới An Đông, quận Bình Thủy, thành phố Cần Thơ

Đặc tính đất	Kết quả phân tích
pH _{H2O}	6,53
EC _(1:5)	0,17 (ms/S)
K trao đổi (K _{td})	0,44 (meq/100g)
Mật số vi khuẩn	7,12 (log ₁₀ CFU/g)
Mật số nấm	4,57 (log ₁₀ CFU/g)

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Chuẩn bị nguồn vi khuẩn

Các dòng vi khuẩn hòa tan kali *Burkholderia vietnamiensis* L1.1, *Staphylococcus hominis* T7.3 và hỗn hợp của chúng được nuôi tăng sinh riêng biệt trong bình tam giác 100 mL có chứa sẵn 30 mL môi trường TSB (Tryptone Soya Broth) tiệt trùng trong 3 ngày. Thành phần của môi trường TSB trong 1 lít gồm 17 g tryptone, 3 g soya peptone, 5 g sodium chloride và 2.5 g dipotassium hydrogen phosphate, 2.5 g dextrose. Sau đó, ta tiến hành thu - sinh khối vi khuẩn bằng cách chuyển dung dịch huyền phù vi khuẩn sang ống facon 50 mL, ly tâm 6.000 vòng/phút trong 5 phút, loại bỏ phần nước bên trên, tiếp tục cho 20 mL nước khử khoáng tiệt trùng vào để rửa sinh khối vi khuẩn, lặp lại quy trình rửa sinh khối vi khuẩn liên tục trong 3 lần và cuối cùng hiệu chỉnh dung dịch vi khuẩn bằng nước khử khoáng tiệt trùng về OD_{600nm} = 0,7. Mật số vi khuẩn của các dịch huyền phù vi khuẩn được xác định bằng phương pháp nhỏ giọt (Điệp & Hiệp, 2008) và hiệu chỉnh về mật số 10⁸ cfu/mL.

2.2.2. Cố định vi khuẩn vào xỉ than

Vi khuẩn được cố định vào trong xỉ than tổ ong trước khi bón vào đất theo phương pháp của Nghĩa và ctv. (2015) được mô tả tóm tắt như sau: xỉ than sau khi lấy về tiến hành nghiên nhỏ qua rây kích thước 2x2 mm. Xỉ than được rửa một lần qua nước,

sau đó sấy ở nhiệt độ 105°C trong 5 giờ, tiệt trùng trong 20 phút ở 121°C, để nguội. Tiếp theo, 20 mL huyền phù các dòng vi khuẩn hòa tan kali tương ứng với các nghiệm thức thí nghiệm được bổ sung ở mật số 5.10^9 cfu/20 mL vào lần lượt các ống ficol chứa xi than đã được tiệt trùng. Xi than được để yên trong tối, ở điều kiện nhiệt độ phòng thí nghiệm trong 24 giờ để hấp thu và cố định dịch vi khuẩn vào xi than. Cuối cùng, 20 g xi than đã cố định vi khuẩn được trộn vào đất ở độ sâu 0 -10 cm theo từng nghiệm thức thí nghiệm.

2.2.3. Chuẩn bị giống

Hạt giống cải bó xôi được tiệt trùng bằng dung dịch NaClO 1% trong 10 phút và cồn 70 % trong 1 phút, rửa sạch với nước cất tiệt trùng. Sau đó, hạt được ngâm trong các dung dịch huyền phù vi khuẩn riêng biệt ở mật số 10^8 cfu/mL trong 24 giờ. Hạt cải bó xôi của nghiệm thức đối chứng không chủng vi khuẩn được ngâm trong nước cất tiệt trùng. Sau 24 giờ ngâm, hạt được gieo với số lượng 10 hạt/chậu, 7 ngày sau khi gieo tiến hành tỉa và chọn lại 3 cây cải bó xôi/chậu.

2.2.4. Chuẩn bị đất thí nghiệm

Mẫu đất thí nghiệm được băm nhuyễn và trộn đều thành mẫu chung. Sau đó, đất được lần lượt cho

vào mỗi chậu nhựa thí nghiệm với lượng 7,25 kg đất tươi (độ ẩm đất 31%) tương đương 5 kg đất khô kiệt.

Rơm được cắt nhỏ thành đoạn ngắn 1-2 cm và cân với lượng 3,30 g (tương đương 1 tấn rơm tươi/ha) cho vào các chậu ở những nghiệm thức bón rơm và tiến hành trộn đều rơm vào đất ở độ sâu 0-10 cm lớp đất mặt, để ổn định 2 tuần trước khi gieo hạt.

2.2.5. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện theo thể thức hoàn toàn ngẫu nhiên với 6 nghiệm thức và 3 lần lặp lại trong 45 ngày tại nhà lưới của Bộ môn Khoa học đất, Trường Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ. Công thức phân bón khuyến cáo cho cây cải bó xôi là 120N-90P₂O₅-180K₂O-20MgO (Hùng & Chinh, 2017). Các nghiệm thức thí nghiệm được liệt kê trong Bảng 2.

Liều lượng và thời gian bón phân hóa học cho cải bó xôi trong thí nghiệm được trình bày trong Bảng 2. Cỏ dại và sâu bệnh hại được kiểm tra thường xuyên và loại bỏ bằng tay. Lịch bón phân vô cơ cho cải bó xôi được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 2. Nghiệm thức thí nghiệm bố trí trong nhà lưới cho cây cải bó xôi

Nghiệm thức	Công thức
NT1	Không bón phân
NT2	120N-90P ₂ O ₅ -180K ₂ O-20MgO
NT3	120N-90P ₂ O ₅ -90K ₂ O-20MgO + 1 tấn rơm
NT4	120N-90P ₂ O ₅ -90K ₂ O-20MgO + 1 tấn rơm + VK L1.1
NT5	120N-90P ₂ O ₅ -90K ₂ O-20MgO + 1 tấn rơm + VK T7.3
NT6	120N-90P ₂ O ₅ -90K ₂ O-20MgO + 1 tấn rơm + hỗn hợp 2 VK

Bảng 3. Liều lượng và thời gian bón phân hóa học cho thí nghiệm (g/chậu)

Loại phân bón	Công thức kg/ha	Lần 1 (7NSG) (%)	Lần 2 (21NSG) (%)	Lần 3 (28NSG) (%)	Lần 4 (35NSG) (%)
N	120	25	25	25	25
P ₂ O ₅	90	25	25	25	25
K ₂ O	180/90	25	25	25	25
MgSO ₄	20	100	0	0	0

Ghi chú: NSG: ngày sau gieo

2.2.6. Các chỉ tiêu theo dõi

Chỉ tiêu nông học và năng suất rau bó xôi: Các chỉ tiêu nông học được thu thập vào các giai đoạn 15, 30 và 45 ngày sau gieo (NSG) gồm chiều cao cây tính từ gốc cây đến phần chóp ngọn cao nhất và tiến hành đo 3 cây trên mỗi chậu; chiều dài lá tính

từ nách lá đến phần chóp ngọn cao nhất và tiến hành đo 3 lá lớn nhất trên mỗi chậu; chiều rộng lá tính từ khoảng cách của 2 bên của phiến lá rộng nhất và tiến hành đo 3 lá lớn nhất trên mỗi chậu; số lá là đếm tổng số lá trên cây, đếm 3 cây trên mỗi chậu; năng suất cải bó xôi được tính bằng tổng khối lượng rau tươi/chậu.

Hàm lượng kali tổng số trong cải bó xôi được phân tích theo phương pháp hấp thu nguyên tử ở bước sóng $\lambda = 766$ nm (Houba, 1988).

Đặc tính đất gồm các chỉ tiêu pH_{H2O}, EC_(1:5), K trao đổi (K_{td}), mật số vi khuẩn và nấm trong đất được thực hiện vào thời điểm sau thí nghiệm. Giá trị pH_{H2O} và EC_(1:5) của đất được phân tích theo phương pháp của Sparks et al. (1996). Hàm lượng K_{td} được trích với BaCl₂ 0,1M, sau đó đo trên máy hấp thu nguyên tử ở bước sóng $\lambda = 766$ nm (Sparks

et al., 1996). Mật số vi khuẩn và nấm trong đất được xác định theo phương pháp của Điệp và Hiệp (2008).

2.3. Phân tích số liệu

Các số liệu thí nghiệm được phân tích ANOVA bằng phần mềm Minitab 16.2.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của vi khuẩn *B. vietnamiensis* L1.1, *S. hominis* T7.3 lên sinh trưởng và năng suất cải bó xôi

3.1.1. Chiều cao cây

Hiệu quả của dòng vi khuẩn hòa tan kali lên chiều cao cây cải bó xôi ở thời điểm 15, 30 và 45 NSG được trình bày trong Bảng 4. Kết quả cho thấy chiều cao cây của các nghiệm thức tăng dần theo thời gian thí nghiệm và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) giữa các nghiệm thức ở cả 3 thời điểm thu mẫu. Nhìn chung, nghiệm thức chủng 2 dòng vi khuẩn hòa tan kali và hỗn hợp 2 dòng vi khuẩn này cho hiệu quả tốt đối với khả năng kích thích gia tăng chiều cao cây cải bó xôi và hiệu quả này thể hiện sớm ngay giai đoạn 15 ngày sau khi gieo so với các nghiệm thức không chủng vi khuẩn. Thời điểm 15 ngày sau khi gieo, 3 nghiệm thức có chủng vi khuẩn cho chiều cao cây cao nhất và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với 3 nghiệm thức đối chứng không chủng vi khuẩn, với chiều cao cây 13,3-13,6 cm so với 3 nghiệm thức không chủng vi khuẩn có chiều cao 8,22-10,9 cm.

Bảng 4. Chiều cao cây cải bó xôi tại các thời điểm khảo sát ở điều kiện nhà lưới

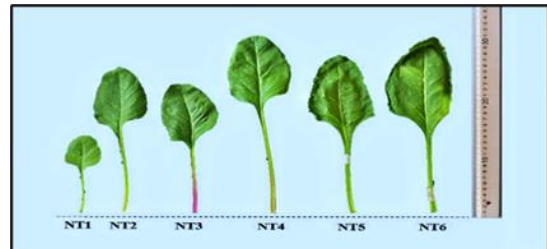
Nghiệm thức	Chiều cao cây (cm)		
	15NSG	30NSG	45NSG
NT1	8,22 ^c	13,5 ^e	17,1 ^d
NT2	10,9 ^b	20,5 ^c	29,7 ^b
NT3	10,1 ^b	12,2 ^d	23,9 ^c
NT4	13,3 ^a	27,8 ^a	31,1 ^{ab}
NT5	13,3 ^a	25,2 ^b	32,4 ^{ab}
NT6	13,6 ^a	26,8 ^{ab}	32,8 ^a
F	*	*	*
CV (%)	19,2	18,1	24,8

*Ghi chú: * là khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ở mức ý nghĩa 5%. Trong cùng một cột, các giá trị trung bình có chữ cái (a,b,c) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5% qua phép thử Tukey's.

Giai đoạn 30 ngày sau khi gieo, cả ba nghiệm thức chủng vi khuẩn hòa tan kali tiếp tục cho chiều cao cây cao nhất, dao động từ 25,2 đến 27,8 cm, trong đó, nghiệm thức chủng dòng vi khuẩn *B.*

vietnamiensis L1.1 cho chiều cao cây cao nhất (27,8 cm), cao hơn và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với tất cả các nghiệm thức còn lại. Trong khi đó, hai nghiệm thức chủng vi khuẩn T7.3 và nghiệm thức chủng hỗn hợp 2 dòng vi khuẩn *B. vietnamiensis* L1.1 và *S. hominis* T7.3 lần lượt cho chiều cao cây đạt 25,2 và 26,8 cm và hai nghiệm thức này khác biệt không có ý nghĩa thống kê về chiều cao cây khi so sánh với nhau ($p > 0,05$), nhưng cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với ba nghiệm thức không chủng vi khuẩn còn lại.

Ở giai đoạn thu hoạch (45 NSG), chiều cao cây cải bó xôi của các nghiệm thức dao động từ 17,1 cm đến 32,8 cm. Bảng 3 và Hình 1 cho thấy nghiệm thức 6 chủng hỗn hợp hai dòng vi khuẩn cho chiều cao cây đạt 32,8 cm, cao nhất và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với các nghiệm thức còn lại. Chiều cao cây cải bó xôi cao xếp thứ 2 và 3 là hai nghiệm thức 5 và nghiệm thức 6 chủng dòng vi khuẩn *S. hominis* T7.3 và *B. vietnamiensis* L1.1 với chiều cao cây đạt lần lượt 31,1 và 32,4 cm trong khi nghiệm thức bón phân NPK theo khuyến cáo có chiều cao cây là 29,7 cm.



Hình 1. Chiều cao cây cải bó xôi của các nghiệm thức tại thời điểm thu hoạch

Kết quả này cho thấy giảm 50% kali nhưng chủng 2 dòng vi khuẩn hòa tan kali *B. vietnamiensis* L1.1 và *S. hominis* T7.3 kết hợp bón 1 tấn rơm tươi/ha giúp chiều cao cây cải bó xôi ương đương hoặc cao hơn so với nghiệm thức bón NPK theo khuyến cáo. Như vậy, 2 dòng vi khuẩn hòa tan kali thí nghiệm có hiệu quả tốt lên kích thích gia tăng chiều cao cây cải bó xôi.

3.1.2. Chiều dài lá

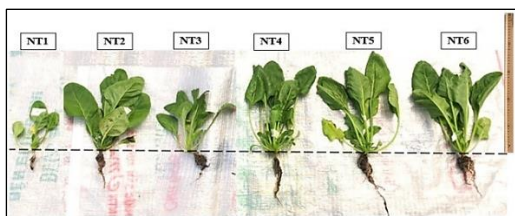
Chiều dài lá cải bó xôi tại thời điểm 15, 30 và 45 ngày sau khi gieo, trồng trong chậu ở điều kiện nhà lưới được trình bày trong Bảng 5. Kết quả cho thấy chiều dài lá của các nghiệm thức tăng dần theo thời gian thí nghiệm và có khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với nhau ở cả 3 thời điểm khảo sát.

Giai đoạn 15 và 30 ngày sau khi gieo, chiều dài lá cải có cùng xu hướng với nhau và cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa giữa nghiệm thức có chủng và không chủng vi khuẩn hòa tan kali, trong đó 3 nghiệm thức có chủng vi khuẩn cho thấy có sự vượt trội về chiều dài lá so với nghiệm thức bón 100% NPK theo khuyến cáo, nghiệm thức bón giảm 50% kali có bón rom và nghiệm thức không bón phân. Xu hướng này được duy trì đến thời điểm thu hoạch (Hình 2) khi 3 nghiệm thức có chủng vi khuẩn cho chiều dài lá dài hơn ($p < 0,05$) và dao động trong khoảng 30,1-30,8 cm trong khi 3 nghiệm thức không chủng vi khuẩn có chiều dài lá từ 15,6 đến 29,6 cm. Trong đó, nghiệm thức bón 120N-90P₂O₅-90K₂O-20MgO + 1 tấn rom + VK T7.3 cho chiều dài lá dài nhất và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$). Như vậy, kết quả này cho thấy việc chủng 2 dòng vi khuẩn hòa tan kali *B. vietnamiensis* L1.1 và *S. hominis* T7.3 có bón lót 1 tấn rom tươi kết hợp giảm 50% kali giúp chiều dài lá cải bó xôi dài hơn so với nghiệm thức bón đầy đủ 100% NPK theo khuyến cáo.

Bảng 5. Chiều dài lá cải bó xôi tại thời điểm khảo sát ở điều kiện nhà lưới

Nghiệm thức	Chiều dài lá (cm)		
	15NSG	30NSG	45NSG
NT1	7,90 ^e	11,7 ^e	15,6 ^e
NT2	10,8 ^c	20,2 ^c	29,6 ^c
NT3	8,67 ^d	17,8 ^d	23,4 ^d
NT4	13,1 ^a	27,1 ^a	30,1 ^{bc}
NT5	12,3 ^b	24,6 ^b	30,8 ^a
NT6	12,9 ^{ab}	25,6 ^{ab}	30,5 ^{ab}
F	*	*	*
CV (%)	19,2	26,4	21,0

*Ghi chú: * là khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ở mức ý nghĩa 5%. Trong cùng một cột, các giá trị trung bình có chữ cái (a,b,c,d) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5% qua phép thử Tukey.



Hình 2. Chiều dài lá cải bó xôi của các nghiệm thức tại thời điểm thu hoạch

3.1.3. Chiều rộng lá

Tương tự, kết quả khảo sát chiều rộng lá cải bó xôi cũng cho thấy ở các nghiệm thức chủng vi khuẩn

hòa tan kali tăng nhanh theo thời gian và lớn hơn so với các nghiệm thức không chủng vi khuẩn ($p < 0,05$) ở cả 3 thời điểm khảo sát (Bảng 6). Nhìn chung, chiều rộng lá của ba nghiệm thức chủng vi khuẩn hòa tan kali lớn hơn ($p < 0,05$) các nghiệm thức không chủng vi khuẩn ở cả 3 thời điểm khảo sát, tuy nhiên, không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) giữa 3 nghiệm thức không chủng vi khuẩn. Tóm lại, kết quả này cho thấy khi giảm 50% lượng phân bón kali theo khuyến cáo kết hợp chủng các dòng vi khuẩn hòa tan kali bổ sung 1 tấn rom/ha giúp cho chiều rộng lá cải bó xôi tương đương đến cao hơn so với nghiệm thức bón đầy đủ 100% NPK vô cơ theo khuyến cáo.

Bảng 6. Chiều rộng lá của cây cải bó xôi tại các thời điểm khảo sát ở điều kiện nhà lưới

Nghiệm thức	Chiều rộng lá (cm)		
	15NSG	30NSG	45NSG
NT1	1,84 ^c	3,37 ^e	4,33 ^d
NT2	2,61 ^{bc}	6,78 ^c	10,28 ^a
NT3	2,43 ^c	5,06 ^d	8,03 ^c
NT4	3,56 ^a	7,26 ^{bc}	9,46 ^b
NT5	3,33 ^{ab}	7,93 ^{ab}	10,26 ^{ab}
NT6	3,53 ^a	8,86 ^a	10,42 ^a
F	*	*	*
CV (%)	19,2	19,2	24,4

*Ghi chú: * là khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ở mức ý nghĩa 5%. Trong cùng một cột, các giá trị trung bình có chữ cái (a,b,c,d) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5% qua phép thử Tukey.

3.1.4. Tổng số lá

Kết quả phân tích tổng số lá cải bó xôi trình bày trong Bảng 7 cũng cho thấy có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) giữa các nghiệm thức ở 3 thời điểm khảo sát và nhìn chung các nghiệm thức có chủng vi khuẩn hòa tan kali có số lá nhiều hơn so với các nghiệm thức không chủng vi khuẩn ($p < 0,05$).

Số lá/cây gia tăng nhanh nhất và đạt số lượng lá nhiều nhất thuộc về nghiệm thức NT6 (120N-90P₂O₅-90K₂O-20MgO + 1 tấn rom + hỗn hợp 2 VK) với 15 lá/cây ở thời điểm thu hoạch và khác biệt thống kê so với nghiệm thức bón phân theo khuyến cáo (NT2) chỉ 10 lá/cây ($p < 0,05$). Rõ ràng rằng các nghiệm thức có số lá khác biệt với nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) và được xếp theo thứ tự giảm dần như sau: NT6 > NT4 > NT5 > NT2, NT3 > NT1. Như vậy, kết quả này cho thấy việc chủng hai dòng vi khuẩn hòa tan kali *B. vietnamiensis* L1.1 và *S. hominis* T7.3 kết hợp bón 1 tấn rom tươi/ha sẽ

giúp giảm được 50% K đồng thời tăng tổng số lá cải bó xôi so với nghiệm thức bón phân vô cơ theo khuyến cáo.

Bảng 7. Số lá/cây cải bó xôi tại các thời điểm khảo sát ở điều kiện nhà lưới

Nghiệm thức	Số lá/cây (lá)		
	15NSG	30NSG	45NSG
NT1	3 ^c	5 ^f	6 ^e
NT2	4 ^c	7 ^d	10 ^d
NT3	4 ^c	6 ^e	10 ^d
NT4	5 ^b	9 ^c	13 ^b
NT5	6 ^a	10 ^b	12 ^c
NT6	6 ^a	11 ^a	15 ^a
F	*	*	*
CV (%)	19,2	20,0	26,2

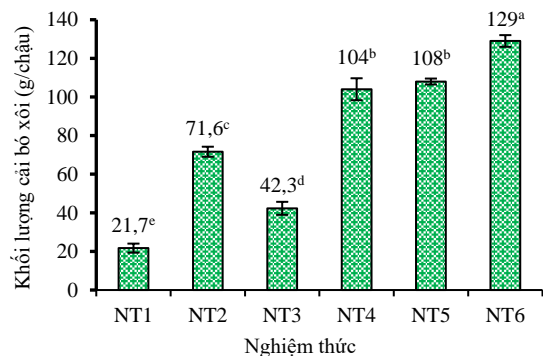
*Ghi chú: * là khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ở mức ý nghĩa 5%. Trong cùng một cột, các giá trị trung bình có chữ theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5% qua phép thử Tukey.

3.1.5. Năng suất cải bó xôi ở điều kiện nhà lưới

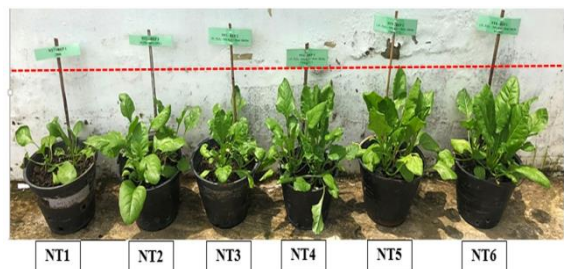
Kết quả Hình 3 và Hình 4 cho thấy các nghiệm thức chủng vi khuẩn hòa tan kali cho khối lượng cải bó xôi thu hoạch dao động từ 104 đến 129 g/chậu, cao hơn có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với các nghiệm thức còn lại với khối lượng rau tươi dao động từ 21,7 đến 42,3 g/chậu. Đặc biệt, năng suất rau nghiệm thức NT6 chủng hỗn hợp 2 dòng vi khuẩn hòa tan kali cho khối lượng cải bó xôi tươi cao nhất (129 g/chậu) và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) với 5 nghiệm thức còn lại. Kế đến là nghiệm thức NT4 chủng dòng vi khuẩn *S. hominis* T7.3 và nghiệm thức NT5 chủng dòng vi khuẩn L1.1 với khối lượng rau tươi lần lượt đạt 104 và 108 g/chậu. Cả 3 nghiệm thức này đều cho khối lượng rau tươi cao hơn gấp 2,5 lần so với nghiệm thức NT3 có cùng mức phân vô cơ, rom và làm tăng thêm năng suất cải bó xôi từ 45% đến 80% so với nghiệm thức NT2 chỉ bón phân hóa học theo khuyến cáo. Như vậy, kết quả cho thấy việc chủng hai dòng vi khuẩn hòa tan kali *B. vietnamiensis* L1.1 và *S. hominis* T7.3 riêng lẻ hoặc kết hợp chủng tổ hợp hai dòng vi khuẩn hòa tan kali trong điều kiện bổ sung 1 tấn rom tươi/ha và giảm 50% K vẫn giúp tăng năng suất cải bó xôi từ 45% đến 80% so với nghiệm thức bón phân hóa học theo khuyến cáo.

Tóm lại, kết quả khảo sát sinh trưởng và năng suất của cải bó xôi ở các nghiệm thức đều cho cùng một xu hướng. Ba nghiệm thức chủng vi khuẩn hòa tan kali gồm NT4, NT5 và NT6 cho các chỉ tiêu về sinh trưởng và năng suất cao hơn; khác biệt ý nghĩa

thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức không chủng vi khuẩn nhưng được bón cùng 1 nền phân bón và bón rom (giảm 50% kali và bón 1 tấn rom tươi/ha); đồng thời cao hơn cả nghiệm thức bón phân NPK theo khuyến cáo. Kết quả này cho thấy vai trò và hiệu quả rất lớn của hai dòng vi khuẩn hòa tan kali *B. vietnamiensis* L1.1 và *S. hominis* T7.3 trong việc làm gia tăng các chỉ tiêu về sinh trưởng như chiều cao cây, kích thước lá, tổng số lá dẫn đến tăng khối lượng rau tươi/chậu, đặc biệt là chủng kết hợp 2 dòng vi khuẩn này đã cho hiệu quả cao nhất. Kết quả này tương tự với các nghiên cứu về vi khuẩn hòa tan kali giúp chuyển hóa kali từ không hòa tan sang dạng hòa tan trong đất và trong xác bã thực vật thông qua việc sản xuất và tiết ra các enzyme, acid hữu cơ, vô cơ, chelate hóa và tiết ra các proton (Meena 2015, 2016), giúp cây trồng hấp thu hiệu quả dưỡng chất kali trong đất, kích thích sinh trưởng và năng suất cây trồng (Bakhshandeh et al., 2017; Xiao et al., 2017). Điều này có thể lý giải là do hai dòng vi khuẩn hòa tan kali khảo sát trong nghiên cứu này đã giúp chuyển hóa tốt nguồn kali chứa trong rom và hòa tan cả nguồn kali có sẵn trong đất dưới các dạng không hữu dụng thành dạng kali hữu dụng cho cây cải bó xôi hấp thu tạo sinh khối tốt hơn so với các nghiệm thức chỉ đơn thuần bón phân NPK vô cơ.



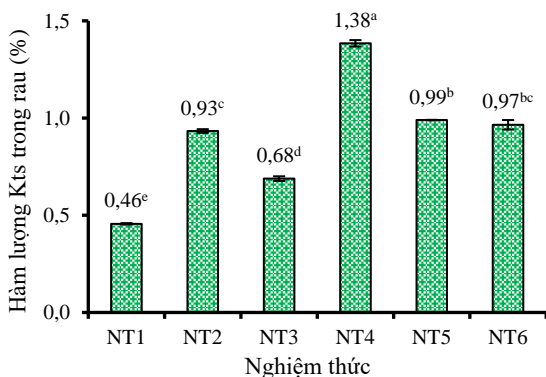
Hình 3. Khối lượng cải bó xôi ở thời điểm thu hoạch của các nghiệm thức



Hình 4. Hình thái cây cải bó xôi của các nghiệm thức sau 45 ngày gieo ở điều kiện nhà lưới

3.1.6. Hàm lượng kali trong cải bó xôi

Kết quả phân tích hàm lượng kali tổng số (K_{ts}) trong cải bó xôi ở thời điểm thu hoạch trong Hình 5 cho thấy các nghiệm thức khác nhau cho hàm lượng K_{ts} khác biệt nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Cụ thể, 3 nghiệm thức có chung vi khuẩn hoà tan kali (NT4, NT5 và NT6) cho hàm lượng K_{ts} trong rau lần lượt 1,38; 0,99 và 0,97%, cao hơn có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với các nghiệm thức còn lại gồm nghiệm thức cùng nền phân bón NP nhưng giảm 50% kali có hàm lượng K_{ts} là 0,68% và bón đầy đủ 100% kali theo khuyến cáo có hàm lượng kali 0,93%. Trong đó, nghiệm thức chủng dòng vi khuẩn *B. vietnamiensis* L1.1 cho lượng K_{ts} đạt cao nhất (1,38%) và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với tất cả các nghiệm thức còn lại và cao hơn so với nghiệm thức đối chứng NT2 bón đầy đủ kali theo khuyến cáo (0,93%). Các nghiệm thức NT5 và NT6 có hàm lượng K_{ts} khác nhau không ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức bón đầy đủ kali theo khuyến cáo. Điều này cho thấy 2 dòng vi khuẩn hòa tan kali đã hòa tan kali trong đất và chuyển hóa kali trong rơm tạo ra nguồn kali hữu dụng để cung cấp cho cải bó xôi thay thế 50% kali đã giảm trong phân bón; kết quả dẫn đến hàm lượng K_{ts} trong rau dao động từ mức tương đương cho đến cao hơn so với nghiệm thức bón phân kali theo khuyến cáo. Như vậy, kết quả này cho thấy việc giảm lượng phân kali lên đến 50% với công thức khuyến cáo nhưng bổ sung rơm tươi (1 tấn/ha) kết hợp chủng vi khuẩn hòa tan kali cho hiệu quả hấp thu kali vào sinh khối cải bó xôi tốt hơn, giúp cây sinh trưởng, phát triển tốt và gia tăng năng suất rau bó xôi.

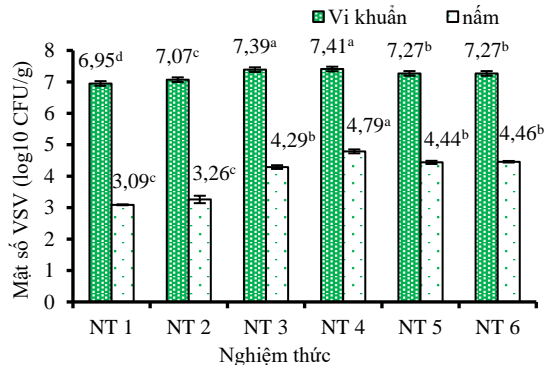


Hình 5. Hàm lượng kali tổng số trong cải bó xôi của các nghiệm thức ở thời điểm kết thúc thí nghiệm

3.2. Ảnh hưởng của vi khuẩn kali *B. vietnamiensis* L1.1, *S. hominis* T7.3 lên đặc tính đất ở điều kiện nhà lưới

3.2.1. Mật số vi khuẩn và nấm trong đất

Đối với mật số vi khuẩn, kết quả khảo sát ở thời điểm kết thúc thí nghiệm trình bày trong Hình 6 cho thấy các nghiệm thức khác nhau có mật số vi khuẩn trong đất khác biệt nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) và dao động trong khoảng 6,95-7,41 \log_{10} CFU/g.



Hình 6. Mật số vi khuẩn và nấm trong đất của các nghiệm thức ở thời điểm thu hoạch

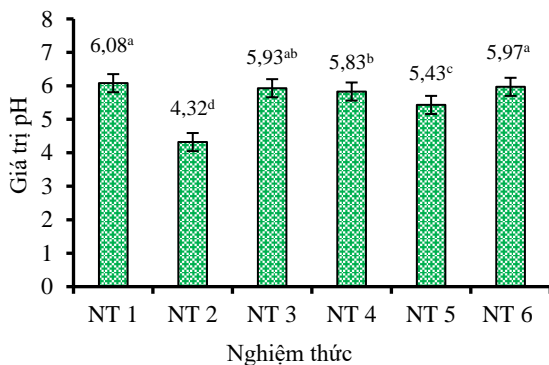
Nhìn chung, các nghiệm thức có bón rơm tươi (NT3, NT4, NT5 và NT6) cho mật số vi khuẩn trong đất cao hơn và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với các nghiệm thức không bón rơm (NT1 và NT2). Cụ thể, trong số các nghiệm thức bón rơm, nghiệm thức có chủng dòng vi khuẩn *B. vietnamiensis* L1.1 và *S. hominis* T7.3 có mật số vi khuẩn trong đất lần lượt là 7,39 và 7,41 \log_{10} CFU/g, cao hơn và khác biệt ý nghĩa thống kê khi so sánh với các nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$), nhưng không khác biệt ý nghĩa thống kê khi so sánh với nhau ($p < 0,05$). Nghiệm thức không bón phân cho mật số vi khuẩn thấp nhất là 6,95 \log_{10} CFU/g. Điều này cho thấy bổ sung rơm làm tăng mật số vi khuẩn có ý nghĩa thống kê, trong khi chủng vi khuẩn hòa tan kali vào hạt chưa làm gia tăng có ý nghĩa thống kê mật số vi khuẩn trong đất qua 1 vụ thí nghiệm.

Tương tự, kết quả phân tích mật số nấm trong đất của các nghiệm thức cũng cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với nhau. Trong đó, các nghiệm thức bón rơm 1 tấn/ha giúp gia tăng mật số nấm trong đất và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với các nghiệm thức không bón rơm. Cụ thể, các nghiệm NT4 cho mật số nấm trong đất đạt 4,79 \log_{10} CFU/g, cao nhất và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với các nghiệm thức còn lại. Ba nghiệm thức bón

rom còn lại gồm nghiệm thức NT3, NT5 và NT6 cho mật số nấm trong đất lần lượt đạt 4,29, 4,44 và 4,46 \log_{10} CFU/g, khác biệt không có ý nghĩa khi so sánh với nhau ($p>0,05$), nhưng vẫn cao hơn có ý nghĩa thống kê khi so sánh với hai nghiệm thức không bón rom còn lại là NT1 và NT2 ($p<0,05$) với mật số nấm tương ứng là 3,09 và 3,26 \log_{10} CFU/g; hai nghiệm thức này không khác biệt thống kê ($p>0,05$) khi so sánh với nhau về mật số nấm sau 1 vụ rau thí nghiệm.

3.2.2. pH đất

Hình 8 trình bày kết quả khảo sát pH đất sau 1 vụ thí nghiệm cho thấy pH đất của các nghiệm thức có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) khi so sánh với nhau. Nghiệm thức không bón phân cho đất có giá trị pH cao nhất là 6,08, trong khi nghiệm thức bón phân hóa học theo khuyến cáo làm đất trở nên chua mạnh hơn và có pH đất thấp nhất là 4,32, khác biệt ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) khi so sánh với các nghiệm thức còn lại. Hai nghiệm thức NT3 và NT6 giúp duy trì pH đất tốt với giá trị pH chỉ giảm nhẹ và không khác biệt thống kê so với nghiệm thức không bón phân vô cơ (pH 5,93 của NT3 và pH 5,97 của NT6). Trong khi 2 nghiệm thức NT4 và NT5 chủng dòng vi khuẩn L1.2 và dòng vi khuẩn *S. hominis* T7.3 cho giá trị pH 5,43 và pH 5,59 giảm nhẹ và khác biệt thống kê khi so sánh với các nghiệm thức không bón phân cơ (NT1).

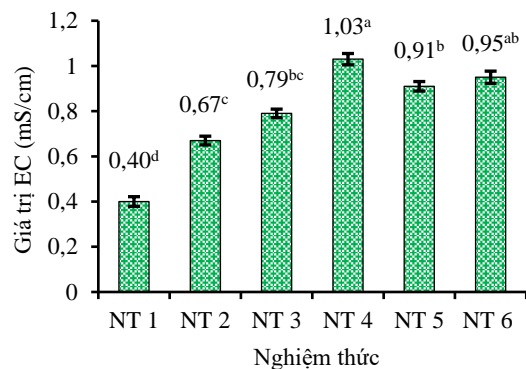


Hình 8. Giá trị pH đất của các nghiệm thức ở thời điểm thu hoạch

Như vậy, kết quả này cho thấy nếu chỉ bón phân hóa học làm cho pH đất giảm xuống nhanh đáng kể so với nghiệm thức đối chứng không bón phân và khi giảm phân hóa học có kết hợp bổ sung rom (1 tấn/ha) và chủng vi khuẩn hòa tan K giúp duy trì pH đất tốt hơn và tương đương với nghiệm thức đối chứng không bón phân hóa học.

3.2.3. EC đất

Kết quả khảo sát giá trị EC đất ở thời điểm kết thúc thí nghiệm cho thấy có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) khi so sánh với nhau (Hình 9). Giá trị EC trong đất của các nghiệm thức thí nghiệm được sắp xếp theo thứ tự giảm dần như sau: NT4 chủng vi khuẩn *B. vietnamiensis* L1.1 (1,03 mS/cm) > NT6 chủng hai dòng vi khuẩn (0,95 mS/cm) > NT5 chủng dòng vi khuẩn T7.3 (0,91 mS/cm) > NT3 bón 1 tấn rom/ha (0,79 mS/cm) > NT2 bón NPK khuyến cáo (0,67 mS/cm) > NT1 không bón phân (0,40 mS/cm). Giá trị EC trong đất không nhiễm mặn cũng có mối liên hệ với lượng dinh dưỡng trong đất; do đó nghiệm thức có EC cao trong đất không nhiễm mặn có nghĩa là lượng dinh dưỡng hữu dụng trong đất được tăng cường (Hung và ctv. 2004). Kết quả cho thấy các nghiệm thức có chủng vi khuẩn cho giá trị EC đất cao hơn so với nghiệm thức bón cùng công thức phân bón nhưng không chủng vi khuẩn hòa tan K (NT3). Nghiệm thức bón NPK theo khuyến cáo cho giá trị EC thấp hơn so với nghiệm thức 3 bón 1 tấn rom tươi/ha và các nghiệm thức chủng vi khuẩn hòa tan kali. Như vậy, việc chủng vi khuẩn hòa tan kali kết hợp bón 1 tấn rom/ha làm tăng giá trị EC trong đất, là 1 trong những điều kiện thuận lợi cho sự sinh trưởng, phát triển và làm tăng năng suất cây rau (Minh, 2020).

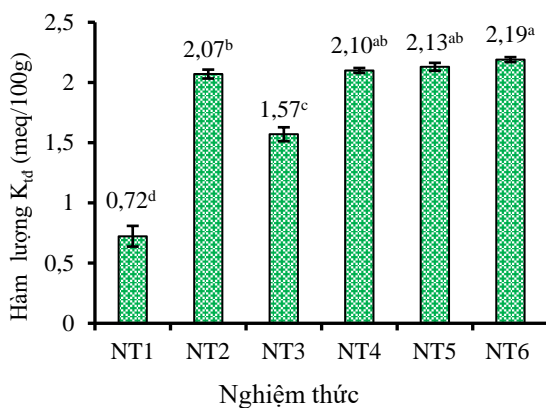


Hình 9. Giá trị EC đất của các nghiệm ở thời điểm thu hoạch

3.2.4. Kali trao đổi trong đất

Kali trao đổi (K_{td}) trong đất là một chỉ tiêu quan trọng đánh giá khả năng cung cấp kali và các cation khác trong đất cho cây trồng hấp thu. Kết quả khảo sát hàm lượng K_{td} trong đất của các nghiệm thức thí nghiệm tại thời điểm kết thúc thí nghiệm được trình bày trong Hình 10 cho thấy hàm lượng K_{td} trong đất của các nghiệm thức dao động trong khoảng từ 0,73 đến 2,19 meq/100g và có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) khi so sánh với nhau. Nghiệm thức 6

chúng hai dòng vi khuẩn hòa tan kali có hàm lượng K_{td} trong đất cao nhất (2,19 meq/100g), khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với các nghiệm thức còn lại, tuy nhiên khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức có chúng dòng vi khuẩn *S. hominis* T7.3 (2,13 meq/100g) và nghiệm thức chúng vi khuẩn *B. vietnamiensis* L1.1 (2,10 meq/100g) trong khi nghiệm thức chỉ bón phân hóa học theo khuyến cáo có hàm lượng K_{td} là 2,07 meq/100g và nghiệm thức NT3 bón rơm nhưng không chúng vi khuẩn có hàm lượng K_{td} là 1,57 meq/100g. Như vậy, dù giảm 50% lượng phân bón kali hóa học trong công thức phân bón khuyến cáo nhưng khi chúng các dòng vi khuẩn hòa tan kali và bổ sung rơm tươi 1 tấn/ha vẫn làm cho hàm lượng K_{td} trong đất tương đương với nghiệm thức bón NPK theo khuyến cáo. Hàm lượng K_{td} trong đất tăng lên ở các nghiệm thức giảm phân kali có chúng vi khuẩn (NT4, NT5, NT6) có thể giải thích là do các dòng vi khuẩn hòa tan K khi được chúng vào trong đất đã giúp phân giải và phóng thích kali từ rơm hoặc vi khuẩn giúp hòa tan các dạng kali khó tan thành kali hòa tan giúp hàm lượng K_{td} của đất ở các nghiệm thức có bón rơm và chúng vi khuẩn hòa tan kali tăng lên. Kết quả này tương tự với các kết quả nghiên cứu trước đây về vi khuẩn hòa tan kali (Subhashini & Kumar, 2014; Ma et al., 2016).



Hình 10. Hàm lượng kali trao đổi trong đất của các nghiệm thức ở thời điểm thu hoạch

Kết quả nghiên cứu hiệu quả của các dòng vi khuẩn hòa tan kali lên sinh trưởng, năng suất cây cải bó xôi và các đặc tính đất trong nghiên cứu này tương tự như các kết quả nghiên cứu của các tác giả khác đã công bố trước đó. Cụ thể, Ali et al. (2019) đánh giá hiệu quả của dòng vi khuẩn hòa tan kali *Bacillus cereus* lên năng suất cây khoai tây ở điều kiện đồng ruộng đã cho thấy việc ứng dụng dòng vi khuẩn hòa tan kali đã làm tăng chiều cao cây, tăng

số nhánh, tăng trọng lượng củ và tăng năng suất khoai tây lần lượt là 14,27 và 11% làm tăng khả năng hấp thu N, P, K của cây và làm tăng N, P, K trong sinh khối tươi 50% so với nghiệm thức đối chứng không chúng vi khuẩn, làm tăng pH của đất, ổn định EC đất, tăng chất hữu cơ trong đất cũng như làm gia tăng đạm hữu dụng, lân hữu dụng và kali hữu dụng trong đất. Trước đó, nghiên cứu của Anjanadevi et al. (2016) đã cho thấy 2 dòng vi khuẩn hòa tan kali phân lập đã làm tăng năng suất khoai nua chân voi thêm khoảng 19% so với bón phân theo khuyến cáo. Trên cây cải bó xôi (*Spinacia oleracea* L.), Jiménez-Gómez et al. (2018) đã công bố rằng chúng vi khuẩn *Rhizobium* giúp cây cải tăng số lá, kích thước, trọng lượng lá, hàm lượng chlorophyll và năng suất thu hoạch cũng như tăng hàm lượng đạm trong lá so với nghiệm thức đối chứng không chúng vi khuẩn. Các kết quả tương tự cũng tìm được trong các nghiên cứu của Awasthi et al. (2011), Lynn et al. (2013) và Meena et al. (2015b). Đối với sức khỏe của đất, Lee (2010) đã nghiên cứu hiệu quả của việc bón phân hữu cơ vi sinh lên đặc tính hóa học và mật số vi khuẩn đất trong trồng hành ở điều kiện đồng ruộng cho thấy nghiệm thức chỉ bón phân hóa học làm cho đất trở nên chua hơn (pH giảm) và EC tăng cao hơn so với nghiệm thức bón phân hữu cơ dạng rắn. Ngoài ra, bổ sung phân hữu cơ vi sinh giúp gia tăng mật số vi khuẩn hiếu khí và xạ khuẩn trong đất (Lee, 2010). Điều này phù hợp với kết luận của Dawwam et al. (2013) cho rằng việc áp dụng phân vi sinh hòa tan kali sẽ là giải pháp bền vững để cung cấp dinh dưỡng, làm phát triển bộ rễ, tăng sinh trưởng và năng suất cây trồng.

Tại Việt Nam, nghiên cứu của Quốc và ctv. (2012) cho thấy hỗn hợp 3 dòng vi khuẩn hòa tan kali *Rhizobium tropici*, *Bacillus subtilis* và *Rhizobium multihospitium* giúp tăng chiều cao và năng suất cây hành lá và mỏng tơi so với nghiệm thức đối chứng bón phân hóa học theo khuyến cáo. Khi sử dụng hỗn hợp các dòng vi khuẩn mà không bón phân hóa học cho năng suất trung bình tăng 1,29 lần so với nghiệm thức đối chứng, trong khi bón hoàn toàn phân hóa học giúp năng suất trung bình tăng 1,69 lần so với nghiệm thức đối chứng và bón 25% phân hóa học kết hợp chúng 3 dòng vi khuẩn cho năng suất trung bình tăng 1,52 lần so với nghiệm thức đối chứng và khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức bón phân hóa học. Kết quả kiểm tra hàm lượng nitrate trong hành lá cho thấy hành lá có hàm lượng nitrate thấp nhất khi được chúng với hỗn hợp các dòng vi khuẩn và cao nhất ở nghiệm thức bón phân hóa học. Ngoài ra, các dòng vi khuẩn hòa tan lân và kali còn làm

tăng pH đất, tăng đạm tổng số, tăng P dễ tiêu, tăng lượng kali hòa tan và tăng chất hữu cơ của đất (Quốc và ctv., 2012). Tương tự, nghiên cứu của Don và Điệp (2017) đã chỉ ra rằng ở điều kiện đồng ruộng, chúng ba dòng vi khuẩn có khả năng hòa tan lân và hòa tan kali giúp giảm 25% lượng lân và kali hóa học nhưng cho sự sinh trưởng, năng suất của củ cải trắng, đậu phộng và lúa tương đương với nghiệm thức bón phân theo khuyến cáo. Ngoài ra, ba dòng vi khuẩn này làm tăng hàm lượng lân dễ tiêu, đạm tổng số và chất hữu cơ trong đất.

4. KẾT LUẬN

Chúng hai dòng vi khuẩn hòa tan kali *B. vietnamiensis*_L1.1 và *S. hominis*_T7.3 và bổ sung 1 tấn rơm/ha làm tăng hàm lượng K_{td} trong đất và

thay thế 50% kali vô cơ bón cho cây cải bó xôi, đồng thời giúp cây rau sinh trưởng tốt cho năng suất tăng thêm 45-80%, tăng lượng K_{ts} trong rau bó xôi, cũng như duy trì pH đất, làm tăng lượng dinh dưỡng hữu dụng và vi sinh vật trong đất. Như vậy, 2 dòng vi khuẩn hòa tan kali có tiềm năng ứng dụng cao trong nông nghiệp giúp gia tăng kali hữu dụng trong đất, giúp giảm phân kali hóa học đồng thời giúp cây trồng tăng sinh trưởng và năng suất cây trồng. Tiếp tục đánh giá hiệu quả của hai dòng vi khuẩn hòa tan kali này lên sinh trưởng, năng suất của các cây trồng khác ở điều kiện nhà lưới và đồng ruộng cũng như phát triển chế phẩm vi sinh hòa tan kali giúp giảm thiểu phân bón vô cơ, thực hiện sản xuất nông nghiệp thân thiện và bền vững là cần thiết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ali, A. M., Awad, M., Hegab S. A., & Abd E. A. (2019). Promoting effect of potassium solubilizing bacteria (*Bacillus cereus*) on nutrients availability and yield of potato. *Archives of Agriculture Sciences Journal*, 2(2),43-54.
<https://doi.org/10.21608/aasj.2019.21688.1016>
- Anjanadevi, I. P., John, N. S., John, K. S., Jeeva, M. L., & Misra, R. S. (2016). Rock inhabiting potassium solubilizing bacteria from Kerala, India: characterization and possibility in chemical K fertilizer substitution. *J. Basic Microbiol*, 56, 67-77.
<https://doi.org/10.1002/jobm.201500139>
- Awasthi, R., Tewari, R., & Nayyar, H. (2011). Synergy between plants and P-solubilizing microbes in soils: effects on growth and physiology of crops. *Int. Res. J. Microbiol*, 2, 484 - 503.
- Bakhshandeh, E., Pirdashti, H., & Lendeh, K. S. (2017). Phosphate and potassium-solubilizing bacteria effect on the growth of rice. *Ecol. Eng.*, 103, 164-169.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.03.008>
- Dawwam, G. E., Elbeltagy, A., Emara H. M. Abbas, H.I. & Hassan, M.M. (2013) Beneficial effect of plant growth promoting bacteria isolated from the roots of potato plant. *Annals of Agricultural Sciences*, 58(2), 195-201.
<https://doi.org/10.1016/j.aoas.2013.07.007>
- Điệp, C. N. & Hiệp, N. H. (2008). Thực tập vi sinh vật đại cương. Trường Đại học Cần Thơ.
- Don, N. T. & Điệp, C. N. (2017). Hiệu quả của vi khuẩn hòa tan lân - kali trên đậu phộng, củ cải trắng và lúa cao sản trồng trên đất cát huyện tri tôn, tỉnh An Giang. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 48(B), 92-103.
<https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2017.621>
- Don, N. T., Diễm, N. T. K. & Điệp, C. N. (2012). Phân lập và nhận diện vi khuẩn hòa tan lân và kali từ mẫu vật liệu phong hóa đá hoa cương núi Sập, tỉnh An Giang. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 24(A), 179-186.
- Houba, V. J. G., Van der Lee, J. J., Novozamsky, I., & Walinga, I. (1988). Soil and Plant Analysis. Part 5: Soil Analysis Procedures, *Dep. Soil Sci. Plant Nutr.*, Wageningen Agricultural Univ., the Netherlands.
- Hùng, N. M. & Chinh, N. M. (2017). *Dinh dưỡng cây trồng và phân bón*. Nhà Xuất Bản Nông Nghiệp.
- Hung, N. N., Ren, Đ. T., Gương, V. T & Hoa, N. M. (2004). *Giáo trình phì nhiêu đất*. Nhà xuất bản Trường Đại học Cần Thơ.
<https://doi.org/10.1007/s00374-012-0771-5>
- Hungria, M., Nogueira, M. A. & Araujo, R. S. (2013). Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: Strategies to improve sustainability. *Biol Fertil Soils*, 49,791-801.
- Jiménez-Gómez, A., Flores-Félix, J. D., García-Fraile, P., Mateos, P. F. Menéndez, E., Velázquez, E., & Rivas, R. (2018). Probiotic activities of *Rhizobium laguerreae* on growth and quality of spinach. *Scientific Reports*, 8, 295.
DOI:10.1038/s41598-017-18632-zL
- Lee, J. (2010). Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. *Scientia Horticulturae*, 124(3), 299-305.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.01.004>
- Lynn, T. M., Win, H. S., Kyaw, E. P., Latt, Z. K., Yu, S. S. (2013). Characterization of phosphate solubilizing and potassium decomposing strains and study on their effects on tomato cultivation. *Int. J. Innov. Applied Stud*, 3, 959 - 966.

- Meena, V. S., Maurya, B. R., Verma, J. P. (2014). Does a rhizospheric microorganism enhance K+ availability in agricultural soils. *Microbiol. Res*, 169,337- 347.
<https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.09.003>
- Meena, V. S., Maurya, B. R., Verma, J. P., Aeron, A., Kumar, A., Kim, K., & Bajpai, V.K. (2015b). Potassium solubilizing rhizobacteria (KSR): Isolation, identification, and K release dynamics from waste mica. *Ecol. Eng*, 81, 340 - 347.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.04.065>
- Ma, Y., Oliveira, R. S., Freitas H., & Zhang, C. (2016). Biochemical and molecular mechanisms of plant-microbe-metal interactions: relevance for phytoremediation. *Front. Plant Sci*, 7.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00918>
- Minh, Đ. D., Linh, T. B., Đức, T. A., & Khôi, C. M. (2020). Hiệu quả của chế phẩm cải tạo đất trong cải thiện đặc tính đất và sinh trưởng của lúa trong điều kiện đất nhiễm mặn. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 56, Số chuyên đề: Khoa học đất:159-168.
<https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2020.081>
- Nghĩa, N. K., Sang, Đ. H., Oanh, N. T. K., Quyên, N. T. T. Q., Lăng, L. T., & Viễn, D. M. (2015). Hiệu quả phân hủy sinh học hoạt chất propoxur trong đất bởi dòng vi khuẩn phân lập Paracoccus sp. P23-7 cố định trong biochar. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 40, 90-98.
- Parmar, P., & Sindhu, S. S. (2013). Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions. *J. Microbiol. Res*, 3, 25-31.
 DOI: 10.5923/j.microbiology.20130301.04
- Prajapati, K., Sharma, M. C., & Modi, H. A. (2013). Growth promoting effect of potassium solubilizing microorganisms on okra (*Abelmoschus esculentus*). *International Journal of Agricultural Science and Research*, 3(1), 181-188.
<https://www.researchgate.net/publication/235943493>
- Quốc, L. C., Đơn, N. T., & Diệp, C. N. (2012). Tuyển chọn và nhận diện vi khuẩn cố định đạm (có khả năng hòa tan lân và kali) phân lập từ vật liệu phong hóa của vùng núi đá hoa cương tại núi cấm, tỉnh an giang. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 10, 605-618.
- Sparks, D. L., Page, A. L., & Helmke, P. A. (1996). *Methods of soil analysis. Part 3-Chemical methods. (Eds.) Soil Science Society of America, Inc.*Madison, Wisconsin, USA. 1390 pages.
<https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3>
- Subhashini, D. V., & Kumar, A. (2014). Phosphate solubilising Streptomyces spp obtained from the rhizosphere of Ceriops decandra of Corangi mangroves. *The Indian J. Agri. Sci.* 84.
- Xiao, Y., Wang, X., Chen, W., & Huang, Q. (2017). Isolation and identification of three potassium-solubilizing bacteria from rape rhizospheric soil and their effects on ryegrass. *Geomicrobiol. J*, 1-8.
<https://doi.org/10.1080/01490451.2017.1286416>