



DOI: 10.22144/ctu.jvn.2022.047

HIỆU QUẢ CỦA VI KHUẨN CỐ ĐỊNH ĐẠM SINH HỌC ĐẾN SỰ SINH TRƯỞNG VÀ NĂNG SUẤT BẮP TẠI TỈNH ĐỒNG THÁP

Thái Thành Được^{1*} và Nguyễn Hữu Hiệp²

¹Nghiên cứu sinh ngành Công nghệ Sinh học, Trường Đại học Cần Thơ

²Viện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ Sinh học, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Thái Thành Được (email: thanhduockg@gmail.com)

ABSTRACT

The study was conducted to evaluate the effectiveness of two nitrogen-fixing bacteria strains on the growth and the yield of hybrid maize NK7328. Two nitrogen-fixing bacteria strains isolated from maize roots were cultured and inoculated into peat to produce VK1 and VK2 preparations. An experiment with 15 treatments arranged in a completely randomized design in the net house and 20 treatments arranged in a randomized completely block design in a field. Treatments were arranged with the percentage of nitrogen increasing from 0% N, 25% N, 50% N, 75% N, 100% N. Bacterial strains were applied together with nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers based on the recommended formula 180 kg N+135 kg P₂O₅+90 kg K₂O/ha. The results showed that inoculation with nitrogen-fixing bacteria combined with 75% NPK fertilizer increased the plant height, stems diameter, index of leaf chlorophyll, number of leaves, dry matter weight, 1000 seeds weight and high yield compared to uninoculated maize and applied 100% NPK. Thus, the introduction of nitrogen-fixing bacteria *Bacillus aryabhatai* ADR3 and *Klebsiella pneumoniae* DNR5 into maize kernels saves up to 25% of the nitrogen fertilizer for hybrid maize.

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm mục tiêu đánh giá hiệu quả của hai dòng vi khuẩn cố định đạm lên sinh trưởng và năng suất bắp lai NK7328. Hai dòng vi khuẩn cố định đạm phân lập từ rễ cây bắp được nhân sinh khối và chủng với than bùn tạo chế phẩm VK1 và VK2. Một thí nghiệm trong nhà lưới với 15 nghiệm thức được bố trí theo thể thức hoàn toàn ngẫu nhiên và ngoài đồng gồm 20 nghiệm thức được bố trí theo thể thức khối hoàn toàn ngẫu nhiên. Nghiệm thức sắp xếp với lượng đạm tăng dần từ 0% N, 25% N, 50% N, 75% N, 100% N. Chủng vi khuẩn kết hợp bón đạm với nền lân và phân kali theo công thức khuyến cáo 180 kg N+135 kg P₂O₅+90 kg K₂O/ha. Kết quả cho ta thấy ở nghiệm thức chủng vào đất với vi khuẩn cố định đạm kết hợp bón 75% NPK giúp chiều cao, đường kính góc thân, chỉ số diệp lục ở lá, số lá, khối lượng chất khô, khối lượng 1000 hạt và năng suất hạt bắp tương đương với nghiệm thức chỉ bón 100% NPK. Như vậy, việc chủng vi khuẩn *Bacillus aryabhatai* ADR3 và *Klebsiella pneumoniae* DNR5 vào hạt bắp giúp tiết kiệm đến 25% lượng phân đạm cho cây bắp lai.

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 12/11/2021

Ngày nhận bài sửa: 04/01/2022

Ngày duyệt đăng: 22/04/2022

Title:

Beneficial effects of biological nitrogen fixing bacteria on the growth and the yield of maize (*Zea mays* L.) cultivated at Dong Thap province

Từ khóa:

Bacillus aryabhatai ADR3, bắp lai NK7328, *Klebsiella pneumoniae* DNR5, *Klebsiella pneumoniae* HN1, phân đạm, vi khuẩn cố định đạm

Keywords:

Bacillus aryabhatai ADR3, fertilizer, hybrid maize NK7328, *Klebsiella pneumoniae* DNR5, *Klebsiella pneumoniae* HN1, nitrogen fixing bacteria

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đạm là nguồn dinh dưỡng rất quan trọng đối với cây trồng. Việc cung cấp đạm cho cây trồng là rất

cần thiết, nhằm đáp ứng nhu cầu sinh trưởng và phát triển của cây, đồng thời bù đắp một phần cho đất lượng đạm mà cây trồng đã hấp thu qua các vụ mùa.

Đề tăng năng suất, nông dân đã sử dụng rất nhiều phân đạm hóa học, điều này dẫn đến nhiều tác hại làm thay đổi tính chất lý hóa của đất, giảm độ phì nhiêu, mất cân bằng sinh thái, gây ô nhiễm môi trường do sự thất thoát nitrate và gây ảnh hưởng xấu lên hệ sinh thái (Phong và ctv., 2018).

Các vi khuẩn kích thích tăng trưởng thực vật tổng hợp các chất như đạm, kali, phân giải lân khó tiêu hoặc silic để cung cấp dinh dưỡng cho cây giúp cây sinh trưởng và phát triển tốt. Trong đó, vi khuẩn cố định đạm là N tự do chuyển thành NH₃ xảy ra trong điều kiện sinh lý bình thường nhờ năng lượng ATP và sự xúc tác bởi enzyme nitrogenase (Peters et al., 1995). Cây trồng hấp thụ đạm để tổng hợp ra protein thực vật. Nghiên cứu của Puneet et al. (1998) cho thấy việc chủng vi khuẩn *Azotobacter* sp kích thích nảy mầm của hạt, kích thích ra rễ và sinh trưởng, năng suất lúa mì, bắp tăng 10-15% so với nghiệm thức đối chứng. Chủng vi khuẩn *Azotobacter* sp giúp kích thích tăng chiều cao, diện tích lá, khối lượng 1000 hạt và năng suất bắp tăng 35% so với đối chứng (Baral & Adhikari, 2013). Kết quả nghiên cứu của Caballero-Mellado et al. (1992) cho thấy năng suất cây lúa mì tăng từ 23-63% khi chủng vi khuẩn cố định đạm *Azospirillum brasilense* vào đất trồng lúa ở Mexico. Theo nghiên cứu của Shabave et al. (1991), việc sử dụng chủng vi khuẩn *Azospirillum lipoferum* cho bắp giúp giảm 50% lượng N nhưng năng suất bắp vẫn tương đương so với nghiệm thức đối chứng bón đầy đủ NPK. Ngoài ra, vi khuẩn *Klebsiella pneumoniae* cố định N trong khí quyển để cung cấp đạm cho lúa mì (Iniguez & Triplett, 2004).

Bắp (*Zea mays* L.) là cây lương thực quan trọng trong nền kinh tế toàn cầu. Bắp có nhu cầu phân bón rất lớn, tuy nhiên, hiện nay giá thành phân bón đặc biệt là phân bón đạm cao, ngoài ra, khi bón phân vô cơ cho bắp quá nhiều sẽ gây ra ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng đến sức khỏe con người và động vật

(Tinh, 2003). Xu hướng sản xuất nông nghiệp hiện nay là nâng cao độ phì nhiêu của đất, giảm lượng phân hóa học, tăng cường phân sinh học để giảm chi phí sản xuất, giảm ô nhiễm môi trường, góp phần tạo sản phẩm an toàn và phát triển một nền nông nghiệp sinh thái bền vững. Phân bón vi sinh cho cây bắp từ những dòng vi khuẩn bản địa là giải pháp cần thiết. Do vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục tiêu đánh giá hiệu quả của hai dòng vi khuẩn cố định đạm gồm *Bacillus aryabhatai* ADR3 và *Klebsiella pneumoniae* DNR5 lên sinh trưởng và năng suất bắp ở điều kiện nhà lưới và ngoài đồng tại huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

* **Giống bắp:** Giống bắp lai NK7328 được sử dụng trong thí nghiệm nhà lưới và ngoài đồng. Thời gian sinh trưởng là 100-105 ngày sau gieo (NSG).

* **Đất thí nghiệm:** Đất phù sa dùng trong thí nghiệm nhà lưới được thu ở lớp mặt có tầng từ 0-20 cm, tại ruộng trồng bắp đầu vụ của gia đình ông Nguyễn Văn Chánh, ấp Long Thái, xã Long Khánh B, huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp. Thu đất tại 80 vị trí trên ruộng theo đường zigzag, mỗi vị trí thu đất tương ứng 1 điểm trong ô thí nghiệm, một vị trí thu 10 kg và khối lượng thu được để làm thí nghiệm 800 kg đất. Đất được vận chuyển vào nơi mát, có mái che, khô tự nhiên. Tiếp tục đất được trộn đều thành khối thống nhất, bằm nhuyễn và sàng lọc qua lưới (kích thước lỗ lưới 2 mm). Khối đất nhuyễn (500g) được cho vào lọ thủy tinh, ghi nhận và lặp lại 3 lần. Mẫu đất được bảo quản trong thùng nhựa chứa đá nhiệt độ khoảng 18-25°C và chuyển đến phòng thí nghiệm của Trường Đại học Cần Thơ. Mẫu đất đầu vụ được xác định sa cấu, chỉ tiêu dinh dưỡng đất và đại diện cho thí nghiệm nhà lưới và ngoài đồng Bảng 1.

Bảng 1. Một số đặc tính đất đầu vụ tầng 0-20 cm dùng để bố trí thí nghiệm nhà lưới và ngoài đồng

Đặc tính	Giá trị	Sa cấu đất	Giá trị
pH	7,24	Cát (%)	18,98
EC bão hòa (mS/cm)	0,97	Thịt (%)	62,74
N tổng số (%)	0,04	Sét (%)	18,28
NH ₄ ⁺ -N (mg/kg)	3,78		
NO ₃ ⁻ -N (mg/kg)	36,2		
P tổng số % P ₂ O ₅ (%)	0,12		
P dễ tiêu (mgP/kg)	24,8		

Phân bón: Urê (46% N), supe lân (16% P₂O₅), kali clorua (60% K₂O).

* **Chế phẩm vi sinh dạng rắn:** chứa riêng lẻ các dòng vi khuẩn cố định đạm gồm VK1 (*Bacillus aryabhatai* ADR3), VK2 (*Klebsiella pneumoniae*

DNR5) và VKDC (*Klebsiella pneumonia* HN1) với chất nền là than bùn được tiệt trùng. Âm độ được điều chỉnh về 50% và mật số cuối của vi khuẩn cố định đạm đạt VK1 (6×10^9 CFU/g), VK2 (4×10^9 CFU/g) và VKDC (7×10^9 CFU/g). Hai dòng vi khuẩn cố định đạm gồm *Bacillus aryabhattai* ADR3 và *Klebsiella pneumoniae* DNR5 được phân lập từ rễ cây bắp trồng tại tỉnh An Giang và tỉnh Đồng Tháp và cho kết quả cố định đạm trong môi trường lỏng tương ứng là 5,78 mg/L và 5,39 mg/L sau thời gian nuôi cấy 6 ngày. Dòng vi khuẩn đối chứng *Klebsiella pneumonia* HN1 do Bộ môn Vi sinh vật, Viện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ Sinh học, Trường Đại học Cần Thơ cung cấp.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thí nghiệm trong nhà lưới

Thí nghiệm nhà lưới được thực hiện tại nhà lưới của gia đình ông Nguyễn Văn Chánh tại ấp Long Thái, xã Long Khánh B, huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp. Thí nghiệm được thực hiện từ tháng 9/2018 đến tháng 01/2019 và bố trí nghiệm thức theo thể thức hoàn toàn ngẫu nhiên gồm 4 lần lặp lại tương ứng với 4 chậu thí nghiệm. Tổng cộng có 15 nghiệm thức (NT). Tiến hành cho 12 kg đất (trọng lượng khô) đã băm nhuyễn và trộn đều vào mỗi chậu thí nghiệm (chậu nhựa) có kích thước 30x25 cm. Hạt bắp được ngâm với cồn 75° trong 2 phút, sau đó cho hạt vào trong H₂O₂ (3%) và ngâm trong 3 phút, sau đó rửa hạt lại 4 lần với nước cất đã khử trùng. Hạt

tiếp tục được ngâm trong nước cất 12 giờ và ủ hạt trong 3 giờ. Hạt bắp được trộn đều với 10g chế phẩm vi sinh dạng rắn, ủ thêm 1 giờ; sau đó, gieo 3 hạt vào mỗi chậu thí nghiệm theo các nghiệm thức tương ứng. Bầy NSG tiến hành tuyển chọn lại còn 1 cây/chậu. Các nghiệm thức thí nghiệm được liệt kê như Bảng 2.

Công thức phân hóa học khuyến cáo bón 1 hecta: 180 kg N+135 kg P₂O₅+90 kg K₂O (Cường, 2010). Phân bón hóa học được chia ra làm 4 lần bón như sau: lần 1 (10 NSG: với 30% N+30% P₂O₅+20% K₂O), lần 2 (20 NSG: với 30% N+20% P₂O₅+30% K₂O), lần 3 (40 NSG: với 40% N+40% P₂O₅+ 30% K₂O), lần 4 (60 NSG với 10% P₂O₅+20% K₂O). Tất cả các nghiệm thức đều bón 100% P₂O₅+100% K₂O (trừ NT 1, 2 và 3 trong nhà lưới và NT 1, 2, 3 và 4 ngoài đồng bón 0% N + 0% P₂O₅ + 0% K₂O). Nước được đưa vào bình nhựa định mức 500 mL có vòi phun sương. Lượng nước tưới tăng theo từng giai đoạn sinh trưởng của bắp. Tất cả các nghiệm thức được phun tưới với liều lượng, vị trí phun giống nhau và phun 2 lần/ ngày và đảm bảo độ ẩm trong đất từ 75%-80%. Nhà lưới và các chậu thí nghiệm luôn diệt sạch cỏ. Phòng trừ sâu, bệnh hại bắp theo hướng dẫn của Chi cục Bảo vệ Thực vật Đồng Tháp và thuốc được sử dụng theo bộ giải pháp cho bắp NK7328 của Syngenta. Tất cả các nghiệm thức được phun thuốc trừ sâu, bệnh đồng loạt và giống nhau.

Bảng 2. Các nghiệm thức thí nghiệm trong nhà lưới và ngoài đồng ruộng

Trong chậu		Ngoài đồng ruộng	
Nghiệm thức	Nghiệm thức	Nghiệm thức	Nghiệm thức
NT1: 0 NPK+0VK	NT1: 0 NPK+0VK	NT16: 75% N+VKDC	
NT2: 0 NPK+VK1	NT2: 0 NPK+VK1	NT17: 100% N+0VK	
NT3: 0 NPK+VK2	NT3: 0 NPK+VK2	NT18: 100% N+VK1	
NT4: 25% N+0VK	NT4: 0 NPK+VKDC	NT19: 100% N+VK2	
NT5: 25% N+VK1	NT5: 25% N+0VK	NT20: 100% N+VKDC	
NT6: 25% N+VK2	NT6: 25% N+VK1		
NT7: 50% N+0VK	NT7: 25% N+VK2		
NT8: 50% N+VK1	NT8: 25% N+VKDC		
NT9: 50% N+VK2	NT9: 50% N+0VK		
NT10: 75% N+0VK	NT10: 50% N+VK1		
NT11: 75% N+VK1	NT11: 50% N+VK2		
NT12: 75% N+VK2	NT12: 50% N+VKDC		
NT13: 100% N+0VK	NT13: 75% N+0VK		
NT14: 100% N+VK1	NT14: 75% N+VK1		
NT15: 100% N+VK2	NT15: 75% N+VK2		

N: đạm, NT: Nghiệm thức, VK1: *Bacillus aryabhattai* ADR3, VK2: *Klebsiella pneumoniae* DNR5, VKDC: *Klebsiella pneumonia* HN1

Các chỉ tiêu theo dõi ở giai đoạn 60 và 105 NSG gồm hình thái, sinh lý, các yếu tố cấu thành năng

suất và năng suất hạt khô/chậu theo Quy chuẩn Kỹ thuật quốc gia về khảo nghiệm giá trị canh tác và sử

dụng của giống bắp (Quy chuẩn Kỹ thuật, 2011). Chiều cao cây (cm) được đo từ góc sát mặt đất đến điểm phân nhánh cờ đầu tiên. Chiều cao đòng trái (cm) được đo từ góc sát mặt đất đến mắt đòng trái trên cùng (trái thứ nhất). Đường kính lóng gốc thân (cm) được đo vị trí lóng sát gốc. Chỉ số diện lục ở lá được đo bằng cầm tay nhãn hiệu Minolta Spad 502 Plus: thực hiện đo 2 lá non phía trên trái và 1 lá đầu tiên ngay vị trí mắt đòng trái. Giá trị trung bình được ghi bằng 4 lần đo ở hai bên mép lá, ở giữa gân gân lá và cách cuống lá khoảng 20 cm), số lá/cây (đếm toàn bộ số lá đã mọc hoàn chỉnh, 5 NSG). Các chỉ tiêu sinh khối khô, đường kính trái, số hàng hạt bắp/trái, số hạt/hàng, tổng số hạt/trái, khối lượng 100 hạt, trọng lượng hạt khô/chậu được thực hiện tại Trung tâm Nghiên cứu Nông nghiệp Định Thành, huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang.

2.2.2. Thí nghiệm ngoài đồng

Thí nghiệm ngoài đồng được thực hiện trên nền đất trồng cùng thời gian và giáp ranh đất thí nghiệm nhà lưới (tham khảo mục 2.2.1) theo thể thức khối hoàn toàn ngẫu nhiên với 4 lần lặp lại và tổng cộng có 20 nghiệm thức (Bảng 2). Khu thí nghiệm có tổng diện tích 3.446 m², có 80 lô thí nghiệm, mỗi lô thí nghiệm có diện tích 21 m² (3 m x 7 m). Khoảng cách 70 cm x 25 cm (cây cách cây và hàng cách hàng). Quanh khu thí nghiệm có băng bảo vệ rộng 1,2 m, trồng 2 hàng bắp. Nền đất trồng bắp được làm sạch cỏ, khô ráo, xới sâu khoảng 40 cm. Bề mặt liếp rộng 3 m và cao 30 cm (đo từ mặt liếp đến đáy rãnh nước). Đường rãnh nước có kích thước mặt cắt phía trên 70 cm ngăn cách các nghiệm thức hoặc ô đất bảo vệ. Thí nghiệm có 4 khối, mỗi khối có bờ rộng 60 cm và mương nước 70 cm bao quanh. Hạt giống bắp sau khi được khử trùng bề mặt được trộn với chế phẩm vi sinh dạng rắn tương ứng theo nghiệm thức với lượng 120 g phân vi sinh với 1,5 kg hạt bắp, ủ thêm 1 giờ, sau đó gieo 3 hạt vào 1 hốc, dùng tro trấu để lên trên mặt và 7 NSG được tuyển chọn lại còn 1 cây/hốc (Tham khảo mục 2.2.1 cho công thức bón phân, thời gian và liều lượng bón phân). Thí nghiệm được tưới bằng nước mưa tự nhiên hoặc tưới tràn theo hướng dẫn kỹ thuật trồng bắp (Cường, 2010). Ruộng bắp được diệt sạch cỏ 4 lần gồm lần 1 (9 NSG), lần 2 (19 NSG), lần 3 (39 NSG) và lần 4 (59 NSG). Phòng trừ sâu, bệnh hại bắp theo hướng dẫn của Chi cục Bảo vệ Thực vật Đồng Tháp và thuốc được sử dụng theo bộ giải pháp Syngenta. Tất cả các nghiệm thức được phun thuốc trừ sâu, bệnh đồng loạt và giống nhau.

Các chỉ tiêu theo dõi gồm sinh trưởng, các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất (tham khảo mục

2.2.1). Mỗi nghiệm thức có 4 hàng (54 cây bắp) gồm hàng 1, 4 (hàng bảo vệ) và 2, 3 (hàng theo dõi các chỉ tiêu). Mười hai cây bắp được đánh dấu theo đường zigzag thuộc 2 hàng bên trong ô theo dõi. Bắp được thu hoạch 105 NSG. Khối lượng chất khô (tính từ phần gốc vị trí sát mặt đất đến hết cờ bắp): cân toàn bộ 54 cây bên trong ô theo dõi, tiến hành sấy khô ở 55°C, 5 ngày. Tương tự, năng suất thực tế được thu hạt từ 42 cây bắp thuộc 2 hàng bên trong ô theo dõi và sấy khô quy đổi về ẩm độ 14%. Năng suất được tính theo công thức (tấn/ha):

$$NSTT(t/ha) = \frac{P_1}{S_0} \times \frac{P_2 (100-A_0)}{P_3 (100-14)} \times \frac{10000 \text{ m}^2}{1000}$$

P₁: Khối lượng trái tươi của 42 cây trong một ô

A₀: ẩm độ hạt khi cân khối lượng hạt mẫu

S₀: là diện tích trồng 42 cây ở mật số 57.000 cây/ha (7,368 m²)

P₂: Khối lượng hạt của 10 trái bắp mẫu (cân lúc đo độ ẩm hạt "A₀")

P₃: Khối lượng bắp tươi của 10 trái bắp mẫu

1000: là số quy đổi từ kg sang tấn, 10.000 là số quy đổi từ m² sang hecta (ha)

(100-A₀)

----- = Hệ số quy đổi NSTT ở độ ẩm 14%

(100-14)

2.3. Xử lý số liệu

Số liệu được xử lý với Microsoft Office Excel 2013 và kiểm định thống kê bằng phân tích phương sai một nhân tố ở độ tin cậy 95%, so sánh các giá trị trung bình bằng kiểm định LSD qua phần mềm Statgraphics centurion xv.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá hiệu quả của vi khuẩn cố định đạm đến sinh trưởng và năng suất bắp điều kiện nhà lưới

3.1.1. Sinh trưởng cây bắp ở giai đoạn 60 ngày sau khi gieo hạt

Kết quả nghiên cứu về sinh trưởng cây bắp ở giai đoạn 60 NSG được trình bày ở Bảng 3 cho thấy chiều cao cây bắp các nghiệm thức có chủng vi khuẩn (VK) có giá trị trung bình thể hiện sự khác biệt về chiều cao so với nghiệm không VK ở cùng mức độ đạm. Ở mức phân 75% N, nghiệm thức chủng VK1 và VK2 có chiều cao tương đương như chiều cao cây ở nghiệm thức chỉ bón 100% N nhưng không chủng VK (100% NPK+0 VK).

Bảng 3. Ảnh hưởng của vi khuẩn cố định đạm và bón phân vô cơ đến một số đặc tính nông học của cây bắp ở giai đoạn 60 ngày sau khi gieo

Nghiệm thức	Chiều cao cây (cm)	Đường kính gốc thân (cm)	Chỉ số điệp lục ở lá (số Spad)	Số lá (lá)
NT1: 0 NPK+0VK	118,05h	1,95f	26,25g	17,50d
NT2: 0 NPK+VK1	127,18g	1,96f	27,63fg	17,75cd
NT3: 0 NPK+VK2	129,18g	2,01f	29,00ef	17,50d
NT4: 25% N+0VK	164,13e	2,21e	30,63de	18,25bc
NT5: 25% N+VK1	169,55ef	2,21e	31,85cd	18,25bc
NT6: 25% N+VK2	171,10e	2,28e	32,83cd	18,25bc
NT7: 50% N+0VK	174,50de	2,73d	33,83c	18,25bc
NT8: 50% N+VK1	180,15bcd	2,76d	38,05b	18,75ab
NT9: 50% N+VK2	179,38cd	2,98bc	37,65b	18,75ab
NT10: 75% N+0VK	179,83cd	2,85 cd	38,23b	19,25a
NT11: 75% N+VK1	185,50abc	3,10ab	42,88a	19,25a
NT12: 75% N+VK2	187,80a	3,24a	43,03a	19,25a
NT13: 100% N+0VK	186,60ab	3,24a	43,60a	19,25a
NT14: 100% N+VK1	186,65ab	3,21a	43,88a	19,25a
NT15: 100% N+VK2	185,68abc	3,19a	44,03a	19,25a
F	99,36*	92,35*	59,84*	6,79*
CV (%)	2,82	3,94	4,54	2,75

Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*), các số có chữ theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê, N: đạm, NT: Nghiệm thức, VK1: *Bacillus aryabhattai* ADR3, VK2: *Klebsiella pneumoniae* DNR5, VKDC: *Klebsiella pneumonia* HNI.

Tương tự, các nghiệm thức ở mức 75% N, VK1 (NT11) và VK2 (NT12) có đường kính gốc thân và chỉ số SPAD của lá cao hơn và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức chỉ bón phân đạm cùng mức nhưng không chủng vi khuẩn và nghiệm thức ở mức 75% N có chủng VK1 cho các chỉ tiêu này khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) so nghiệm thức đối chứng dương chỉ bón phân 100% NPK nhưng không chủng VK (NT13). Ngoài ra, số lá bắp của các nghiệm thức bón 50% N kết hợp chủng VK1 và VK2 khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức chỉ bón phân 100% NPK. Nghiên cứu của Adoko et al. (2021) cho thấy vi khuẩn *Pseudomonas syringae* T15 giúp tăng đường kính thân bắp trồng trong chậu 44,57%, trong khi dòng vi khuẩn *Pseudomonas putida* T19 làm tăng 66,10% diện tích lá và vi khuẩn *Bacillus thuringiensis* T10 giúp tăng đường kính gốc thân bắp 66,27% so với nghiệm thức đối chứng không chủng vi khuẩn. Ngoài ra, nghiên cứu của Marag and Suman (2018) cũng cho thấy các dòng vi khuẩn nội sinh được chủng vào hạt bắp trồng trong chậu nhà lưới giúp cây bắp huy động đạm, lân và kali lên sinh khối bắp ở giai đoạn sinh trưởng đến 60 ngày sau khi gieo hạt và giúp tiết kiệm được 25% NPK. Trong đó, 3 dòng vi khuẩn *Lactococcus lactis*, *Pantoea dispersa* và *Klebsiella* sp. kích thích tăng chiều dài, khối lượng rễ và thân lá bắp tốt nhất.

3.1.2. Sinh trưởng cây bắp ở giai đoạn thu hoạch

Bảng 4 trình bày các số liệu về nông học và năng suất bắp thực tế ở giai đoạn thu hoạch. Nghiệm thức bón 75% N có chủng VK cho giá trị chiều cao cây khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức bón 100% NPK nhưng không chủng vi khuẩn. Chiều cao đóng bắp ở nghiệm thức bón 75% N kết hợp chủng VK2 cao hơn và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức bón 75% N nhưng không chủng VK và so với nghiệm thức 75% N kết hợp chủng VK1. Tuy nhiên, nghiệm thức này có chiều cao đóng bắp tương đương và khác biệt không ý nghĩa thống kê khi so sánh với nghiệm thức 100% NPK nhưng không chủng VK. Ngoài ra, sinh khối thân tươi và rễ của bắp ở các nghiệm thức chỉ bón đạm từ 0% N, 25% N, 50% N và 75% N có giá trị thấp hơn và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với các nghiệm thức có chủng VK1 hoặc VK2 trên cùng 1 nền phân bón NPK. Đặc biệt, sinh khối tươi thân và rễ bắp ở nghiệm thức chủng VK2 kết hợp bón 75% N tương đương và khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức đối chứng dương chỉ bón 100% NPK nhưng không chủng vi khuẩn.

Bảng 4. Ảnh hưởng của vi khuẩn và phân bón N vô cơ lên một số chỉ tiêu nông học cây bắp ở giai đoạn thu hoạch

Nghiem thức	Chiều cao cây (cm)	Chiều cao đống bắp (cm)	Sinh khối thân tươi/ chậu (g)	Sinh khối rễ tươi/ chậu (g)	Tổng sinh khối khô/ chậu (g)
NT1: 0 NPK+0VK	121,55i	36,33f	69,73j	31,49i	42,19i
NT2: 0 NPK+VK1	128,18hi	44,50e	80,28i	39,55h	51,82h
NT3: 0 NPK+VK2	129,18h	43,73e	81,55i	38,93h	56,52h
NT4: 25% N+0VK	164,13g	68,50d	147,65h	85,35g	141,43g
NT5: 25% N+VK1	169,55fg	72,38cd	155,45g	100,93f	162,42f
NT6: 25% N+VK2	171,10f	71,85d	160,70g	101,40ef	166,44f
NT7: 50% N+0VK	174,50ef	76,88c	174,85f	104,45e	185,09e
NT8: 50% N+VK1	180,15b-e	84,88b	185,90e	111,44d	191,49d
NT9: 50% N+VK2	179,38de	85,18b	189,88e	109,78d	203,13c
NT10: 75% N+0VK	179,83cde	84,85b	196,20d	123,80c	201,63c
NT11: 75% N+VK1	185,50a-d	89,33ab	223,63c	145,68b	254,08b
NT12: 75% N+VK2	187,80a	91,85a	227,78bc	149,00a	262,67a
NT13: 100% N+0VK	186,60abc	90,48a	233,15ab	146,18ab	255,80b
NT14: 100% N+VK1	186,65ab	90,35a	234,93a	146,70ab	256,51ab
NT15: 100% N+VK2	185,68a-d	90,73a	232,25ab	143,98b	255,78b
F	92,52*	116,80*	747,41*	1458,16*	1228,30*
CV (%)	2,84	4,67	2,43	2,04	2,46

Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*), các số có chữ theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê. N: đạm, NT: Nghiệm thức, VK1: *Bacillus aryabhattai* ADR3, VK2: *Klebsiella pneumoniae* DNR5, VKDC: *Klebsiella pneumonia* HNI.

Tổng sinh khối khô của bắp gồm sinh khối thân và rễ cũng cho kết quả tương tự như chỉ tiêu về sinh khối tươi, có nghĩa là các nghiệm thức có chủng VK đều cho sinh khối khô cao hơn và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với các nghiệm thức có cùng công thức phân bón hóa học (0%N, 25%N, 50%N, 75%N và 100%N) nhưng không chủng VK. Đặc biệt ở mức 75% N chủng với VK2 cho tổng sinh khối khô của bắp cao hơn và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức đối chứng dương 100% NPK không chủng VK. Kết quả này tương tự như kết quả nghiên cứu của Montañez and Sicardi (2013) là 4 dòng vi khuẩn cố định đạm giúp tăng sinh khối rễ bắp trồng trong chậu lên từ 42-53% và làm tăng sinh khối thân lên từ 22-50% so với nghiệm thức đối chứng ở giai đoạn cây bắp 90 ngày tuổi. Khảo nghiệm 5 dòng vi khuẩn nội sinh gồm *Caulobacter* sp. FA13, *Pantoea* sp. FF34, *Sphingobium* sp. FC42, *Pseudomonas* sp. FB12 và *Enterobacter* sp. FD17 được phân lập từ rễ bắp cho thấy các chủng này đều làm tăng sự sinh trưởng và phát triển của cây bắp, ngoài ra còn kích thích hạt nảy mầm tốt hơn, tăng kích thước rễ và chồi bắp trong điều kiện in vitro. Vi khuẩn *Enterobacter* sp. FD17 làm tăng sinh khối thân bắp, lá và diện tích bề mặt lá lên lần lượt 39%, 14% và 20% (Naveed et al., 2013). Kết quả nghiên cứu Premising and Archana

(2018) khi chủng vi khuẩn nội sinh *Lactococcus lactis*, *Klebsiella* sp. vào cây bắp giúp giảm được 25% lượng phân bón NPK, làm tăng sinh khối khô thân và rễ tương đương với nghiệm thức bón 100% NPK và không chủng vi khuẩn. Tương tự kết quả nghiên cứu của Adoko et al. (2021) về các dòng vi khuẩn *Pseudomonas* sp. hoặc *Bacillus thuringiensis* giúp kích thích tăng trưởng cây bắp và sự gia tăng sinh khối rễ, thân, lá của bắp là cơ sở chứng minh cây hút thu đầy đủ chất dinh dưỡng đảm bảo năng suất tốt hơn so với các nghiệm thức không chủng vi khuẩn trong điều kiện nhà lưới.

3.1.3. Thành phần năng suất và trọng lượng hạt bắp/chậu

Hình 2 và Bảng 5 trình bày thành phần cấu thành năng suất và trọng lượng hạt khô/chậu. Nghiệm thức bón 50% N nhưng không chủng VK cho chiều dài trái bắp ngắn hơn so với nghiệm thức bón 50% N có chủng VK (Hình 1). Nghiệm thức bón 75% N không chủng VK có chiều dài trái bắp ngắn hơn so với nghiệm thức bón 75% N kết hợp chủng VK2. Chiều dài trái bắp và đường kính thân bắp ở nghiệm thức bón 75% N kết hợp chủng VK1 hoặc VK2 khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức bón 100% NPK nhưng không chủng VK (Bảng 5).



Hình 1. Chiều dài bắp của các nghiệm thức ở điều kiện nhà lưới

Bảng 5. Ảnh hưởng của vi khuẩn và phân bón N vô cơ lên thành phần năng suất và trọng lượng hạt bắp khô/chậu

Nghiệm thức	Chiều dài trái bắp (cm)	Đường kính bắp (cm)	Số hàng hạt/trái bắp	Số hạt /hàng	Khối lượng 100 hạt (g)	Khối lượng hạt khô/chậu (g)
NT1: 0 NPK+OVK	14,35efg	2,53g	10,00e	10,08f	21,97f	19,69h
NT2: 0 NPK+VK1	12,13h	2,96f	10,50e	11,68f	22,74ef	26,65g
NT3: 0 NPK+VK2	13,33gh	3,19de	10,50e	11,52f	22,93ef	26,18g
NT4: 25% N+OVK	13,70fg	3,13e	12,00d	22,38e	24,03de	66,85f
NT5: 25% N+VK1	14,85ef	3,13e	12,00d	24,62de	25,52cd	77,84e
NT6: 25% N+VK2	15,53de	2,97f	13,00cd	28,46abc	23,90 e	88,17d
NT7: 50% N+OVK	16,15d	3,17e	13,00cd	26,51cd	26,18bc	89,62d
NT8: 50% N+VK1	17,60c	3,19de	13,50bc	27,09bcd	28,62a	104,12c
NT9: 50% N+VK2	18,05c	3,30d	13,50bc	29,11abc	28,42a	111,23b
NT10: 75% N+OVK	17,68c	3,69 c	13,50bc	29,49ab	27,15ab	107,65bc
NT11: 75% N+VK1	18,15bc	3,79bc	14,50ab	30,41a	28,59a	130,80a
NT12: 75% N+VK2	19,60a	3,90ab	15,00a	30,98a	28,64a	132,79a
NT13: 100% N+OVK	19,40a	3,91ab	15,00a	30,96a	28,29a	130,79a
NT14: 100% N+VK1	19,38ab	3,95a	15,00a	30,60a	28,38a	129,85a
NT15: 100% N+VK2	19,43a	3,98a	15,00a	31,12a	28,35a	131,85a
F	33,51*	10,48*	12,99*	58,58*	21,36*	420,55*
CV (%)	5,21	2,26	7,39	7,79	4,14	4,33

Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*), các số có chữ theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê. N: đạm, NT: Nghiệm thức, VK1: *Bacillus aryabhattai* ADR3, VK2: *Klebsiella pneumoniae* DNR5, VKDC: *Klebsiella pneumonia* HNI.

Số hàng hạt/trái bắp và số hạt/hàng của bắp ở nghiệm thức bón 50% N kết hợp chủng dòng VK2 khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức chỉ bón 100% NPK nhưng không chủng VK. Khối lượng 100 hạt bắp có giá trị trung bình biến thiên từ 21,97 g đến 28,64 g. Trong đó, ở nghiệm thức 50% N không chủng VK, khối lượng 100 hạt thấp hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với các nghiệm thức cùng mức phân bón nhưng chủng vi khuẩn. Nghiệm thức bón 50%N kết hợp chủng VK và nghiệm thức 75% N kết hợp chủng VK cho khối lượng 100 hạt khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức bón 100% NPK. Khối lượng hạt

bắp khô/chậu có giá trị trung bình biến thiên từ 19,69 g (NT1) đến 132,79 g (NT12). Khối lượng hạt bắp ở nghiệm thức không bón phân và không chủng VK thấp hơn hoàn toàn so với các nghiệm thức có bón phân. Nghiệm thức cùng mức bón đạm 0%, 25%, 50%, 75%, có chủng VK đều cho khối lượng hạt cao hơn so với chỉ bón phân đạm. Khối lượng hạt bắp có bón 75 N có chủng VK1 hoặc VK2 cao lần lượt tương ứng gấp 1,22 và 1,23 lần so với nghiệm thức chỉ bón 75 N. Hai nghiệm thức có chủng VK1 hoặc VK2 và có bón 75 N khác biệt không ý nghĩa với nhau và tương đương khối lượng hạt của nghiệm thức 100 N và không chủng VK. Điều này chứng tỏ khi bón 75% N kết hợp với chủng

VK đã giúp cho cây bắp sinh trưởng và phát triển tốt hơn và cho ra khối lượng hạt khô/chậu tương đương so với nghiệm thức chỉ bón 100% NPK nhưng không chủng VK.

Kết quả này tương tự như kết quả nghiên cứu của Chín và ctv. (2010); nghiên cứu cho thấy chủng vi khuẩn cố định đạm *Gluconacetobacter diazotrophicus* kết hợp bón 75% N giúp chiều cao cây, chiều dài trái bắp, đường kính trái, số hạt/trái, tương đương và khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) khi so sánh với nghiệm thức chỉ bón 100% NPK nhưng không chủng VK. Kết quả nghiên cứu của Pha và ctv. (2015) cho thấy bốn dòng vi khuẩn gồm *Stenotrophomonas maltophilia* AM3, *Bacillus megaterium* TV2B7 (đất mặn), *Ideonella* sp. CT1N2 và *Serratia marcescens* CTB3 (đất phù sa) giúp thay thế 25- 50% phân đạm cho cây lúa trồng trong chậu ở nhà lưới. Ngoài ra, nghiên cứu của Siddiq et al. (2018) cho thấy hiệu quả của dòng vi khuẩn *Bacillus thuringiensis* S5 kết hợp các chất mang khác nhau (Biochar, humic và than bùn) lên kích thích sự tăng trưởng mầm, cây con và làm tăng năng suất đậu. Trong đó, *Bacillus thuringiensis* S5 chủng vào than bùn làm tăng chiều dài chồi lên đến 31%, sinh khối rễ khô tăng lên 29%, tăng khối lượng khô 1000 hạt lên 27%, hàm lượng N trong rễ tăng 3,8%, hàm lượng N trong hạt tăng 5,19% so với đối chứng. Nghiên cứu của Naveed et al. (2013) cho thấy vi khuẩn cố định đạm *Enterobacter* sp. FD17 giúp tăng năng suất bắp hạt lên 42% so với nghiệm thức đối chứng bón cùng lượng phân hóa học nhưng không chủng vi khuẩn.

3.2. Đánh giá hiệu quả của vi khuẩn cố định đạm đến sinh trưởng và năng suất cây bắp ở điều kiện ngoài đồng

3.2.1. Sinh trưởng của cây bắp ở giai đoạn 60 ngày sau khi gieo

Kết quả nghiên cứu trình bày trong Bảng 6 về các chỉ tiêu sinh trưởng cây bắp ở thời điểm 60 ngày sau khi gieo cho thấy chiều cao cây, đường kính gốc thân và chỉ số diệp lục ở lá bắp ở nghiệm thức bón 75% N kết hợp chủng VK cao hơn và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p<0,01$) so với nghiệm thức chỉ bón 75% N kết hợp không chủng VK, tuy nhiên, khác biệt không ý nghĩa thống kê khi so sánh với nghiệm thức bón phân đạm 75% N có chủng VK1 hoặc VKDC cho số lá bắp tương đương và khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) khi so sánh với nghiệm thức

100% NPK nhưng không chủng VK. Đặc biệt, nghiệm thức bón 75% N kết hợp chủng VK2 cho số lá bắp cao hơn và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) khi so sánh với nghiệm thức bón 100% N nhưng không chủng VK. Như vậy, cây bắp ở thời điểm 60 NSG rất cần lượng lớn phân đạm bổ sung để cho cây sinh trưởng và phát triển tốt chuẩn bị cho ra trái. Bắp có chủng VK giúp giảm được 25% đạm nhưng vẫn cho cây bắp sinh trưởng và phát triển tương đương với nghiệm thức bón 100% N.

Một số nghiên cứu trước đây cho thấy vi khuẩn kích thích sinh trưởng cây trồng thường tổng hợp các hợp chất thúc đẩy cây bắp tăng trưởng bên cạnh chức năng cố định đạm. Điển hình như nghiên cứu của Dhawi and Hess (2017) cho thấy tổng cộng có 19 hợp chất được tổng hợp và chuyển hóa tích cực trong chồi và rễ bắp ở 2 giống bắp khác nhau được kiểm soát bởi vi khuẩn *Pseudomonas fluorescens* tổng hợp ra các chất trong hệ thống rễ bao gồm Alanine, Choline, Fructose, Gallate và Glutamate... Ngoài ra, các chất chuyển hóa phổ biến còn có liên quan đến quá trình tổng hợp amino acid và carbohydrate của các quá trình sinh hoá lý trong cây. Kết quả là làm kích thích sinh trưởng cây trồng và giúp cây trồng chống chịu được tốt với các điều kiện bất lợi, trong đó có dinh dưỡng thấp. Ngoài ra, Dhawi et al. (2017) đã cho thấy vi khuẩn kích thích sinh trưởng cây trồng làm tăng chuyển hóa carbohydrate và tổng hợp amino acid liên quan, thúc đẩy cây trồng tăng trưởng và giải độc trong môi trường đất. Nghiên cứu của Chen et al. (2021) còn cho thấy hiệu quả của 4 dòng vi khuẩn *Sinorhizobium* sp. A15, *Bacillus* sp. A28, *Sphingomonas* sp. A55 và *Enterobacter* sp. P24 trong việc thúc đẩy tăng sinh trưởng và phát triển cây bắp. Các nghiệm thức có chủng vi khuẩn cho chiều cao cây bắp tăng từ 41,6-47,2%, khối lượng khô thân lá tăng từ 70,9-86,6%, khối lượng khô rễ tăng từ 61,7-75,6% và diện tích bề mặt lá tăng từ 72,9-82,4% so với nghiệm thức đối chứng không chủng vi khuẩn. Kết quả nghiên cứu của Amogou et al. (2019) với năm dòng vi khuẩn *Bacillus panthothenicus*, *Pseudomonas Cichorii*, *Pseudomonas Putida*, *Pseudomonas syringae* và *Serratia marcescens* đến sự sinh trưởng và phát triển của cây bắp cho thấy các nghiệm thức chủng vi khuẩn+50% NPK cho chiều cao cây và đường kính thân, diện tích lá của cây bắp khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) khi so sánh với nghiệm thức đối chứng bón 100% NPK-không chủng vi khuẩn.

Bảng 6. Hiệu quả phân vi khuẩn cố định đạm lên đến đặc tính nông học của cây bắp ở giai đoạn 60 ngày

Nghiệm thức	Chiều cao cây (cm)	Đường kính lóng góc (cm)	Chỉ số diệp lục ở lá (số Spad)	Số lá (lá)
NT1: 0% N+0VK	124,49h	2,16g	27,82f	17,76f
NT2: 0% N+VK1	128,24gh	2,27fg	28,89ef	18,02f
NT3: 0% N+VK2	126,35h	2,31ef	28,81ef	18,40e
NT4: 0% N+VKDC	131,84g	2,27fg	28,70ef	18,47e
NT5: 25% N+0VK	161,66f	2,37def	29,53e	19,30d
NT6: 25% N+VK1	168,66e	2,44cde	29,16ef	19,35d
NT7: 25% N+VK2	171,26e	2,41cde	29,10ef	19,34d
NT8: 25% N+VKDC	169,89e	2,49cd	29,34e	19,21d
NT9: 50% N+0VK	168,83e	2,40cde	32,90d	19,42d
NT10: 50% N+VK1	185,17d	2,45cd	32,31d	19,46d
NT11: 50% N+VK2	186,75d	2,41cde	33,56d	20,18b
NT12: 50% N+VKDC	184,44d	2,46cd	32,25d	19,49d
NT13: 75% N+0VK	192,61c	2,51c	37,81c	19,87c
NT14: 75% N+VK1	223,17b	2,87b	39,80b	20,19ab
NT15: 75% N+VK2	225,16ab	3,07a	40,47ab	20,47a
NT16: 75% N+VKDC	224,78ab	3,04a	40,41ab	20,11bc
NT17: 100% N+0VK	224,47b	2,98ab	41,02ab	20,17b
NT18: 100% N+VK1	226,47ab	3,01a	41,18a	20,12bc
NT19: 100% N+VK2	229,13a	3,03a	40,79ab	20,09bc
NT20: 100% N+VKDC	224,58b	3,05a	41,12ab	20,25ab
F	573,84*	49,54*	125,07*	62,39*
CV (%)	5,3	3,5	2,8	4,1

Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*), các số có chữ theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê, N: Đạm, NT: Nghiệm thức, VK1: *Bacillus aryabhattai* ADR3, VK2: *Klebsiella pneumoniae* DNR5, VKDC: *Klebsiella pneumoniae* HN1.

3.2.2. Sinh trưởng và năng suất bắp ở giai đoạn thu hoạch

Chiều cao đồng trái góp phần trong việc tạo thành kích thước trái. Ở các nghiệm thức bón 25% N, 50% N, 75% N kết hợp chủng VK cho chiều cao đồng bắp lớn hơn và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với các nghiệm thức cùng mức phân N nhưng không chủng VK. Nghiệm thức bón 75% N kết hợp chủng VK cho chiều cao đồng bắp tương đương và khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức bón 100% N nhưng không chủng VK (Bảng 7). Kết quả nghiên cứu này cho thấy cây bắp trong nghiên cứu này chỉ cần bón 75% N theo công thức khuyến cáo kết hợp chủng VK giúp chiều cao đồng bắp tương đương với nghiệm thức bón 100% NPK khuyến cáo.

Khối lượng chất khô có giá trị biến thiên từ 17,65 g đến 31,10 g. Nghiệm thức 0% N bắp có khối lượng chất khô rất nhỏ và chiều hướng tăng dần khi cây được bón nhiều N hơn. Nghiệm thức chủng VK cho kết quả khối lượng chất khô bắp khác biệt cao hơn so với nghiệm thức ở cùng mức phân bón 25% N, 50% N và 75% N. Các nghiệm thức 75% N có bổ sung VK1 hay VK2, bắp có khối lượng chất khô tương tự nghiệm thức chỉ bón 100% NPK và không chủng VK. Kết quả thí nghiệm của López-Ortega et al. (2013) cho thấy vi khuẩn nội sinh *Klebsiella variicola* làm tăng khối lượng chất khô ở chồi và rễ cây bắp lên đến 39% so với đối chứng không chủng VK. Theo kết quả nghiên cứu Amogou et al. (2019), các nghiệm thức chủng vi khuẩn 50% NPK khối lượng chất khô của cây bắp cao hơn nghiệm thức đối chứng âm và khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức chỉ bón phân 100% NPK.

Bảng 7. Hiệu quả của vi khuẩn cố định đạm lên chiều cao đóng bắp và khối lượng chất khô

Nghiệm thức	Chiều cao đóng bắp (cm)	Khối lượng chất khô (t/ha)
NT1: 0% N+0VK	52,29f	17,65e
NT2: 0% N+VK1	58,08f	18,73e
NT3: 0% N+VK2	57,45f	19,22e
NT4: 0% N+VKDC	56,53f	18,98e
NT5: 25% N+0VK	71,40e	21,56d
NT6: 25% N+VK1	84,88d	24,22c
NT7: 25% N+VK2	87,14d	24,81c
NT8: 25% N+VKDC	83,73d	24,50c
NT9: 50% N+0VK	85,58d	24,63c
NT10: 50% N+VK1	98,61c	27,02b
NT11: 50% N+VK2	100,35c	27,66b
NT12: 50% N+VKDC	98,82c	26,95b
NT13: 75% N+0VK	107,23b	27,33b
NT14: 75% N+VK1	118,36a	31,36a
NT15: 75% N+VK2	119,77a	31,90a
NT16: 75% N+VKDC	117,25a	30,59a
NT17: 100% N+0VK	120,16a	31,86a
NT18: 100% N+VK1	120,08a	31,29a
NT19: 100% N+VK2	119,72a	31,57a
NT20: 100% N+VKDC	117,81a	31,10a
F	103,09*	48,37*
CV (%)	5,11	5,39

Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*), các số có chữ theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê. N: đạm, NT: Nghiệm thức, VK1: *Bacillus aryabhattai* ADR3, VK2: *Klebsiella pneumoniae* DNR5, VKDC: *Klebsiella pneumoniae* HNI.

3.2.3. Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất thực tế của hạt bắp

Nghiệm thức bón 75% N có chủng VK2 cho chiều dài trái lớn hơn khác biệt ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) so với nghiệm thức ở cùng mức phân bón 75% N nhưng không chủng VK và tương đương so với nghiệm thức bón 100% N nhưng không chủng VK (Hình 2). Tương tự, đường kính trái bắp ở nghiệm thức bón 75% N có chủng VK khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) khi so sánh với nghiệm thức bón 100% NPK nhưng không chủng VK. Tuy nhiên, nghiệm thức bón 75% NPK nhưng không chủng vi khuẩn cũng cho 2 chỉ tiêu này khác

biệt không ý nghĩa thống kê khi so sánh với nghiệm thức bón 100% NPK nhưng không chủng vi khuẩn (dựa vào số liệu thống kê Bảng 8). Điều này có nghĩa là vi khuẩn không có hiệu quả làm gia tăng hai chỉ tiêu này.

Số hàng hạt/trái có giá trị biến thiên từ 11,50 hàng đến 14,80 hàng. Kết quả thể hiện ở Bảng 8 cho thấy nghiệm thức bón 75% N kết hợp chủng VK1 hoặc VK2 hoặc VKDC cho số hàng hạt/trái tương đương và khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) khi so sánh với nghiệm thức bón 100% NPK nhưng không chủng VK.



Hình 2. Chiều dài trái bắp ở các nghiệm thức thí nghiệm ngoài đồng

Bảng 8. Hiệu quả của vi khuẩn cố định đạm lên thành phần cấu thành năng suất và năng suất bắp

Nghiệm thức	Chiều dài trái (cm)	Đường kính trái (cm)	Số hàng hạt/trái	Số hạt/hàng	Khối lượng 1000 hạt (g)	Năng suất bắp (tấn/ha)
NT1: 0% N+0VK	15,06jk	2,89g	11,50h	20,87h	214,90g	2,71h
NT2: 0% N+VK1	14,98jk	3,17fg	12,10g	23,14g	231,31f	3,63g
NT3: 0% N+VK2	14,43k	3,11fg	12,30fg	23,93g	229,41f	3,88g
NT4: 0% N+VKDC	14,19k	3,19fg	12,25g	23,52g	230,21f	3,74g
NT5: 25% N+0VK	15,82ij	3,32ef	12,35fg	25,40f	245,43e	4,52f
NT6: 25% N+VK1	16,61ghi	3,65de	12,75ef	28,08e	251,94e	5,49e
NT7: 25% N+VK2	16,35hi	3,65de	13,23 d	28,32e	249,08e	5,64e
NT8: 25% N+VKDC	16,47hi	3,69bc	13,00de	28,54de	250,68e	5,66e
NT9: 50% N+0VK	17,39efg	3,72bc	13,00de	28,45e	263,05d	6,20d
NT10: 50% N+VK1	17,71def	3,83bc	13,85bc	29,72cd	294,95c	6,91bc
NT11: 50% N+VK2	17,85c-f	3,78bc	14,15b	29,99bc	296,28bc	7,07b
NT12: 50% N+VKDC	17,87b-e	3,79bc	14,05b	30,73bc	292,11c	6,71c
NT13: 75% N+0VK	17,96b-e	4,04ab	13,45cd	31,13b	293,35c	6,93bc
NT14: 75% N+VK1	19,10ab	4,20a	14,75a	33,13a	303,77a	8,64a
NT15: 75% N+VK2	19,38a	4,23a	14,80a	33,85a	302,87ab	8,77a
NT16: 75% N+VKDC	18,82a-d	4,19a	14,70a	33,36a	303,59ab	8,55a
NT17: 100% N+0VK	19,03abc	4,25a	14,75a	33,47a	303,46ab	8,78a
NT18: 100% N+VK1	19,00abc	4,19a	14,75a	33,19a	303,60a	8,70a
NT19: 100% N+VK2	18,86a-d	4,24a	14,80a	33,73a	302,83ab	8,76a
NT20: 100% N+VKDC	18,84a-d	4,20a	14,70a	33,59a	303,06ab	8,65a
F	15,27*	12,19*	47,25*	83,64*	153,31*	389,24*
CV (%)	5,01	6,62	2,37	3,02	1,89	3,16

Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*), các số có chữ theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê, N: đạm, NT: Nghiệm thức, VK1: *Bacillus aryabhattai* ADR3, VK2: *Klebsiella pneumoniae* DNR5, VKDC: *Klebsiella pneumoniae* HNI.

Khối lượng 1000 hạt bắp cũng bị ảnh hưởng bởi vi khuẩn cố định đạm. Các nghiệm thức có chủng VK đều cho khối lượng 1000 hạt cao hơn và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức chỉ bón phân vô cơ ở mức phân 50% N và 75% N. Đặc biệt là ở nghiệm thức bón 75% N kết hợp chủng VK1 hoặc VK2 hoặc VKDC cho khối lượng 1000 hạt bắp khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức chỉ bón 100% NPK nhưng không chủng VK. Năng suất thực tế của bắp có giá trị trung bình biến thiên từ 2,71 tấn/ha (NT1) đến 8,78 tấn/ha (NT17). Ở nghiệm thức không bón phân đạm, năng suất bắp thấp nhất và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với các nghiệm thức còn lại. Cùng mức phân bón 75% N nhưng có chủng VK2 cho năng suất bắp cao hơn so với nghiệm thức bón 75% N nhưng chủng VK1 (chênh lệch 0,13 tấn/ha). Điều này cho thấy VK2 có hiệu quả làm tăng năng suất bắp tốt hơn VK1. Ngoài ra, nghiệm thức bón 75% N có chủng VK2 cho năng suất thực tế cao tương đương với nghiệm thức chỉ bón 100% NPK nhưng không

chủng VK. Các nghiệm thức bón 100% NPK kết hợp chủng VK cho năng suất thực tế bắp khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức chỉ bón 100% NPK nhưng không chủng VK.

Điều này giải thích rằng các dòng vi khuẩn nội sinh có tác động hỗ trợ, liên kết trong cây và tổng hợp đạm bổ sung khi cây cần. Trong môi trường thiếu đạm, nếu cây cần nhiều đạm thì vi khuẩn cố định đạm hoạt động tích cực tạo đạm. Trong môi trường giàu đạm, vi khuẩn không tổng hợp nhiều đạm cho cây. Theo nghiên cứu của Chelius and Triplett (2000), vi khuẩn *Klebsiella pneumoniae* 2028 và *Klebsiella pneumoniae* 342 được tìm thấy vùng mô sinh trưởng của thân và mô rễ cây bắp. Kết quả cho thấy rằng mô bắp là môi trường sống của vi khuẩn *K. pneumoniae* và vi khuẩn này sản xuất enzyme tổng hợp đạm cho cây. Mỗi quan hệ cộng sinh cùng có lợi giữa thực vật và vi khuẩn cố định đạm trong mô sinh trưởng được điều khiển bởi thực vật (Lodwig et al., 2003). Kết quả nghiên cứu của Salvo et al. (2018) cho thấy nghiệm thức chủng vi

khuẩn *Azospirillum brasilense* kết hợp vi khuẩn *Pseudomonas fluorescens* và không Urê bón cho cây bắp giúp năng suất bắp khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) khi so sánh với nghiệm thức bón 180 kg/ha Urê nhưng không chủng VK. Amogou et al. (2019) đã cho thấy chủng vi khuẩn *Serratia marcescens* kết hợp 50% NPK cho năng suất hạt tăng 39,05% so với đối chứng không chủng vi khuẩn và không phân NPK. Nghiệm thức này cho năng suất (2,36 t/ha) khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) khi so sánh với nghiệm thức chỉ bón 100% NPK nhưng không chủng VK (2,30 t/ha). Ngoài ra, Chen et al. (2021) cho thấy hai dòng vi khuẩn *Sinorhizobium* sp. A15 và *Bacillus* sp. A28 giúp làm tăng năng suất bắp từ 22,2-28,9% cao hơn so với đối chứng không chủng vi khuẩn.

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

4.1. Kết luận

Hiệu quả 2 dòng vi khuẩn cố định đạm *Bacillus aryabhatai* ADR3 và *Klebsiella pneumoniae* DNR5 kết hợp với than bùn bón cho bắp trên nền đất có phân NPK tác động làm kích thích sinh

trưởng và phát triển cây bắp ở điều kiện nhà lưới và điều kiện ngoài đồng. Chủng vi khuẩn cố định đạm kết hợp bón 75% N góp phần làm tăng chiều cao, đường kính gốc thân, tăng chỉ số diệp lục, tăng số lá, tăng khối lượng chất khô của cây, tăng số lượng hàng/trái, tăng khối lượng 1000 hạt, tăng năng suất tương tự bón 100% NPK và không chủng vi khuẩn.

4.2. Đề xuất

Nhiều thí nghiệm ngoài đồng ruộng ở các vùng sinh thái khác nhau cần được thực hiện để xác định hiệu quả của phân vi sinh cố định đạm lên sự sinh trưởng và phát triển của cây bắp trước khi ứng dụng sản xuất.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả chân thành cảm ơn Ông Nguyễn Văn Chánh, xã Long Khánh B, huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp, chị Thu và các cán bộ tại Phòng Kiểm nghiệm, Trung tâm Nghiên cứu Nông nghiệp Định Thành thuộc Công ty Lộc Trời, Long Xuyên, tỉnh An Giang đã nhiệt tình giúp đỡ để thí nghiệm thành công.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Adoko, M. Y., Sina, H., Amogou, O., Agbodjato, N. A., Noumavo, P. A., Aguégué, R. M., Assogba, S. A., Adjovi, N. A., Dagbénonbakin, G., Adjanooun, A., & Baba-Moussa, L. (2021). Potential of biostimulants based on PGPB rhizobacteria native to benin's soils on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.) under greenhouse conditions. *Open Journal of Soil Science*, 11(3), 177-196.
- Amogou, O., Dagbénonbakin, G., Agbodjato, N. A., Noumavo, P.A., Salako, K.V., Adoko, M. Y., Kakai, R. G., Adjanooun, A., & Baba-Moussa, L. (2019). Applying rhizobacteria on maize cultivation in Northern Benin: effect on growth and yield. *Agricultural Sciences*, 10(6), 763-782.
- Baral, B. R., & Adhikari, P. (2013). Effect of azotobacter on growth and yield of maize. *SAARC J. Agri*, 11(2), 141-147.
- Caballero-Mellado, J., Carcano-Montiel, M., & Mascarua-Esparza M. A. (1992) Field inoculation of wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum brasilense* under temperate climate. *Field inoculation of wheat. Symbiosis*, 13, 243-253.
- Chelius, M. K., & Triplett, E. W. (2000). Immunolocalization of dinitrogenase reductase produced by *Klebsiella pneumoniae* in association with *Zea mays* L. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(2), 783-787.
- Chen, L., Hao, Z., Li, K., Sha, Y., Wang, E., Sui, X., Mi, G., Tian, C., & Chen, W. (2021). Effect of growth-promoting rhizobacteria on maize growth and rhizosphere microbial community under conservation tillage in Northeast China. *Microbial Biotechnology*, 14(2), 535-550.
- Chín, D. V., Son, T. T.N., & Thư, T. A. (2010). Ảnh hưởng của vi khuẩn cố định đạm (*Gluconacetobacter diazotrophicus*) và các mức đạm vô cơ đến giống ngô lai LVN61 trồng ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 1, 25-29.
- Cường, N. D. (2010). *Kỹ thuật trồng ngô*. Nhà xuất bản khoa học tự nhiên và công nghệ, 62-75.
- Dhawi, F., & Hess, A. (2017). Plant growth-promoting bacteria influenced metabolites of *Zea mays* var. *amylacea* and *Pennisetum americanum* p. in a species-specific Manner. *Advances in Biological Chemistry*, 7(5), 161-169.
- Dhawi, F., Datta, R., & Ramakrishna, W. (2017). Proteomics provides insights into biological pathways altered by plant growth promoting bacteria and arbuscular *Mycorrhiza* in sorghum grown in Marginal soil. *Biochim Biophys Acta Proteins Proteom*, 1865(2), 243-251.
- Iniguez, A. L., Dong, Y., & Triplett, E. W. (2004). Nitrogen fixation in wheat provided by *Klebsiella pneumoniae* 342. *Molecular Plant-Microbe Interactions.MPMI*, 17(10), 1078-1085.
- Lodwig, E. M., Hosie, A. H., Bourdès, A., Findlay, K., Allaway, D., Karunakaran, R., Downie, J., & Poole, P. S. (2003). Amino-acid cycling drives nitrogen

- fixation in the legume-rhizobium symbiosis. *Nature Publishing Group*, 422, 722-726.
- López-Ortega, M. D. P., Criollo-Campos, P. J., Gómez-Vargas, R. M., Camelo-Rusique, M., Estrada-Bonilla, G., Garrido-Rubiano, M. F., & Bonilla-Buitrago, R. (2013). Characterization of diazotrophic phosphate solubilizing bacteria as growth promoters of maize plants. *Rev. Colomb. Biotecnol*, 15(2), 115-123.
- Marag, P. S., & Suman, A. (2018). Growth stage and tissue specific colonization of endophytic bacteria having plant growth promoting traits in hybrid and composite maize (*Zea mays* L.), *Microbiological Research*, 214, 101-113.
- Montañez, A., & Sicardi, M. (2013). Effects of inoculation on growth promotion and biological nitrogen fixation in maize (*Zea mays* L.) under greenhouse and field conditions. *Basic Research Journal of Agricultural Science and Review*, 2(4), 102-110.
- Naveed, M., Mitter, B., Yousaf, S., Pastar, M., Afzal, M., & Sessitsch, A. (2013). The endophyte *Enterobacter* sp. FD17: a maize growth enhancer selected based on rigorous testing of plant beneficial traits and colonization characteristics. *Biol Fertil Soils*, 49(6), 249-262.
- Peters, J. W., Fisher, K., & Dean, D. R. (1995). Nitrogenase structure and function: a biochemical-genetic perspective. *Annu Rev. Microbiol*, 49, 335-366.
- Pha, N. T., Giỏi, T. D., & Hiệp, H. H. (2015). Phân lập, tuyển chọn và định danh các dòng vi khuẩn cố định đạm vùng rễ lúa các tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 38(2), 38-47.
- Phong, N. T., Thủy, P. T., & Quyền, T. T. (2018). Nghiên cứu khả năng thay thế đạm hóa học của hai chủng vi khuẩn *Burkholderia vietnamiensis* KG1 và *Burkholderia vietnamiensis* CT1 trên giống lúa cao sản OM2517. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp*, 2(1), 529-534.
- Puneet, K., Sohal, R. P., Gupta, R. P., & Pandher, M. S. (1998). Effect of inoculation of *Azotobacter* and PSM on fertilizer economy, plant growth and yield of winter maize. Nitrogen fixation with non-legumes, *Kluwer Academic Publisher*, 79, 271-273.
- Premising, S. M., & Archana, S. (2018). Growth stage and tissue specific colonization of endophytic bacteria having plant growth promoting traits in hybrid and composite maize (*Zea mays* L.). *Microbiological Research*, 214, 101-113.
- Salvo, P. D., Celluccib, G. C., Carlinob M. E., & Salamoneb, I. E. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria inoculation and nitrogen fertilization increase maize (*Zea mays* L.) grain yield and modified rhizosphere microbial communities. *Applied Soil Ecology* 126, 113-120.
- Shabave, P., Smolin, Y., & Strekozova, I. (1991). The effects of *Azotobacter brasilense* sp7 and *Azotobacter chroococcum* on nitrogen balance in soil under cropping with oats (*Avena sativa* L.). *Biology and Fertility of Soils*, 10, 290-292.
- Siddiq, S., Saleem, U., Ahmad, K., Anayat, A., Affan, Q. M., Anwar, M. F., Nazir, H., & Asghar, N. (2018). Comparison of conventional and non-conventional carriers for bacterial survival and plant growth. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 6(4), 126-129.
- Quy chuẩn kỹ thuật. (2011). *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khảo nghiệm giá trị canh tác và sử dụng của giống ngô*. QCVN 01-56: 2011/BNNPTNT, 1-10.
- Tỉnh, N. H. (2003). *Cây ngô*. Nhà xuất bản Nghệ An, 7-22.