

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA CÁC CHỦNG VI KHUẨN QUANG DƯỠNG KHÔNG LƯU HUỖNH MÀU TÍM HÒA TAN KALI TỚI SỰ NẤY MẦM CỦA HẠT NGÔ VÀ LÚA

Lê Thị Mỹ Thu^{1,2}, Trần Trọng Khôi Nguyên², Nguyễn Đức Trọng³,
Võ Minh Thuận⁴, Phan Chấn Hiệp³, Lê Vĩnh Thúc^{2,*}

TÓM TẮT

Thí nghiệm được thực hiện nhằm mục tiêu đánh giá hiệu quả của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tím hòa tan kali tới sự nảy mầm của hạt ngô và lúa. Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với các chủng vi khuẩn hòa tan kali, *Cereibacter sphaeroides* M-SI-09, *Rhodospseudomonas thermotolerans* M-So-11, *Rhodospseudomonas palustris* M-So-14 và hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn lần lượt ở các tỷ lệ pha loãng (mL/mL) 1: 500, 1: 1.000, 1: 1.500, 1: 2.000, 1: 2.500 và 1: 3.000, với 3 lần lặp lại, mỗi lần lặp lại là 1 đĩa petri chứa 10 hạt ngô hay lúa. Kết quả cho thấy, các chủng vi khuẩn *C. sphaeroides* M-SI-09, *R. thermotolerans* M-So-11 và *R. palustris* M-So-14 không gây độc đối với hạt ngô và lúa ở giai đoạn nảy mầm. Trong đó, tỷ lệ pha loãng 1: 2.500 ở cả 3 chủng vi khuẩn đơn *C. sphaeroides* M-SI-09, *R. thermotolerans* M-So-11 và *R. palustris* M-So-14 và hỗn hợp 3 chủng không gây độc tính mà còn hiệu quả tốt nhất tới chỉ số sức sống của mầm, với giá trị lần lượt là 17,5, 12,0, 12,6 và 8,72% so với đối chứng, chỉ đạt 5,47% đối với hạt ngô và 9,60, 9,78, 10,0 và 11,7 so với đối chứng, chỉ đạt 7,31% đối với hạt lúa. Đồng thời, tỷ lệ pha loãng 1: 2.500 cũng góp phần cải thiện chỉ số tăng sức sống của mầm ngô tương ứng với 219,1; 102,7; 129,7; 59,2% và mầm lúa tương ứng với 31,4; 33,8; 37,3 59,8% đối với từng chủng đơn M-SI-09, M-So-11, M-So-14 và hỗn hợp 3 chủng.

Từ khóa: Vi khuẩn hòa tan kali, vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tím, hạt lúa, ủ nảy mầm, hạt ngô.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự nảy mầm của hạt và hình thành cây con là quá trình chuyển đổi quan trọng trong chu trình sống của cây trồng góp phần đạt được sinh khối và năng suất cao [1], [2]. Trong đó, vùng rễ là vùng tương tác liên tục giữa rễ cây và quần thể vi sinh vật đất. Thông qua dịch tiết của rễ cây trồng, vi sinh vật được thu hút đến vùng rễ, xâm chiếm bề mặt rễ và các mô bên trong [3]. Vi khuẩn vùng rễ kích thích tăng trưởng cây trồng (Plant growth

promotion rhizobacteria, PGPR) thông qua một số phương thức hoạt động trực tiếp hoặc gián tiếp góp phần tăng hàm lượng dưỡng chất hữu dụng, sản xuất hormone cây trồng, phát triển chồi và rễ, bảo vệ cây trồng chống lại một số mầm bệnh [4]. Tuy nhiên, ứng dụng PGPR trên thực tế đã bị hạn chế bởi các cơ chế cải thiện tăng trưởng, sức khỏe và năng suất của cây trồng gồm khả năng xâm nhập vào vùng rễ của cây trồng và phát triển trong các điều kiện môi trường khác nhau [5]. Hơn nữa, vi khuẩn nội sinh kích thích tăng trưởng thực vật chủ yếu hiện diện trong hệ thống rễ có vai trò tích cực đối với sự phát triển của cây trồng cũng như chống lại các điều kiện bất lợi và được sử dụng làm phân bón sinh học [6]. Vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tím (PNSB) đã được áp dụng trong sản xuất nông nghiệp nhờ khả năng

¹ Học viên cao học ngành Khoa học cây trồng, Khóa 29, Trường Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

² Trường Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

³ Học viên cao học ngành Khoa học cây trồng, Khóa 30, Trường Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

⁴ Sinh viên ngành Bảo vệ thực vật, Khóa 47, Trường Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

* Email: lvthuc@ctu.edu.vn

sản xuất và tích lũy các hợp chất có lợi cho sự phát triển của cây trồng [7]. PNSB có khả năng thực hiện nhiều chức năng hữu ích như khả năng cố định N [8], hòa tan P [9], hòa tan K [10], [11], xử lý kim loại nặng [12] và giảm thiểu phát thải CH₄ [8], [13]. Ngoài ra, PNSB có khả năng tiết ra các kích thích sinh trưởng thực vật như: axit indole-3-acetic và axit 5-aminolevulinic hỗ trợ sự phát triển của cây trồng [13], [14], [15]. Bên cạnh đó, việc không có độc tính của tế bào là một trong những tiêu chí quan trọng nhất đối với việc sử dụng chế phẩm sinh học vào trong thực tế [8]. Ngô hay được gọi là bắp (*Zea mays* L.) là một loại cây ngũ cốc quan trọng trên thế giới được sử dụng làm thực phẩm và thức ăn gia súc [16], [17]. Diện tích canh tác ngô trên toàn thế giới năm 2021 đạt 205,9 triệu ha với tổng sản lượng 1.210,2 triệu tấn [18]. Ngô là cây lương thực được trồng phổ biến ở Việt Nam, với diện tích 902,8 triệu ha vào năm 2021. Trong đó, vùng Đông Nam bộ có diện tích canh tác đạt 54,7 nghìn ha, nhưng năng suất ngô trung bình cao nhất (71,4 tạ/ha) và cao hơn trung bình cả nước (49,3 tạ/ha). Diện tích canh tác và sản lượng ngô cả nước có xu hướng giảm trong giai đoạn 2017 - 2021, với sản lượng năm 2021 đạt 4.446,4 nghìn tấn [19]. Ngoài ra, lúa (*Oryza sativa* L.) là cây lương thực chính của hơn một nửa dân số thế giới [20]. Canh tác lúa được xem là hệ sinh thái đất ngập nước do con người tạo ra, đóng vai trò quan trọng trong sản xuất lương thực và bảo tồn hệ sinh thái [21]. Lúa là cây lương thực được trồng phổ biến ở Việt Nam, với diện tích 7.109,0 nghìn ha vào năm 2022, tập trung ở vùng đồng bằng sông Cửu Long (3.898,6 nghìn ha), Bắc Trung bộ, Duyên hải miền Trung (1.185,5 nghìn ha) và đồng bằng sông Hồng (953,7 nghìn ha). Trong đó, đồng bằng sông Cửu Long và đồng bằng sông Hồng có năng suất lúa cao lần lượt là 61,9 tạ/ha và 61,7 tạ/ha, cao hơn trung bình cả nước (60,0 tạ/ha). Diện tích canh tác và sản lượng lúa cả nước có xu hướng giảm trong giai đoạn 2018 - 2022, với sản lượng năm 2022 đạt 42.660,7 nghìn tấn [22]. Chính vì vậy, nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá độc tính của các chủng vi khuẩn hòa tan kali đối với hạt ngô và lúa ở giai đoạn nảy mầm để đề xuất tỷ lệ phù hợp cho ứng dụng trong canh tác ngô và lúa.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Thí nghiệm được thực hiện tại Khoa Khoa học cây trồng, Trường Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ.

Hạt giống ngô lai DK6919S của Công ty Bayer, có thời gian sinh trưởng 90 - 95 ngày. Chiều dài trái ngô khoảng 22 cm, lõi nhỏ, hạt có màu vàng cam, giống chịu hạn, cứng cây, xanh lá và chống đổ ngã tốt. Năng suất cao và ổn định, đạt từ 10 - 12 tấn/ha. Ngoài ra, để đánh giá tính ổn định của các chủng vi khuẩn đã thử nghiệm, các chủng này được đánh giá tương tự trên hạt lúa, ở giống OM5451.

Giống lúa *Oryza sativa* cv. OM 5451 lai từ tổ hợp lai Jasmine 85 x OM 2490, có thời gian sinh trưởng 88 - 93 ngày, chiều cao cây 85 - 95 cm, khối lượng 1.000 hạt 25 - 26 g và năng suất 6 - 8 tấn ha⁻¹ [23].

Nguồn vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía: Các chủng PNSB hòa tan kali gồm: *C. sphaeroides* M-SI-09, *Rhodopseudomonas thermotolerans* M-So-11 và *Rhodospseudomonas palustris* M-So-14 được phân lập và tuyển chọn từ đất phù sa trong đê trồng ngô tại huyện An Phú, tỉnh An Giang. Hàm lượng K được sinh ra từ 3 chủng vi khuẩn lần lượt là 48,8; 49,3; 48,2 mg/L. Ngoài ra, các chủng này còn có khả năng cố định N (đạt 10,1; 13,5; 11,4 mg/L) và hòa tan Ca-P (đạt 26,7; 27,0; 19,5 mg/L).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Các chủng vi khuẩn hòa tan K đã tuyển chọn được nuôi cấy trong môi trường BIM (pH=5,50) ở điều kiện vi hiếu khí sáng. Sau 48 giờ, các chủng vi khuẩn được điều chỉnh mật số tế bào vi khuẩn đạt 10⁸ CFU/mL tương đương với giá trị OD= 0,5 ở bước sóng 660 nm để đánh giá độc tính đối với cây ngô ở giai đoạn nảy mầm dựa trên chỉ số nảy mầm của hạt (GI) và chỉ số tăng sức sống (IVI).

Hạt ngô được khử trùng bằng ethanol 70% trong 3 phút và dung dịch natri hypochlorite 1% trong 10 phút, tiếp theo rửa bằng nước cất vô trùng. Quy trình đánh giá độc tính của vi khuẩn đến khả năng nảy mầm của hạt ngô được thực

hiện theo phương pháp của Kantha và cs (2015) [8] và đã được điều chỉnh. Các chủng PNSB hòa tan K được sử dụng để đánh giá độc tính đối với cây ngô thông qua chỉ số nảy mầm ở các nồng độ khác nhau. Cụ thể là 1 mL của mỗi chủng PNSB đã điều chỉnh mật số và đối chứng (nước cất) được pha loãng theo tỷ lệ thể tích lần lượt là: 500, 1.000, 1.500, 2.000, 2.500 và 3.000 mL. Đối với hỗn hợp 3 chủng PNSB với 0,33 mL cho mỗi chủng đơn được trộn lẫn để có 1 mL hỗn hợp.

Mười hạt ngô được đặt trên đĩa petri (10 cm x 1,5 cm) với giấy lọc ẩm. Sau đó, thêm 5 mL huyền phù của các chủng PNSB ở các nồng độ khác vào từng đĩa và các đĩa petri thử nghiệm được ủ ở 30°C trong tủ nuôi trong 5 ngày [24]. Sau khi ủ, xác định tỷ lệ nảy mầm của hạt ngô, chiều dài rễ và chiều cao mầm. Cụ thể là đếm số hạt nảy mầm, đo chiều dài từ hạt đến đỉnh của rễ mầm, đo chiều cao từ hạt đến đỉnh của chồi mầm bằng thước có chia vạch đến mm.

Thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên hoàn toàn, mỗi chủng vi khuẩn ở một nồng độ pha loãng được xem là 1 công thức với 3 lần lặp lại. Tỷ lệ nảy mầm của hạt ngô và chỉ số sinh trưởng của mầm được xác định theo mô tả của Ng và cs (2012) [25] và Jakubus và Bakinowska (2018) [26] vào 120 giờ sau ủ. Các chỉ tiêu khảo sát được sử dụng để đánh giá độc tính của chủng vi khuẩn (B) đối với nảy mầm và sinh trưởng của cây con so với đối chứng (DW) như sau:

$RSG (\%) = [\text{số hạt nảy mầm (B)} / \text{số hạt nảy mầm (DW)}] \times 100$.

$RRG (\%) = [\text{chiều dài rễ mầm (B)} / \text{chiều dài rễ mầm (DW)}] \times 100$.

$GI = (RSG \times RRG) / 100$.

Trong đó: RSG là tỷ lệ phần trăm hạt nảy mầm; RRG là tỷ lệ phần trăm sự phát triển của rễ; GI là chỉ số nảy mầm.

Đánh giá sự tăng trưởng của cây con xử lý các chủng PNSB hòa tan K đã chọn.

$GR = (\text{tổng số hạt} - \text{tổng số hạt không nảy mầm}) \times 100\% / \text{tổng số hạt}$.

$VI = (\text{chiều dài rễ mầm} + \text{chiều dài chồi mầm}) \times GR (\%)$.

$IVI (\%) = (VI_B - VI_{DW}) \times 100\% / VI_{DW}$.

Trong đó: GR là tỷ lệ nảy mầm; VI là chỉ số sức sống; IVI là chỉ số tăng sức sống của mầm.

Thí nghiệm đánh giá ảnh hưởng của các chủng PNSB lên sự nảy mầm của hạt lúa được thực hiện tương tự.

2.3. Xử lý số liệu

Số liệu được tính toán và xử lý thống kê bằng chương trình Microsoft Office Excel 2016. Xử lý thống kê số liệu bằng phần mềm SPSS 13.0, phân tích phương sai (ANOVA) để so sánh sự khác biệt giữa các nghiệm thức bằng phép kiểm định Duncan.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía hòa tan kali đến khả năng nảy mầm của hạt ngô

3.1.1. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía hòa tan kali đến chiều dài rễ và chiều dài chồi mầm ngô lai

Chiều dài rễ mầm: Kết quả ở bảng 1 cho thấy, chiều dài rễ mầm khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% đối với tất cả chủng vi khuẩn đơn và hỗn hợp. Đối với chủng đơn M-SI-09, các tỷ lệ pha loãng 1: 500, 1: 1.500 và 1: 2.500 có chiều dài rễ mầm tương đương nhau với giá trị tương ứng 10,0; 9,44; 9,97 cm. Tỷ lệ pha loãng 1: 1.000 có chiều dài rễ mầm đạt 6,46 cm thấp hơn tỷ lệ 1: 1.000 và 1: 3.000, tương ứng với 7,51 và 7,90 cm, cao hơn so với đối chứng (2,67 cm). Bên cạnh đó, bổ sung chủng vi khuẩn M-So-11 có chiều dài rễ mầm cao nhất ở tỷ lệ pha loãng 1: 2.500 với 6,73 cm. Các tỷ lệ pha loãng 1: 500, 1: 1.000, 1: 1.500, 1: 2.000 và 1: 3.000 có chiều dài rễ mầm dao động 4,53 - 5,93 cm, cao hơn so với đối chứng (2,67). Trong khi đó, tỷ lệ pha loãng 1: 500 và 1: 2.500 của chủng vi khuẩn M-So-14 có chiều dài rễ mầm cao tương đương nhau, lần lượt là 5,87 và 6,12 cm. Đối với hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn, tỷ lệ pha loãng 1: 1.000, 1: 2.000 và 1: 2.500 có chiều dài rễ mầm cao tương đương nhau và cao hơn so với các tỷ lệ pha loãng 1: 500, 1: 1.500, 1: 3.000, với giá trị 4,60; 4,90; 4,93 cm so với 2,94; 3,34; 2,19 cm, theo thứ tự. Bảng 1 cũng cho thấy, bổ sung từng chủng đơn PNSB hòa tan kali M-SI-

09, M-So-11, M-So-14 ở các tỷ lệ pha loãng 1: 500 đến 1: 3.000 hoặc hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn với tỷ lệ pha loãng từ 1: 1.000 đến 1: 3.000 đã góp phần cải thiện chiều dài rễ mầm so với đối chứng. Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Miljaković và cs (2022) [27], bổ sung chủng đơn vi khuẩn kích thích sinh trưởng cây trồng *Bacillus megaterium* hoặc hỗn hợp 2 chủng vi khuẩn *Bradyrhizobium japonicum* và *Bacillus megaterium* có chiều dài rễ mầm đầu nảnh lần lượt là 157,50 và 154,57 mm so với đối chứng (144,63 mm). Bên cạnh đó, Román-Ponce và cs (2017) [28] cũng cho biết, hạt mù tạt (*Brassica nigra*) được bổ sung từng chủng đơn vi khuẩn *Microbacterium* sp. CE3R2, *Bacillus* sp. CM1R3, *Bacillus* sp. CE1R10, *Alcaligenes* sp. CE1R6 hoặc hỗn hợp 7 chủng vi khuẩn (*Microbacterium* sp. CE3R2, *Microbacterium* sp. NE1R5, *Curtobacterium* sp. NM1R1, *Microbacterium* sp. NM3R9, *Bacillus* sp. CM1R3, *Bacillus* sp. CE1R10, *Alcaligenes* sp. CE1R6) đã cải thiện chiều dài rễ mầm so với không bổ sung vi

khuẩn. Đồng thời, kết quả nghiên cứu của Noumavo và cs (2013) [29] cho thấy, hạt ngô được bổ sung vi khuẩn kích thích tăng trưởng cây trồng dưới dạng chủng đơn *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas fluorescens*, hoặc hỗn hợp 2 chủng vi khuẩn *Azospirillum lipoferum* và *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum lipoferum* và *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens* và *Pseudomonas putida* có chiều dài rễ mầm dao động khoảng 13,43 - 16,79 cm, cao hơn so với đối chứng (11,08 cm). Hagaggi và Mohamed (2020) [30] cũng cho biết, chiều dài rễ mầm ngô có bổ sung vi khuẩn *Mixta theicola* SAR ($65 \pm 6,1$ mm) cao hơn so với đối chứng ($31 \pm 8,9$ mm). Tuy nhiên, trong nghiên cứu này chiều dài chồi mầm chưa theo một quy luật nhất định, nên các nghiên cứu tiếp theo cần đánh giá hiệu quả của các chủng vi khuẩn hòa tan kali qua nhiều thí nghiệm hoặc nhiều loại hạt giống khác nhau. Điều này cho thấy, bổ sung vi sinh vật góp phần cải thiện chiều dài rễ mầm so với không bổ sung.

Bảng 1. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía hòa tan kali đến chiều dài rễ và chiều dài chồi mầm ngô

Tỷ lệ pha loãng (mL/mL)	Chiều dài rễ (cm)				Chiều dài chồi mầm (cm)			
	M-Sl-09	M-So-11	M-So-14	HH3D	M-Sl-09	M-So-11	M-So-14	HH3D
ĐC	2,67 ^d	2,67 ^e	2,67 ^d	2,67 ^c	4,47 ^e	4,47 ^d	4,47 ^e	4,47 ^b
1: 500	10,0 ^a	5,93 ^b	5,87 ^{ab}	2,94 ^{bc}	6,32 ^c	6,21 ^a	5,44 ^d	4,58 ^b
1: 1.000	7,51 ^b	5,03 ^c	4,20 ^c	4,60 ^a	5,89 ^d	5,95 ^{ab}	4,85 ^e	4,93 ^b
1: 1.500	9,44 ^a	5,64 ^b	5,23 ^b	3,34 ^b	7,13 ^b	6,11 ^a	6,08 ^b	6,22 ^a
1: 2.000	6,46 ^c	4,80 ^{cd}	5,13 ^b	4,90 ^a	6,02 ^{cd}	5,44 ^c	5,98 ^{bc}	5,96 ^a
1: 2.500	9,97 ^a	6,73 ^a	6,12 ^a	4,93 ^a	8,12 ^a	6,15 ^a	6,90 ^a	5,97 ^a
1: 3.000	7,90 ^b	4,53 ^d	4,13 ^c	3,19 ^b	7,01 ^b	5,51 ^{bc}	5,58 ^{cd}	5,83 ^a
Mức ý nghĩa	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	5,12	4,57	8,81	6,01	3,32	4,72	4,77	4,90

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*). ĐC: Đối chứng; HH3D: Hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn gồm M-Sl-09 + M-So-11 + M-So-14.

Chiều dài chồi mầm: Chiều dài chồi mầm ngô khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% giữa các chủng đơn vi khuẩn M-Sl-09, M-So-11, M-So-14 và hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn. Trong đó, chủng vi khuẩn

M-Sl-09 và M-SO-14 có chiều dài chồi mầm cao nhất ở tỷ lệ pha loãng 1: 2.500, với giá trị tương ứng 8,12 và 6,90 cm. Chiều dài chồi mầm dao động 5,89 - 7,13 cm và 4,85 - 6,08 cm ở các tỷ lệ pha

loãng 1: 5.00, 1: 1.000, 1: 1.500, 1: 2.000 và 1: 3.000 tương ứng với chủng vi khuẩn M-SI-09 và M-So-14. Chiều dài chồi mầm cao tương đương nhau ở các tỷ lệ pha loãng 1: 500, 1: 1.000, 1: 1.500 và 1: 2.500 đối với chủng vi khuẩn M-So-11, với giá trị lần lượt 6,21; 5,95; 6,11; 6,15 cm. Hơn nữa, các tỷ lệ pha loãng 1: 1.000 và 1: 3.000 có chiều dài chồi mầm cao hơn so với đối chứng, lần lượt là 5,44 và 5,51 cm so với 4,47 cm. Đối với hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn, các tỷ lệ pha loãng 1: 1.500, 1: 2.000, 1: 2.500 và 1: 3.000 có chiều dài chồi mầm lần lượt là 6,22; 5,96; 5,97; 5,83 cm, cao hơn so với các tỷ lệ pha loãng 1: 500; 1: 1.000 và đối chứng, tương ứng với 4,58; 4,93; 4,47 cm (Bảng 1).

Điều này cũng tương tự với kết quả nghiên cứu trên đậu nành của Miljaković và cs (2022) [27] áp dụng từng chủng đơn vi khuẩn *Bradyrhizobium japonicum* hoặc *Bacillus megaterium* hay hỗn hợp 2 chủng vi khuẩn *Bradyrhizobium japonicum* và *Bacillus megaterium* cũng đã góp phần tăng chiều dài mầm tương ứng với 128,18; 127,51; 127,08 mm so với đối chứng không bổ sung vi khuẩn, với 118,42 mm. Bên cạnh đó, Noumavo và cs (2013) [29] cho biết, hạt ngô được bổ sung vi khuẩn kích thích tăng cây trồng ở dạng chủng đơn, hỗn hợp 2 chủng vi khuẩn hoặc hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn (*Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*) có chiều dài dao động 7,07 - 8,39 cm, cao hơn so với đối chứng, với 5,43 cm.

3.1.2. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía hòa tan kali đến tỷ lệ nảy mầm và chỉ số nảy mầm ngô lai

Tỷ lệ nảy mầm: Kết quả ở bảng 2 cho thấy, tỷ lệ nảy mầm của hạt ngô khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% ở các chủng đơn M-SI-09, M-So-14 và hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn. Tỷ lệ nảy mầm của hạt ngô tương đương ở các tỷ lệ pha loãng từ 1: 500 đến 1: 3.000 và cao hơn so với đối chứng, tương ứng với 96,7 - 100% so với 76,7%. Trong khi đó, chủng vi khuẩn M-So-14 có tỷ lệ nảy mầm ở tỷ lệ pha loãng 1: 500 (96,7%) tương đương với các tỷ lệ pha loãng 1: 1.500, 1: 2.000, 1: 2.500 với giá trị tương ứng 86,7; 86,7; 96,7%. Đối với hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn, tỷ lệ nảy mầm cao nhất ở tỷ lệ pha loãng 1: 1.000, với 96,7%. Tuy nhiên, tỷ lệ nảy mầm khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các tỷ lệ pha loãng ở chủng vi khuẩn M-So-11.

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, bổ sung vi khuẩn hòa tan kali chủng đơn M-SI-09 ở tỷ lệ pha loãng 1: 500 đến 1: 3.000, M-So-14 với tỷ lệ pha loãng 1: 500 và 1: 2.500 hoặc hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn ở tỷ lệ pha loãng 1: 1.000 có tỷ lệ nảy mầm của hạt ngô cao hơn so với đối chứng chỉ bổ sung nước cất vô trùng. Kết quả nghiên cứu này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Miljaković và cs (2022) [27], hạt đậu nành được bổ sung vi khuẩn *Bacillus megaterium* hoặc hỗn hợp 2 chủng vi khuẩn *Bradyrhizobium japonicum* và *Bacillus megaterium* có tỷ lệ nảy mầm (đạt tương ứng 90,75 và 90,50%) cao hơn so với đối chứng (87,25%). Hơn nữa, hạt ngô bổ sung chủng đơn vi khuẩn *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas fluorescens*, hoặc hỗn hợp 2 chủng *Pseudomonas fluorescens* và *Pseudomonas putida* có tỷ lệ nảy mầm lần lượt là 98,33; 93,33; 100,00% cao hơn so với đối chứng, với 81,67% [29]. Theo Hagaggi và Mohamed (2020) [30], tỷ lệ nảy mầm của hạt ngô được bổ sung vi khuẩn *Mixta theicola* SAR ($97 \pm 9,35\%$) cũng cao hơn so với đối chứng ($70 \pm 9,35\%$).

Chỉ số nảy mầm: Kết quả ở bảng 2 cho thấy, chỉ số nảy mầm của hạt ngô khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% ở các chủng vi khuẩn M-SI-09, M-So-11, M-So-14 và hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn. Ở chủng đơn vi khuẩn M-SI-09, chỉ số nảy mầm cao tương đương nhau ở các tỷ lệ pha loãng 1: 500, 1: 1.500, 1: 2.500, lần lượt là 490,1; 445,4; 471,1% cao hơn so với các tỷ lệ pha loãng 1: 1.000, 1: 2.000 và 1: 3.000, tương ứng với 355,6; 315,8; 385,9%. Trong khi đó, chỉ số nảy mầm ở tỷ lệ pha loãng 1: 500 và 1: 1.500 của chủng vi khuẩn M-So-11 lần lượt là 289,8 và 292,5% tương đương với tỷ lệ pha loãng 1: 2.500 (261,3%) và cao hơn các tỷ lệ pha loãng 1: 1.000, 1: 2.000, 1: 3.000, với 229,1; 210,2; 199,2%, theo thứ tự. Đối với chủng vi khuẩn M-So-14, chỉ số nảy mầm ở tỷ lệ pha loãng 1: 500 và 1: 2.500 cao tương đương, với giá trị tương ứng 278,1 và 288,9%, cao hơn so với các tỷ lệ pha loãng 1: 1.000, 1: 1.500, 1: 2.000, 1: 3.000, dao động trong khoảng 160,5 - 220,7%. Chỉ số nảy mầm cao tương đương nhau ở tỷ lệ pha loãng 1: 1.000 và 1: 2.000 đối với hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn, với 217,4 và 200,2%, theo thứ tự, cao hơn so với các tỷ lệ pha loãng 1: 500, 1: 1.500, 1: 2.500, 1: 3.000, dao động từ 124,6 - 130,5%.

Bảng 2. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía hòa tan kali đến tỷ lệ nảy mầm và chỉ số nảy mầm ngô

Tỷ lệ pha loãng (mL/mL)	Tỷ lệ nảy mầm (%)				Chỉ số nảy mầm (%)			
	M-SI-09	M-So-11	M-So-14	HH3D	M-SI-09	M-So-11	M-So-14	HH3D
ĐC	76,7 ^b	76,7	76,7 ^b	76,7 ^c	-	-	-	-
1: 500	100 ^a	100	96,7 ^a	86,7 ^b	490,1 ^a	289,8 ^a	278,1 ^a	124,6 ^b
1: 1.000	96,7 ^a	93,3	83,3 ^b	96,7 ^a	355,6 ^{bc}	229,1 ^{bc}	170,4 ^c	217,4 ^a
1: 1.500	96,7 ^a	90,0	86,7 ^{ab}	80,0 ^{bc}	445,4 ^a	292,5 ^a	220,7 ^b	130,5 ^b
1: 2.000	100 ^a	90,0	86,7 ^{ab}	83,3 ^{bc}	315,8 ^c	210,2 ^c	218,2 ^b	200,2 ^a
1: 2.500	96,7 ^a	93,3	96,7 ^a	80,0 ^{bc}	471,1 ^a	261,3 ^{ab}	288,9 ^a	126,4 ^b
1: 3.000	100 ^a	90,0	80,0 ^b	83,3 ^{bc}	385,9 ^b	199,2 ^c	160,5 ^c	129,3 ^b
Mức ý nghĩa	*	ns	*	*	*	*	*	*
CV (%)	4,58	8,36	7,55	5,82	6,89	9,56	46,00	10,19

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*). ĐC: Đối chứng; HH3D: Hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn gồm M-SI-09 + M-So-11 + M-So-14.

Chỉ số nảy mầm đạt cao ở tỷ lệ pha loãng 1: 500, 1: 1.500, 1: 2.500 ở chủng vi khuẩn M-SI-09 và M-So-11, trong khi đó, chỉ nảy mầm ở chủng vi khuẩn M-So-14 và hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn đạt cao ở tỷ lệ pha loãng 1: 500, 1: 2.500 và 1: 1.000, 1: 2.000, theo thứ tự (Bảng 2). Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Nookongbut và cs (2020) [31] hạt đậu tây (*Phasecolus vulgaris* L.) bổ sung vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía KKSSR91 với tỷ lệ pha loãng 1 g/L có chỉ số nảy mầm cao hơn so với tỷ lệ pha loãng 5 g/L và 10 g/L ở cả 2 điều kiện pH 4,5 (84,87% so với 51,41 và 54,54%) và pH 7,0 (68,81% so với 61,92 và 64,34%). Bên cạnh đó, Kantha và cs (2015) [8] cũng cho biết, chủng vi khuẩn *Rhodospseudomonas palustris* KT103 ở tỷ lệ pha loãng 1: 2.000 và 1: 3.000 có chỉ số nảy mầm cao lần lượt 99,27 và 105,42% so với các tỷ lệ pha loãng 1: 500 và 1: 1.000, tương ứng với 80,61 và 74,2%. Tuy nhiên, ở chủng *Rhodospseudomonas palustris* PP803 và *Rhodospseudomonas palustris* P1 có chỉ số nảy mầm cao ở tỷ lệ pha loãng lần lượt là 1: 1.000 và 1: 500, tương ứng với 111,90 và 107,60%.

3.1.3. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía hòa tan kali đến chỉ số sức sống và chỉ số tăng sức sống của hạt ngô

Chỉ số sức sống: Kết quả ở bảng 3 cho thấy, chỉ số sức sống khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% ở các chủng vi khuẩn M-SI-09, M-So-11, M-So-14 và hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn. Đối với chủng vi khuẩn M-SI-09, chỉ số sức sống của hạt ngô cao ở tỷ lệ pha loãng 1: 2.500, với 17,5% tương đương với tỷ lệ pha loãng 1: 500 và 1: 1.500, tương ứng với 16,2 và 16,0%, cao hơn so với các tỷ lệ pha loãng 1: 1.000, 1: 2.000, 1: 3.000, lần lượt là 13,0, 12,5, 14,9. Hơn nữa, chỉ số sức sống của hạt ngô được ghi nhận thấp nhất ở công thức đối chứng, với 5,47%. Chỉ số sức sống của hạt ngô ở chủng vi khuẩn M-So-11 đạt cao ở tỷ lệ pha loãng 1: 500, 1: 1.500, 1: 2.500, tương ứng với 12,1; 10,6; 12,0%, cao hơn so với đối chứng (5,47%). Ở chủng vi khuẩn M-So-14, chỉ số sức sống của mầm cao nhất ở tỷ lệ pha loãng 1: 2.500 (12,6%) và thấp nhất là chỉ số sức sống của đối chứng. Tuy nhiên, chỉ số sức sống của mầm ở hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn cao tương đương nhau ở tỷ lệ pha loãng 1: 1.000, 1: 2.000, 1: 2.500, lần lượt là 9,23; 9,05; 8,72%, cao khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% so với đối chứng.

Chỉ số tăng sức sống của mầm: Kết quả ở bảng 3 cho thấy, chỉ số tăng sức sống của mầm ngô khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% ở các chủng vi khuẩn M-SI-09, M-So-11, M-So-14 và hỗn hợp 3

chủng vi khuẩn. Chỉ số tăng sức sống của mầm cao ở tỷ lệ pha loãng 1: 2.500 (219,1%) đối với chủng vi khuẩn M-SI-09, tương đương với tỷ lệ pha loãng 1: 500 và 1: 1.500, với 198,5 và 192,3%, cao hơn so với các tỷ lệ pha loãng 1: 1.000, 1: 2.000, 1: 3.000, lần lượt là 137,2, 127,9 và 172,2%. Đối với chủng vi khuẩn M-So-11, tỷ lệ pha loãng 1: 500 và 1: 1.500 có chỉ số tăng sức sống của mầm lần lượt là 121,7 và 110,1%, tương đương với tỷ lệ pha loãng 1: 1.000 và 1: 2.500, với 87,2 và 102,7%, theo thứ tự, cao hơn chỉ số tăng sức sống của mầm ở tỷ lệ pha loãng 1: 2.000 và 1: 3.000, tương ứng với 67,8 và 65,0%. Tỷ lệ pha loãng 1: 2.500 ở chủng vi khuẩn M-So-14 có chỉ số tăng sức sống của mầm đạt 129,7% tương đương với tỷ lệ pha loãng 1: 500 và cao hơn các tỷ lệ pha loãng 1: 1.000, 1: 1.500, 1: 2.000, 1: 3.000, dao động từ 37,3 - 78,7%. Bên cạnh đó, đối với hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn, chỉ số tăng sức sống của mầm cao ở tỷ lệ pha loãng 1: 1.000 và 1: 2.000 lần lượt là 68,5 và 65,3%, tương đương với tỷ lệ pha loãng 1: 2.500, với 59,2%, cao hơn so với các tỷ lệ 1: 500, 1: 1.500 và 1: 3.000, với giá trị tương ứng 18,8; 39,6; 37,1%.

Chỉ số sức sống của mầm ở các tỷ lệ pha loãng 1: 500 đến 1: 3.000 ở các chủng vi khuẩn M-SI-09, M-So-11, M-So-14 và 1: 1.000 đến 1: 3.000 ở hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn cao hơn so với đối chứng. Kết quả nghiên cứu này đã góp phần dẫn đến tăng chỉ số tăng sức sống của mầm ở các tỷ lệ pha loãng (Bảng 3). Kết quả nghiên cứu này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Noumavo và cs (2013) [29], hạt ngô bổ sung hỗn hợp 2 chủng vi khuẩn vùng rễ kích thích tăng trưởng cây trồng *Pseudomonas fluorescens* và *Pseudomonas putida* có chỉ số sức sống mầm cao hơn 77,54% so với đối chứng không bổ sung vi khuẩn và cũng đã góp phần nâng cao chỉ số tăng sức sống của mầm ngô. Kết quả tương tự trên hạt ngô, với chỉ số sức sống tăng 55% bởi *P. putida* [32]. Bên cạnh đó, Hagaggi và Mohamed (2020) [30] cũng cho biết, chỉ số sức sống của mầm ngô ở nghiệm thức bổ sung chủng vi khuẩn *Mixta theicola* SAR đạt 1173% cao hơn so với đối chứng (539%), chỉ số sức sống của mầm ngô bổ sung chủng vi khuẩn *Mixta theicola* SAR cao hơn đối chứng 634%.

Bảng 3. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía hòa tan kali đến chỉ số sức sống và chỉ số tăng sức sống của mầm ngô lai

Tỷ lệ pha loãng (mL/mL)	Chỉ số sức sống (%)				Chỉ số tăng sức sống của mầm (%)			
	M-SI-09	M-So-11	M-So-14	HH3D	M-SI-09	M-So-11	M-So-14	HH3D
ĐC	5,47 ^d	5,47 ^d	5,47 ^d	5,47 ^d	-	-	-	-
1: 500	16,3 ^{ab}	12,1 ^a	11,0 ^b	6,51 ^{cd}	198,5 ^{ab}	121,7 ^a	100,1 ^{ab}	18,8 ^c
1: 1.000	13,0 ^c	10,3 ^{bc}	7,52 ^c	9,23 ^a	137,2 ^c	87,2 ^{abc}	37,3 ^c	68,5 ^a
1: 1.500	16,0 ^{ab}	10,6 ^{abc}	9,79 ^b	7,65 ^b	192,3 ^{ab}	110,1 ^a	78,7 ^b	39,6 ^{bc}
1: 2.000	12,5 ^c	9,19 ^c	9,66 ^b	9,05 ^a	127,9 ^c	67,8 ^{bc}	76,4 ^b	65,3 ^a
1: 2.500	17,5 ^a	12,0 ^{ab}	12,6 ^a	8,72 ^a	219,1 ^a	102,7 ^{ab}	129,7 ^a	59,2 ^{ab}
1: 3.000	14,9 ^b	9,04 ^c	7,77 ^c	7,51 ^{bc}	172,2 ^b	65,0 ^c	41,9 ^c	37,1 ^c
Mức ý nghĩa	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	6,24	10,1	9,72	7,66	9,44	20,7	47,7	23,3

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*). ĐC: Đối chứng; HH3D: Hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn gồm M-SI-09 + M-So-11 + M-So-14.

Kết quả nghiên cứu này cho thấy, các chủng dài rễ, tỷ lệ nảy mầm và chỉ số sức sống của hạt PNSB cải thiện được chiều dài chồi mầm, chiều ngô. Điều này cho thấy, các chủng vi khuẩn hòa

tan K không chỉ có tiềm năng trong cung cấp K mà còn triển vọng trong cải thiện sức khỏe cây trồng dưới dạng chế phẩm sinh học.

3.2. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía hòa tan kali đến khả năng nảy mầm của hạt lúa

3.2.1. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía hòa tan kali đến chiều dài rễ và chiều dài chồi mầm lúa

Chiều dài rễ mầm: Đối với chủng đơn M-SI-09, hoặc hỗn hợp 3 chủng M-SI-09, M-So-11, M-So-14 có chiều dài rễ mầm đạt cao nhất ở tỷ lệ pha loãng 1: 2.500, với giá trị 6,24 và 8,03 cm so với các tỷ lệ pha loãng còn lại 4,53 - 5,57 và 5,08 - 7,32 cm. Đối với chủng M-So-11, M-So-14, các tỷ lệ pha loãng 1: 500, 1: 1.000, 1: 1.500, 1: 2.000 và 1: 2.500 có chiều dài rễ (5,65 - 6,46 cm) cao hơn ở tỷ lệ pha loãng 1: 3.000 (5,76 cm). Đối với chủng M-So-14, tất cả các tỷ lệ pha loãng khảo sát đều có chiều dài rễ dài hơn đối chứng, nhưng ở tỷ lệ pha loãng từ 1: 1.500 trở lên, chiều dài rễ có khuynh hướng cao hơn

(Bảng 4). Điều này cũng phù hợp với nghiên cứu của Nookongbut và cs (2018) [33], bổ sung chủng *B. megaterium* DD-2, *B. aryabhatai* DD-3 và *B. subtilis* DD-4 góp phần tăng sinh khối rễ và chiều dài rễ lúa.

Chiều dài chồi mầm: Chiều dài chồi mầm đạt cao nhất ở tỷ lệ pha loãng 1: 2.000, với 3,77 cm đối với chủng M-SI-09 và 3,58 cm đối với chủng M-So-11. Tuy nhiên, chủng M-So-14 có chiều dài chồi mầm tương đương nhau ở tất cả các tỷ lệ pha loãng, với giá trị trung bình 3,36 cm. Trong trường hợp sử dụng hỗn hợp 3 chủng, chỉ có tỷ lệ pha loãng 1: 2.500 đạt chiều dài chồi (3,65 cm) cao hơn đối chứng (Bảng 4). Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Kantha và cs (2015) [8], tất cả các nghiệm thức có bổ sung PNSB như P1, TK103, PP803 cao hơn so với không bổ sung. Trong trường hợp áp dụng trên cây lúa, *B. methylotrophicus* DD-1 giúp tăng chiều dài chồi lúa [34].

Bảng 4. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía hòa tan kali đến chiều dài rễ và chiều dài chồi mầm lúa

Tỷ lệ pha loãng (mL/mL)	Chiều dài rễ (cm)				Chiều dài chồi mầm (cm)			
	M-SI-09	M-So-11	M-So-14	HH3D	M-SI-09	M-So-11	M-So-14	HH3D
ĐC	5,08 ^c	5,08 ^c	5,08 ^c	5,08 ^d	3,04 ^c	3,04 ^c	3,04	3,04 ^b
1: 500	5,51 ^{bc}	5,65 ^b	5,89 ^b	7,32 ^b	3,20 ^c	3,14 ^c	3,20	3,32 ^{ab}
1: 1,000	5,57 ^b	6,35 ^a	5,86 ^b	6,88 ^b	3,40 ^b	3,33 ^b	3,50	3,43 ^{ab}
1: 1,500	5,41 ^{bc}	6,13 ^{ab}	6,08 ^{ab}	6,93 ^b	3,50 ^b	3,15 ^c	3,26	3,41 ^{ab}
1: 2,000	5,30 ^{bc}	6,38 ^a	6,27 ^{ab}	6,75 ^b	3,77 ^a	3,58 ^a	3,45	3,36 ^{ab}
1: 2,500	6,42 ^a	6,46 ^a	6,53 ^a	8,03 ^a	3,52 ^b	3,32 ^b	3,50	3,65 ^a
1: 3,000	4,53 ^d	5,67 ^b	6,28 ^{ab}	5,99 ^c	3,42 ^b	3,13 ^c	3,26	3,18 ^b
Mức ý nghĩa	*	*	*	*	*	*	ns	*
CV (%)	18,3	14,8	13,2	24,4	11,9	9,77	9,01	9,96

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*). ĐC: Đối chứng; HH3D: Hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn gồm M-SI-09 + M-So-11 + M-So-14.

3.2.2. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía hòa tan kali đến tỷ lệ nảy mầm và chỉ số nảy mầm lúa

- **Tỷ lệ nảy mầm:** Bảng 5 cho thấy, tỷ lệ nảy mầm của chủng M-SI-09 và M-So-11 rất biến động

giữa các tỷ lệ pha loãng, dao động 90 -100%. Trái lại, chủng M-SI-09 đạt tỷ lệ nảy mầm tương đương nhau giữa các tỷ lệ pha loãng khảo sát (90 - 100%). Tuy nhiên, sử dụng hỗn hợp ba chủng M-SI-09, M-So-11, M-So-14, tỷ lệ nảy mầm ở tất cả các tỷ lệ pha

loãng đều cao hơn so với đối chứng, với 96,7 - 100% so với 90%.

- *Chỉ số nảy mầm*: Bảng 5 cho thấy, chủng M-SI-09, hoặc hỗn hợp 3 chủng M-SI-09, M-So-11, M-So-14 đạt chỉ số nảy mầm theo thứ tự của tỷ lệ pha loãng 1: 2.500 > 1: 2.000 ~ 1: 1.500 ~ 1: 1.000 ~ 1: 500 > 1: 3.000, với 135,6 > 111,7 ~ 118,3 ~ 117,7 ~ 120,5 > 99,0% và 175,6 > 147,6 ~ 151,6 ~ 150,4 ~ 154,3 > 131,0%. Đối với chủng M-So-14, chỉ số nảy

mầm tương đương nhau ở các tỷ lệ pha loãng, với 128,1 - 142,9%. Theo Kantha và cs (2015) [8] chỉ số nảy mầm trong điều kiện bổ sung chế phẩm sinh học là 105 - 117% so với sử dụng nước cất là 94%. Ngoài ra, theo Nookongbut và cs (2018) [35] bổ sung PNSB cải thiện chỉ số nảy mầm của hạt lúa. Điều này cho thấy, tiềm năng của các chủng PNSB trong cải thiện chỉ số nảy mầm hạt giống.

Bảng 5. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía hòa tan kali đến tỷ lệ nảy mầm và chỉ số nảy mầm lúa

Tỷ lệ pha loãng (mL/mL)	Tỷ lệ nảy mầm (%)				Chỉ số nảy mầm (%)			
	M-SI-09	M-So-11	M-So-14	HH3D	M-SI-09	M-So-11	M-So-14	HH3D
ĐC	90,0 ^b	90,0 ^b	90,0	90,0 ^b	-	-	-	-
1: 500	100,0 ^a	100,0 ^a	96,7	96,7 ^a	120,5 ^b	123,6 ^c	128,8	154,3 ^b
1: 1,000	96,7 ^{ab}	93,3 ^b	96,7	100,0 ^a	117,7 ^b	129,3 ^{bc}	128,1	150,4 ^b
1: 1,500	100,0 ^a	100,0 ^a	96,7	100,0 ^a	118,3 ^b	134,1 ^{ab}	128,3	151,6 ^b
1: 2,000	96,7 ^{ab}	93,3 ^b	96,7	100,0 ^a	111,7 ^b	130,0 ^{bc}	132,7	147,6 ^b
1: 2,500	96,7 ^{ab}	100,0 ^a	100,0	100,0 ^a	135,6 ^a	141,3 ^a	142,9	175,6 ^a
1: 3,000	100,0 ^a	100,0 ^a	96,7	100,0 ^a	99,0 ^c	124,0 ^c	132,6	131,0 ^c
Mức ý nghĩa	*	*	Ns	*	*	*	ns	*
CV (%)	6,35	7,71	5,34	6,67	17,7	8,83	7,38	16,3

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (). ĐC: Đối chứng; HH3D: Hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn gồm M-SI-09 + M-So-11 + M-So-14.*

3.2.3. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía hòa tan kali đến chỉ số sức sống và chỉ số tăng sức sống của hạt lúa

- *Chỉ số sức sống*: Đối với chủng M-SI-09 và hỗn hợp 3 chủng M-SI-09, M-So-11, M-So-14, tỷ lệ pha loãng 1: 2.500 đạt chỉ số sức sống cao nhất. Tiếp đến là các tỷ lệ pha loãng 1: 500, 1: 1.000, 1: 1.500, 1: 2.000, có chỉ số sức sống cao hơn tỷ lệ 1: 3.000. Chỉ số sức sống đạt thấp nhất ở nghiệm thức đối chứng. Cụ thể là, chỉ số sức sống 9,60 > 8,71 - 8,97 > 7,95 > 7,31% đối với chủng M-SI-09; 9,78 > 10,1 - 10,4 > 9,17 > 7,31% đối với hỗn hợp 3 chủng M-SI-09, M-So-11, M-So-14. Đối với chủng M-So-11, M-So-14, tất cả các tỷ lệ pha loãng đều có chỉ số sức sống cao hơn đối chứng, với 8,79 - 9,78

và 8,77 - 10,0 so với 7,31%. Trong đó, chỉ số sức sống cao nhất ở tỷ lệ pha loãng 1: 2.500 (Bảng 6).

- *Chỉ số tăng sức sống của mầm*: Tất cả các tỷ lệ pha loãng 1: 500, 1: 1.000, 1: 1.500, 1: 2.000, 1: 2.500, 1: 3.000 đều có chỉ số tăng sức sống của mầm cao hơn so với đối chứng, dao động 8,75 - 31,4, 20,3 - 33,8, 20,0 - 37,3 và 25,5 - 59,8% theo thứ tự đối với chủng M-SI-09, M-So-11, M-So-14 và hỗn hợp 3 chủng M-SI-09, M-So-11, M-So-14. Trong đó, tỷ lệ pha loãng 1: 2.500 phù hợp nhất cả cả chủng đơn và hỗn hợp 3 chủng M-SI-09, M-So-11, M-So-14 (Bảng 6). Kết quả nghiên cứu của Kantha và cs (2015) [8] cho thấy, PNSB không gây độc đối với hạt lúa. Bên cạnh đó, sử dụng PNSB, *R. palustris* và *Rubrivivax gelatinosus* ở tỷ lệ 1: 1 dưới dạng rắn hay lỏng đều không gây độc cho cây lúa [36].

Bảng 6. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía hòa tan kali đến chỉ số sức sống và chỉ số tăng sức sống của mầm lúa

Tỷ lệ pha loãng (mL/mL)	Chỉ số sức sống (%)				Chỉ số tăng sức sống của mầm (%)			
	M-SI-09	M-So-11	M-So-14	HH3D	M-SI-09	M-So-11	M-So-14	HH3D
ĐC	7,31 ^d	7,31 ^d	7,31 ^d	7,31 ^d	-	-	-	-
1: 500	8,71 ^b	8,79 ^c	8,77 ^c	10,3 ^b	19,2 ^b	20,3 ^b	20,0 ^b	40,6 ^b
1: 1.000	8,67 ^b	9,02 ^{bc}	9,04 ^{bc}	10,3 ^b	18,6 ^b	23,4 ^b	23,7 ^{ab}	41,0 ^b
1: 1.500	8,91 ^b	9,28 ^b	9,01 ^{bc}	10,4 ^b	21,9 ^b	27,0 ^{ab}	23,3 ^{ab}	41,6 ^b
1: 2.000	8,75 ^b	9,29 ^b	9,38 ^b	10,1 ^b	19,7 ^b	27,1 ^{ab}	28,4 ^b	38,3 ^b
1: 2.500	9,60 ^a	9,78 ^a	10,0 ^a	11,7 ^a	31,4 ^a	33,8 ^a	37,3 ^a	59,8 ^a
1: 3.000	7,95 ^c	8,80 ^c	9,21 ^{bc}	9,17 ^c	8,75 ^c	20,5 ^b	26,0 ^{ab}	25,5 ^c
Mức ý nghĩa	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	14,8	15,2	15,6	23,7	6,30	3,48	3,94	4,62

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức 5% (*). ĐC: Đối chứng; HH3D: Hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn gồm M-SI-09 + M-So-11 + M-So-14.

4. KẾT LUẬN

Các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía có khả năng hòa tan kali *C. sphaeroides* M-SI-09, *Rhodospseudomonas thermotolerans* M-So-11 và *Rhodospseudomonas palustris* M-So-14 không gây độc tính đối với hạt ngô và lúa bởi cải thiện chỉ số tăng sức sống của mầm ngô 12,0 - 17,5% so với 5,47% và mầm lúa 9,60 - 11,7% so với 8,72%.

Tỷ lệ pha loãng 1: 2.500 không gây độc tính đối với hạt ngô và lúa ở cả 3 chủng vi khuẩn đơn *C. sphaeroides* M-SI-09, *Rhodospseudomonas thermotolerans* M-So-11 và *Rhodospseudomonas palustris* M-So-14 và hỗn hợp 3 chủng vi khuẩn.

Cần tiếp tục đánh giá hiệu quả của các chủng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía có khả năng hòa tan kali đã tuyển chọn trong canh tác ngô và một số cây trồng cạn khác ở điều kiện nhà lưới và đồng ruộng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Farooq, M. A., Zhang, X., Zafar, M. M., Ma, W., & Zhao, J. (2021). Roles of reactive oxygen

species and mitochondria in seed germination. *Frontiers in Plant Science*, 12, 781734.

2. Tamindžić, G., Ignjatov, M., Milošević, D., Nikolić, Z., Nastasić, A., Jovičić, D., & Savić, J. (2020). Assessment of quality and viability of primed maize seed. *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 57(3), 87 - 92.

3. Grover, M., Bodhankar, S., Sharma, A., Sharma, P., Singh, J., & Nain, L. (2021). PGPR mediated alterations in root traits: Way toward sustainable crop production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 618230.

4. de Andrade, L. A., Santos, C. H. B., Frezarín, E. T., Sales, L. R., & Rigobelo, E. C. (2023). Plant growth-promoting rhizobacteria for sustainable agricultural production. *Microorganisms*, 11(4), 1088.

5. Santoyo, G., Urtis-Flores, C. A., Loeza-Lara, P. D., Orozco-Mosqueda, M. D. C., & Glick, B. R. (2021). Rhizosphere colonization determinants by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). *Biology*, 10(6), 475.

6. Mushtaq, S., Shafiq, M., Tariq, M. R., Sami, A., Nawaz-ul-Rehman, M. S., Bhatti, M. H. T., Haider, M.S., Sadiq, S., Abbas, M.T., Hussain, M., & Shahid, M. A. (2023). Interaction between bacterial endophytes and host plants. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1092105.
7. Sakarika, M., Spanoghe, J., Sui, Y., Wambacq, E., Grunert, O., Haesaert, G., Spiller, M., & Vlaeminck, S. E. (2020). Purple non-sulphur bacteria and plant production: benefits for fertilization, stress resistance and the environment. *Microbial Biotechnology*, 13(5), 1336 - 1365.
8. Kantha, T., Kantachote, D., & Klongdee, N. (2015). Potential of biofertilizers from selected *Rhodopseudomonas palustris* strains to assist rice (*Oryza sativa* L. subsp. indica) growth under salt stress and to reduce greenhouse gas emissions. *Annals of Microbiology*, 65(4), 2109 - 2118.
9. Rana, G., Meikap, S., Mondol, M., Bose, P.P., & Mandal, T. (2016). Green-fertilize, *Rhodospirillum rubrum*, for agricultural development on flyash without any toxic metal ion release. *Basic Research Journal of Agricultural Science and Review*, 5(8), 109 - 117.
10. Ge, H., & Zhang, F. (2019). Growth-promoting ability of *Rhodopseudomonas palustris* G5 and its effect on induced resistance in cucumber against salt stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38(1), 180 - 188.
11. Khuong, N. Q., Sakpirom, J., Oanh, T. O., Thuc, L. V., Thu, L. T. M., Xuan, D. T., Quang, L. T., & Xuan, L. N. T. (2023). Isolation and characterization of novel potassium-solubilizing purple nonsulfur bacteria from acidic paddy soils using culture-dependent and culture-independent techniques. *Brazilian Journal of Microbiology*, 54(3), 2333 - 2348.
12. Batool, K., Zahra, F., & Rehman, Y. (2017). Arsenic-redox transformation and plant growth promotion by purple nonsulfur bacteria *Rhodopseudomonas palustris* CS2 and *Rhodopseudomonas faecalis* SS5. *BioMed Research International*, 2017, 6250327.
13. Sakpirom, J., Kantachote, D., Nunkaew, T., & Khan, E. (2017). Characterizations of purple non-sulfur bacteria isolated from paddy fields, and identification of strains with potential for plant growth-promotion, greenhouse gas mitigation and heavy metal bioremediation. *Research in Microbiology*, 168(3), 266 - 275.
14. Nunkaew, T., Kantachote, D., Kanzaki, H., Nitoda, T., & Ritchie, R. J. (2014). Effects of 5-aminolevulinic acid (ALA)-containing supernatants from selected *Rhodopseudomonas palustris* strains on rice growth under NaCl stress, with mediating effects on chlorophyll, photosynthetic electron transport and antioxidative enzymes. *Electronic Journal of Biotechnology*, 17(1), 4 - 4.
15. Khuong, N. Q., Minh, D. P. T., Thu, L. T. M., & Thuc, L. V. (2023). The potential of bacterial strains of *Luteovulum sphaeroides* W22 and W47 for producing δ -aminolevulinic acid to improve soil quality, growth and yield of saline-irrigated rice cultivated in salt-contaminated soil. *Agronomy*, 13(5), 1409.
16. Gao, C., El-Sawah, A. M., Ali, D. F. I., Alhaj-Hamoud, Y., Shaghaleh, H., & Sheteiwy, M. S. (2020). The integration of bio and organic fertilizers improve plant growth, grain yield, quality and metabolism of hybrid maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*, 10(3), 319.
17. Saboor, A., Ali, M. A., Hussain, S., El Enshasy, H. A., Hussain, S., Ahmed, N., Gafurf, A., Sayyed, R. Z., Fahad, S., Danish, S., & Datta, R. (2021). Zinc nutrition and arbuscular mycorrhizal symbiosis effects on maize (*Zea mays* L.) growth and productivity. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(11), 6339 - 6351.
18. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). (2023). Available online: <https://www.fao.org/faostat>, accessed on 3 April 2023.
19. Tổng cục Thống kê (2022). *Niên giám thống kê 2021*. Nxb Thống kê, Hà Nội.
20. Perera, T. A., & Tirimanne, S. (2021). Role of microbial communities in sustainable rice cultivation. In: Seneviratne, G., & Zavahir, J. S.

(Editors). Role of microbial communities for sustainability, Springer, Singapore, 189 - 223.

21. Dang, A. T., Kumar, L., & Reid, M. (2020). Modelling the potential impacts of climate change on rice cultivation in Mekong Delta, Vietnam. *Sustainability*, 12(22), 9608.

22. Tổng cục Thống kê (2023). *Niên giám thống kê 2022*. Nxb Thống kê, Hà Nội.

23. Trần Thị Cúc Hòa, Huỳnh Thị Phương Loan, Phạm Trung nghĩa (2011). Kết quả chọn tạo giống lúa giàu sắt OM 5451. *Tạp chí Nông nghiệp và PTNT*, tháng 6: 14 - 20.

24. Mia, M. B., Shamsuddin, Z. H., & Mahmood, M. (2012). Effects of rhizobia and plant growth promoting bacteria inoculation on germination and seedling vigor of lowland rice. *African Journal of Biotechnology*, 11(16), 3758 - 3765.

25. Ng, L. C., Sariah, M., Sariam, O., Radziah, O., & Zainal-Abidin, M. A. (2012). Rice seed bacterization for promoting germination and seedling growth under aerobic cultivation system. *Australian Journal of Crop Science*, 6(1), 170 - 175.

26. Jakubus, M., & Bakinowska, E. (2018). Practical applicability of germination index assessed by logistic models. *Compost Science & Utilization*, 26(2), 104 - 113.

27. Miljaković, D., Marinković, J., Tamindžić, G., Đorđević, V., Tintor, B., Milošević, D., Ignjatov, M., & Nikolić, Z. (2022). Bio-priming of soybean with *Bradyrhizobium japonicum* and *Bacillus megaterium*: Strategy to improve seed germination and the initial seedling growth. *Plants*, 11(15), 1927.

28. Román-Ponce, B., Reza-Vázquez, D. M., Gutierrez-Paredes, S., de Haro-Cruz, Jess M. D. J., D. E., Maldonado-Hernandez, J., Bahena-Orsorio, Y., Estrada-De Los Santos, P., Wang, E. T., & Vázquez-Murrieta, M. S. (2017). Plant growth-promoting traits in rhizobacteria of heavy metal-resistant plants and their effects on *Brassica nigra* seed germination. *Pedosphere*, 27(3), 511 - 526.

29. Noumavo, P. A., Kochoni, E., Didagbé, Y. O., Adjanohoun, A., Allagbé, M., Sikirou, R., Gachomo, E. W., Kotchoni, S. O., & Baba-Moussa, L. (2013). Effect of different plant growth promoting rhizobacteria on maize seed germination and seedling development. *American Journal of Plant Sciences*, 4(5), 1013 - 1021.

30. Hagaggi, N. S. A., & Mohamed, A. A. (2020). Enhancement of *Zea mays* (L.) growth performance using indole acetic acid producing endophyte *Mixta theicola* isolated from *Solenostemma argel* (Hayne). *South African Journal of Botany*, 134, 64 - 71.

31. Nookongbut, P., Jingjit, N., Kantachote, D., Sukhoom, A., & Tantirungkij, M. (2020). Selection of acid tolerant purple nonsulfur bacteria for application in agriculture. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 19(4), 774 - 790.

32. Kálmán, C. D., Nagy, Z., Berényi, A., Kiss, E., & Posta, K. (2024). Investigating PGPR bacteria for their competence to protect hybrid maize from the factor drought stress. *Cereal Research Communications*, 52(1), 129-150.

33. Nookongbut, P., Kantachote, D., Megharaj, M., & Naidu, R. (2018). Reduction in arsenic toxicity and uptake in rice (*Oryza sativa* L.) by As-resistant purple nonsulfur bacteria. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 36530 - 36544.

34. Sakpirom, J., Nunkaew, T., Khan, E., & Kantachote, D. (2021). Optimization of carriers and packaging for effective biofertilizers to enhance *Oryza sativa* L. growth in paddy soil. *Rhizosphere*, 19, 100383.

35. Liu, Z., Zhang, X., Li, L., Xu, N., Hu, Y., Wang, C., Shi, Y., & Li, D. (2022). Isolation and characterization of three plant growth-promoting rhizobacteria for growth enhancement of rice seedling. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41(3), 1382 - 1393.

36. Liu, Z., Wang, H., Xu, W., & Wang, Z. (2020). Isolation and evaluation of the plant growth promoting rhizobacterium *Bacillus methylotrophicus* (DD-1) for growth enhancement of rice seedling. *Archives of Microbiology*, 202(8), 2169 - 2179.

ASSESSMENT OF EFFECTIVENESS OF POTASSIUM SOLUBILIZING PURPLE NONSULFUR BACTERIA TO THE GERMINATION OF HYBRID MAIZE AND RICE GRAINS

Le Thi My Thu^{1,2}, Tran Trong Khoi Nguyen², Nguyen Duc Trong³,
Vo Minh Thuan⁴, Phan Chan Hiep³, Le Vinh Thuc²

¹ Master student in Crop Science, Course 29, College of Agriculture, Can Tho University

² College of Agriculture, Can Tho University

³ Master student in Crop Science, Course 30, College of Agriculture, Can Tho University

⁴ Student in Plant Protection, Course 47, College of Agriculture, Can Tho University

Summary

The experiment was conducted to evaluate the effectiveness of potassium (K)-solubilizing purple nonsulfur bacteria to the germination of hybrid maize and rice grains. The experiment was a completely randomized design with different strains of K-solubilizing bacteria *Cereibacter sphaeroides* M-SI-09, *Rhodopseudomonas thermotolerans* M-So-11, *Rhodopseudomonas palustris* M-So-14, the mixture those three bacterial strains, along with different dilution rates (mL/mL) 1: 500, 1: 1000, 1: 1500, 1: 2000, 1: 2500, 1: 3000. There were three replications each of which was a Petri dish containing 10 hybrid maize or rice grains. The result revealed that the strains *C. sphaeroides* M-SI-09, *R. thermotolerans* M-So-11, *R. palustris* M-So-14 were not toxic to hybrid maize and rice grains during the germination stage. On the other hand, the 1: 2500 dilution rate do not cause the toxicity in all the three bacterial strains *C. sphaeroides* M-SI-09, *R. thermotolerans* M-So-11, *R. palustris* M-So-14, their mixture and showed the efficacy via vigor index of seedlings with 17.5; 12.0; 12.6; 8.72% as compared with the control, with 5.47% in maize and 9.60, 9.78, 10.0 and 11.7 as compared with the control, with only 7.31% in rice. Simultaneously, the 1: 2500 dilution rate also improved the vitality of the maize seedlings by 219.1; 102.7; 129.7; 59.2%, and rice by 31.4, 33.8, 37.3 59.8% respectively, as compared with the control.

Keywords: Germination, hybrid maize grain, potassium-solubilizing bacteria, purple nonsulfur bacteria, rice grain.

Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Thị Minh

Ngày nhận bài: 28/02/2024

Ngày thông qua phản biện: 18/3/2024

Ngày duyệt đăng: 10/5/2024