



DOI:10.22144/ctujos.2025.014

HIỆU QUẢ CỦA HỖN HỢP VI KHUẨN *Bacillus* spp. TRONG PHÒNG TRỊ BỆNH ĐẠO ÔN LÁ VÀ CỔ BÔNG TRÊN LÚA DO NẤM *Pyricularia oryzae* Ở ĐIỀU KIỆN NHÀ LƯỚI

Phạm Văn Lực, Nguyễn Hoàng Tú, Phan Minh Trí, Nguyễn Thị Hồng Hạnh, Lê Hữu Nghi, Đoàn Thị Kiều Tiên và Nguyễn Thị Thu Nga*

Khoa Bảo Khoa Bảo vệ Thực vật, Trường Nông Nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): ntnnga@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 11/07/2024

Sửa bài (Revised): 06/08/2024

Duyệt đăng (Accepted): 21/11/2024

Title: Effects of mixture of *Bacillus* spp. to control rice leaf blast and panicle blast caused by *Pyricularia oryzae* under net house conditions

Author(s): Pham Van Luc, Nguyen Hoang Tu, Phan Minh Tri, Nguyen Thi Hong Hanh, Le Huu Nghi, Doan Thi Kieu Tien and Nguyen Thi Thu Nga*

Affiliation(s): Can Tho University, Viet Nam

TÓM TẮT

Bệnh đạo ôn lúa là một trong những bệnh ảnh hưởng nặng suất lúa nghiêm trọng tại Việt Nam. Trong nghiên cứu, vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 được sử dụng là vi khuẩn vùng rễ kích thích cây trồng tăng trưởng được phân lập từ vùng rễ lúa, được ghi nhận mang lại hiệu quả giảm bệnh đạo ôn thông qua xử lý ngâm hạt và tưới đất với vi khuẩn *Bacillus* 55, hoặc phun lá với vi khuẩn *Bacillus* 61. Nghiên cứu được tiến hành nhằm xác định hiệu quả của việc phối hợp hai chủng vi khuẩn này với tỷ lệ 1:1, trong phòng trị bệnh đạo ôn lá và đạo ôn cổ bông trên lúa thông qua các biện pháp xử lý ngâm hạt kết hợp tưới đất, hoặc phun lá, hoặc ngâm hạt kết hợp tưới đất và phun lá trong quản lý bệnh đạo ôn lá, phun vi khuẩn vùng rễ quản lý bệnh đạo ôn cổ bông. Kết quả cho thấy hỗn hợp vi khuẩn ở mật số tương ứng 10⁶, 10⁷ và 10⁸ cfu/mL đều có hiệu quả phòng trị bệnh đạo ôn lá tương đương nhau. Tuy nhiên, các biện pháp xử lý hỗn hợp vi khuẩn vẫn chưa ghi nhận được sự khác biệt thống kê với nhau. Bên cạnh đó, kết quả ghi nhận hỗn hợp huyền phù vi khuẩn ở mật số 10⁷ và 10⁸ cfu/mL có hiệu quả phòng trị bệnh đạo ôn cổ bông và duy trì năng suất tương đương so với các nghiệm thức có xử lý thuốc Beam 75 WP.

Từ khóa: *Bacillus*, đạo ôn lá, đạo ôn cổ bông, lúa

ABSTRACT

Rice blast disease is one of the diseases that affects rice yield in Vietnam extremely. In this study, *Bacillus* 55 and *Bacillus* 61, plant growth promoting rhizobacteria were isolated from rice rhizosphere, were used as recorded effectively reduce rice blast disease through seed soaking and drenching soil with *Bacillus* 55 strain and foliar spraying with *Bacillus* 61 strain. To determine the effectiveness of combining these two bacterial strains, with a mixing ratio of 1:1, in preventing rice leaf blast and panicle blast through seed soaking combined with drenching soil, or foliar spraying, or seed soaking combined with drenching soil and foliar spraying in managing leaf blast disease, and spraying method in managing panicle blast disease. The results showed that the bacterial mixtures at corresponding densities of 10⁶, 10⁷ and 10⁸ cfu/mL were all equally effective in preventing leaf blast disease. However, the different applications of these bacterial mixtures did not have statistical differences from one another. In addition, the results showed that the bacterial mix at densities of 10⁷ and 10⁸ cfu/mL was effective in preventing panicle blast disease and maintaining equivalent productivity compared to the experiments treated with fungicide as Beam 75 WP.

Keywords: *Bacillus*, rice leaf blast, rice panicle blast, rice

1. GIỚI THIỆU

Bệnh đạo ôn do nấm *Pyricularia oryzae* là bệnh hại quan trọng trên lúa và được ghi nhận gây hại phổ biến hơn 85 quốc gia trên thế giới (Rao, 1994). Bệnh có thể gây mất năng suất lúa từ 70% đến 80% và thậm chí đến 100% (Miah et al., 2013). Thuốc trừ nấm là biện pháp chính để kiểm soát bệnh này nhưng chúng gây ra rủi ro môi trường và dẫn đến kháng thuốc (Liang et al., 2024). Việc áp dụng các tác nhân kiểm soát sinh học như vi khuẩn và nấm đối kháng, dựa trên các đặc tính thân thiện với môi trường và hiệu quả cao của chúng, đang trở thành một biện pháp thay thế để quản lý bệnh thực vật và ngày càng nhận được sự quan tâm (Lahlali et al., 2022). Trong đó, vi khuẩn vùng rễ mà điển hình là vi khuẩn trong chi *Bacillus* như *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus velezensis*, *Bacillus siamensis* và *Bacillus subtilis* có tiềm năng đáng kể trong việc giảm bệnh trên cây trồng (Wang et al., 2022), chúng sở hữu nhiều cơ chế như tiết kháng sinh, cạnh tranh và kích kháng lưu dẫn cây trồng (Zhang et al., 2023). Hai chủng vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 được phân lập từ vùng rễ lúa lần lượt ở Cà Mau và Bạc Liêu và được ghi nhận có khả năng đối kháng cao đối với *P. oryzae*. Cụ thể vi khuẩn *Bacillus* 55 có hiệu suất đối kháng cao với *P. oryzae*, đạt 44,53% ở thời điểm 7 ngày; tương tự vi khuẩn *Bacillus* 61 cũng có hiệu suất đối kháng đạt 45,67% (Nguyen, 2021). Bên cạnh đó, hai chủng vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 đều duy trì hiệu quả giảm bệnh cao, trong đó vi khuẩn *Bacillus* 55 duy trì hiệu quả giảm bệnh đạo ôn trên lúa đến thời điểm 17 ngày sau lây bệnh (NSLB) bằng biện pháp áo hạt và tưới bổ sung huyền phù vi khuẩn ở mật số 10^8 cfu/mL vào thời điểm 5 ngày trước lây bệnh (NTLB) (Phan, 2022); vi khuẩn *Bacillus* 61 cũng có hiệu quả tương tự bằng biện pháp phun huyền phù vi khuẩn này qua lá ở mật số 10^6 cfu/mL (Nguyen, 2022). Tuy nhiên, các nghiên cứu trên chỉ được tiến hành với từng chủng vi khuẩn đối kháng riêng lẻ và chưa có đánh giá về hiệu quả giảm bệnh đạo ôn cổ bông của hai chủng vi khuẩn này. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định hiệu quả phòng trị bệnh đạo ôn lá và đạo ôn cổ bông trên lúa ở điều kiện nhà lưới khi xử lý hỗn hợp huyền phù hai chủng vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 ở các mật số khác nhau và ở các biện pháp xử lý khác nhau gồm ngâm hạt kết hợp tưới đất, hoặc phun lá, hoặc ngâm hạt kết hợp tưới đất và phun lá đối với đạo ôn lá; phun qua lá đối với đạo ôn cổ bông nhằm tìm ra biện pháp xử lý tối ưu trong phòng trừ bệnh đạo ôn.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Giống lúa được sử dụng cho thí nghiệm là Jasmine 85 có đặc tính miễn cảm với bệnh đạo ôn. Chủng nấm *Pyricularia oryzae* CT3 là chủng nấm độc nhất gây bệnh đạo ôn lá trên giống Jasmin 85 được sàng lọc bởi Nghị (2021) và được chọn làm nguồn vật liệu cho các thí nghiệm trước đó. Hai chủng vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 được cung cấp bởi Phòng thí nghiệm Bệnh hại cây trồng, Khoa Bảo vệ Thực vật, Trường Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ. Thuốc Beam 75 WP với hoạt chất Tricyclazole (từ Công ty thuốc khử trùng Việt Nam VFC).

2.2. Thí nghiệm 1: Đánh giá hiệu quả phòng trị của hỗn hợp vi khuẩn *Bacillus* đối với bệnh đạo ôn lá do nấm *Pyricularia oryzae*

Mục tiêu: Nhằm xác định mật số và phương pháp xử lý hỗn hợp huyền phù hai vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 cho hiệu quả phòng trị bệnh đạo ôn lá.

Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm được bố trí theo thể thức khối hoàn toàn ngẫu nhiên 2 nhân tố gồm 12 nghiệm thức (9 nghiệm thức cần khảo sát và 3 nghiệm thức đối chứng xử lý bằng nước cất) với 4 lần lặp lại, mỗi lần lặp lại là 1 chậu lúa gồm 10 cây. Trong đó, nhân tố A là mật số của hỗn hợp huyền phù vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 với tỷ lệ 1:1 ở 10^6 cfu/mL, 10^7 cfu/mL, 10^8 cfu/mL và nhân tố B là biện pháp xử lý hỗn hợp vi khuẩn, được tiến hành ngâm hạt và tưới đất, phun qua lá và kết hợp ngâm hạt, tưới đất và phun qua lá (Bảng 1).

Cách thực hiện

Chuẩn bị huyền phù nấm *Pyricularia oryzae* CT3: Nấm được nuôi trên môi trường dịch trích lá lúa (200 g lá lúa, 20 agar, pH 6,5-6,8, nước cất vừa đủ 1000 mL) và kết hợp duy trì ở điều kiện chiếu sáng tối xen kẽ (12 giờ sáng: 12 giờ tối) trong 15 ngày để kích thích nấm *P. oryzae* sinh bào tử. Huyền phù nấm được thu và sau đó xác định mật số bào tử bằng lam đếm hồng cầu, rồi pha loãng về mật số 7×10^4 bào tử/mL bằng nước cất vô trùng.

Chuẩn bị hỗn hợp vi khuẩn: Vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 được nuôi cấy trên đĩa thạch nutrient agar (Himedia). Sau 48 giờ, từng huyền phù vi khuẩn được thu bằng nước muối sinh lý 0,9 %. Huyền phù mỗi vi khuẩn được xác định mật số bằng phương pháp pha loãng và nhỏ giọt (Chen et al., 2003) trên đĩa thạch nutrient agar. Khuẩn lạc hình

thành trên đĩa sau 36 giờ được đếm và xác định mật số (cfu/mL) của huyền phù gốc. Huyền phù vi khuẩn gốc được bảo quản ở nhiệt độ 4°C cho đến khi mật số được xác định. Hỗn hợp huyền phù của hai vi

khuẩn được phối trộn theo tỷ lệ mật số bằng nhau ứng với tỷ lệ 1:1 với từng vi khuẩn thành phân bằng mật số của hỗn hợp.

Bảng 1. Các nghiệm thức trong thí nghiệm

Mật số hỗn hợp vi khuẩn (A)	Biện pháp xử lý (B)		
	Ngâm và tưới đất (1)	Phun qua lá (2)	Kết hợp
10 ⁶ cfu/mL	Ngâm hạt trong 24 giờ với hỗn hợp vi khuẩn với mật số tương ứng và tưới bổ sung 15 mL hỗn hợp vi khuẩn/ chậu ở thời điểm 15 NSG	Phun hỗn hợp huyền phù vi khuẩn với mật số tương ứng qua lá với 15mL/chậu vào 1 NTLB và 10 NSLB	Kết hợp hai biện pháp xử lý ngâm và tưới đất (1) + phun qua lá (2)
10 ⁷ cfu/mL			
10 ⁸ cfu/mL			
Đối chứng âm	Ngâm hạt với nước cất vô trùng	Phun lá với nước cất vô trùng	Kết hợp hai biện pháp xử lý ngâm hạt + tưới đất và phun lá

Ghi chú: NSG: ngày sau gieo, NTLB: ngày trước lây bệnh, NSLB: ngày sau lây bệnh

Chuẩn bị cây lúa: tuyển chọn những hạt lúa chắc, khỏe và sạch bệnh, sau đó tiến hành ngâm hạt trong nước ấm (khoảng 54°C – 2 sôi 3 lạnh) trong 15 phút để kích thích hạt nảy mầm đồng đều và giảm thiểu mầm bệnh. Tiếp theo, hạt được khử trùng bằng Ca(ClO)₂ 1% trong vòng 5 phút rửa lại 5 lần với nước cất vô trùng. Đối với các nghiệm thức (ngâm cộng tưới đất) và nghiệm thức ngâm cộng tưới đất kết hợp phun lá, hạt giống sau khi khử trùng được ngâm trong ống fancel chứa 30 mL huyền phù vi khuẩn trong 24 giờ (Nga et al., 2010). Ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức phun lá, hạt giống được ngâm với nước cất vô trùng. Sau đó hạt giống được ủ trong đĩa petri có đế giấy ẩm ở 2 mặt trong tủ úm cho đến khi hạt lúa vừa nảy mầm. Hạt được tiến hành gieo với 10 hạt/chậu và kích thước 17x12,5 cm (mỗi chậu chứa 1 kg đất đã được thanh trùng 2 lần ở nhiệt độ 121°C trong 30 phút, mỗi lần cách nhau 2 ngày).

Các chậu được chăm sóc và bón phân đều theo công thức phân bón trên lúa 100 N- 60 K₂O- 30 P₂O₅ (Nguyen, 2009).

Thực hiện lây bệnh nhân tạo vào thời điểm 20 NSG (khi cây có 5 - 6 lá) bằng cách phun ướt đều 12 mL huyền phù bào tử nấm *P. oryzae* với mật số 7x10⁴ bào tử /mL vào lúc chiều mát và duy trì chậu lúa trong phòng ủ bệnh với nhiệt độ 25°C, ẩm độ ≥ 90% trong 24 giờ. Sau đó, các chậu lúa được chuyển ra nhà lưới có che mát, phun sương thường xuyên để tạo điều kiện cho bệnh phát triển (Tran, 2010 có hiệu chỉnh).

Cách ghi nhận chỉ tiêu: Theo dõi và ghi nhận triệu chứng bệnh ở các thời điểm 5, 10 và 15 NSLB,

khi triệu chứng bệnh xuất hiện thì ta tiến hành ghi nhận tỷ lệ bệnh và phần trăm diện tích lá bị bệnh.

- Tỷ lệ bệnh (%) = $\frac{\text{Tổng số lá bệnh}}{\text{Tổng số lá quan sát}} \times 100$
- Ước lượng phần trăm diện tích lá bị bệnh theo thang đánh giá của IRRI (2002).
- Diện tích bên dưới đường cong tiến triển bệnh (AUDPC) được tính theo công thức của Shanner and Finney, 1997.

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

- Trong đó:
- n = số lần lấy chỉ tiêu,
 - y_i = tỷ lệ bệnh hoặc phần trăm diện tích lá bệnh tại lần đo thứ i,
 - t_i = thời gian của lần đo thứ i.

2.3. Thí nghiệm 2: Đánh giá hiệu quả phòng trị của hỗn hợp vi khuẩn *Bacillus* với bệnh đạo ôn cổ bông do nấm *Pyricularia oryzae*

Mục tiêu: tìm ra mật số hiệu quả của hỗn hợp huyền phù hai vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 trong phòng trị bệnh đạo ôn cổ bông ở điều kiện nhà lưới.

Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm được bố trí khối hoàn toàn ngẫu nhiên 6 nghiệm thức với 4 lần lặp lại. Sáu nghiệm thức bao gồm: phun hỗn hợp vi khuẩn 10⁶ (cfu/mL), phun hỗn hợp vi khuẩn 10⁷ (cfu/mL), phun hỗn hợp vi khuẩn 10⁸ (cfu/mL),

phun Beam 75WP, phun Beam 75WP kết hợp 10^7 (cfu/mL) và đối chứng âm (phun với nước cất).

Cách thực hiện:

Chuẩn bị cây lúa: gieo hạt lúa vô trùng vừa nảy mầm vào chậu nhựa (32x27x18 cm) có chứa sẵn 5 kg đất ruộng được thu tại ruộng lúa ở quốc lộ 61C, huyện Châu ThànhA, tỉnh Hậu Giang. Mỗi chậu gieo 15 hạt.

Xử lý vi khuẩn: phun 30 mL hỗn hợp huyền phù vi khuẩn ở mật số tương ứng 10^6 , 10^7 , 10^8 cfu/mL ở thời điểm 5 NTLB và lặp lại ở thời điểm 5 NSLB, đối với nghiệm thức thuốc hóa học Beam 75 WP chỉ phun duy nhất ở thời điểm 5 NTLB theo liều lượng khuyến cáo (0,625 g/ lít) với 30 mL/ chậu, phun nước cất vô trùng đối với nghiệm thức đối chứng âm. Riêng đối với nghiệm thức Beam 75 WP kết hợp 10^7 (cfu/mL), ta tiến hành phun cùng lúc thuốc hóa học và vi khuẩn ở thời điểm 5 NTLB và phun bổ sung vi khuẩn ở thời điểm 5 NSLB.

Lây bệnh nhân tạo: Vào thời điểm cây lúa đang trổ đồng loạt (75 NSG), ta tiến hành phun huyền phù nấm *P. oryzae* mật số 7×10^4 bào tử /mL với liều lượng 30 mL/chậu (Ghatak et al., 2013 có hiệu chỉnh). Sau khi lây nhiễm, các chậu lúa được chuyển vào phòng ủ bệnh với nhiệt độ 25°C, ẩm độ $\geq 90\%$ trong 24 giờ. Sau đó, các chậu lúa được chuyển ra nhà lưới che mát, phun sương thường xuyên để tạo điều kiện cho bệnh phát triển.

Ghi nhận chỉ tiêu: Chỉ tiêu bệnh được ghi nhận qua các thời điểm 5, 10 và 15 NSLB. Chỉ tiêu được theo dõi và đánh giá trên tổng số bông trên chậu tương ứng với 15 bông.

$$\text{Tỷ lệ bông bị bệnh (\%)} = \frac{\text{Số bông bị bệnh}}{\text{Tổng số bông}} \times 100$$

Tỷ lệ hạt chắc: Vào thời điểm thu hoạch, bông được cắt (15 bông lúa/chậu) cho vào từng túi riêng biệt và ghi nhãn. Sau đó, bông được phơi khô và tiến hành tách chắc, lép để ghi nhận chỉ tiêu.

Trọng lượng thực tế (g/chậu) lấy toàn bộ hạt chắc trên mỗi chậu cân trọng lượng, sau đó đo ẩm độ và quy về trọng lượng ở ẩm độ 14%.

Bảng 2. Tỷ lệ (%) bệnh đạo ôn lá do nấm *Pyricularia oryzae* qua các thời điểm

Thời điểm 5 NSLB					
Mật số (A)	Biện pháp xử lý (B)	Ngâm hạt và tưới đất	Phun qua lá	Kết hợp	Trung bình (A)
	10 ⁶ (cfu/mL)	42,50 b-e	43,33 b-e	40,83 cde	42,22 B
	10 ⁷ (cfu/mL)	44,17 bcd	45,00 bc	37,50 de	42,22 B
	10 ⁸ (cfu/mL)	36,67 e	42,50 b-e	38,33 cde	39,17 B

$$W_{\text{ẩm độ 14\%}} = \frac{W_0 (100 - H_0)}{\text{Tổng số bông}}$$

Trong đó:

W₀: Trọng lượng lúc cân mẫu (g/chậu),

H₀: Ẩm độ lúc cân mẫu (%).

2.4. Xử lý số liệu:

Số liệu được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel version 2016 và phân tích thống kê bằng phần mềm MSTATC qua phép thử Duncan.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

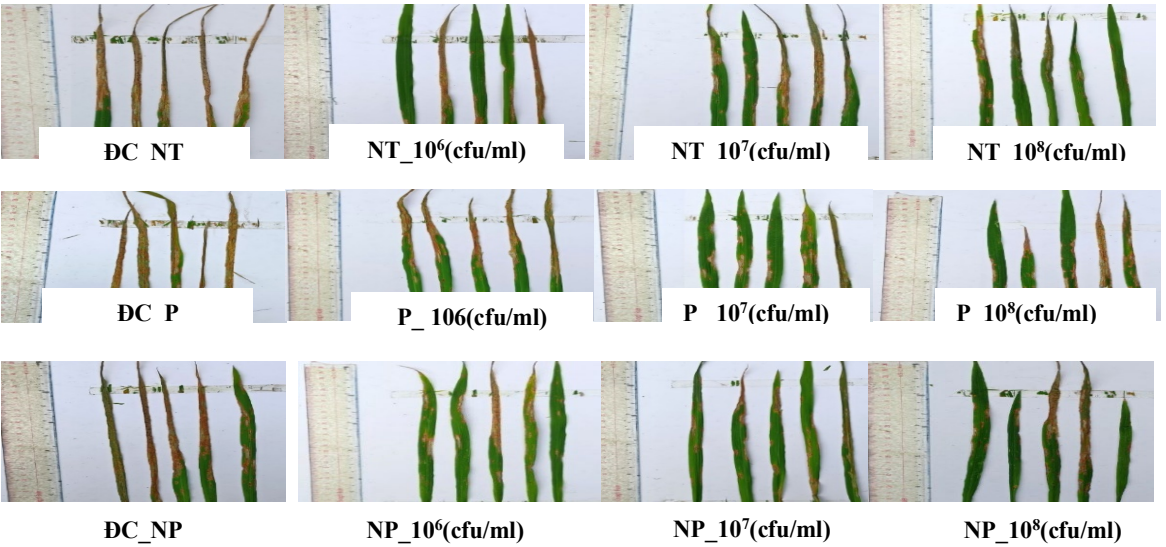
3.1. Hiệu quả phòng trị bệnh của hỗn hợp vi khuẩn *Bacillus* đối với bệnh đạo ôn lá do nấm *Pyricularia oryzae*

Qua kết quả tỷ lệ bệnh đạo ôn lá (Bảng 2) cho thấy hỗn hợp huyền phù hai vi khuẩn ở các mật số khác nhau đều có tỷ lệ bệnh thấp tương đương nhau, đồng thời thấp hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với đối chứng âm ở thời điểm 5 NSLB. Ở thời điểm 10 NSLB, các nghiệm thức có tỷ lệ bệnh tăng so với thời điểm 5 NSLB. Tuy nhiên, giữa các mật số hỗn hợp vi khuẩn với biện pháp xử lý tương ứng và nghiệm thức đối chứng không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Ở thời điểm 15 NSLB, tỷ lệ bệnh được ghi nhận khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa nghiệm thức có xử lý vi khuẩn và đối chứng âm. Mặt khác, tỷ lệ bệnh giữa các biện pháp xử lý khác nhau như ngâm hạt và tưới đất, phun qua lá và ngâm hạt, tưới đất và kết hợp phun huyền phù hỗn hợp qua lá khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở cả ba thời điểm ghi nhận chỉ tiêu.

Về phần trăm diện tích lá bệnh, các nghiệm thức ở các mật số thử nghiệm đều thấp tương đương nhau, đồng thời thấp hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với đối chứng chỉ xử lý nước cất qua các thời hai thời điểm 10 và 15 NSLB. Riêng nghiệm thức xử lý 10^8 cfu/mL thể hiện hiệu quả phòng trừ cả 3 thời điểm khảo sát. Về phần trăm diện tích lá bệnh ở biện pháp xử lý hỗn hợp hai vi khuẩn vẫn chưa ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với nhau (Bảng 3, Hình 1).

Thời điểm 5 NSLB				
Biện pháp xử lý (B)	Ngâm hạt và tưới đất	Phun qua lá	Kết hợp	Trung bình (A)
Mật số (A)				
Đối chứng âm	49,17 ab	43,33 b-e	54,17 a	48,89 A
Trung bình (B)	43,12	43,54	42,71	
Mức ý nghĩa CV(%)	F(A) **, F(B) ^{ns} , F(AB) **			9,97
Thời điểm 10 NSLB				
Biện pháp xử lý (B)	Ngâm hạt và tưới đất	Phun qua lá	Kết hợp	Trung bình (A)
Mật số (A)				
10 ⁶ (cfu/mL)	64,17	66,67	70,83	67,22
10 ⁷ (cfu/mL)	70,83	76,67	67,50	71,67
10 ⁸ (cfu/mL)	68,33	69,17	70,00	69,17
Đối chứng âm	80,00	77,50	80,83	79,44
Trung bình (B)	70,83	72,50	72,29	
Mức ý nghĩa CV(%)	F(A) ^{ns} , F(B) ^{ns} , F(AB) ^{ns}			18,62
Thời điểm 15 NSLB				
Biện pháp xử lý (B)	Ngâm hạt và tưới đất	Phun qua lá	Kết hợp	Trung bình (A)
Mật số (A)				
10 ⁶ (cfu/mL)	91,67	75,83	88,33	85,28 A
10 ⁷ (cfu/mL)	75,83	77,50	83,33	84,17 AB
10 ⁸ (cfu/mL)	69,17	75,00	66,67	70,28 B
Đối chứng âm	91,67	85,83	75,83	79,17 AB
Trung bình (B)	82,08	78,54	78,54	
Mức ý nghĩa CV (%)	F(A): **, F(B): ^{ns} , F(AB): ^{ns}			11,99

Ghi chú: các số trung bình trong cùng một bảng theo sau bởi một hoặc nhiều chữ cái giống nhau khác biệt ở mức ý nghĩa qua phép thử Duncan, **: Khác biệt ở mức ý nghĩa 1 %; ns: non-significant (không khác biệt ý nghĩa). NSLB: ngày sau lấy bệnh



Hình 1. Triệu chứng bệnh đạo ôn trên lá do nấm *Pyricularia oryzae* ở các nghiệm thức áp dụng hỗn hợp hai chủng vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 ở thời điểm 15 NSLB

Ghi chú: ĐC_NT: đối chứng ngâm hạt và tưới đất.; NT: ngâm hạt và tưới đất; ĐC_P: đối chứng phun qua lá; P: phun qua lá, ĐC_NP: Đối chứng ngâm hạt, tưới đất và phun qua lá, NP: ngâm hạt, tưới đất và phun qua lá

Bảng 3. Phần trăm diện tích lá bệnh đạo ôn (%) do nấm *Pyricularia oryzae* qua các thời điểm

Thời điểm 5 NSLB				
Biện pháp xử lý (B)	Ngâm hạt và tưới đất	Phun qua lá	Kết hợp	Trung bình (A)
Mật số (A)				
10 ⁶ (cfu/mL)	2,80	2,44	2,16	2,47 A
10 ⁷ (cfu/mL)	1,99	2,25	2,20	2,15 AB
10 ⁸ (cfu/mL)	1,24	1,53	1,30	1,36 B
Đối chứng âm	2,78	3,04	2,88	2,90 A
Trung bình (B)	2,20	2,32	2,14	
Mức ý nghĩa	F(A): **, F(B): ^{ns} , F(AB): ^{ns}			
CV(%)	26,53			
Thời điểm 10 NSLB				
Biện pháp xử lý (B)	Ngâm hạt và tưới đất	Phun qua lá	Kết hợp	Trung bình (A)
Mật số (A)				
10 ⁶ (cfu/mL)	15,05	12,28	10,34	12,56 B
10 ⁷ (cfu/mL)	13,40	21,04	15,57	16,67 B
10 ⁸ (cfu/mL)	12,88	16,49	13,73	14,37 B
Đối chứng âm	32,43	35,28	33,77	33,83 A
Trung bình (B)	18,44	21,27	18,35	
Mức ý nghĩa	F(A) **, F(B) ^{ns} , F(AB) ^{ns}			
CV(%)	33,7			
Thời điểm 15 NSLB				
Biện pháp xử lý (B)	Ngâm hạt và tưới đất	Phun qua lá	Kết hợp	Trung bình (A)
Mật số (A)				
10 ⁶ (cfu/mL)	33,63	28,34	27,50	29,82 B
10 ⁷ (cfu/mL)	28,98	29,54	34,74	31,09 B
10 ⁸ (cfu/mL)	28,13	28,58	25,07	27,26 B
Đối chứng âm	40,38	47,96	43,08	43,81 A
Trung bình (B)	32,78	33,60	32,60	
Mức ý nghĩa	F(A): **, F(B): ^{ns} , F(AB): ^{ns}			
CV (%)	23,02			

Ghi chú: các số trung bình trong cùng một bảng theo sau bởi một hoặc nhiều chữ cái giống nhau khác biệt ở mức ý nghĩa qua phép thử Duncan, **: Khác biệt ở mức ý nghĩa 1 %; ns: non-significant (không khác biệt ý nghĩa). NSLB: ngày sau lây bệnh

Theo nghiên cứu của Phan (2022) và Nguyen (2022), khi đánh giá khả năng kiểm soát bệnh đạo ôn lá của hai chủng vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 ở điều kiện nhà lưới đã ghi nhận cả hai chủng vi khuẩn đều phòng trừ có hiệu quả bệnh đạo ôn lá ở cả hai cơ chế sàng lọc, kích kháng và đối kháng. Tuy nhiên, vi khuẩn *Bacillus* 55 thể hiện ưu thế hơn ở biện pháp kích kháng và ngược lại *Bacillus* 61 có hiệu quả phòng trừ bệnh tốt hơn khi áp dụng chủng vi khuẩn này như một tác nhân đối kháng trực tiếp với bệnh đạo ôn lá. Chính vì thế, hỗn hợp hai chủng vi khuẩn này giúp gia tăng hiệu quả phòng trừ bệnh đạo ôn lá ở cả hai cơ chế đã được sàng lọc. Ở kết quả này, hỗn hợp hai vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 với tỷ lệ phối trộn là 1:1 đã mang lại hiệu quả kiểm soát bệnh tương đương nhau ở các mật số thử nghiệm, 10⁶ cfu/mL, 10⁷ cfu/mL và 10⁸ cfu/mL.

Biện pháp xử lý hỗn hợp huyền phù hai vi khuẩn trên bao gồm: ngâm hạt và tưới đất, phun qua lá và biện pháp kết hợp giữa hai biện pháp này đều thể hiện khả năng kiểm soát được bệnh đạo ôn lá với các giá trị trung bình của tỷ lệ bệnh và phần trăm diện tích lá bệnh thấp hơn so với nghiệm thức không xử lý. Các nghiên cứu cho rằng khi xử lý vi khuẩn bằng biện pháp ngâm hạt giống nhằm giúp vi khuẩn định vị trong hạt và tưới bổ sung vi khuẩn trước chủng nhiễm với mầm bệnh, góp phần tăng cường về mật số của vi khuẩn tại vùng rễ trước thời gian lây bệnh, từ đó tăng khả năng kích thích tính kháng cây trồng chống lại mầm bệnh xâm nhiễm sau đó (Nga et al., 2010; Tran et al., 2016) thông qua tăng cường các cơ chế bảo vệ thực vật như enzyme peroxidase, lignification, superoxide dismutase hoặc hợp chất phenolic (Jetiyanon & Kloepper, 2002). Ở biện pháp

phun huyền phù hỗn hợp vi khuẩn qua lá có khả năng quản lý được mầm bệnh do các chủng *Bacillus* sở hữu cơ chế khác nhau và chúng có thể tiêu diệt trực tiếp mầm bệnh như tiết kháng sinh, enzyme thủy phân vách tế bào mầm bệnh khi chúng tiếp xúc, cơ chế này đã được ghi nhận bởi Sivasakthi et al. (2014). Mặt khác, trong một số nghiên cứu, khi áp dụng hỗn hợp của hai hoặc ba chủng vi khuẩn vùng rễ cho thấy hiệu quả kích kháng cao hơn khi chỉ áp dụng đơn vi khuẩn (Jetiyanon & Kloepper, 2002). Trong nghiên cứu này, khi hỗn hợp cả hai chủng vi khuẩn với hai cơ chế bảo vệ với đối kháng và kích kháng chống lại bệnh đạo ôn do nấm *P. oryzae* đã giúp phòng trị có hiệu quả bệnh này trên lúa. Mặt khác trong nghiên cứu trước của Phan (2022) và Nguyen (2022), khi áp dụng đơn lẻ vi khuẩn *Bacillus* 55 bằng biện pháp ngâm hạt và tưới bổ sung vi khuẩn này ở 10^8 cfu/mL và *Bacillus* 61 bằng biện pháp phun huyền phù vi khuẩn qua lá ở mật số 10^6 cfu/mL khả năng phòng trị tốt đối với bệnh đạo ôn lá rõ rệt và duy trì hiệu quả ổn định. Ngược lại ở kết quả này, sự khác biệt về hiệu quả phòng trị bệnh đạo ôn lá giữa các biện pháp xử lý hỗn hợp vi khuẩn vẫn chưa thể hiện rõ ràng có thể do tỷ lệ phối trộn của hỗn hợp vi khuẩn này chưa phù hợp tương ứng với từng biện pháp xử lý hỗn hợp. Cụ thể, khi khai thác biện pháp kích kháng thì tỷ lệ vi khuẩn *Bacillus* 55 cao hơn so với tỷ lệ *Bacillus* 61 trong hỗn hợp và ngược lại ở cơ chế đối kháng. Vì thế cần thiết nghiên cứu sâu hơn về cơ chế và tỷ lệ phối trộn nhằm gia

tăng hiệu quả phòng trừ bệnh của hỗn hợp hai chủng vi khuẩn này đối với bệnh đạo ôn lá.

3.2. Hiệu quả phòng trị bệnh của hỗn hợp vi khuẩn *Bacillus* đối với bệnh đạo ôn cổ bông do nấm *Pyricularia oryzae*

Kết quả tỷ lệ bệnh (Bảng 4) thể hiện các nghiệm thức xử lý hỗn hợp huyền phù vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 ở mật số 10^7 và 10^8 cfu/mL có tỷ lệ bệnh đạo ôn cổ bông thấp hơn và khác biệt ý nghĩa thống kê so với đối chứng âm (phun nước cất vô trùng). Đồng thời, các nghiệm thức này cho hiệu quả phòng trị tương đương so với đối chứng dương Beam 75 WP và Beam 75 WP+ 10^7 cfu/mL qua các thời điểm 5, 10, 15 NSLB.

Về chỉ số AUDPC, là chỉ số biểu thị mức độ bệnh tích lũy theo thời gian, ghi nhận kết quả tương tự như tỷ lệ bệnh khi chỉ có hỗn hợp vi khuẩn ở hai mật số tương ứng 10^7 và 10^8 cfu/mL có trung bình thấp tương đương nhau và đồng thời thấp hơn, khác biệt ý nghĩa thống kê so với đối chứng âm. Tuy nhiên, giá trị này cao hơn hai nghiệm thức xử lý Beam 75 WP và Beam 75 WP+ 10^7 cfu/mL. Sự kết hợp giữa hỗn hợp vi khuẩn với thuốc hóa học cho thấy hiệu quả cao tương đương với nghiệm thức chỉ sử dụng thuốc hóa học. Như vậy, hỗn hợp vi khuẩn cho hiệu quả phòng trừ bệnh đạo ôn cổ bông thấp hơn nghiệm thức hóa học Beam và việc phối hợp vi khuẩn với thuốc Beam không góp phần tăng hiệu quả phòng trừ bệnh.

Bảng 4. Tỷ lệ bệnh (%) đạo ôn cổ bông do nấm *Pyricularia oryzae* của các nghiệm thức qua các thời điểm

Nghiệm thức	Tỷ lệ bệnh (%) đạo ôn cổ bông			AUDPC
	5 NSLB	10 NSLB	15 NSLB	
10^6 (cfu/mL)	21,60 ab	51,18 ab	73,35 ab	493,47 a
10^7 (cfu/mL)	11,78 b	34,75 bc	47,78 abc	322,48 b
10^8 (cfu/mL)	13,45 ab	21,98 cd	44,90 bc	255,81 b
Beam 75 WP+ 10^7 (cfu/mL)	7,40 b	15,93 cd	17,63 c	142,26 c
Beam 75 WP	6,80 b	12,03 d	19,88 c	126,88 c
Đối chứng âm	27,85 a	59,95 a	78,4 a	565,29 a
Mức ý nghĩa	*	**	**	**
CV (%)	33,03	36,67	41,52	30,68

Tỷ lệ hạt chắc (%) và khối lượng thực tế (g/chậu)

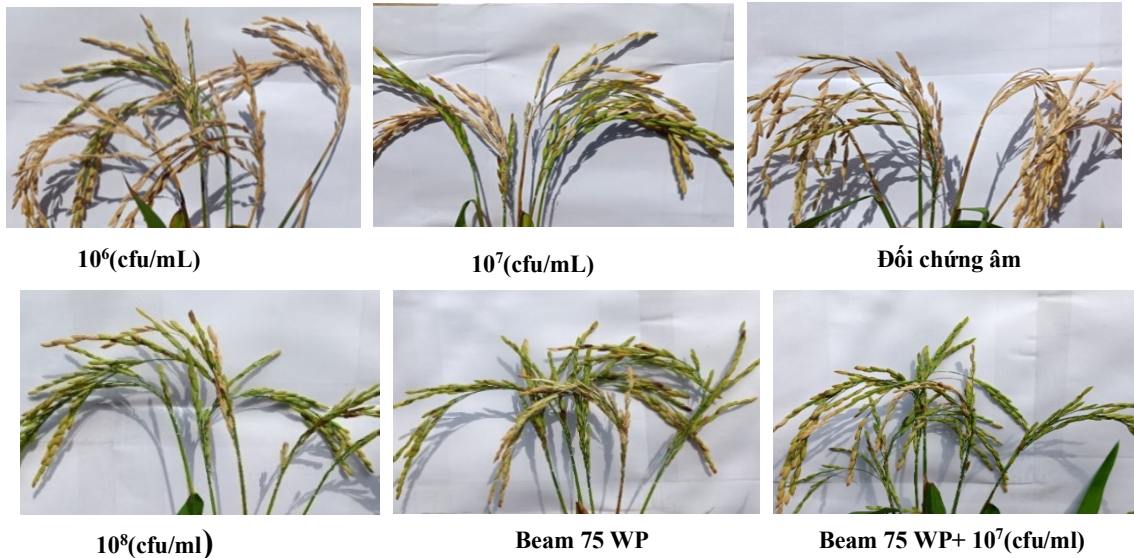
Các chỉ tiêu năng suất (Bảng 5) cho thấy về tỷ lệ hạt chắc, hỗn hợp vi khuẩn ở mật số 10^7 và 10^8 cfu/mL, Beam 75 WP+ 10^7 cfu/mL và Beam 75WP đều có tỷ lệ cao, đồng thời cao hơn và khác biệt ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức đối chứng âm và nghiệm thức vi khuẩn mật số 10^6 cfu/mL. Trong đó, nghiệm thức Beam 75WP cho tỷ lệ hạt chắc cao

nhất, khác biệt so với hai nghiệm thức xử lý vi khuẩn ở mật số 10^7 và 10^8 cfu/mL. Về khối lượng thực tế, nghiệm thức 10^8 (cfu/mL) được ghi nhận có hiệu quả bảo vệ năng suất lúa ưu thế hơn hai nghiệm thức 10^6 (cfu/mL) và 10^7 (cfu/mL). Giá trị trung bình đạt 21,92 g/ chậu cao tương đương với nghiệm thức Beam 75 WP và nghiệm thức Beam 75 WP+ 10^7 (cfu/mL), đồng thời cao hơn khác biệt so với nghiệm thức đối chứng chỉ đạt 17,88 g/ chậu.

Bảng 5. Ảnh hưởng của bệnh đạo ôn cổ bông do nấm *Pyricularia oryzae* đến năng suất lúa

Nghiem thức	Chỉ tiêu năng suất	
	Tỷ lệ hạt chắc (%)	Khối lượng thực tế (g/ chậu)
10 ⁶ (cfu/mL)	35,03 c	18,61 bc
10 ⁷ (cfu/mL)	48,56 b	18,72 bc
10 ⁸ (cfu/mL)	47,05 b	21,92 ab
Beam 75 WP+10 ⁷ (cfu/mL)	56,35 ab	22,97 a
Beam 75 WP	60,52 a	22,68 ab
Đối chứng âm	33,19 c	17,88 c
Mức ý nghĩa	**	**
CV(%)	14,04	12,68

Ghi chú: Trong cùng một cột, các giá trị trung bình theo sau bởi chữ có kí tự theo sau khác nhau thì có khác biệt ý nghĩa thống kê qua phép kiểm định Duncan; **: khác biệt mức ý nghĩa 1%.



Hình 2. Triệu chứng bệnh đạo ôn cổ bông do nấm *Pyricularia oryzae* của các nghiệm thức áp dụng hỗn hợp hai chủng vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 tại thời điểm 15 NSLB

Kết quả thí nghiệm cho thấy hỗn hợp vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 đều có khả năng phòng trị đối với bệnh đạo ôn cổ bông do nấm *Pyricularia oryzae*. Trong đó, nghiệm thức xử lý hỗn hợp vi khuẩn ở 10⁷ (cfu/mL) và 10⁸ (cfu/mL) bằng biện pháp phun qua lá có hiệu quả phòng trị rõ ràng hơn so với hỗn hợp vi khuẩn ở 10⁶ (cfu/mL). Hiệu quả phòng trị bệnh trên tán lá cây của một tác nhân sinh học bị chi phối đáng kể bởi các điều kiện khí hậu như nhiệt độ, ẩm độ, ánh sáng... các yếu tố này quyết định đến sự tồn tại và sống sót của chúng. Trong khi đó, nhóm vi khuẩn vùng rễ *Bacillus* là chi vi khuẩn này được ứng dụng rộng rãi và kiểm soát thành công nhiều mầm bệnh lan truyền qua đất và tán lá cây (Blake et al., 2021). Chi vi khuẩn này phân bố ở nhiều hệ sinh thái khác nhau được biết đến là nhóm vi khuẩn có nội bào tử vì thế chúng dễ dàng thích nghi và tồn tại lâu dài ngay cả trong điều kiện bất lợi

như nhiệt độ cao hoặc điều kiện khô hạn (Compos, 2010). Vì thế, việc áp dụng hỗn hợp vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 trong phòng trị bệnh đạo ôn cổ bông là hoàn toàn có cơ sở và mang tính khả thi cao. Nhóm vi khuẩn *Bacillus* có thể sản xuất một số chất liên quan đến mầm bệnh như tiết ra siderophore, enzyme phân giải vách tế bào nấm bệnh, các hợp chất kháng sinh, chúng còn có khả năng cạnh tranh dinh dưỡng, không gian sống với mầm bệnh từ đó làm giảm bệnh và gia tăng năng suất trên cây trồng (Hegde et al., 2022). Mặt khác, sự phối hợp giữa hỗn hợp vi khuẩn ở mật số 10⁷ (cfu/ml) với thuốc hóa học Beam 75 WP chưa ghi nhận gia tăng hiệu quả so với xử lý thuốc hóa học Beam 75 WP đơn lẻ, nên cần có các nghiên cứu sâu hơn về sự phối hợp này trong đó có cả việc giảm nồng độ thuốc hóa học và tỷ lệ phối trộn nhằm mang lại hiệu quả phòng trị tối ưu góp phần giảm thiểu

nguy cơ dư lượng thuốc trừ nấm trong hạt. Hướng nghiên cứu này được tìm thấy trong kết quả của Wu et al. (2022), khi sự phối hợp đơn lẻ hoặc cả hai hoạt chất thuốc hóa học tricyclazole hoặc isoprothilane với PSB-06 ở mật số 2×10^6 có khả năng kiểm soát hiệu quả bệnh đạo ôn. Nghiên cứu cũng ghi nhận sự tăng trưởng của PSB-06 không bị ảnh hưởng bởi nồng độ lên đến 1,25 mg/L tricyclazole.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

- Blake, C., Christensen, M. N., & Kovács, Á. T. (2021). Molecular aspects of plant growth promotion and protection by *Bacillus subtilis*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 34(1), 15-25. <https://doi.org/10.1094/MPMI-08-20-0225-CR>
- Chen, Chin-Yi, Gary W. Nace, and Peter L. Irwin (2003). A 6 × 6 drop plate method for simultaneous colony counting and MPN enumeration of *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes*, and *Escherichia coli*. *Journal of Microbiological Methods*, 55(2), 475-479. [https://doi.org/10.1016/S0167-7012\(03\)00194-5](https://doi.org/10.1016/S0167-7012(03)00194-5)
- Nguyen, D. N. (2009). *Curriculum on Rice text book*. Vietnam National University Ho Chi Minh City Publishing House. Hanoi (in Vietnamese).
- Ghatak, A., Willocquet, L., Savary, S. & Kumar, J. (2013). Variability in aggressiveness of rice blast (*Magnaporthe oryzae*) isolates originating from rice leaves and necks: a case of pathogen specialization?. *PLoS one*, 8(6), e66180. [https://doi.org/10.1016/S0167-7012\(03\)00194-5](https://doi.org/10.1016/S0167-7012(03)00194-5)
- Hegde, G. M., Malligawad, L. H., Sreenivasa, M. N., & Chetri, B. K. (2022). Role of plant growth promoting microbes in the control of fungal foliar diseases of tomato under protected cultivation. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32(1), 105. <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00606-7>
- International Rice Research Institute (IRRI) (2002). Standard evaluation system for rice (SES). International Rice Research Institute. Philippines, 56 pages.
- Jetiyanon, K. & Kloepper, J. W (2002). Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria for induction of systemic resistance against multiple plant diseases. *Biol. Control*, 24, 285-291. [https://doi.org/10.1016/S10499644\(02\)00022-1](https://doi.org/10.1016/S10499644(02)00022-1)
- Lahlali, R., Ezrari, S., Radouane, N., Kenfaoui, J., Esmacel, Q., El Hamss, H., Belabess, Z., & Barka, E.A. (2022). Biological control of plant pathogens: A global perspective. *Microorganisms*, 10(3), 596. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10030596>
- Liang, M., Feng, A., Wang, C., Zhu, X., Su, J., Xu, Z., Yang, J., Wang, W., Chen, K., Chen, B., Lin, X., Feng, J. & Chen, S. (2024). *Bacillus amyloliquefaciens* LM-1 Affects Multiple Cell Biological Processes in Magnaporthe Postharvest Diseases: A Review. *Journal of agricultural and food chemistry*, 70(22), 6591-6616. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12061246>
- Miah, G., Rafii, M. Y., Ismail, M. R., Puteh, A. B., Rahim, H. A., Asfaliza, R., & Latif, M. A. (2013). Blast resistance in rice: a review of conventional breeding to molecular approaches. *Molecular Biology Reports*, 40, 2369-2388. <https://doi.org/10.1007/s11033-012-2318-0>
- Nga, N. T. T., Giau, N. T., Long, N. T., Lübeck, M., Shetty, N. P., De Neergaard, E., & Jørgensen, H. J. L. (2010). Rhizobacterially induced protection of watermelon against *Didymella bryoniae*. *Journal of Applied Microbiology*, 109(2), 567-582. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2010.04685.x>
- Nguyen, H.T.H (2022). *Evaluating the effectiveness of antagonistic bacteria in preventing rice leaf blight caused by Pyricularia oryzae fungus in greenhouse conditions* (Bachelor's thesis), Can Tho University, Can Tho (in Vietnamese).
- Nguyen, N. H (2021). *Research and selection of antagonistic plant growth promoting rhizobacteria against the fungus Pyricularia oryzae, a causal of rice blast disease, under laboratory conditions* (Bachelor's thesis), Can Tho University, Can Tho (in Vietnamese).
- Phan, T. P (2022). *Selection of plant growth-promoting rhizobacteria in induced protection of rice against blast disease caused by Pyricularia oryzae under net house conditions* (Bachelor's thesis). Can Tho University, Can Tho (in Vietnamese).
- Rao, K. M., & Manibhushan, R. (1994). *Rice blast disease*. Daya Books.
- Shaner, G., & Finney, R. E. (1977). The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-

4. KẾT LUẬN

Bằng biện pháp xử lý ngâm hạt kết hợp tưới đất, hoặc phun lá, hoặc ngâm hạt kết hợp tưới đất và phun lá với hỗn hợp vi khuẩn *Bacillus* 55 và *Bacillus* 61 ở mật số 10^6 , 10^7 và 10^8 (cfu/mL) qua các biện pháp có hiệu quả giảm bệnh đạo ôn lá tương đương nhau. Đối với bệnh đạo ôn cổ bông, xử lý vi hỗn hợp vi khuẩn 10^7 và 10^8 cfu/mL có khả năng giảm bệnh và duy trì năng suất tương đương nghiệm thức xử lý thuốc hóa học Beam 75 WP.

- mildew resistance in Knox wheat. *Phytopathology*, 67(8), 1051-1056.
<https://doi.org/10.1094/Phyto-67-1051>
- Sivasakthi, S., Usharani, G., & Saranraj, P. (2014). Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR)-*Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A review. *Afr. J. Agric. Res*, 9(16), 1265-1277.
- Tran, P. V (2010). *Effectiveness and bio-chemical mechanism of induce resistance by biocontrol agent against rice blast disease caused by Pyricularia oryzae Cavara* (Doctor's thesis). Can Tho university, CanTho (in Vietnamese).
- Tran, P. V., Tran, L. A. & Dinh, T. N (2016). Induction of systemic resistance by some bacterial *Bacillus* isolates against rice blast disease caused by *Pyricularia oryzae* in net house conditions. *CTU Journal of Science*, 3, 249-257. (in Vietnamese)
<https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2016.095>
- Wang, S. Y., Herrera-Balandrano, D. D., Wang, Y. X., Shi, X. C., Chen, X., Jin, Y., Liu, F. & Laborda, P. (2022). Biocontrol Ability of the *Bacillus amyloliquefaciens* Group, *B. amyloliquefaciens*, *B. velezensis*, *B. nakamurai*, and *B. siamensis*, for the Management of Fungal *oryzae* to Suppress Rice Blast. *Microorganisms*, 12(6), 1246.
[https:// DOI: 10.1021/acs.jafc.2c01745](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c01745)
- Wu, X., Chen, Y., Chen, C., Huang, Q., Qin, Y., Zhang, X., Li, C., Tan, X., Liu, Y. & Zhang, D. (2022). Combining the microbial agent *Rhodopseudomonas palustris* strain PSB-06 with fungicides for controlling rice blast. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1072156.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1072156>
- Zhang, N., Wang, Z., Shao, J., Xu, Z., Liu, Y., Xun, W., Miao, Y., Shen, Q., & Zhang, R. (2023). Biocontrol mechanisms of *Bacillus*: Improving the efficiency of green agriculture. *Microbial Biotechnology*, 16(12), 2250-2263.
<https://doi.org/10.1111/1751-7915.14348>