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

DOI:10.22144/ctujos.2026.025

ẢNH HƯỞNG CỦA VI KHUẨN QUANG DƯỠNG KHÔNG LƯU HUỲNH MÀU TÍA CỐ ĐỊNH ĐẠM ĐẾN SINH TRƯỞNG VÀ NĂNG SUẤT LÚA VỤ HÈ THU TRÊN NỀN ĐẤT LÚA - TÔM TRONG ĐIỀU KIỆN NHÀ LƯỚI

Nguyễn Hoàng Anh[1,2], Bùi Thị Thiên Hương[1], Cao Tấn Phát[1], Nguyễn Kim Tường An[1], Lê Minh Nhựt[1], Nguyễn Đức Trọng[1], Lê Thị Mỹ Thu[1], Trần Trọng Khôi Nguyên[1] và Nguyễn Quốc Khương[1*]
[1]*Khoa Khoa học cây trồng, Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ, Việt Nam*
[2]*Khoa Nông nghiệp - Thủy sản, Trường Đại học Cửu Long, Vĩnh Long, Việt Nam*
**Tác giả liên hệ (Corresponding author): nqkhuong@ctu.edu.vn*

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 24/03/2025
Sửa bài (Revised): 16/04/2025
Duyệt đăng (Accepted): 23/11/2025

Title: *Nitrogen fixing purple nonsulfur bacteria improved growth and yield of rice in summer - autumn on rice - shrimp cultivated soil in greenhouse conditions*

Author(s): *Nguyen Hoang Anh[1,2], Bui Thi Thien Huong[1], Cao Tan Phat[1], Nguyen Kim Tuong An[1], Le Minh Nhut[1], Nguyen Duc Trong[1], Le Thi My Thu[1], Tran Trong Khoi Nguyen[1] and Nguyen Quoc Khuong[1*]*

Affiliation(s): *[1]Faculty of Crop Science, College of Agriculture, Can Tho University, Viet Nam; [2]Department of Crop Science, Faculty of Agriculture - Fisheries, Mekong University, Vinh Long, Viet Nam*

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá ảnh hưởng của vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía (PNSB) cố định đạm (N) đến sinh trưởng và năng suất lúa vụ Hè Thu năm 2023 trồng trên một số nền đất nhiễm mặn lúa - tôm của Châu Thành - Trà Vinh, Mỹ Xuyên - Sóc Trăng, Thới Bình - Cà Mau và An Biên - Kiên Giang trong điều kiện nhà lưới. Thí nghiệm 2 nhân tố được bố trí theo khối hoàn toàn ngẫu nhiên. Trong đó, nhân tố A là bốn mức bón phân N (100, 75, 50, 0% N theo công thức khuyến cáo 100N-60P2O5-30K2O) và nhân tố B là PNSB cố định N, Rhodobacter sphaeroides (không bổ sung vi khuẩn, bổ sung dòng đơn R. sphaeroides S01, dòng đơn R. sphaeroides S06 và hỗn hợp hai dòng vi khuẩn R. sphaeroides S01 và S06), với 4 lần lặp lại, mỗi lần lặp lại 8 cây/chậu. Kết quả cho thấy việc bổ sung vi khuẩn R. sphaeroides S01, S06 đã cải thiện chiều cao cây lúa (2,60 - 24,3%), chiều dài bông (4,42 - 14,3%), số bông/chậu (7,48 - 25,4%), số hạt chắc/bông (3,11 - 40,4%), tỷ lệ hạt chắc (0,68 - 23,6%) và năng suất hạt lúa (7,03 - 69,9%) trên nền đất của 4 vùng nghiên cứu.

Từ khóa: *Cố định đạm, Hè Thu, PNSB, R. sphaeroides S01, R. sphaeroides S06*

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the efficacy of nitrogen-fixing purple non-sulfur bacteria (PNSB) in enhancing rice growth and yield during the Summer-Autumn season in saline soils within the rice-shrimp system in Chau Thanh-Tra Vinh, My Xuyen-Soc Trang, Thoi Binh-Ca Mau, and An Bien-Kien Giang. The 4 x 4 factorial experiment performed in a completely randomized block design, including the first factor (A) as the fertilizer levels (100, 75, 50, and 0% with 100N-60P_2O_5-30K_2O), and the second factor as liquid biofertilizers (B) (no added bacteria, added strains R. sphaeroides S01, added strains R. sphaeroides S06, and added a mixture of two strains R. sphaeroides S01 and S06), with four replicates and eight seeds in pot in a greenhouse. The results showed that use of PNSB, R. sphaeroides S01, S06 increased rice plant height (2.60 - 24.3%), rice panicle length (4.42 - 14.3%), number of panicles pot^{-1} (7.48 - 25.4%), number of grains per panicle (3.11 - 40.4%), percentage of filled grains (0.68 - 23.6%), and grain yield (7.03 - 69.9%) in soil from four surveyed areas.

Keywords: *Nitrogen-fixing bacteria, PNSB, R. sphaeroides S01, R. sphaeroides S06, Summer-Autumn*

1. GIỚI THIỆU

Cây lúa là cây lương thực chính cho một nửa dân số trên thế giới (Tran et al., 2024). Biến đổi khí hậu đã gây thiệt hại đáng kể đến sinh trưởng và năng suất lúa, gây áp lực lớn đến an ninh lương thực ở các nước đang phát triển (Lenaerts et al., 2019). Hiện nay, mô hình canh tác lúa-tôm, đặc biệt ở các tỉnh ven biển ĐBSCL ngày càng phổ biến với diện tích áp dụng tăng mạnh (Tu, 2021). Hơn nữa, xâm nhập mặn vào đất canh tác đang là thách thức lớn (Tran et al., 2022). Điều này dẫn đến đất nhiễm mặn có hàm lượng cao các ion Na^+ và các muối hòa tan, ảnh hưởng đến các loại cây trồng nhạy cảm với mặn (El-Ramady et al., 2024), cụ thể giảm sinh trưởng và năng suất lúa do giảm hoạt động quang hợp (Radanielson et al., 2018; Tsai et al., 2019), ức chế sự phát triển của bộ rễ và giảm mật số vi sinh vật có lợi trong đất (Chang et al., 2019; Razzaq et al., 2020). Một giải pháp tiềm năng là sử dụng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía (PNSB) để cải thiện đặc tính của đất và năng suất cây trồng. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh PNSB có khả năng tiết ra galacturonic acid, giúp liên kết và bất động các ion Na^+ trong đất, giảm thiểu tác hại của mặn đối với cây lúa (Khuong et al., 2023a). Ngoài ra, các chất kích thích sinh trưởng thực vật (PGPS) như indole-3-acetic acid (IAA), 5-aminolevulinic acid (ALA), exopolymeric substances (ESP) và siderophores do PNSB phóng thích giúp cây trồng phát triển tốt hơn trong điều kiện môi trường bất lợi (Sakarika et al., 2020; Sundar & Chao, 2022; Khuong et al., 2023b; Xu et al., 2023). Tuy nhiên, hiệu quả của PNSB phụ thuộc vào tính chất đất tại từng khu vực (Dat et al., 2024a; 2024b; Khuong et al., 2024). Vì vậy, nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá tác động của các dòng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía cố định đạm đến sinh trưởng và năng suất lúa trồng ở điều kiện đất nhiễm mặn.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Chuẩn bị vật liệu

Thí nghiệm được thực hiện từ tháng 8 đến tháng 11 năm 2023 tại Khu nhà lưới Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ. Đất thí nghiệm được thu ở tầng đất mặt 0 - 20 cm của đất canh tác lúa - tôm tại Mỹ Xuyên - Sóc Trăng, Châu Thành - Trà Vinh, Thới Bình - Cà Mau, An Biên - Kiên Giang. Đặc tính đất thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Đặc tính đất đầu vụ thu tại Mỹ Xuyên - Sóc Trăng, Châu Thành - Trà Vinh, Thới Bình - Cà Mau và An Biên - Kiên Giang.

Đặc tính đất	Đơn vị tính	Trà Vinh	Sóc Trăng	Cà Mau	Kiên Giang
pH_{H2O}	-	3,02	6,59	4,96	3,07
pH_{KCl}	-	2,68	6,93	4,45	2,92
EC	mS/cm	6,32	6,80	5,89	20,0
$N_{tổng\ số}$	%N	0,224	0,14	0,19	0,126
NH_4^+	Mg/kg	21,8	59,2	20,41	102,7
$P_{tổng\ số}$	$\%P_2O_5$	0,047	0,055	4,05	0,025
$P_{dễ\ tiêu}$	mg P/kg	37,2	23,2	14,4	17,5
Al-P	mg P/kg	105,6	31,7	101,4	161,0
Fe-P	mg P/kg	245,2	84,9	253,8	58,7
Ca-P	mg P/kg	70,6	107,9	136,3	42,8
CEC	Meq/100g	10,6	14,3	13,23	11,6
Na^+	meq Na^+/100g	1,86	11,5	2,50	3,67
K^+	meq K^+/100g	0,288	1,465	1,786	0,145
Mg^{2+}	meq Mg^{2+}/100g	4,97	8,58	18,42	23,2
Ca^{2+}	meq Ca^{2+}/100g	0,131	0,642	0,159	0,394

Nguồn vi khuẩn cố định N, *Rhodobacter sphaeroides* S01 và S06 được phân lập và tuyển chọn từ đất lúa - tôm tại huyện Thạnh Phú, tỉnh Bến Tre và được lưu trữ tại phòng thí nghiệm Khoa Khoa học cây trồng, Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ. Hai dòng vi khuẩn này được phân lập từ vùng đất mặn lúa - tôm (Anh et al., 2024), nên có triển vọng cho áp dụng trên nền đất mặn ở các vùng khác. Do đó, thí nghiệm thực hiện trên vùng Mỹ Xuyên - Sóc Trăng, Châu Thành - Trà Vinh, Thới Bình - Cà Mau, An Biên - Kiên Giang.

2.2. Phương pháp

Thí nghiệm hai nhân tố được bố trí khối hoàn toàn ngẫu nhiên trên nền đất lúa - tôm ở bốn vùng đất. Trong đó, nhân tố A là bốn mức bón phân N (100, 75, 50, 0% theo công thức khuyến cáo) với 4

lần lặp lại và nhân tố B là PNSB cố định đạm *R. sphaeroides* (không bổ sung vi khuẩn, bổ sung dòng đơn vi khuẩn *R. sphaeroides* S01, dòng đơn vi khuẩn *R. sphaeroides* S06 và hỗn hợp hai dòng vi khuẩn *R. sphaeroides* S01 và S06), mỗi lần lặp lại là 4 chậu, mỗi chậu 8 cây.

Công thức phân bón cho cây lúa là 100N-60P_2O_5-30K_2O (kg/ha) (De, 2008) tương ứng với 217 kg urê, 375 kg super lân và 50 kg kali clorua. Phân super lân được bón lót toàn bộ trước sạ (1,5 g/chậu), phân kali clorua (0,2 g/chậu) chia 2 lần bón, mỗi lần 50% khối lượng vào thời điểm 10 và 45 ngày sau gieo (NSG), phân urê (0,869 g/chậu) chia 3 lần bón theo tỉ lệ 30, 40 và 30% khối lượng lần lượt vào thời điểm 10, 25 và 45 NSG.

Đất trồng sau thu hoạch vụ trước được loại bỏ dư thừa thực vật, xử lý đất tơi xốp và trộn đều trộn đều đất trước khi cân 8 kg mỗi chậu. Hạt được ủ nứt nanh và ngâm với từng dung dịch vi khuẩn trước khi gieo 1 giờ, mỗi chậu gieo 15 hạt và tuyển lại 8 cây đồng nhất vào 5 NSG phân bố đều trong chậu.

Vi khuẩn được bổ sung với thể tích 4 mL (1 x 10^8 CFU/mL) vào chậu (đối với dung dịch hỗn hợp, mỗi dòng sử dụng 2 mL) vào các thời điểm 7, 14, 21, 28, 35 và 42 NSG. Dung dịch huyền phù vi khuẩn được tưới đều cho 8 kg đất với thể tích 4 mL, nghiệm thức không bổ sung vi khuẩn sử dụng 4 mL nước tưới lúa. Mật số vi khuẩn sau khi được bổ sung vào đất là 8 x 10^7 CFU/g đất. Việc tưới mặn 4‰ (sử dụng NaCl) vào chậu lúa được tiến hành ở các thời điểm 20, 40 và 75 NSG với thể tích 10 mL/chậu. Điều này cho thấy, việc tưới nước mặn trên nền đất mặn, nên đặc tính đất tương tự đặc tính đất ở điều kiện đồng ruộng

Chỉ tiêu theo dõi

Sinh trưởng của cây được xác định gồm chiều cao cây và chiều dài bông tại thời điểm thu hoạch.

Trong đó, chiều cao cây được đo từ sát mặt đất lên tới chót lá cao nhất. Chiều dài bông được xác định từ cổ bông đến chót bông. Thành phần năng suất: Số bông/chậu là tổng số các bông/chậu; số hạt/bông là trung bình tổng số hạt chắc và lép của số bông/chậu; tỷ lệ hạt chắc là (số hạt chắc trung bình/tổng số hạt trung bình của bông) x 100%; khối lượng 1000 hạt là khối lượng 1000 hạt chắc của mỗi chậu và quy về ở ẩm độ 14%. Năng suất thực tế là khối lượng hạt thu hoạch của mỗi chậu đã quy đổi sang ẩm độ 14% (IRRI, 1996).

Xử lý số liệu

Tất cả giá trị trung bình được phân tích phương sai bởi ANOVA để so sánh khác biệt giữa các mức trong mỗi nhân tố bằng cách sử dụng kiểm định DUCAN ở $P < 0,05$ bằng phần mềm SPSS phiên bản 13.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiệu quả của vi khuẩn cố định đạm R. sphaeroides S01 và S06 đến sinh trưởng và năng suất lúa vụ Hè Thu trồng trên nền đất lúa tôm ở Châu Thành - Trà Vinh

Kết quả ở Bảng 2 cho thấy các nghiệm thức bón 75% N và 50% N có chiều cao cây giảm 5,35%, 9,56% và chiều dài bông giảm 3,00%, 6,46%, theo thứ tự, so với nghiệm thức bón 100% N. Mặt khác, việc không bón phân N thì chiều cao cây và chiều dài bông lúa giảm tương ứng với 33,1% và 30,1% so với bón 100% N theo khuyến cáo. Tuy nhiên, vi khuẩn khi được sử dụng giúp tăng chiều cao cây và chiều dài bông lúa. Cụ thể, việc bổ sung đơn dòng vi khuẩn *R. sphaeroides* S01, S06 giúp tăng chiều cao 15,9% và 9,50%, tăng chiều dài bông 7,34% và 11,7% so với không vi khuẩn. Đặc biệt, hỗn hợp hai dòng vi khuẩn *R. sphaeroides* S01+ S06 được bổ sung giúp tăng chiều cao cây 24,3% và chiều dài bông 12,5%.

Thành phần năng suất gồm số bông/chậu, số hạt/bông, tỷ lệ hạt chắc đều giảm dần đối với các nghiệm thức giảm dần lượng phân bón N, dẫn đến năng suất giảm. Cụ thể là năng suất giảm 13,7% ở mức bón 75% N, giảm 18,4% ở mức bón 50% N và giảm 83,0% đối với không bón N so với bón 100% N. Các thành phần năng suất đều tăng đối với các nghiệm thức sử dụng PNSB. Nghiệm thức sử dụng hỗn hợp 2 dòng vi khuẩn *R. sphaeroides* S01 và S06 có số bông/chậu tăng 18,7%, số hạt/bông tăng 40,4%, tỷ lệ hạt chắc tăng 23,6% so với không bổ sung vi khuẩn. Việc bổ sung PNSB giúp tăng năng suất 43,4 - 61,5%, trong đó năng suất tăng cao nhất đối với nghiệm thức bổ sung hỗn hợp 2 dòng vi khuẩn *R. sphaeroides* S01 và S06 (Bảng 2).

Bảng 2. Ảnh hưởng của PNSB cố định N *R. sphaeroides* S01, S06 đến sinh trưởng và năng suất lúa trồng trên đất lúa - tôm ở Châu Thành, Trà Vinh trong điều kiện nhà lưới

Nhân tố		Chiều cao cây (cm)	Chiều dài bông (cm)	Số bông/chậu (bông)	Số hạt/bông (hạt)	Tỷ lệ hạt chắc (%)	Khối lượng 1000 hạt (g)	Năng suất (g/chậu)
Mức bón N (%) (A)	100	100,7^{a}	20,6^{a}	19,3^{a}	89,2^{a}	81,9^{a}	20,0	27,3^{a}
	75	95,3^{b}	20,0^{b}	18,5^{a}	80,9^{b}	74,6^{b}	19,9	23,5^{b}
	50	91,1^{c}	19,3^{c}	18,7^{a}	73,4^{c}	72,4^{c}	20,0	22,2^{c}
	0	67,4^{d}	14,4^{d}	8,75^{b}	28,5^{d}	65,4^{d}	19,0	4,43^{d}
Mức vi khuẩn (B)	KVK	78,8^{d}	17,2^{c}	14,7^{c}	55,8^{d}	65,1^{d}	19,6	14,1^{c}
	S01	91,3^{b}	18,5^{b}	16,6^{b}	64,0^{c}	76,1^{b}	19,5	20,3^{b}
	S06	86,3^{c}	19,2^{a}	16,4^{b}	73,8^{b}	72,5^{c}	19,5	20,2^{b}
	S01+ S06	98,0^{a}	19,3^{a}	17,4^{a}	78,4^{a}	80,4^{a}	20,3	22,8^{a}
Mức ý nghĩa (A)		**	**	**	**	**	ns	**
Mức ý nghĩa (B)		**	**	**	**	**	ns	**
Mức ý nghĩa (A*B)		**	ns	**	**	**	ns	**
CV (%)		2,49	3,53	6,87	4,42	2,50	6,76	5,04

**Ghi chú: ns: khác biệt không có ý nghĩa thống kê; **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1%. KVK: nghiệm thức không sử dụng vi khuẩn, S01:* R. *sphaeroides S01, S06:* R. *sphaeroides S06; S01+S06: hỗn hợp hai dòng vi khuẩn* R. *sphaeroides S01 và S06.*

3.2. Hiệu quả của vi khuẩn cố định đạm *R. sphaeroides* S01 và S06 đến sinh trưởng và năng suất lúa vụ Hè Thu trồng trên nền đất lúa tôm ở Mỹ Xuyên - Sóc Trăng

Các mức bón N giảm dần dẫn đến các thành phần năng suất như số bông/chậu, số hạt/bông, tỷ lệ hạt chắc cũng lần lượt giảm. Điều này dẫn đến năng suất giảm 13,7% đối với mức bón 75% N, giảm 38,4% đối với mức bón 50% N và giảm 71,8% đối với không bón N so với bón 100% N theo khuyến cáo.

Bảng 3. Ảnh hưởng của PNSB cố định N *R. sphaeroides* S01, S06 đến sinh trưởng và năng suất lúa trồng trên đất lúa-tôm ở Mỹ Xuyên, Sóc Trăng trong điều kiện nhà lưới

Nhân tố		Chiều cao cây (cm)	Chiều dài bông (cm)	Số bông/chậu (bông)	Số hạt/bông (hạt)	Tỷ lệ hạt chắc (%)	Khối lượng 1000 hạt (g)	Năng suất (g/chậu)
Mức bón N (%) (A)	100	106,6^{a}	20,9^{a}	16,5^{a}	102,3^{a}	76,0^{a}	21,9	23,1^{a}
	75	103,4^{b}	20,5^{b}	13,8^{b}	91,8^{b}	71,6^{b}	21,3	20,0^{b}
	50	97,5^{c}	20,0^{c}	12,6^{c}	86,7^{c}	69,2^{c}	21,6	14,3^{c}
	0	71,6^{d}	16,4^{d}	8,00^{d}	62,8^{d}	59,6^{d}	21,7	6,51^{d}
Mức vi khuẩn (B)	KVK	91,9^{c}	18,4^{c}	11,8^{c}	81,2^{c}	65,4^{d}	22,0	14,1^{d}
	S01	98,4^{a}	20,0^{a}	13,0^{ab}	91,4^{a}	72,8^{a}	21,4	18,4^{a}
	S06	94,6^{b}	19,4^{b}	12,7^{b}	86,4^{b}	70,5^{b}	21,8	16,4^{b}
	S01+ S06	94,3^{b}	20,1^{a}	13,4^{a}	84,6^{b}	67,7^{c}	21,3	15,0^{c}
Mức ý nghĩa (A)		**	**	**	**	**	ns	**
Mức ý nghĩa (B)		**	**	**	**	**	ns	**
Mức ý nghĩa (A*B)		**	*	**	**	**	ns	**
CV (%)		2,89	2,50	7,40	4,21	3,90	7,32	6,87

*Ghi chú: ns: khác biệt không có ý nghĩa thống kê; *: khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%. KVK, **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1%. KVK: nghiệm thức không sử dụng vi khuẩn, S01:* R. *sphaeroides S01, S06:* R. *sphaeroides S06; S01+S06: hỗn hợp hai dòng vi khuẩn* R. *sphaeroides S01 và S06.*

Các nghiệm thức sử dụng PNSB giúp tăng số bông/chậu, số hạt/bông, tỷ lệ hạt chắc so với không sử dụng vi khuẩn. Trong đó, nghiệm thức bổ sung vi khuẩn *R. sphaeroides* S01 giúp tăng số bông/chậu, số hạt/bông, tỷ lệ hạt chắc cao hơn các nghiệm thức còn lại và thấp nhất là nghiệm thức không bổ sung PNSB. Điều này dẫn đến tăng năng suất hạt đối với bổ sung đơn dòng vi khuẩn *R. sphaeroides* S01, S06 và hỗn hợp hai dòng *R. sphaeroides* S01+S06 lần lượt so với không sử dụng vi khuẩn là 31,2, 16,4 và 7,03% (Bảng 3).

3.3. Hiệu quả của vi khuẩn cố định đạm *R. sphaeroides* S01 và S06 đến sinh trưởng và năng suất lúa vụ Hè Thu trồng trên nền đất lúa tôm ở Thới Bình - Cà Mau

Việc bón 75% N, 50% N và không bón N gây giảm chiều cao và chiều dài bông lúa. Chiều cao cây của các nghiệm thức giảm tương ứng 4,70, 5,77 và 17,7% so với bón 100% N, chiều dài bông của các nghiệm thức cũng giảm tương ứng 3,50, 7,32 và 16,2% so với nghiệm thức bón N theo khuyến cáo. Vì vậy, năng suất hạt lúa giảm 16,7% đối với mức 75% N, giảm 42,2% đối với mức 50% N và giảm 55,1% đối với không bón N.

Bảng 4. Ảnh hưởng của PNSB cố định N *R. sphaeroides* S01, S06 đến sinh trưởng và năng suất lúa trồng trên đất lúa-tôm ở Thới Bình - Cà Mau trong điều kiện nhà lưới

Nhân tố		Chiều cao cây (cm)	Chiều dài bông (cm)	Số bông/chậu(bông)	Số hạt/bông (hạt)	Tỷ lệ hạt chắc (%)	Khối lượng 1000 hạt (g)	Năng suất (g/chậu)
Mức bón N (%) (A)	**100**	100,7^{a}	19,8^{a}	11,6^{a}	80,6^{a}	75,0^{a}	20,2	16,58^{a}
	75	96,0^{b}	19,1^{b}	11,0^{b}	76,7^{b}	71,4^{b}	19,8	13,81^{b}
	50	94,9^{b}	18,4^{c}	10,8^{b}	72,4^{c}	69,7^{b}	19,7	9,58^{c}
	0	82,9^{c}	16,6^{d}	8,9^{c}	60,1^{d}	65,1^{c}	20,3	7,44^{d}
Mức vi khuẩn (B)	**KVK**	88,2^{b}	16,9^{c}	9,8^{b}	67,3^{b}	65,9^{c}	19,7	8,18^{c}
	S01	95,7^{a}	18,8^{b}	11,0^{a}	74,3^{a}	72,6^{ab}	20,1	11,88^{b}
	S06	95,1^{a}	18,8^{b}	10,8^{a}	74,1^{a}	73,0^{a}	20,1	13,90^{a}
	S01+ S06	95,4^{a}	19,3^{a}	10,8^{a}	74,2^{a}	69,8^{b}	20,1	13,46^{a}
Mức ý nghĩa (A)		**	**	**	**	**	ns	**
Mức ý nghĩa (B)		**	**	**	**	**	ns	**
Mức ý nghĩa (A*B)		**	*	ns	**	ns	ns	**
CV (%)		2,40	3,77	7,28	6,40	5,84	4,50	5,88

**Ghi chú: ns: khác biệt không có ý nghĩa thống kê; *: khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%, **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1%. KVK: nghiệm thức không sử dụng vi khuẩn, S01:* R. *sphaeroides S01, S06:* R. *sphaeroides S06; S01+S06: hỗn hợp hai dòng vi khuẩn* R. *sphaeroides S01 và S06.*

Chiều cao cây lúa và chiều dài bông lúa ở các nghiệm thức có sử dụng vi khuẩn đều cao hơn nghiệm thức không sử dụng vi khuẩn, tăng 7,87 - 8,53% và 11,2 - 14,5%, theo thứ tự. Thành phần năng suất lúa tăng đối với các nghiệm thức sử dụng PNSB. Cụ thể, số bông/chậu tăng 9,58 - 12,1%, số hạt/bông tăng 10,2 - 10,4%, tỷ lệ hạt chắc tăng 5,89 - 10,7% và năng suất hạt tăng 45,2 - 70,0% so với không bổ sung vi khuẩn. Trong đó, năng suất lúa được cải thiện trong trường hợp bổ sung đơn dòng R. sphaeroides S06 và bổ sung hỗn hợp 2 dòng vi khuẩn R. sphaeroides S01 và S06 (Bảng 4).

3.4. Hiệu quả của vi khuẩn cố định đạm Rhodobacter sphaeroides S01 và S06 đến sinh trưởng và năng suất lúa vụ Hè Thu trồng trên nền đất lúa tôm ở An Biên - Kiên Giang

Liều lượng bón N giảm dần dẫn đến giảm chiều cao cây và chiều dài bông lúa. Các nghiệm thức giảm dần lượng phân N có chiều cao cây và chiều dài bông giảm tương ứng 0,04 - 27,4% và 4,58 - 73,9% so với bón 100% N theo khuyến cáo. Mặt khác, thành phần năng suất gồm số bông/chậu- số hạt/bông tỷ lệ hạt chắc giảm dần theo các mức bón giảm phân N và năng suất giảm 8,36 - 73,9% so với bón phân 100% N (Bảng 5)

Bảng 5. Ảnh hưởng của PNSB cố định đạm *R. sphaeroides* S01, S06 đến sinh trưởng và năng suất lúa trồng trên đất lúa - tôm ở An Biên - Kiên Giang trong điều kiện nhà lưới

Nhân tố		Chiều cao cây (cm)	Chiều dài bông (cm)	Số bông/chậu (bông)	Số hạt/bông (hạt)	Tỷ lệ hạt chắc (%)	Khối lượng 1000 hạt (g)	Năng suất (g/chậu)
Mức bón N (%) (A)	**100**	95,8^{a}	19,1^{a}	20,2^{a}	68,1^{a}	72,0^{a}	22,4	16,1^{a}
	75	95,8^{a}	18,2^{b}	18,0^{b}	65,6^{b}	72,4^{a}	22,8	14,8^{b}
	50	88,6^{b}	17,8^{b}	14,5^{b}	62,9^{c}	68,1^{b}	22,5	13,1^{c}
	0	69,6^{c}	14,3^{c}	8,50^{c}	31,5^{d}	65,5^{b}	22,7	4,21^{d}
Mức vi khuẩn (B)	**KVK**	80,4^{d}	16,1^{c}	13,6^{c}	52,2^{c}	63,0^{c}	22,6	9,38^{d}
	S01	86,8^{c}	16,8^{b}	17,0^{a}	53,8^{c}	63,4^{c}	22,8	12,3^{b}
	S06	93,2^{a}	18,1^{a}	15,1^{b}	58,9^{b}	74,3^{b}	22,3	11,1^{c}
	S01+ S06	89,3^{b}	18,4^{a}	15,5^{b}	63,1^{a}	77,3^{a}	22,7	15,4^{a}
Mức ý nghĩa (A)		**	**	**	**	**	ns	**
Mức ý nghĩa (B)		**	**	**	**	**	ns	**
Mức ý nghĩa (A*B)		**	**	**	**	**	ns	**
CV (%)		2,20	4,15	5,59	5,33	5,51	3,73	5,19

**Ghi chú: ns: khác biệt không có ý nghĩa thống kê, **: khác biệt có ý nghĩa ở mức 1 %. KVK: nghiệm thức không sử dụng vi khuẩn, S01:* R. *sphaeroides S01, S06:* R. *sphaeroides S06; S01+S06: hỗn hợp hai dòng vi khuẩn* R. *sphaeroides S01 và S06.*

Chiều cao cây và chiều dài bông lúa ở các nghiệm thức được bổ sung PNSB *R. sphaeroides* tăng tương ứng 7,92 - 15,9% và 4,43 - 14,3% so với không bổ sung vi khuẩn. Bên cạnh đó, thành phần năng suất ở nghiệm thức sử dụng vi khuẩn tăng 11,5 - 25,4%, 3,11 - 21,0%, 0,68 - 22,7%, theo thứ tự, đối với số bông/chậu, số hạt/bông và tỷ lệ hạt chắc và dẫn đến năng suất lúa tăng 18,6 - 64,0% (Bảng 5).

Hiệu quả của vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía cố định đạm đến chiều cao cây và chiều dài bông lúa

Nồng độ Na^{+} cao gây đóng khí khổng của lá, giảm tiến trình quang hợp và trao đổi chất của tế bào dẫn đến giảm sinh trưởng, gây chết mô lúa trồng trên nền đất nhiễm mặn (Rodríguez Coca et al., 2023). Độ mặn gây giảm hấp thu các dưỡng chất thiết yếu như N, P, K và Ca (Liu et al., 2023), do đối kháng của N với các ion Na^{+} và Cl^{-} (Wang et al., 2022).

Thiếu N gây giảm sinh trưởng, việc bón giảm N từ 25% đến không bón N gây giảm chiều cao cây lúa trên nền đất Châu Thành - Trà Vinh, Mỹ Xuyên - Sóc Trăng, Thới Bình - Cà Mau và An Biên - Kiên Giang. Cụ thể, chiều cao cây giảm 5,35 - 33,1%, 3,02 - 32,8%, 4,70 - 17,7% và 0,04 - 27,4%, theo thứ tự. Tuy nhiên, việc bổ sung PNSB giúp tăng chiều cao cây lúa, với 9,50 - 24,3% ở Châu Thành - Trà Vinh, 2,60 - 7,09% ở Mỹ Xuyên - Sóc Trăng, 7,87 - 8,53% ở Thới Bình - Cà Mau và 7,92 - 15,9% ở An Biên - Kiên Giang (Bảng 2 đến Bảng 5). Việc bón giảm lượng phân từ 25% N đến không bón N gây giảm chiều dài bông lúa, cụ thể là chiều dài bông lúa giảm tương ứng từng vùng 3,00 - 30,1%, 1,70 - 21,6%, 3,50 - 16,2%, 4,58 - 25,0%. Tuy nhiên, PNSB được sử dụng giúp tăng chiều dài bông lúa 7,34 - 12,5%, 5,60 - 9,14%, 11,2 - 14,5%, 4,42 - 14,3%, theo cùng thứ tự (Bảng 2 đến Bảng 5). Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Khuong et al. (2023c), chiều cao cây lúa và chiều dài bông được cải thiện trong trường hợp chủng PNSB trong điều kiện mặn. Việc bổ sung dòng đơn PNSB tiết EPS, E-TD16, E-TD25 và E-TD43 và hỗn hợp ba dòng vi khuẩn E-TD16, E-TD25 và E-TD43 giúp cải thiện chiều cao cây, chiều dài bông, so với không chủng vi khuẩn trong điều kiện đất mặn tại huyện Trần Đề, tỉnh Sóc Trăng (Xuan et al., 2023). Theo Khuong et al. (2021a), dòng đơn vi khuẩn cố định N *R. spharoides* W22, W32 hoặc hỗn hợp hai dòng vi khuẩn W22 và W32 khi được sử dụng giúp tăng chiều cao cây và chiều dài bông.

Hiệu quả của vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía cố định đạm đến thành phần năng suất và năng suất lúa

Trong điều kiện nhiễm mặn, vấn đề quan trọng liên quan đến năng suất hạt lúa là tính bất thụ của bông lúa trong giai đoạn thụ phấn và thụ tinh một phần do thiếu chất dinh dưỡng (Hussain et al., 2017), gây rụng hoa và lão hóa phôi thụ tinh dẫn đến giảm năng suất hạt lúa (Rodríguez Coca et al., 2023). Theo Gupta et al. (2020) các thành phần năng suất lúa như số bông/cây, số hạt/bông và khối lượng

1000 hạt giảm do mặn gây ra, dẫn đến giảm năng suất hạt lúa.

Lượng bón phân N giảm từ 25% đến không bón N gây giảm các thành phần năng suất lúa trồng trên các vùng đất lúa - tôm Châu Thành - Trà Vinh, Mỹ Xuyên - Sóc Trăng, Thới Bình - Cà Mau và An Biên - Kiên Giang. Do đó, năng suất giảm đáng kể tương ứng từng vùng 13,7 - 71,9%, giảm 13,7 - 82,0%, giảm 16,7 - 55,1% và 8,36 - 73,9% so với bón 100% N theo khuyến cáo (Bảng 2 đến Bảng 5).

Tuy nhiên, theo Khuong et al. (2021b) trên đất mặn Hồng Dân-Bạc Liêu, hỗn hợp ba dòng PNSB được bổ sung đã cung cấp δ-aminolevulinic acid K1, K2 và K3 giúp cải thiện năng suất lúa trong điều kiện nhiễm mặn so với các dòng đơn vi khuẩn K1, K2 và K3. Việc bổ sung PNSB giảm 25% lượng phân N và 50% lượng phân lân bón theo khuyến cáo và duy trì năng suất hạt lúa (Khuong et al., 2019). Theo Khuong et al. (2021a), dòng đơn vi khuẩn cố định N *R. sphaeroides* W22, W32 hoặc hỗn hợp hai dòng vi khuẩn W22 và W32 khi được sử dụng giúp tăng số bông/chậu và tỷ lệ hạt chắc. Ngoài ra, dòng vi khuẩn W32 hoặc hỗn hợp hai dòng vi khuẩn W22 và W32 được sử dụng, kết hợp giảm 25% phân N đạt năng suất cao tương đương so với bón 100% phân N theo khuyến cáo trên đất mặn Hồng Dân - Bạc Liêu.

Kết quả nghiên cứu trên nền đất lúa - tôm Châu Thành - Trà Vinh, Mỹ Xuyên - Sóc Trăng, Thới Bình - Cà Mau và An Biên - Kiên Giang cũng chứng minh bổ sung PNSB giúp tăng các thành phần năng suất, dẫn đến năng suất được cải thiện đáng kể, tương ứng tăng 43,4 - 61,5%, 7,03 - 31,2%, 45,2 - 69,9% và 18,6 - 64,0% so với không bổ sung PNSB. Trong đó, việc bổ sung PNSB dòng *R. sphaeroides* S01 có hiệu quả cao nhất trên nền đất Mỹ Xuyên - Sóc Trăng trong khi kết hợp hai dòng *R. sphaeroides* S01+S06 có hiệu quả cao đối với các vùng Châu Thành - Trà Vinh, Thới Bình - Cà Mau và An Biên - Kiên Giang (Bảng 2 và Bảng 5).

Theo Xuan et al. (2023), dòng đơn PNSB tiết EPS, E-TD16, E-TD25 và E-TD43 và hỗn hợp ba dòng vi khuẩn E-TD16, E-TD25 và E-TD43 được bổ sung giúp cải thiện số bông/chậu, số hạt chắc/bông, tỷ lệ hạt chắc và năng suất hạt. Theo Khuong et al. (2024), việc sử dụng phân bón sinh học có chứa hỗn hợp vi khuẩn *Rhodopseudomonas* spp. cố định đạm và hòa tan lân đã cải thiện số bông/m^2, số hạt chắc/bông và tỷ lệ hạt chắc của lúa trên đất phèn tại tỉnh Hậu Giang.

4. KẾT LUẬN

Phân đạm có vai trò rất quan trọng đến sinh trưởng và năng suất lúa, PNSB cố định đạm đã có hiệu quả cải thiện sinh trưởng và năng suất lúa. Bổ sung PNSB dòng đơn *R. sphaeroides* S01, S06 hay hỗn hợp 2 dòng *R. sphaeroides* S01 và S06 cải thiện chiều cao cây lúa (2,60 - 24,3%), chiều dài bông (4,42 - 14,3%), số bông/chậu (7,48 - 25,4%), số hạt chắc/bông (3,11 - 40,4%), tỷ lệ hạt chắc (0,68 - 23,6%) và năng suất hạt lúa (7,03 - 69,9%) trên nền đất của 4 vùng nghiên cứu.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện với sự tài trợ kinh phí nghiên cứu khoa học của Trường Đại học Cửu Long.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

Anh, N. H., Xuan, L. N. T., & Khuong, N. Q. (2024). Nitrogen-fixing purple non-sulfur bacteria originating from acid saline soils of a rice-shrimp farm: Nitrogen-fixing purple non-sulfur bacteria". *Indonesian Journal of Agricultural Research*, *7*(1), 14-28. https://doi.org/10.32734/injar.v7i1.14726

Chang, J., Cheong, B. E., Natera, S., & Roessner, U. (2019). Morphological and metabolic responses to salt stress of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars which differ in salinity tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, *144*, 427-435. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.10.017

Dat, L. T., Huong, T. T. C., Xuan, L. N. T., Quang, L. T., Thao, P. T. P., Thi Xuan, D., & Khuong, N. Q. (2024c). Cereibacter sphaeroides ST16 and ST26 were used to solubilize insoluble P forms to improve P uptake, growth, and yield of rice in acidic and extreme saline soil. *Open Agriculture*, *9*(1), 20220353. https://doi.org/10.1515/opag-2022-0353

Dat, L. T., Tran, N. V. N. B., Xuan, D. T., Xuan, L. N. T., Quang, L. T., & Khuong, N. Q. (2024b). Effects of P-solubilizing bacteria Cereibacter sphaeroides ST16 and ST26 on soil fertility, P uptake, and rice yield grown on salt-affected soils under greenhouse conditions. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, *27*(4), 509-523. https://doi.org/10.1007/s12892-024-00247-2

Dat, L. T., Xuan, L. N. T., Nhan, T. C., Quang, L. T., & Khuong, N. Q. (2024a). Isolating, selecting, and identifying Na^+, H^+, Al^{3+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}-resistant purple non-sulfur bacteria solubilizing insoluble phosphorus compounds from salt-contaminated acid sulfate soil derived from rice-

shrimp system. *Australian Journal of Crop Science*, *18*(4), 192-199. https://doi.org/10.21475/ajcs.24.18.04.PNE-07

De, N. N. (2008). *Rice Plant Textbook*; Vietnam National University: Ho Chi Minh, Vietnam; Ho Chi Minh City Press: Ho Chi Minh, Vietnam, pp. 141–144.

El-Ramady, H., Prokisch, J., Mansour, H., Bayoumi, Y. A., Shalaby, T. A., Veres, S., & Brevik, E. C. (2024). Review of crop response to soil salinity stress: possible approaches from leaching to nano-management. *Soil Systems*, *8*(1), 11. https://doi.org/10.3390/soilsystems8010011

Gupta, B., & Huang, B. (2014). Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. *International Journal of Genomics*, *2014*(1)*, 701596.* https://doi.org/10.1155/2014/701596

Nguyen Hoang, A., Thai Thanh, H., Nguyen Van, D., Do Thi, X., Le Thanh, Q., & Nguyen Quoc, K. (2025). Use of Nitrogen Fixing Purple Nonsulfur Bacteria to Produce Available Nitrogen for Rice (Oryza sativa L.) Cultivated in Saline Acidic Soil. *Geomicrobiology Journal*, *42*(1), 64-72. https://doi.org/10.1080/01490451.2024.2433202

Hussain, S., Zhang, J. H., Zhong, C., Zhu, L. F., Cao, X. C., Yu, S. M., & Jin, Q. Y. (2017). Effects of salt stress on rice growth, development characteristics, and the regulating ways: a review. *Journal of Integrative Agriculture, 16*(11), 2357-2374. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61608-8

IRRI. (1996). *Standard evaluation system for rice. International Network for Genetic Evaluation of Rice (4th ed.)*. IRRI. Manila, Philipines.

Khuong, N. Q., Duc, N. V., Huu, T. N., Hue, N. H., Thuc, L. V., Nhan, T. C., Tien, P. D., & Xuan, L, N. T. (2021a). Efficacy of nitrogen fixing bacteria *Rhodobacter spharoides* on rice growth and yield cultivated on saline soil Hong Dan-Bac Lieu under greenhouse condition. *Science and Technology Journal of Agriculture & Rural Development*, *12*, 24-29 *(in Vietnamese).*

Khuong, N. Q., Kantachote, D, Dung, N. T. T., Huu, T. N., Thuc, V. L., Thu, L. T. M., & Xuan, L. N. T. (2023a). Potential of potent purple nonsulfur bacteria isolated from rice-shrimp systems to ameliorate rice (*Oryza sativa* L.) growth and yield in saline acid sulfate soil. *Journal of Plant Nutrition*, *46*(3), 473-494. https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2087089

Khuong, N. Q., Minh, D. P. T., Thu, L. T. M., & Thuc, L. V. (2023c). 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. https://doi.org/10.3390/agronomy13051409

Khuong, N. Q., Minh, T. C., Thuc, L. V., Hue, N. H., Nhan, T. C., & Xuan, L. N. T. (2021b). Efficacy of phosphorus solubilizing *Rhodobacter spharoides* on rice growth and yield cultivated on saline soil Hong Dan- Bac Lieu under greenhouse condition. *Science and Technology Journal of Agriculture & Rural Development*, *10*, 16-23 *(in Vietnamese).*

Khuong, N. Q., My, H. M. T., Dung, T. V., Xuan, N. T. T., Nhan, T. C., & Xuan, L. N. T. (2019). The role of *Rhodopseudomonas palustris* on N uptake increasing and Al^{3+}, Fe^{3+} accumulation reduction in seed rice on sulphate soil in Tu Giac Long Xuyen. *Journal of Vietnam Society of Soil Science*, *55*, 66-72 *(in Vietnamese).*

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. (2023b). 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. https://doi.org/10.1007/s42770-023-01069-0

Khuong, N. Q., Trong, N. D., Quang, L. T., Xuan, L. N. T., & Phong, N. T. (2024). The potency of a liquid biofertilizer containing bacterial strains of *Rhodopseudomonas* spp. on recovery of soil properties damaged by Al^{3+} and Fe^{2+} toxins and enhancement of rice yield in acid sulfate soil. *International Journal of Phytoremediation*, *26*(4), 535-545. https://doi.org/10.1080/15226514.2023.2253913

Lenaerts, B., Collard, B. C. and Demont, M. (2019). Improving global food security through accelerated plant breeding. *Plant Science*, *287*, 110207. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110207

Liu, J., Wang, Y., Li, Y., Peñuelas, J., Zhao, Y., Sardans, J., Tetzlaff, D., Liu, J., Liu, X., Yuan, H., Li, Y., Chen, J., & Wu, J. (2023). Soil ecological stoichiometry synchronously regulates stream nitrogen and phosphorus concentrations and ratios. *Catena*, *231*, 107357. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107357

Radanielson, A. M., Angeles, O., Li, T., Ismail, A. M., & Gaydon, D. S. (2018). Describing the physiological responses of different rice genotypes to salt stress using sigmoid and piecewise linear functions. *Field Crops Research*, *220*, 46-56. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.05.001

Razzaq, A., Ali, A., Safdar, L. B., Zafar, M. M., Rui, Y., Shakeel, A., & Yuan, Y. (2020). Salt stress induces physiochemical alterations in rice grain composition and quality. *Journal of Food Science*, *85(1)*, 14-20. https://doi.org/10.1111/1750-3841.14983

Rodríguez Coca, L. I., García González, M. T., Gil Unday, Z., Jiménez Hernández, J., Rodríguez Jáuregui, M. M., & Fernández Cancio, Y. (2023). Effects of sodium salinity on rice (*Oryza sativa* L.) cultivation: A review. *Sustainability*, *15*(3), 1804. https://doi.org/10.3390/su15031804

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*, 1336–1365. https://doi.org/10.1111/1751-7915.13474

Sundar, L. S., & Chao, Y. Y. (2022). Potential of purple non-sulfur bacteria in sustainably enhancing the agronomic and physiological performances of rice. *Agronomy*, *12*(10), 2347. https://doi.org/10.3390/agronomy12102347

Tran, D. A., Tsujimura, M., Pham, H. V., Nguyen, T. V., Ho, L. H., Le Vo, P., & Doan, Q. V. (2022). Intensified salinity intrusion in coastal aquifers due to groundwater overextraction: a case study in the Mekong Delta, Vietnam. *29*(6)*,* 8996-9010. https://doi.org/10.1007/s11356-021-16282-3

Tran, D. D., Park, E., Van, C. T., Nguyen, T. D., Nguyen, A. H., Linh, T. C., Quyen, P. H., Tran, D. A., & Nguyen, H. Q. (2024). Advancing sustainable rice production in the Vietnamese Mekong Delta insights from ecological farming systems in An Giang Province. *Heliyon*, *10*(17). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37142

Tsai, Y. C., Chen, K. C., Cheng, T. S., Lee, C., Lin, S. H., & Tung, C. W. (2019). Chlorophyll fluorescence analysis in diverse rice varieties reveals the positive correlation between the seedlings salt tolerance and photosynthetic efficiency. *BMC Plant Biology*, *19*, 1-17. https://doi.org/10.1186/s12870-019-1983-8

Tu, M. T. Q. (2021). *Assessment of economic, social and environmental benefits and climate resilience of shrimp-ricefarming practices in the Mekong Delta*. https://beamexchange.org/media/filer_public/bc/6a/bc6a8b24-db1f-42a9-99b2-c76184f7f7f7/graisea_evaluation_report_2020_oxfam_final.pdf

Wang, B., Zhou, G., Guo, S., Li, X., Yuan, J., & Hu, A. (2022). Improving nitrogen use efficiency in rice for sustainable agriculture: strategies and future perspectives. *Life*, *12*(10), 1653. https://doi.org/10.3390/life12101653

Xu, X., Gao, Z., Wu, X., & Chen, X. (2023). Light and oxygen facilitating the directly treatment food wastewater and poly-β-hydroxybutyrate, 5-aminolevulinic acid, pigment productions by *Rubrivivax gelatinosus*. *Water Science Technology*, *87*, 1367–1375. https://doi.org/10.2166/wst.2023.070

Xuan, L. N. T., Anh, N. H., & Khuong, N. Q. (2023). Influences of producing *exopolymeric* purple nonsulfur bacteria on growth and yield of rice under saline soil in Tran De, Soc Trang. *Science and Technology Journal of Agriculture & Rural Development*, 3, 3-11 *(in Vietnamese).*