

TIỀM NĂNG CỦA VI KHUẨN QUANG DƯỠNG KHÔNG LƯU HUỖNH MÀU TÍA KHÁNG CADMIUM ĐẾN SỰ NẢY MẦM VÀ SINH TRƯỞNG CÂY LÚA TRONG ĐIỀU KIỆN NHIỄM Cd

Lý Ngọc Thanh Xuân¹, Nguyễn Huỳnh Minh Anh², Phan Chấn Hiệp², Nguyễn Ngọc Toàn², Nguyễn Thanh Ngân², Nguyễn Đức Trọng², Lê Thị Ngọc Thơ², Nguyễn Quốc Khương^{3,*}

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu là (i) đánh giá vai trò của các dòng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía kháng cadmium (Cd - PNSB) đến sự nảy mầm của hạt lúa, (ii) xác định vai trò của Cd - PNSB trong cải thiện sinh trưởng cây lúa trong điều kiện nhiễm Cd. Kết quả cho thấy bổ sung Cd - PNSB gồm dòng W4.3, S29, W44, W10, W29 và W17 không làm giảm tỷ lệ nảy mầm của hạt lúa. Tỷ lệ pha loãng 1 g chế phẩm vi sinh với 1.000 mL nước phù hợp để sử dụng cho ủ nảy mầm. Ngoài ra, dòng đơn vi khuẩn W4.3, S29, W29, W10 hoặc hỗn hợp vi khuẩn W4.3 và S29 hoặc hỗn hợp W29 và W10 hoặc hỗn hợp W44 và W17 bổ sung vào môi trường nhiễm Cd đã góp phần cải thiện chiều cao cây, chiều dài rễ và khối lượng khô của cây lúa so với không bổ sung vi khuẩn, lần lượt là 9,69 - 11,1 cm so với 7,88 cm, 5,25 - 6,73 cm so với 4,48 cm, 0,016 - 0,022 g/chậu so với 0,014 g/chậu ở vụ thứ 2, theo thứ tự.

Từ khóa: Vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía, cadmium, cây lúa.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhiều nước trên thế giới như Nhật Bản và Trung Quốc đang báo động về tình trạng nhiễm Cadmium (Cd) trong môi trường và thực phẩm vì gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe con người [1], [2]. Ở Việt Nam, các vùng canh tác lúa như An Giang và Sóc Trăng ghi nhận hàm lượng Cd trong nước và đất ở dưới ngưỡng cho phép [3], [4], nhưng sử dụng hạt gạo có tích lũy Cd tăng tiềm năng gây ra các bệnh về tiêu hóa, thận và ung thư [5], [6], [7]. Chính vì vậy, nhiều phương pháp giảm nồng độ Cd trong đất và nước được nghiên cứu như xử lý bằng thực vật [8] và vi khuẩn như *Pseudomonas aeruginosa* A - 33 và *Falciophora oryzae* [9], [10], [11]. Trong đó, các biện pháp sử dụng cây trồng, hóa học hay vật lý tốn nhiều chi phí và gây tác động xấu đến môi trường [12]. Do đó, sử dụng biện pháp sinh học có tiềm năng để giảm thiểu hàm lượng Cd tích lũy trong cây trồng nhằm đạt mục tiêu canh tác nông nghiệp bền

vững là cần được ưu tiên nghiên cứu. Trong đó, dòng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía (PNSB) là một biện pháp triển vọng. Cụ thể là, PNSB tiết ra hợp chất exopolymeric, EPS [13], [14], chứa các nhóm chức như -OH, -COOH, góp phần bất động kim loại nặng và dẫn đến giảm nồng độ kim loại nặng tích lũy trong hạt lúa. Kết quả nghiên cứu trước đây cho thấy một số dòng PNSB có khả năng chống chịu được độc chất Al^{3+} , Fe^{2+} và Mn^{2+} [14], [15], [16], [17] và giảm độc chất tích lũy trong hạt gạo [17], [18]. Nookongbut và cs (2018) [19] đã chứng minh được rằng PNSB, dòng *Rhodopseudomonas palustris* C1 và *Rubrivivax benzoatilyticus* C31 có khả năng giảm hàm lượng As tích lũy trong hạt gạo và hỗ trợ tăng trưởng cây lúa trồng trong điều kiện nhiễm As. Bên cạnh đó, vi khuẩn PNSB, *Atifella marina* SSS2 - 1 giúp giảm thiểu Hg trong ao nuôi tôm thông qua hấp thu sinh học [20]. Do đó, nhóm vi khuẩn PNSB có tiềm năng bất động các kim loại nặng ở trong đất. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm (i) đánh giá tác động của các dòng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía kháng Cd đến khả năng nảy mầm của hạt lúa; (ii) tìm ra dòng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía có khả năng hỗ trợ sinh trưởng của cây lúa trong điều kiện nhiễm Cd.

¹ Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh

² Sinh viên ngành Khoa học cây trồng, Khóa 45, Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

³ Bộ môn Khoa học cây trồng, Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

* Email: nqkhuong@ctu.edu.vn

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP**2.1. Vật liệu**

Thí nghiệm được thực hiện từ tháng 6/2022 đến tháng 11/2022 tại Bộ môn Khoa học cây trồng và tại Trại Nghiên cứu và Thực nghiệm Nông nghiệp, Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ.

Giống lúa thí nghiệm là giống OM5451 - giống lúa cao sản, ngắn ngày, có khả năng thích nghi và chịu mặn trung bình.

Nguồn nước: Nước tưới có nguồn gốc từ nước máy.

Nguồn vi khuẩn: Các dòng PNSB kháng Cd gồm *Luteovulum sphaeroides* W4.3, S29, W29, W10, W17 và W44, được tuyển chọn từ đất lúa – tôm tại Thạnh Phú – Bến Tre, được lưu trữ tại phòng thí nghiệm Khoa học cây trồng, Bộ môn Khoa học cây trồng, Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ.

2.2. Phương pháp

Thí nghiệm 1: Đánh giá ảnh hưởng các dòng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía kháng Cd đến sự nảy mầm của hạt lúa trong điều kiện nhiễm Cd.

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên, với 5 tỷ lệ pha loãng với nước cất từ chế phẩm vi sinh có mật độ là 1×10^8 cells g^{-1} (1.000, 1.250, 1.500, 1.750 và 2.000 mL) đối với các dòng vi khuẩn PNSB (W4.3, S29, W29, W10, W44 và W17; hỗn hợp W4.3 và S29; W29 và W10; W44 và W17 và hỗn hợp 6 dòng vi khuẩn), mỗi lặp lại là 1 đĩa petri có chứa 10 hạt lúa (gồm 3 tầng, mỗi tầng cách nhau bằng giấy lọc) trong điều kiện nồng độ Cd là 10 ppm. Trong đó: W4.3, S29: Dòng vi khuẩn kháng Cd tốt trong điều kiện vi yếm khí sáng; W29, W10: Dòng vi khuẩn kháng Cd tốt trong điều kiện hiếu khí tối; W44, W17: Dòng vi khuẩn kháng Cd tốt trong cả điều kiện vi yếm khí sáng và hiếu khí tối.

Quy trình pha loãng chế phẩm chứa vi khuẩn PNSB thực hiện như sau: 1 g chế phẩm chứa vi khuẩn PNSB (trong trường hợp đối chứng chỉ sử dụng chất mang) được hòa tan vào trong nước khử khoáng đã thanh trùng ở các tỉ lệ 1.000, 1.250, 1.500, 1.750 và 2.000 mL. Trong trường hợp sử dụng hỗn hợp các dòng vi khuẩn khối lượng chế phẩm chứa tất cả các dòng vi khuẩn tương đương 1 g. Trong đó, chế phẩm gồm rom và tro trấu với tỷ lệ 4: 1 ở mật số 1×10^8 CFU/g.

Xử lý hạt lúa: Hạt lúa được thanh trùng bằng 70% ethanol trong 3 phút, kế tiếp là dung dịch 1% sodium hypochlorite trong 10 phút. Sau đó, hạt lúa được rửa sạch 3 lần với nước cất đã được thanh trùng. Mười hạt lúa được đặt 3 lớp trong đĩa Petri (100 mm x 15 mm), giấy lọc (Whatman # 102) được thiết kế giữa các lớp. Sau đó, thêm 3 mL dung dịch từ chế phẩm PNSB, đĩa Petri được ủ trong tối 7 ngày ở 30°C.

Chỉ tiêu theo dõi: Tỷ lệ nảy mầm, chiều dài rễ và chiều dài chồi mầm. Tỷ lệ nảy mầm của hạt lúa và chỉ số sinh trưởng chồi mầm được xác định vào 7 ngày sau ủ theo Ng và cs (2012) [21].

Các chỉ tiêu thu thập được sử dụng để đánh giá ảnh hưởng của chế phẩm sinh học (B) đến tính độc và sự sinh trưởng cây bằng cách so sánh với nghiệm thức đối chứng là nước cất (DW) như sau:

$RSG (\%) = (\text{Số hạt nảy mầm khi sử dụng B} / \text{Số hạt nảy mầm khi sử dụng DW}) \times 100$.

$RRG (\%) = (\text{Chiều dài rễ trung bình khi sử dụng B} / \text{Chiều dài rễ trung bình khi sử dụng DW}) \times 100$.

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

Trong đó: RSG là tỷ lệ nảy mầm tương đối; RRG là tỷ lệ tăng trưởng rễ tương đối; GI là chỉ số nảy mầm.

Đánh giá sự sinh trưởng của chồi mầm dựa trên các vi khuẩn đã áp dụng.

$GR = (\text{Tổng hạt thử nghiệm} - \text{Tổng hạt nảy mầm}) \times 100\% / \text{Tổng số hạt thử nghiệm}$.

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

$IVI (\%) = (VI \text{ từ chế phẩm sinh học B} - VI \text{ từ nước cất}) \times 100\% / VI \text{ từ nước cất}$.

Trong đó: GR là tỷ lệ nảy mầm; VI là chỉ số tăng trưởng; IVI là sự gia tăng của chỉ số tăng trưởng.

Thí nghiệm 2: Đánh giá ảnh hưởng của vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía lên sinh trưởng và khối lượng khô của cây lúa trong điều kiện nhiễm Cd.

Thí nghiệm được bố trí theo khối hoàn toàn ngẫu nhiên với 5 lần lặp lại, mỗi lặp lại tương ứng một chậu chứa 1,1 lít dung dịch dinh dưỡng. Các nghiệm thức thí nghiệm gồm (i) Không bổ sung Cd và không vi khuẩn PNSB, (ii) Chỉ bổ sung Cd, (iii) Bổ sung Cd và dòng W4.3, (iv) Bổ sung Cd và dòng S29, (v) Bổ sung Cd và dòng W29, (vi) Bổ sung Cd và dòng W10,

(vii) Bổ sung Cd và hỗn hợp dòng W4.3 + S29, (viii) Bổ sung Cd và hỗn hợp dòng W29 + W10 và (ix) Bổ sung Cd và hỗn hợp dòng W44 + W17. Trong đó: W4.3, S29: Dòng vi khuẩn kháng Cd trong điều kiện yếm khí sáng; W29, W10: Dòng vi khuẩn kháng Cd trong điều kiện hiếu khí tối; W44, W17: Dòng vi khuẩn kháng Cd trong cả điều kiện yếm khí sáng và hiếu khí tối.

Chuẩn bị dung dịch dinh dưỡng: Dung dịch được chuẩn bị theo phương pháp của Wagatsuma và Ezoe (1985) [22] gồm NH_4NO_3 với nồng độ 40 ppm N, NaNO_3 (20 ppm N), MgSO_4 (40 ppm Mg), CaCl_2 (80 ppm Ca) và K_2SO_4 (60 ppm K), pH = 6. Tiếp tục cho 1.100 mL dung dịch đã pha vào chậu có chiều cao 14,5 cm, đường kính trên 11,5 cm và đường kính dưới 8,5 cm, nồng độ Cd của dung dịch là 2 ppm.

Giống lúa: Hạt giống được thanh trùng như thí nghiệm 1.

Chủng bổ sung vi khuẩn: Vi khuẩn được bổ sung tương ứng theo từng nghiệm thức thí nghiệm vào các thời điểm 7 và 14 ngày sau trồng (NST), cho vào mỗi chậu 3 mL dung dịch khuẩn có mật số 1×10^8 CFU mL^{-1} .

Chỉ tiêu nông học theo dõi

Chiều cao cây: Đo từ phần thân tiếp giáp với rễ lên tới chót lá cao nhất.

Chiều dài rễ: Đo từ phần rễ tiếp giáp với thân xuống tới chót rễ dài nhất.

Khối lượng cây: Cân khối lượng thân, lá và rễ của các cây trong chậu.

pH_{H2O}: Đo pH nước bằng pH kế.

Chỉ tiêu pH được xác định vào thời điểm 7, 14 và 21 NST trong khi chỉ tiêu chiều cao cây và chiều dài rễ được xác định vào thời điểm 21 NST.

Xử lý số liệu: Phân tích phương sai để so sánh khác biệt trung bình giữa các nghiệm thức bằng kiểm định Duncan qua phần mềm SPSS 13.0.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của các dòng vi khuẩn kháng Cd lên sự nảy mầm của hạt lúa trong điều kiện nhiễm Cd

3.1.1. Xác định tỷ lệ pha loãng phù hợp của dịch vi khuẩn để ủ nảy mầm hạt lúa

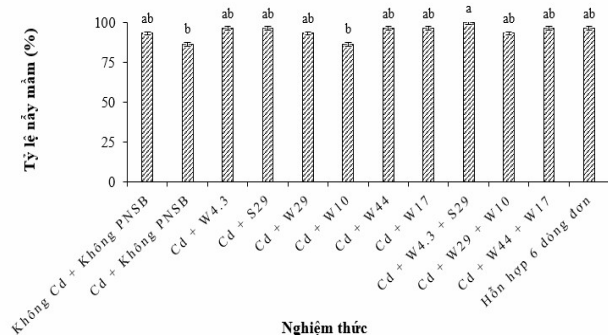
Đối với 6 nghiệm thức sử dụng dòng đơn vi khuẩn, dòng W44 và W17 có chỉ số tăng trưởng khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở các tỷ lệ pha loãng, với trung bình lần lượt là 10,1 và 19,7 trong khi đó dòng vi khuẩn W4.3, S29, W29 và W10 đạt chỉ số tăng trưởng tốt nhất ở tỷ lệ pha loãng 1: 1.000, với chỉ số tăng trưởng 25,6, 16,7, 21,4 và 13,3, theo thứ tự. Bên cạnh đó, trong trường hợp kết hợp hai dòng vi khuẩn, chỉ có hỗn hợp hai dòng W29 + W10 ở tỷ lệ pha loãng 1: 1.750, nhưng hỗn hợp 2 dòng W4.3 + S29 hoặc W44 + W17 hoặc hỗn hợp 6 dòng vi khuẩn W4.3, S29, W29, W10, W44 và W17 chỉ đạt chỉ số tăng trưởng tương đương các dòng đơn, với tỷ lệ tăng trưởng lần lượt là 31,3, 13,9 và 20,6 ở tỷ lệ pha loãng 1: 1.000. Điều này cho thấy PNSB không gây độc đến sự nảy mầm của hạt lúa trong điều kiện nhiễm Cd (Bảng 1).

Bảng 1. Ảnh hưởng của các dòng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía có khả năng kháng Cd đến chỉ số sinh trưởng mầm lúa

Tỷ lệ pha loãng (g mL^{-1})	Dòng vi khuẩn									
	W4.3	S29	W29	W10	W44	W17	W4.3+ S29	W29+ W10	W44+ W17	HH
1: 1.000	25,6 ^a	16,7 ^a	21,4 ^a	13,3 ^a	10,1	19,7	31,3 ^a	5,30 ^a	13,9 ^a	20,6 ^a
1: 1.250	20,1 ^b	5,63 ^b	14,2 ^b	10,5 ^b	10,3	22,7	13,5 ^b	5,03 ^a	5,47 ^c	15,3 ^b
1: 1.500	26,2 ^a	5,60 ^b	10,6 ^c	3,60 ^c	11,6	17,5	6,03 ^c	4,23 ^a	5,93 ^c	13,2 ^b
1: 1.750	19,4 ^b	3,17 ^b	4,53 ^d	3,23 ^c	11,9	19,4	10,7 ^{bc}	4,50 ^a	8,40 ^b	12,6 ^b
1: 2.000	3,67 ^c	6,07 ^b	9,50 ^c	3,20 ^c	11,7	20,9	12,1 ^{bc}	1,43 ^b	4,07 ^c	4,80 ^c
Mức ý nghĩa	*	*	*	*	ns	ns	*	*	*	*
CV (%)	14,1	23,4	15,2	22,0	56,1	22,1	25,2	17,0	14,8	11,4

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở 5% (*); ns khác biệt không có ý nghĩa thống kê. HH: Hỗn hợp 6 dòng vi khuẩn W4.3+ S29 + W29+ W10 + W44+ W17.

3.1.2. Ảnh hưởng của vi khuẩn đến tỷ lệ nảy mầm của hạt lúa



Hình 1. Ảnh hưởng của các dòng vi khuẩn không lưu huỳnh màu tía có khả năng kháng Cd đến tỷ lệ nảy mầm của hạt lúa ở tỷ lệ pha loãng 1: 1.000

Ghi chú: PNSB: Vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía.

Hình 1 cho thấy, tỷ lệ nảy mầm ở nghiệm thức bổ sung các dòng đơn vi khuẩn W4.3, S29, W29, W44, W17 hoặc các hỗn hợp hai dòng vi khuẩn W4.3 + S29, W29 + W10, W44 + W17 hoặc hỗn hợp 6 dòng vi khuẩn W4.3, S29, W29, W10, W44 và W17 đạt tương đương nghiệm thức không nhiễm Cd và không

bổ sung Cd - PNSB. Tuy nhiên, chỉ có hỗn hợp W4.3 + S29 có tỷ lệ nảy mầm (100%) cao hơn so với nghiệm thức nhiễm Cd nhưng không PNSB (86,7%).

3.2. Ảnh hưởng của vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía kháng Cd lên sinh trưởng và sinh khối cây lúa trong điều kiện nhiễm Cd

3.2.1. Sinh trưởng của cây lúa trong điều kiện nhiễm Cd

Bảng 2 cho thấy, chiều cao cây, chiều dài rễ và khối lượng khô cây lúa giảm 73,2, 85,0 và 51,7% trong trường hợp nhiễm Cd. Tuy nhiên, bổ sung dòng đơn vi khuẩn kháng Cd gồm W4.3, S29, W29 và W10 chưa cải thiện các đặc tính chiều cao cây và chiều dài rễ, chỉ có dòng W10 giúp tăng sinh khối khô, với 0,025 g/chậu so với 0,014 g/chậu của nghiệm thức không nhiễm Cd. Ngoài ra, bổ sung hỗn hợp hai dòng vi khuẩn W29 + W10 đạt chiều cao cây (7,54 cm) và khối lượng khô (0,022 g/chậu) cao hơn so với nghiệm thức đối chứng, với giá trị 4,55 cm và 0,014 g/chậu, theo cùng thứ tự. Chiều dài rễ tương đương nhau giữa các nghiệm thức có và không có bổ sung PNSB trong trường hợp nhiễm Cd, dao động 1,75 - 2,59 cm ở vụ trồng thứ nhất.

Bảng 2. Ảnh hưởng của vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía kháng Cd lên sinh trưởng và sinh khối khô cây lúa trong điều kiện nhiễm Cd

Nghiệm thức	Vụ 1			Vụ 2		
	Chiều cao cây (cm)	Chiều dài rễ (cm)	Khối lượng cây khô (g ⁻¹ chậu)	Chiều cao cây (cm)	Chiều dài rễ (cm)	Khối lượng cây khô (g ⁻¹ chậu)
Không Cd + Không PNSB	17,0 ^a	11,7 ^a	0,029 ^a	10,6 ^a	6,93 ^a	0,019 ^{abc}
Cd + Không PNSB	4,55 ^c	1,75 ^b	0,014 ^d	7,88 ^b	4,48 ^d	0,014 ^d
Cd + W4.3	5,61 ^{bc}	2,03 ^b	0,015 ^{cd}	10,5 ^a	5,52 ^c	0,019 ^{abc}
Cd + S29	5,91 ^{bc}	2,41 ^b	0,017 ^{cd}	11,1 ^a	5,91 ^{bc}	0,019 ^{abc}
Cd + W29	5,71 ^{bc}	2,10 ^b	0,014 ^d	9,94 ^a	5,25 ^{cd}	0,017 ^{bc}
Cd + W10	5,58 ^{bc}	2,05 ^b	0,025 ^{ab}	9,69 ^a	6,73 ^{ab}	0,016 ^{cd}
Cd + W4.3 + S29	5,61 ^{bc}	2,33 ^b	0,014 ^d	10,4 ^a	5,52 ^c	0,018 ^{abc}
Cd + W29 + W10	7,54 ^b	2,11 ^b	0,022 ^{bc}	10,9 ^a	6,02 ^{abc}	0,021 ^{ab}
Cd + W44 + W17	6,80 ^{bc}	2,59 ^b	0,020 ^{bcd}	10,6 ^a	6,57 ^{ab}	0,022 ^a
Mức ý nghĩa	*	*	*	*	*	*
CV (%)	23,5	17,9	28,84	9,88	11,12	16,14

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở 5% (); PNSB: Vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía.*

Trong trường hợp nhiễm Cd, chiều cao cây, chiều dài rễ và khối lượng khô cây lúa giảm lần lượt là 2,72 cm, 2,05 cm và 0,005 g/chậu. Bổ sung đơn

dòng và hỗn hợp dòng có chiều cao cao hơn so với nghiệm thức nhiễm Cd, nhưng không bổ sung vi khuẩn và cao tương đương nghiệm thức không

nhằm Cd và không bổ sung PNSB, với 9,69 - 11,1 cm so với 7,88 cm và 10,6 cm, theo cùng thứ tự. Ngoài ra, bổ sung hỗn hợp hai dòng vi khuẩn W4.3 + S29, W29 + W10 hoặc W44 + W17 đều tăng chiều dài rễ, nhưng chỉ có đơn dòng W29 chưa cải thiện chiều dài rễ. Tương tự, sinh khối khô cây lúa của các nghiệm thức bổ sung hỗn hợp hai dòng vi khuẩn W4.3 + S29, W29 + W10 hoặc W44 + W17 đạt 0,018 - 0,022 g/chậu cao hơn so với nghiệm thức không bổ sung vi khuẩn (0,014 g/chậu). Bên cạnh đó, ba dòng W4.3, S29 hoặc W29 cũng cho sinh khối khô (0,017 - 0,019 g/chậu) cao hơn so với nghiệm thức đối chứng ở vụ trồng thứ hai (Bảng 2).

Bảng 3. Ảnh hưởng của vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía kháng Cd lên giá trị pH trong điều kiện nhiễm Cd

Nghiệm thức	NST (ngày)					
	Vụ 1			Vụ 2		
	7	14	21	7	14	21
Không Cd + Không PNSB	5,75 ^c	6,16 ^e	5,71 ^e	6,14 ^{ab}	5,69 ^{bc}	5,48 ^{bc}
Cd + Không PNSB	5,90 ^{bc}	6,23 ^d	5,93 ^d	6,16 ^{ab}	5,57 ^c	5,37 ^c
Cd + W4.3	6,10 ^a	6,25 ^{cd}	6,10 ^c	6,11 ^{bc}	5,79 ^b	5,69 ^{abc}
Cd + S29	6,01 ^{ab}	6,28 ^{bcd}	6,12 ^b	6,11 ^{bc}	5,79 ^b	5,74 ^{ab}
Cd + W29	6,11 ^a	6,31 ^{ab}	6,22 ^b	6,10 ^c	6,02 ^a	5,82 ^{ab}
Cd + W10	6,10 ^a	6,34 ^a	6,29 ^{ab}	6,20 ^a	6,06 ^a	5,94 ^a
Cd + W4.3 + S29	6,10 ^a	6,32 ^{ab}	6,34 ^a	6,13 ^b	5,94 ^a	5,92 ^a
Cd + W29 + W10	6,00 ^{ab}	6,28 ^{bcd}	6,28 ^{ab}	6,15 ^{ab}	5,65 ^{bc}	5,68 ^{abc}
Cd + W44 + W17	6,10 ^a	6,29 ^{abc}	6,28 ^{ab}	6,10 ^c	5,66 ^{bc}	5,84 ^a
Mức ý nghĩa	*	*	*	*	*	*
CV(%)	1,92	0,59	1,22	0,74	1,79	4,27

Ghi chú: Trong cùng một cột, những số có chữ theo sau khác nhau thì có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở 5% (); PNSB: Vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía; NST: Ngày sau trồng.*

Nghiệm thức bổ sung dòng đơn vi khuẩn S29, W29, W10 hoặc hỗn hợp các dòng vi khuẩn W4.3 + S29, W44 + W17 trong môi trường nhiễm Cd có giá trị pH dao động khoảng 5,69 - 5,94 cao khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% so với nghiệm thức đối chứng không bổ sung PNSB (5,37) vào thời điểm 21 NST ở vụ 2 (Bảng 3).

3.3. Thảo luận

Dựa trên các kết quả nghiên cứu trước đây PNSB được sử dụng ở dạng lỏng hoặc chế phẩm vi sinh không gây độc cho cây trồng, nhưng tăng tỷ lệ nảy mầm và hỗ trợ tăng trưởng của cây trồng [19], [23]. Theo Koh và Song (2007) [24] bổ sung *R. palustris* KL9 góp phần tăng nảy mầm của hạt, chiều dài rễ và tổng sinh khối của cây. Ngoài ra, pha loãng 1 g chế phẩm PNSB với nước cất ở các tỷ lệ 500,

3.2.2. Giá trị pH trong điều kiện nhiễm Cd

Bảng 3 cho thấy, trong điều kiện nhiễm Cd, bổ sung các dòng đơn vi khuẩn W4.3, S29, W29, W10 hoặc hỗn hợp các dòng vi khuẩn W4.3 + S29, W29 + W10 hoặc W44 + W17 đạt giá trị pH cao hơn so với nghiệm thức không bổ sung PNSB (5,93) vào thời điểm 21 NST của vụ 1, với giá trị lần lượt là 6,10, 6,12, 6,22, 6,29, 6,34, 6,28 và 6,28. Kết quả trên cho thấy rằng dòng đơn W10 hay hỗn hợp W4.3 + S29, W29 + W10 hoặc W44 + W17 có khả năng cải thiện pH trong môi trường nhiễm Cd.

1.000, 1.500, 2.000 và 3.000 mL không gây độc đối với sự nảy mầm của hạt lúa và đạt tỷ lệ nảy mầm (GI) cao nhất khi các dòng vi khuẩn ở nồng độ tối ưu [25]. Nghiên cứu của Nookongbut và cs (2020) [26] cho thấy, PNSB không gây độc đối với sự nảy mầm của hạt đậu trong môi trường axit thông qua đánh giá chỉ số GI. Điều này cho thấy tiềm năng sử dụng PNSB trong nông nghiệp là rất cao.

Ronzan và cs (2018) [27] đã chứng minh rằng Cd ảnh hưởng đến sự sinh trưởng rễ, sinh khối cây lúa và giảm nảy mầm của hạt. Ngoài ra, sự tích tụ Cd trong cây lúa đặc biệt cao so với các loại cây trồng khác, giảm sự hấp thu các chất dinh dưỡng khác và tăng lượng hấp thu đối với con người thông qua chuỗi thức ăn [28]. Nhiễm Cd trong đất nông nghiệp do bón quá nhiều phân lân và sử dụng nước ngầm

chứa độc tố Cd [29] do đó cây lúa trồng trên đất nhiễm Cd hấp thu độc chất qua rễ đến chồi sau cùng là tích lũy ở hạt nên việc tiêu thụ gạo tích lũy Cd gây ra các bệnh nghiêm trọng đối với sức khỏe con người, đặc biệt là gây bệnh ung thư [30], [31], [32]. Mặt khác, sự kết hợp giữa Cd và As cũng ảnh hưởng nghiêm trọng đến mô tế bào và quá trình sinh tổng hợp auxin. Trong nghiên cứu này, các dòng đơn hoặc hỗn hợp vi khuẩn PNSB có khả năng hỗ trợ sinh trưởng và phát triển chiều dài rễ trong điều kiện nhiễm Cd. Ngoài ra, kết quả cũng cho thấy các dòng vi khuẩn hỗ trợ tăng pH, phù hợp với kết quả nghiên cứu trước đây là sử dụng *Luteovulum sphaeroides* và *R. palustris* cải thiện pH ở đất phèn và đất mặn [16], [18], [33]. Bên cạnh đó, các nghiên cứu trước đây cũng cho thấy rằng PNSB có khả năng chống chịu và hạn chế tích lũy độc chất Al^{3+} , Fe^{2+} và Mn^{2+} trong cây lúa [14], [16] và kim loại nặng như As [19], [34]. Nghiên cứu của Sakpirom và cs (2019) [35] cho thấy, *R. palustris* TN110 có tiềm năng trong việc giảm độc tính của Cd tại các vùng trồng lúa bị nhiễm Cd. Trong kết quả này, các dòng PNSB có khả năng chống chịu và giảm Cd.

4. KẾT LUẬN

Các dòng vi khuẩn quang dưỡng không lưu huỳnh màu tía có khả năng kháng Cd không gây độc đến sự nảy mầm của hạt lúa trong điều kiện nhiễm Cd, với tỷ lệ pha loãng 1 g chế phẩm vi sinh với 1.000 mL nước phù hợp để sử dụng cho ủ nảy mầm.

Dòng đơn vi khuẩn W4.3, S29, W29, W10 hoặc hỗn hợp vi khuẩn W4.3 và S29 hoặc hỗn hợp W29 và W10 hoặc hỗn hợp W44 và W17 bổ sung vào môi trường nhiễm Cd đã góp phần cải thiện chiều cao cây, chiều dài rễ và khối lượng khô của cây lúa lần lượt là 9,69 - 11,1 cm so với 7,88 cm, 5,25 - 6,73 cm so với 4,48 cm, 0,016 - 0,022 g/chậu so với 0,014 g/chậu ở vụ thứ 2. Bổ sung dòng đơn vi khuẩn W10, hỗn hợp vi khuẩn W4.3 và S29 hoặc hỗn hợp W29 và W10 hoặc hỗn hợp W44 và W17 đã giúp cải thiện pH trong điều kiện nhiễm Cd với giá trị tương ứng 6,29, 6,34, 6,28 và 6,28 (vụ trồng thứ 1), 5,94, 9,92, 5,68 và 5,84 (vụ trồng thứ 2) so với 5,93 và 5,37, theo thứ tự.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Cần Thơ. Mã số: TSV2022-102.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Guo, B., Hong, C., Tong, W., Xu, M., Huang, C., Yin, H., Lin, Y., & Fu, Q. (2020). Health risk

assessment of heavy metal pollution in a soil-rice system: A case study in the Jin - Qu Basin of China. *Scientific Reports*, 10 (1), 1-11.

2. Suwazono, Y., Nogawa, K., Sakurai, M., Watanabe, Y., Nishijo, M., Ishizaki, M., Morikawa, Y., Kido, T., & Nakagawa, H. (2021). Environmental cadmium exposure and noncancer mortality in a general Japanese population in cadmium nonpolluted regions. *Journal of Applied Toxicology*, 41 (4), 587-594.

3. Phạm Ngọc Xuân (2004). Chất lượng môi trường đất các vùng đê bao kiểm soát lũ thuộc huyện An Phú - Chợ Mới, tỉnh An Giang. Luận án thạc sĩ khoa học, Trường Đại học Cần Thơ, Cần Thơ.

4. Sở Tài nguyên và Môi Trường tỉnh Sóc Trăng (2019). Báo cáo tổng hợp kết quả dự án “Điều tra, đánh giá ô nhiễm đất lần đầu tỉnh Sóc Trăng”. Trang 69-100.

5. Rana, M. N., Tangpong, J., & Rahman, M. M. (2018). Toxicodynamics of lead, cadmium, mercury and arsenic-induced kidney toxicity and treatment strategy: a mini review. *Toxicology Reports*, 5, 704 - 713.

6. Himeno, S., & Aoshima, K. (Eds.) (2019). Cadmium toxicity: new aspects in human disease, rice contamination, and cytotoxicity. *Springer*.

7. Satarug, S. (2019). Cadmium sources and toxicity. *Toxics*, 7 (2), 25.

8. Madanan, M. T., Shah, I. K., Varghese, G. K., & Kaushal, R. K. (2021). Application of Aztec Marigold (*Tagetes erecta* L.) for phytoremediation of heavy metal polluted lateritic soil. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 3, 17-22.

9. Sharma, P. (2021). Efficiency of bacteria and bacterial assisted phytoremediation of heavy metals: An update. *Bioresource Technology*, 328, 124835.

10. Anusha, P., Natarajan, D., & Narayanan, M. (2021). Heavy metal removal competence of individual and bacterial consortium, evolved from metal contaminated soil. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.566>.

11. Su, Z. Z., Dai, M. D., Zhu, J. N., Liu, X. H., Li, L., Zhu, X. M., Wang, J. Y., Yuan, Z. L., & Lin, F. C. (2021). Dark septate endophyte *Falciphora oryzae*-assisted alleviation of cadmium in rice. *Journal of Hazardous Materials*, 419, 126435.

12. Priyadarshane, M., & Das, S. (2021). Biosorption and removal of toxic heavy metals by metal tolerating bacteria for bioremediation of metal contamination: A comprehensive review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9 (1), 104686.
13. Nunkaew, T., Kantachote, D., Nitoda, T., Kanzaki, H., & Ritchie, R. J. (2015). Characterization of exopolymeric substances from selected *Rhodopseudomonas palustris* strains and their ability to adsorb sodium ions. *Carbohydrate Polymers*, 115, 334 - 341.
14. Nguyen, Q. K., Kantachote, D., Onthong, J., & Sukhoom, A. (2018). Al^{3+} and Fe^{2+} toxicity reduction potential by acid-resistant strains of *Rhodopseudomonas palustris* isolated from acid sulfate soils under acidic conditions. *Annals of Microbiology*, 68(4): 217 - 228.
15. Khuong, N. Q., Kantachote, D., Onthong, J., & Sukhoom, A. (2017). The potential of acid-resistant purple nonsulfur bacteria isolated from acid sulfate soils for reducing toxicity of Al^{3+} and Fe^{2+} using biosorption for agricultural application. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 12, 329 - 340.
16. Khuong, N. Q., Kantachote, D., Thuc, L. V., Nookongbut, P., Xuan, L. N. T., Nhan, T. C., Xuan, N. T., & Tantirungkij, M. (2020). Potential of Mn^{2+} -resistant purple nonsulfur bacteria isolated from acid sulfate soils to act as bioremediators and plant growth promoters via mechanisms of resistance. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20 (4), 2364 - 2378.
17. Khuong, N. Q., Kantachote, D., Thuc, L. V., Huu, T. N., Nhan, T. C., Nguyen, P. C., Thu, L. T. M., Van, T. T. B., Xuan, N. T., Xuan, L. N. T., & Xuan, D. T. (2022). Use of potent acid resistant strains of *Rhodopseudomonas* spp., in Mn-contaminated acidic paddies to produce safer rice and improve soil fertility. *Soil and Tillage Research*, 221, 105393.
18. Khuong, N. Q., Kantachote, D., Onthong, J., Xuan, L. N. T., & Sukhoom, A. (2018). Enhancement of rice growth and yield in actual acid sulfate soils by potent acid-resistant *Rhodopseudomonas palustris* strains for producing safe rice. *Plant and Soil*, 429 (1), 483 - 501.
19. 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 (36), 36530 - 36544.
20. Mukkata, K., Kantachote, D., Wittayaweerarak, B., Megharaj, M., & Naidu, R. (2019). The potential of mercury resistant purple nonsulfur bacteria as effective biosorbents to remove mercury from contaminated areas. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 17, 93 - 103.
21. 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.
22. Wagatsuma, T., & Ezoe, Y. (1985). Effect of pH on ionic species of aluminum in medium and on aluminum toxicity under solution culture. *Soil Science and Plant Nutrition*, 31 (4), 547 - 561.
23. 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.
24. Koh, R. H., & Song, H. G. (2007). Effects of application of *Rhodopseudomonas* sp., on seed germination and growth of tomato under axenic conditions. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 17 (11), 1805 - 1810.
25. 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.
26. 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, 775.
27. Ronzan, M., Piacentini, D., Fattorini, L., Della Rovere, F., Eiche, E., Riemann, M., Altamura, M., & Falasca, G. (2018). Cadmium and arsenic affect root development in *Oryza sativa* L. negatively interacting with auxin. *Environmental and Experimental Botany*, 151, 64 - 75.
28. Rahman, M. F., Ghosal, A., Alam, M. F., & Kabir, A. H. (2017). Remediation of cadmium toxicity in field peas (*Pisum sativum* L.) through exogenous

silicon. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 135, 165 - 172.

29. Alkorta, I., Hernández-Allica, J., Becerril, J. M., Amezcua, I., Albizu, I., & Garbisu, C. (2004). Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 3 (1), 71 - 90.

30. Balkaya, N., & Cesur, H. (2008). Adsorption of cadmium from aqueous solution by phosphogypsum. *Chemical Engineering Journal*, 140 (1 - 3), 247 - 254.

31. Boparai, H. K., Joseph, M., & O'Carroll, D. M. (2011). Kinetics and thermodynamics of cadmium ion removal by adsorption onto nano zerovalent iron particles. *Journal of Hazardous Materials*, 186 (1), 458 - 465.

32. Lin, X., Mou, R., Cao, Z., Xu, P., Wu, X., Zhu, Z., & Chen, M. (2016). Characterization of cadmium-resistant bacteria and their potential for reducing

accumulation of cadmium in rice grains. *Science of the Total Environment*, 569, 97 - 104.

33. Khuong, N. Q., Huu, T. N., Nhan, T. C., Tran, H. N., Tien, P. D., Xuan, L. N. T., & Kantachote, D. (2021). Two strains of *Luteovulum sphaeroides* (purple nonsulfur bacteria) promote rice cultivation in saline soils by increasing available phosphorus. *Rhizosphere*, 20, 100456.

34. Mohsin, H., Asif, A., & Rehman, Y. (2019). Anoxic growth optimization for metal respiration and photobiological hydrogen production by arsenic-resistant *Rhodopseudomonas* and *Rhodobacter* species. *Journal of Basic Microbiology*, 59 (12), 1208 - 1216.

35. Sakpirom, J., Kantachote, D., Siripattanakul-Ratpukdi, S., McEvoy, J., & Khan, E. (2019). Simultaneous bioprecipitation of cadmium to cadmium sulfide nanoparticles and nitrogen fixation by *Rhodopseudomonas palustris* TN110. *Chemosphere*, 223, 455 - 464.

INFLUENCES OF SUPPLYING CADMIUM - RESISTANT PURPLE NON - SULFUR BACTERIA IN IMPROVING SEED GERMINATION AND GROWTH OF RICE UNDER CADMIUM - CONTAMINATED CONDITIONS

Ly Ngoc Thanh Xuan¹, Nguyen Huynh Minh Anh², Phan Chan Hiep², Nguyen Ngoc Toan²,
Nguyen Thanh Ngan², Nguyen Duc Trong², Le Thi Ngoc Tho², Nguyen Quoc Khuong^{3,*}

¹An Giang University, Vietnam National University Ho Chi Minh City

²Bachelor's student in Department of Crop Science, Course 45,
College of Agriculture, Can Tho University

³Department of Crop Science, College of Agriculture, Can Tho University

* Email: nqkhuong@ctu.edu.vn

Summary

The aim of this study was to (i) assess roles of cadmium (Cd) - resistant purple non - sulfur bacteria (Cd - PNSB) on rice seeds' germination and (ii) evaluate roles of Cd - PNSB in ameliorating rice growth under Cd - contaminated conditions. The result revealed that supplementation of Cd - PNSB strains, including W4.3, S29, W29, W10, W44 and W17 did not reduce germination rate of rice seeds. At 1 g of biofertilizers in 1,000 mL of water, the ratio was suitable for germination. Moreover, adding single strain W4.3, S29, W29, W10 or a mixture of W4.3 and S29 or a mixture of W29 and W10 or a mixture of W44 and W17 into soil contaminated with Cd did enhance plant height, root length and dry biomass of rice, with 9.69 - 11.1 cm compared to 7.88 cm, 5.25 - 6.73 cm compared to 4.48 cm, 0.016 - 0.022 g/pot compared to 0.014 g/pot at the second crop, respectively.

Keywords: Cadmium, purple non - sulfur bacteria, rice.

Người phản biện: PGS.TS. Lê Như Kiều

Ngày nhận bài: 5/9/2022

Ngày thông qua phản biện: 5/10/2022

Ngày duyệt đăng: 26/10/2022