



ẢNH HƯỞNG CỦA NATRISILICATE VÀ CALCISILICATE LÊN TÍNH CHỐNG CHỊU MẶN TRÊN LÚA OM4900 TRỒNG TRONG CHẬU

Phạm Phước Nhân¹ và Diệp Ngọc Liên

¹ Khoa Nông nghiệp và Sinh học Ứng dụng, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 12/06/2013

Ngày chấp nhận: 23/12/2013

Title:

Effects of sodium silicate and calcium silicate on the saline tolerance of OM4900 rice cultivar grown in pots

Từ khóa:

Hạt lem, mặn, năng suất, sắc tố quang hợp, silic

Keywords:

Discoloration seed, photosynthetic pigments, salinity, silicon, yield

ABSTRACT

Silicon has multiple functions in plant biology, particularly in responses of plants to biotic and abiotic stress present in their living environment. Under the salinity of 2‰ NaCl in pots, silicon from sodium silicate and calcium silicate was applied to OM4900 rice cultivar at 10, 30, and 50 days after sowing by spraying or mixing with fertilizers. For each time of application, 100 mg and 250 mg of sodium silicate and calcium silicate per pot were used respectively. Results showed that silicon addition enhanced plant height under saline condition at early stages of rice growth and showed no effect on the biosynthesis of photosynthetic pigments. Its supplement also increased the number of seeds per panicle and the ratio of filled seeds contributing to a higher yield than the control. Silicon applied plant accumulated a significantly higher silicon content in husks, simultaneously had a considerably reduction in the ratio of discoloration seeds. A remarkable finding is that there was an tightly inverse correlation ($R^2 = 0.77$) between silicon accumulation in rice husk with the number of discolored seeds. Therefore, silicon should be supplemented to rice to improve yield and pest management.

TÓM TẮT

Silic có rất nhiều chức năng trong sinh học thực vật, đặc biệt là các đáp ứng của thực vật với các điều kiện bất lợi sinh học và phi sinh học hiện diện trong môi trường sống của chúng. Trong điều kiện mặn 2‰ trong chậu, silic dưới dạng natrisilicate và calcisilicate được bổ sung cho cây lúa giống OM4900 ở các thời điểm 10, 30 và 50 ngày sau khi gieo bằng cách phun hoặc trộn với phân bón. Ở từng thời điểm xử lý, liều lượng của natrisilicate và calcisilicate lần lượt là 100 mg và 250 mg cho một chậu. Bổ sung silic có tác dụng tăng cường chiều cao cây ở giai đoạn đầu của sự sinh trưởng trên cây lúa và không gây ảnh hưởng lên sự sinh tổng hợp các sắc tố quang hợp. Cung cấp thêm silic cho cây lúa làm gia tăng số hạt trên bông, tỷ lệ hạt chắc góp phần gia tăng năng suất so với đối chứng. Cây lúa được bổ sung silic tích lũy nhiều silic hơn một cách đáng kể trong vỏ trấu đồng thời làm giảm tỷ lệ hạt lem một cách có ý nghĩa. Có một mối tương quan nghịch chặt chẽ ($R^2 = 0,77$) giữa hàm lượng silic trong vỏ trấu và số lượng hạt lem. Vì vậy, nên bổ sung silic cho cây lúa nhằm cải thiện năng suất và quản lý dịch hại.

2 MỞ ĐẦU

Mặn đang trở thành một vấn đề nghiêm trọng đối với một số quốc gia trên thế giới (Binzel and Reuveni, 1994). Nó cũng là một trong các yếu tố môi trường quan trọng hạn chế sự tăng trưởng của cây trồng và sức sản xuất nông nghiệp. Tổng diện tích đất bị mặn là khoảng 953 triệu ha, chiếm 8% tổng diện tích bề mặt trái đất (Singh, 2009). Một vài yếu tố sinh lý như quang hợp, hô hấp, quá trình cố định đạm và chuyển hóa carbohydrate ở thực vật đã được quan sát thấy bị ảnh hưởng bởi độ mặn cao (Chen and Wang, 2008).

Cây lúa (*Oryza sativa* L.) là một trong 5 loại cây trồng cung cấp lượng carbohydrate chủ yếu cho dân số thế giới, đặc biệt là ở châu Á. Lúa là thực phẩm chủ lực lớn cung cấp cho hơn 3 tỷ người và cung cấp lượng calo từ 50-80% cho cuộc sống hàng ngày của họ (Khush, 2005). Với sự tăng trưởng nhanh chóng trong tiêu thụ lúa của dân số thế giới trong khi đó chất lượng đất và nước đang xấu đi trên toàn cầu, nhu cầu cấp thiết là phải hiểu được các phản ứng của cây trồng quan trọng này đối với sự thay đổi của môi trường. Stress phi sinh học là một yếu tố chính tác động tiêu cực đến sự tăng trưởng và năng suất cây trồng trên toàn thế giới. Cây lúa tương đối nhạy cảm với độ mặn và dễ bị stress do mặn (Gao *et al.*, 2007). Vì thế việc ứng dụng các chất dinh dưỡng để cải thiện cây trồng tốt hơn đối với sự thay đổi của môi trường đã được các nhà khoa học nghiên cứu rất nhiều trong đó có nguyên tố silic.

Silic phân bố phổ biến hàng thứ hai trong vỏ trái đất, chỉ sau oxy (Epstein and Bloom, 2005) và là nguyên tố quan trọng có nhiều chức năng ở thực vật (Epstein, 2009). Trong dung dịch đất silic tồn tại dưới dạng H_4SiO_4 với nồng độ từ 0,1 đến 0,6 mM (Epstein, 1994). Sự tích lũy silic ở thực vật có

sự khác biệt lớn giữa các loài, thay đổi từ 0,1 đến 10% (Epstein, 1999). Đối với lúa, sự tích lũy silic chủ yếu là ở vỏ trấu và thân (Currie and Perry, 2007). Việc bổ sung silic đã làm tăng năng suất lúa, tăng tính kháng côn trùng và bệnh hại cho cây trồng (Rodrigues *et al.*, 2003); tăng tính kháng khô hạn (Gong *et al.*, 2005) và sốc do mặn (Liang *et al.*, 2005; Zhu *et al.*, 2004). Vai trò của silic trong việc giảm tác hại của muối trên cây trồng đã được nghiên cứu trên lúa mì (Ahmad *et al.*, 1992), lúa mạch (Liang *et al.*, 2005), cà chua (Al-aghabary *et al.*, 2004) và lúa (Yeo *et al.*, 1999; Jawahar and Vaiyaburi, 2010). Silic đóng vai trò đáng kể trong việc cải thiện khả năng chống lại stress sinh học và phi sinh học và làm tăng năng suất cây trồng (Ma *et al.*, 1989). Trong nghiên cứu này, cây lúa trồng trong chậu được bổ sung silic qua hai hợp chất natrisilicate và calcsilicate khi bị nhiễm mặn nhân tạo nhằm khảo sát ảnh hưởng của silic lên khả năng tăng cường tính chống chịu mặn trên cây lúa nhằm duy trì sự sinh trưởng và năng suất lúa trong điều kiện bất lợi.

3 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Giống lúa làm thí nghiệm là OM4900. Chậu trồng cây cao 25 cm, diện tích bề mặt chậu là 0,08 m². Mỗi chậu được cho vào 7 kg đất (được lấy từ ruộng thí nghiệm ở Khu II, Đại học Cần Thơ, phơi khô, trộn đều trước khi cho vào chậu). Gieo nhiều hạt vào mỗi chậu sau đó chỉ chọn lại 4 cây vào thời điểm 7 ngày sau khi gieo (NSKG) ở vị trí 4 đỉnh của một hình vuông trong mỗi chậu. Thí nghiệm được bố trí theo kiểu khối hoàn toàn ngẫu nhiên tại khu vực nhà lưới Bộ môn Sinh lý – Sinh hóa, Khoa Nông nghiệp và Sinh học Ứng dụng, Trường Đại học Cần Thơ với 7 nghiệm thức, 3 lần lặp lại, mỗi lần lặp lại là 1 chậu. Chi tiết về các nghiệm thức và thời điểm bổ sung silic cho cây lúa như bên dưới:

Nghiệm thức	Liều lượng và cách xử lý	Thời điểm xử lý (NSKG)
Đối chứng	-	-
NaCl 2‰	-	-
NaCl 2‰ + Na ₂ SiO ₃	100 mg/chậu (bón vào gốc)	10, 30, 50
NaCl 2‰ + Na ₂ SiO ₃	100 mg/chậu (phun qua lá)	10, 30, 50
NaCl 2‰ + CaSiO ₃	250 mg/chậu (bón vào gốc)	10, 30, 50
NaCl 2‰ + CaSiO ₃	250 mg/chậu (phun qua lá)	10, 30, 50

Việc xử lý mặn cho cây lúa được áp dụng ở mức 2‰ bằng dung dịch NaCl tại thời điểm gieo hạt (tưới dung dịch NaCl 2‰ đến khi đất trong chậu bão hòa với dung dịch này). Xử lý mặn chỉ một lần duy nhất lúc gieo hạt, sau đó chỉ tưới nước bình thường vừa đủ để cây lúa sinh trưởng và phát triển cho đến khi thu hoạch. Natrisilicate ở mức

100 mg/chậu cho tác dụng tốt nhất, ở nồng độ cao hơn không cho kết quả như mong đợi (Phạm Phước Nhân và Phạm Minh Thùy, 2011). Công thức phân bón là 90N-60 P₂O₅-30 K₂O và chia làm ba lần bón. Lần 1: 10 NSKG (1/2 P₂O₅+1/3 N), lần 2: 30 NSKG (1/2 P₂O₅+1/3 N+1/2 K₂O), lần 3: 50 NSKG (1/3 N+1/2 K₂O).

Chiều cao cây và mật số cây được ghi nhận ở các thời điểm 30, 60 và 90 ngày sau khi gieo bằng cách đếm toàn bộ số cây trong mỗi chậu. Hàm lượng các sắc tố quang hợp được phân tích ở thời điểm 45 ngày theo phương pháp của Wellburn (1994). Năng suất được tính trên mỗi chậu bằng cách thu hoạch hết cây trong chậu, đếm toàn bộ hạt chắc và hạt lép trên tất cả các bông trong mỗi chậu, ẩm độ hạt được quy về 14%. Hàm lượng silic trong vỏ trấu được phân tích sau khi thu hoạch theo phương pháp của Mitani and Ma (2005). Tỷ lệ hạt lem được phân loại theo phương pháp của IRRI (1998) trên 3000 hạt cho mỗi nghiệm thức. Các số liệu được tính toán bằng Microsoft Excel và xử lý thống kê bằng phần mềm SPSS 16.0. Các đồ thị được vẽ bằng phần mềm Corel Draw X3.

4 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1 Hiệu quả của hợp chất silic lên sinh trưởng và hàm lượng sắc tố quang hợp trên giống OM4900 khi bị nhiễm mặn

Trong suốt quá trình thí nghiệm, các chỉ tiêu nông học được theo dõi chặt chẽ như số chồi, số lá, chiều cao,... nhưng các chỉ tiêu này không khác biệt nhiều giữa các nghiệm thức nên số liệu không được trình bày. Qua quá trình theo dõi sự sinh trưởng của giống OM4900 trồng trong chậu

bị nhiễm mặn nhân tạo khi có bổ sung hợp chất silic hoặc không cho thấy, chiều cao cây chỉ có sự khác biệt giữa các nghiệm thức ở những thời kỳ đầu của cây lúa (Bảng 1). Khi bị nhiễm mặn có bổ sung hợp chất silic hoặc không đều không gây ảnh hưởng đến chiều cao cây cho đến khi thu hoạch. Trong điều kiện bị nhiễm mặn 2‰ có bổ sung 250 mg/chậu calcisilicate bằng cách bón vào gốc giúp cây lúa có chiều cao tối ưu hơn cả trong suốt quá trình phát triển (Bảng 1). Tuy nhiên, đến khi thu hoạch không có sự khác biệt về chiều cao cây giữa các nghiệm thức. Như vậy, việc bổ silic cho cây lúa khi bị nhiễm mặn có tác dụng tích cực trong giai đoạn đầu của cây lúa.

Có nhiều bằng chứng trên nhiều loại cây trồng cho thấy việc bổ sung silic có tác dụng nâng cao khả năng quang hợp thông qua việc tăng cường sinh tổng hợp các sắc tố quang hợp đưa đến sự gia tăng năng suất (Snyder *et al.*, 2007). Trong thí nghiệm này, mặc dù có sự biến động lớn về hàm lượng các sắc tố quang hợp giữa các nghiệm thức nhưng vẫn không khác biệt so với đối chứng (Bảng 2). Trong khi đó cũng trên cùng giống này ở giai đoạn mạ khi bị xử lý nhôm ở nồng độ 200 µM, Nhan and Hai (2013) quan sát thấy việc bổ sung natrisilicate ở mức 100 mg/L lại làm giảm hàm lượng các sắc tố quang hợp so với đối chứng.

Bảng 1: Chiều cao cây lúa OM4900 (cm) ở các thời điểm 30, 60 và 90 ngày sau khi sạ

Nồng độ NaCl (%)	Na ₂ SiO ₃ /CaSiO ₃ (mg/chậu)	Ngày sau khi sạ		
		30	60	90
0	0	55,1 bc	69,2 bc	78,5
2	0	56,1 bc	73,6 ab	84,4
2	100	53,2 bc	71,1 bc	80,8
2	100 [#]	59,0 b	73,8 ab	82,3
2	250	64,6 a	76,6 a	84,9
2	250 [#]	51,6 c	66,6 c	79,1
Mức ý nghĩa		*	*	ns
CV (%)		6,4	5,1	6,1

Ghi chú: trong cùng một cột các số có chữ theo sau giống nhau thì không khác biệt qua phép thử Duncan, *: khác biệt ở mức ý nghĩa 5%, ns: không khác biệt, #: bổ sung hợp chất silic bằng cách phun

Bảng 2: Hàm lượng sắc tố quang hợp trong lá lúa OM4900 ở thời điểm 45 ngày sau khi sạ

Nồng độ NaCl (%)	Na ₂ SiO ₃ /CaSiO ₃ (mg/chậu)	Sắc tố quang hợp (µg/g trọng lượng tươi)		
		Chlorophyll a	Chlorophyll b	Carotenoid tổng số
0	0	192,0	56,3	729,6
2	0	237,3	69,6	900,2
2	100	244,9	72,7	943,4
2	100 [#]	318,8	101,6	1324,1
2	250	272,1	79,6	1032,8
2	250 [#]	249,5	73,7	957,6
Mức ý nghĩa		ns	ns	ns
CV (%)		31,7	36,3	36,4

Ghi chú: ns: không khác biệt, #: bổ sung hợp chất silic bằng cách phun

4.2 Hiệu quả của việc bổ sung silic lên Năng suất và thành phần năng suất lúa M4900 khi bị nhiễm mặn

Kết quả trình bày ở Bảng 3 cho thấy việc bổ sung silic cho cây lúa trong điều kiện bị nhiễm mặn có tác dụng tích cực lên các thành phần năng

suất lúa. Kết quả này cũng cho thấy giống OM4900 cũng rất nhạy cảm với độ mặn, chỉ ở mức 2‰ đã làm cho một số thành phần năng suất ở mức thấp nhất so với các nghiệm thức còn lại. Hai nghiệm thức bổ sung calcisilicate có tác dụng làm tăng tỷ lệ hạt chắc so với nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức bị nhiễm mặn.

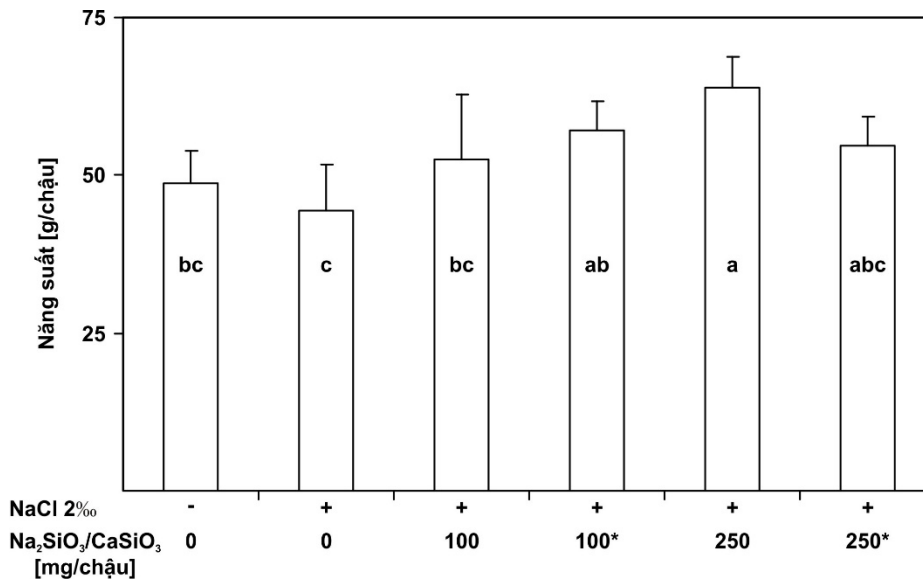
Bảng 3: Các thành phần năng suất lúa OM4900 khi thu hoạch

Nồng độ NaCl (%)	Na ₂ SiO ₃ /CaSiO ₃ (mg/chậu)	Thành phần năng suất			
		Số bông trên chậu (bông)	Số hạt trên bông (hạt)	Tỷ lệ hạt chắc (%)	Trọng lượng 1.000 hạt (g)
0	0	21,3	103,8 bc	78,2 bc	27,5
2	0	20,5	96,7 c	76,2 c	27,9
2	100	20,5	111,9 abc	83,2 ab	28,2
2	100 [#]	22,3	114,7 ab	81,6 abc	27,4
2	250	22,3	123,2 a	84,4 a	27,7
2	250 [#]	21,0	113,8 abc	87,0 a	26,9
Mức ý nghĩa		ns	**	**	ns
CV (%)		10,6	7,1	3,3	3,1

Ghi chú: trong cùng một cột các số có chữ theo sau giống nhau thì không khác biệt qua phép thử Duncan, **: khác biệt ở mức ý nghĩa 1%, ns: không khác biệt, #: bổ sung hợp chất silic bằng cách phun

Về mặt năng suất, nghiệm thức bổ sung calcisilicate vào gốc cho hiệu quả cao nhất (Hình 1). Có thể lý giải điều này là do bổ sung calcisilicate đã làm gia tăng hai thành phần năng suất quan trọng là số hạt trên bông và tỷ lệ hạt chắc (Bảng 3). Khi bổ sung silic dạng thương mại

cho lúa trên thực tế ngoài đồng ruộng cũng làm gia tăng năng suất lúa 15% (Nhan *et al.*, 2012). Giữa 2 hình thức bổ sung là phun và trộn chung với phân bón vào gốc không gây ra sự khác biệt nhiều về các thành phần năng suất lúa khi thu hoạch.



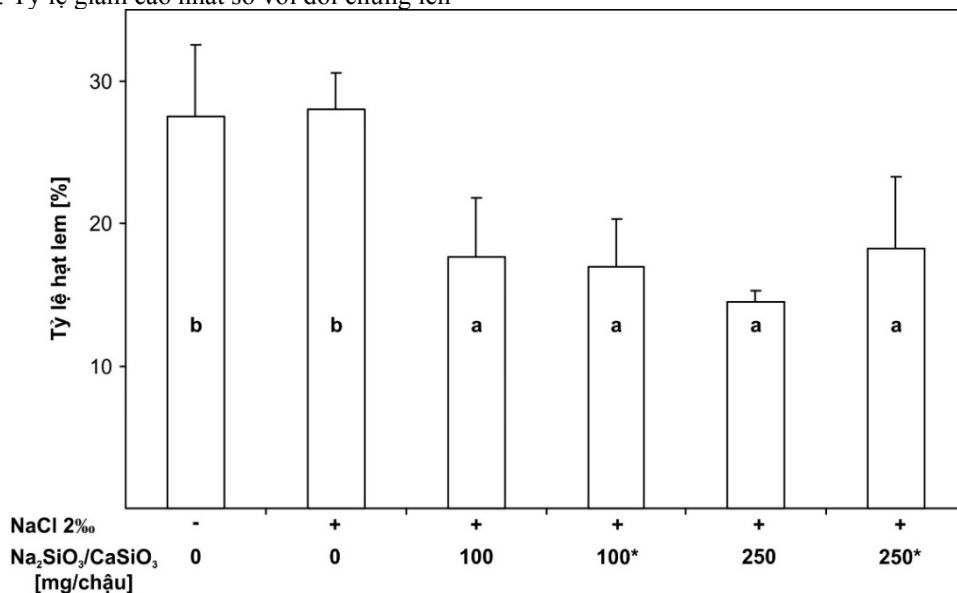
Hình 1: Ảnh hưởng của muối NaCl và silic lên năng suất lúa OM4900

Ghi chú: các cột trong hình có chữ bên trong giống nhau thì không khác biệt ở mức ý nghĩa 5% qua phép thử Duncan, *: bổ sung hợp chất silic bằng cách phun

4.3 Bổ sung silic làm giảm tỷ lệ hạt lem trên lúa OM4900

Có rất nhiều nghiên cứu chứng minh rằng silic có vai trò rất quan trọng trong việc kháng lại các loài nấm gây bệnh trên cây trồng (Rezende *et al.*, 2009). Trên giống OM4900 khi có bổ sung silic đã làm giảm tỷ lệ hạt lem một cách có ý nghĩa (Hình 2). Tỷ lệ giảm cao nhất so với đối chứng lên

đến khoảng 50% ở nghiệm thức bổ sung calcisilicate. Cần lưu ý rằng calci cũng có vai trò rất quan trọng trong cấu trúc và chức năng ở thực vật (Hepler, 2005; Frey *et al.*, 2012). Trong nghiên cứu này chưa có điều kiện để khảo sát riêng biệt ảnh hưởng của Ca và Si. Vì vậy, kết quả này có thể là cộng hưởng tích cực của cả 2 nguyên tố.



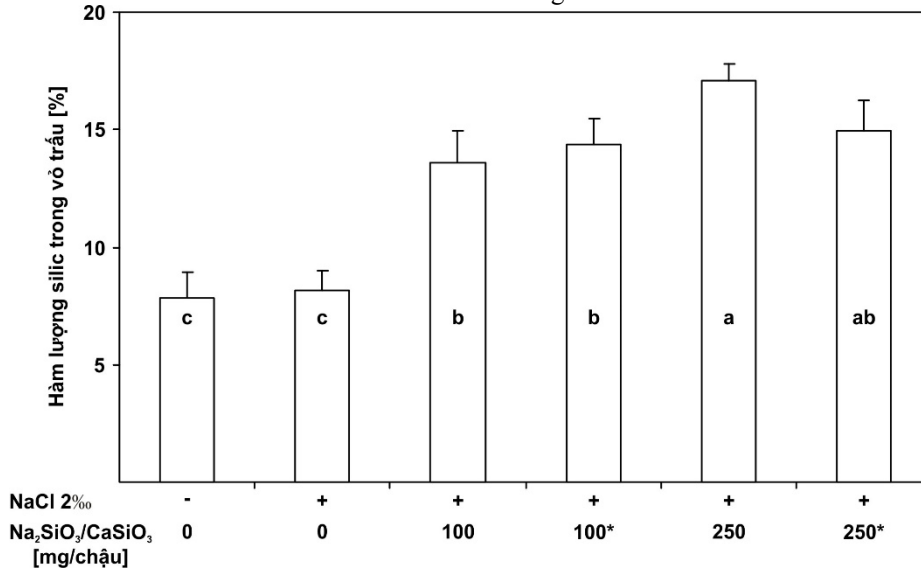
Hình 2: Ảnh hưởng của muối NaCl và silic lên tỷ lệ hạt lem

Ghi chú: các cột trong hình có chữ bên trong giống nhau thì không khác biệt ở mức ý nghĩa 5% qua phép thử Duncan, *: bổ sung hợp chất silic bằng cách phun

4.4 Bổ sung silic cho cây lúa làm gia tăng hàm lượng silic trong vỏ trấu

Kết quả trình bày ở Hình 3 cho thấy tất cả các nghiệm thức có bổ sung silic đều làm gia tăng hàm lượng silic trong vỏ trấu trên giống OM4900 một

cách rõ rệt. Việc tích lũy silic trong vỏ trấu có thể gấp đôi so với nghiệm thức đối chứng. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Nhan *et al.* (2012) là khi bổ sung silic cho lúa trên thực tế đồng ruộng cũng làm gia tăng sự tích lũy silic trong vỏ trấu và thân.



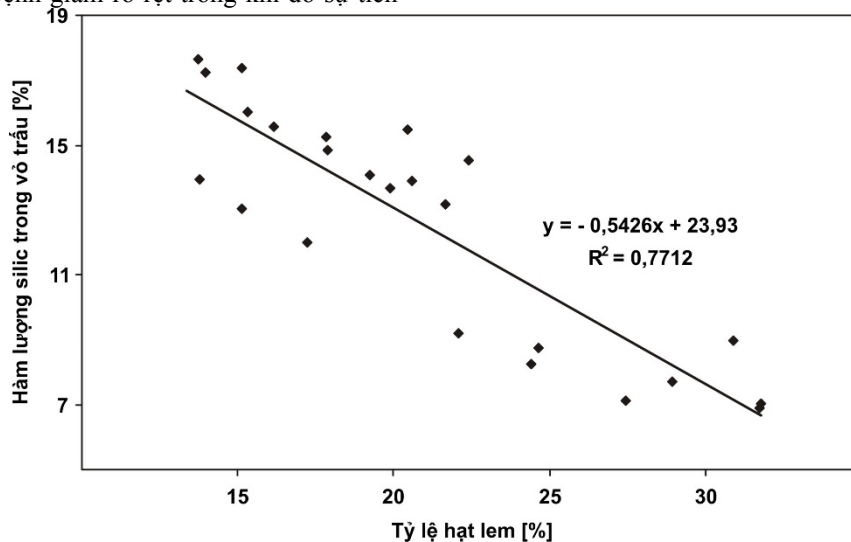
Hình 3: Ảnh hưởng của muối NaCl và silic lên hàm lượng silic trong vỏ trấu

Ghi chú: các cột trong hình có chữ bên trong giống nhau thì không khác biệt ở mức ý nghĩa 5% qua phép thử Duncan, *: bổ sung hợp chất silic bằng cách phun

4.5 Tương quan giữa hàm lượng silic trong vỏ trấu và tỷ lệ hạt lem

Sau khi phân tích tỷ lệ hạt lem và hàm lượng silic cho thấy những nghiệm thức có bổ sung silic thì tỷ lệ hạt bệnh giảm rõ rệt trong khi đó sự tích

lũy silic trong vỏ trấu lại cao hơn rất nhiều so với đối chứng. Đây chính là cơ sở để xem xét mối tương quan giữa việc bổ sung silic và tỷ lệ hạt lem, đồng thời cũng làm cơ sở để giải thích tính chống chịu bệnh của thực vật khi có bổ sung silic.



Hình 4: Tương quan giữa hàm lượng silic trong vỏ trấu và tỷ lệ hạt lem

Rõ ràng tỷ lệ hạt lem có tương quan nghịch với sự tích lũy silic trong vỏ trấu với hệ số tương quan lên đến 77% (Hình 4). Do silic là nguyên tố cấu thành chính trên cây lúa (Currie and Perry, 2007) nên việc bổ sung silic cho cây lúa dẫn đến việc tích lũy nhiều hơn silic trong vỏ trấu có thể đã làm cho vỏ trấu có cấu tạo chắc chắn hơn, ngăn cản tốt hơn các tác nhân gây lem hạt, làm cho tỷ lệ hạt bệnh giảm.

5 KẾT LUẬN

Bổ sung silic cho lúa OM4900 trong điều kiện bị nhiễm mặn có tác dụng làm gia tăng chiều cao cây lúa ở giai đoạn trước 60 ngày sau khi sạ nhưng không có tác dụng làm gia tăng số chồi và hàm lượng các sắc tố quang hợp.

Khi bổ sung silic cho cây lúa có tác dụng làm tăng số hạt trên bông, tỷ lệ hạt chắc, góp phần làm tăng năng suất. Nên bổ sung silic bằng cách trộn chung với phân bón để giảm chi phí lao động.

Calcisilicate và natrisilicate đều có tác dụng làm giảm tỷ lệ hạt lem, tăng cường sự tích lũy silic trong vỏ trấu tạo ra sự tương quan nghịch chặt chẽ giữa hàm lượng silic trong vỏ trấu và tỷ lệ hạt lem.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ahmad R., Zaheer S.H., and Ismail S. 1992. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum L.*). *Plant Science* 85: 43-50.
- Al-aghaby K., Zhu Z., and Shi. Q. 2004. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence and anti-oxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. *Journal of Plant Nutrition* 27: 2101-2115.
- Binzel M. and Reuveni M.L. 1994. Cellular mechanisms of salt tolerance in plant cells. *Horticulture* 16: 33-70.
- Chen H.J. and Wang S.J. 2008. Molecular regulation of starch accumulation in rice seedling leaves in response to salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum* 30: 135-142.
- Currie H.A. and Perry C.C. 2007. Silica in plants: Biological, biochemical and chemical studies. *Annals of Botany* 100: 1383-1389.
- Epstein E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91: 11-17.
- Epstein E. 1999. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50: 641-644.
- Epstein E (2009). Silicon: its manifold roles in plants. *Annals of Applied Biology* 155: 155-160.
- Epstein E. and Bloom A.J. 2005. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. Second Edition. Sinauer.
- Frey N.F., Mbengue M., Kwaiitaal M., Nitsch L., Altenbach D., Haeweker H., Duran R.L., Njo M.F., Beeckman T., Borst J.W., Panstruga R., and Robatzek S. 2012. Plasma membrane calcium ATPases are important components of receptor-mediated signaling in plant immune responses and development. *Plant Physiology* 159: 789-809.
- Gao J.B., Chao D.Y., and Lin H.X. 2007. Understanding abiotic stress tolerance mechanisms: recent studies on stress response in rice. *Journal of Integrative Plant Biology* 49: 742-750.
- Gong H.J., Randall P.D., and Flowers T.J. 2005. Silicon deposition in the root reduces sodium uptake in rice (*Oryza sativa L.*) seedlings by reducing bypass flow. *Plant, Cell and Environment* 29: 1970-1979.
- Hepler P.K. 2005. Calcium: a central regulator of plant growth and development. *Plant Cell* 17: 2142-2155.
- IRRI. 1998. Standard evaluation system for rice. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Jawahar S. and V. Vaiyaburi. 2010. Effect of sulphur response and yield components of rice genotypes and silicon fertilization on growth and yield of rice. *International Journal of Current Research* 9: 36-38.
- Khush G.S. 2005. What is will take to feed 5.0 billion rice consumers in 2030. *Plant Molecular Biology* 59: 1-6.
- Liang Y.C., Zhang W.Q., Chen J., and Ding R. 2005. Effect of silicon on H⁺-ATPase and H⁺-PPase activity, fatty acid composition and fluidity of tonoplast vesicles from roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare L.*). *Journal of Environmental and Experimental Botany* 53: 29-37.
- Nhan P.P., Dong N.T., Nhan H.T., and Chi N.T.M. 2012. Effects of OryMax^{SL} and

- Siliyso^{MS} on growth and yield of MTL560 rice. *World Applied Science Journal* 19: 704-709.
19. Nhan P.P. and Hai N.T. 2013. Amelioration of aluminum toxicity on OM4900 rice seedlings by sodium silicate. *African Journal of Plant Science* 7: 208-212.
 20. Ma J.F., Nishimara K., and Takahashi E. 1989. Effect of silicon on the growth of rice plants at different growth days. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 35: 347-356.
 21. Mitani N. and Ma J.F. 2005. Uptake system of silicon in different plant species. *Journal of Experimental Botany* 56: 1255-1261.
 22. Phạm Phước Nhãn và Phạm Minh Thùy. 2011. Ảnh hưởng mặn và vai trò của natrisilicate trên lúa ở giai đoạn mạ. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* 19b: 187-196.
 23. Rodrigues F.A., Vale F.X., Korndörfer G.H., Prabhu A.S., Datnoff L.E., Oliveira A.M., and Zambolim L. 2003. Influence of silicon on sheath blight of rice in Brazil. *Crop Protection* 22: 23-29.
 24. Singh G. 2009. Salinity-related desertification and management strategies: indian experience. *Land Degradation and Development* 20: 367-385.
 25. Snyder G.H., Matichenkov V.V., and Datnoff L.E. 2007. Silicon. In: Allen V., Barker, and David J. Pilbeam editors. *Handbook of Plant Nutrition*, CRC Press.
 26. Wellburn A.R. 1994. The spectral determination of chlorophylls-a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology* 144: 307-313.
 27. Yeo A.R., Flowers S.A., Rao G., Welfare K., Senanayake N., and Flowers T.J. 1999. Silicon reduces sodium uptake in rice (*Oryza sativa* L.) in saline conditions and this is accounted for by reduction in transpirational bypass flow. *Plant, Cell and Environment* 22: 559-565.
 28. Zhu Z., Wei G., Li J., Qian Q., and Yu J. 2004. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science* 167: 527-533.