

Silicio en germinación y crecimiento inicial de arroz

RAMÍREZ-OLVERA, Sara Monzerrat, GÓMEZ-MERINO, Fernando Carlos, TREJO-TÉLLEZ, Libia Iris, PÉREZ-SATO, Juan Antonio, GARCÍA-MORALES, Soledad y SENTÍES-HERRERA, Héctor Emmanuel

S. Ramírez, F. Gómez, L. Trejo, J. Pérez, S. García y H. Senties

Collegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
C. P. 94946

Collegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México, México.
C. P. 56230

fernandg@colpos.mx

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. Pérez (eds.) Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-II.-
©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

In seeking for alternatives to improve germination and plant growth of rice (*Oryza sativa*), we evaluated the application of silicon dioxide (SiO₂) at 0.5, 1.0 and 1.5 mM, and a control without SiO₂. We used rice seeds of the variety Morelos A-98, which were disinfected and placed in plastic boxes on humid filter containing each treatment applied for 10 days. Germination was recorded daily and response variables were determined 10 days after treatments application. Results indicate that percentage of germination, plant height, root length, number of roots, root and shoot fresh and dry matter weight, in Si-treated plants were always superior to those observed in control plants.

5 Introducción

Actualmente, el arroz es el alimento básico para cerca de la mitad de la población mundial (Mohanty, 2013; FAO, 2016). En el año 2014 en México se consumieron 1 millón 100 mil toneladas de este cereal, aunque el país solo produjo 179 mil 775 toneladas (SAGARPA, 2014), lo que representa un nivel de importación mayor al 80%. Además, el rendimiento de este cultivo en el país representa menos de la mitad del potencial que se tiene. Por otro lado, uno de los factores determinantes para mejorar el rendimiento es el adecuado manejo nutrimental del cultivo, que también asegura una mejor calidad de las cosechas (Coraspe-León *et al.*, 2009). La germinación es el punto de partida para la producción, y un exitoso desarrollo de la semilla se verá reflejado en plántulas vigorosas, que alcanzarán el máximo rendimiento (Doria, 2010). Los elementos benéficos como el silicio (Si), no son considerados elementos esenciales para las plantas, aunque detonan mejoras en el metabolismo vegetal y pueden aportar múltiples beneficios (Trejo-Téllez *et al.*, 2016). Estos elementos pueden mejorar la germinación, así como el crecimiento y desarrollo de arroz y otras especies (Torabi *et al.*, 2012; Ning *et al.*, 2014).

El Si es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre y en los suelos, solo después del oxígeno (O), comprende del 50 al 70% de la masa del suelo (Ma, 2004; Lee *et al.*, 2010). Este puede estimular el crecimiento vegetal, al detonar una mayor capacidad antioxidante, reducir el daño oxidativo de las especies reactivas de oxígeno generadas en condiciones de estrés, así como formar complejos con metales tóxicos para reducir su movilización (Epstein, 1999; Gunes *et al.*, 2008; Shi *et al.*, 2014). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres concentraciones de dióxido de silicio (SiO₂) en la germinación y crecimiento de plántulas de arroz Morelos A-98.

5.1 Materiales y métodos

5.1.1 Material vegetal

Se usaron semillas sin testa de tamaño uniforme, libre de patógenos y sin daños mecánicos del cultivar de arroz Morelos A-98 (*Oryza sativa* L.), obtenido del Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el Campo Experimental Zacatepec, Morelos.

5.1.2 Desinfección de semillas

Las semillas se desinfectaron en una cámara de flujo laminar, se sumergieron en etanol al 70% por 10 min, y se lavaron tres veces con agua destilada estéril. Inmediatamente después se colocaron por 1 h en hipoclorito de sodio al 5%, al cual se le agregó una gota de Tween 20, y enseguida se lavaron 5 veces con agua destilada estéril. Después, las semillas se secaron sobre papel filtro.

5.1.3 Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron tres concentraciones de SiO₂ (0.5, 1.0 y 1.5 mM) además del testigo que consistió en agua destilada estéril. Para evitar una posible contaminación por hongos se agregó benomilo [metil 1-(butilcarbamoil) bencimidazol-2-il carbamato] a razón de 2.0 g L⁻¹, a todos los tratamientos incluyendo el testigo. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente aleatorizado, con tres repeticiones. La unidad experimental consistió en una caja de plástico (14 x 15 x 15 cm) con 25 semillas.

5.1.4 Prueba de germinación

Las semillas desinfectadas de arroz se colocaron en las cajas de plástico sobre papel filtro estéril. Antes de colocar las semillas, a cada caja se le agregó un volumen inicial de 15 mL de cada tratamiento, luego se acomodaron 25 semillas por caja, dejando espacio suficiente entre ellas para permitir la elongación de las raíces. Después, las cajas se taparon y se colocaron en oscuridad por tres días a 28 °C, y posteriormente las cajas con las semillas fueron expuestas a la luz natural en condiciones de laboratorio. El registro de la germinación se realizó diario, durante cinco días, considerando como semilla germinada aquella cuya radícula fue mayor a 3 mm de longitud. Diez días después de la siembra se registró altura de plántula, longitud de raíz, número de raíces, peso de la biomasa fresca y seca de parte aérea y raíz.

5.1.5 Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza y prueba de comparación de medias con la prueba de Duncan. En las pruebas estadísticas aplicadas se utilizó un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

5.2 Resultados

El porcentaje de germinación de semillas de arroz Morelos A 98 desde el punto de vista estadístico no fue influenciado por la adición de Si; sin embargo, su adición en las tres concentraciones usadas incrementó el porcentaje de germinación en casi 10%. En particular la concentración de SiO₂ de 1 mM fue superior en el porcentaje de germinación casi 14% al testigo (Tabla 5). Torabi *et al.* (2012) reportaron la aplicación de silicato de sodio (Na₂SiO₃) en concentraciones de 0.2, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5 y 2 mM a semillas de *Borago officinalis*, incrementa significativamente el porcentaje de germinación.

Tabla 5 Efecto del SiO₂ en el porcentaje de germinación de semillas de arroz Morelos A98

SiO ₂ (mM)	Porcentaje de germinación
0.0	65.28 ± 5.24 a
0.5	72.22 ± 4.34 a
1.0	79.17 ± 2.08 a
1.5	75.00 ± 0.00 a

Medias ± DE con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

De la misma manera que en el porcentaje de germinación, la altura de plántula después de la germinación no fue estadísticamente diferente entre tratamientos; pero, la adición de 0.5, 1 y 1.5 mM de SiO₂ incrementó en 20.6, 18.4 y 21.2% la altura de planta en comparación con el testigo (Tabla 5.1). Estos resultados son acordes a los reportados por Hossain *et al.* (2002), quienes indican que el suministro de Si en forma de ácido silícico a plantas en semillero de arroz cv. Koshihikari, promueve la elongación celular, estimulando el crecimiento de arroz.

En otro estudio Toledo *et al.* (2012), evaluaron semillas y plántulas resultantes de plantas avena (*Avena sativa*) cultivar 'IAC 7' tratadas con el producto Silamol[®] (0.8% de Si soluble), mediante su aspersión a dosis de 2.0 L ha⁻¹, dividido en tres diferentes etapas (666.7 mL ha⁻¹ en cada fase: macollaje, diferenciación de yemas y formación de espiga), y se observó un incremento significativo en la longitud de plántula (parte aérea y vástago) del 20.1%.

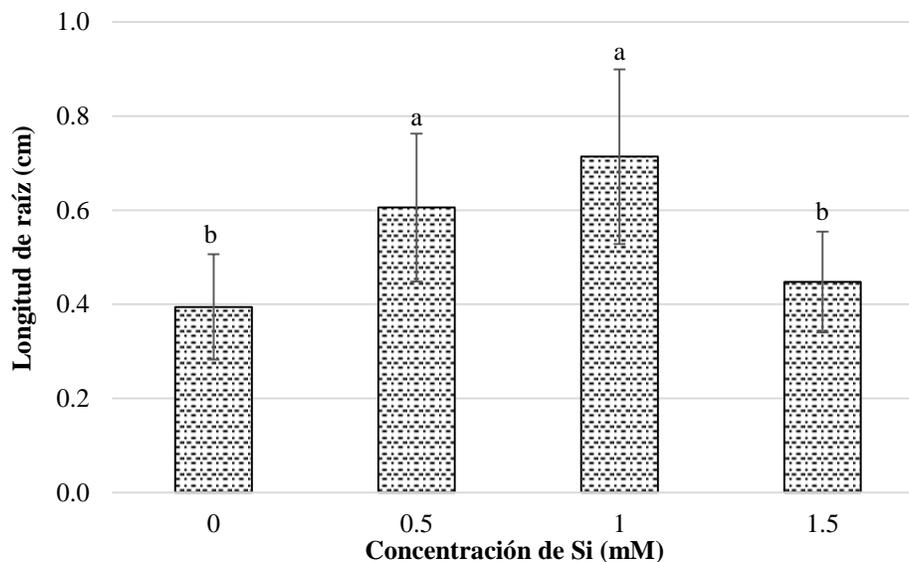
Tabla 5.1 Efecto del SiO₂ en el crecimiento de plántulas de arroz Morelos A98 posterior a la germinación de semillas

SiO ₂ (mM)	Altura de plántula (cm)
0.0	2.49 ± 0.48 a
0.5	3.00 ± 0.54 a
1.0	2.95 ± 0.66 a
1.5	3.02 ± 0.62 a

Medias ± DE con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

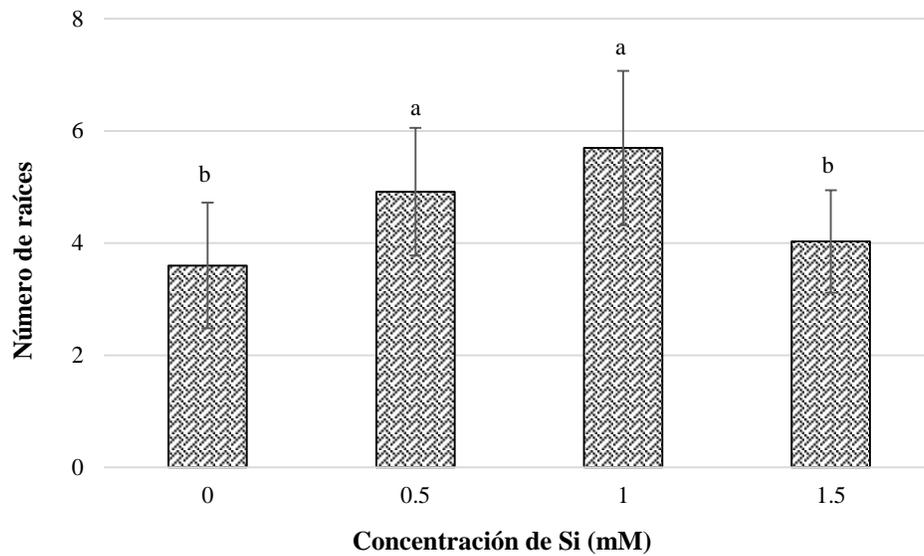
La longitud de raíz incrementa con la aplicación de SiO₂ en 48.8, 73.2, 9.7% para las concentraciones de 0.5, 1.0 y 1.5 mM, respectivamente; en comparación con el testigo. No existieron diferencias estadísticas entre el testigo y la concentración 1.5 mM de SiO₂ (Gráfico 5). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Toledo *et al.* (2012), quienes indican un incremento de longitud de raíz en avena del 36.2% con la aplicación del producto Silamol[®] (0.8% de Si soluble).

Gráfico 5 Longitud de raíces de arroz tratadas con SiO₂



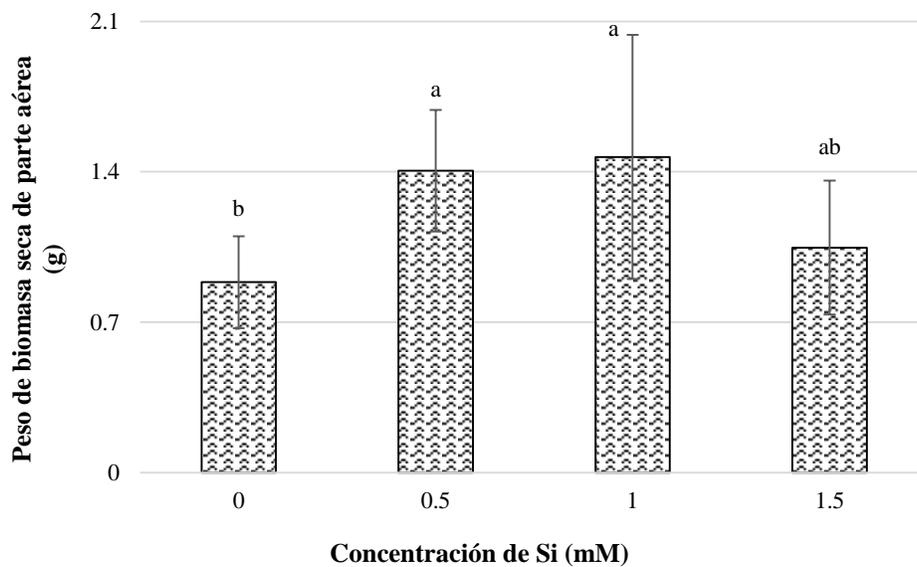
Medias con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

El número de raíces (Gráfico 5.1) muestra que el tratamiento de SiO₂ a 0.5 y 1.0 mM incrementa el número de raíces en 37.15 y 58.93%, respectivamente, en comparación con el testigo. De manera coincidente con la longitud de raíces (Gráfico 5), el número de éstas no fue estadísticamente diferente al testigo con la adición de 1.5 mM de SiO₂.

Gráfico 5.1 Número de raíces de arroz tratadas con SiO₂

Medias con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$)

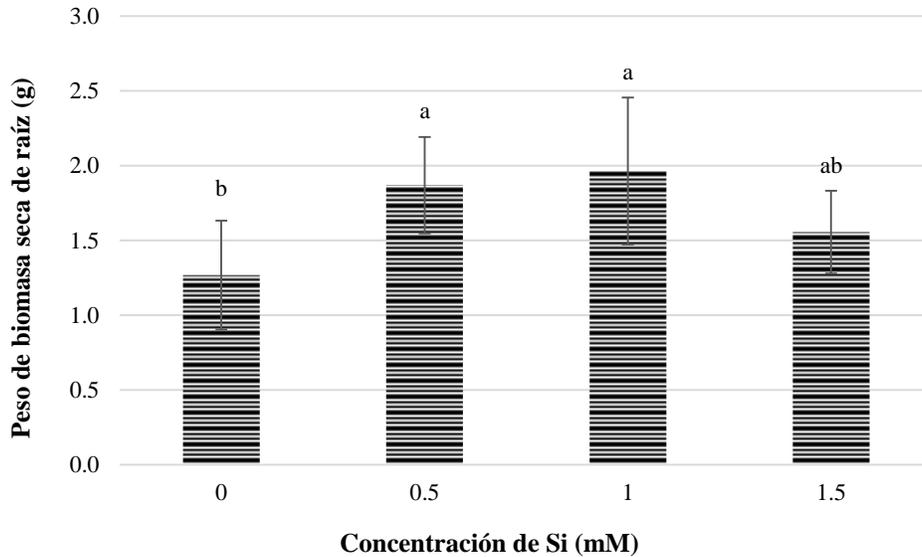
El peso de la materia seca de la parte aérea de plantas de arroz se incrementó con la aplicación de 0.5, 1.0 y 1.5 mM de SiO₂ en 55.5, 62.2, 15.6%, respetivamente, en comparación con el testigo (Gráfico 5.2). De manera coincidente, Ning *et al.* (2014) reportan efectos positivos del Si en la acumulación de materia seca, específicamente indican que la aplicación de fertilizantes de Si a base de desechos de acero y hierro en cantidades de 187, 560 y 935 mg de Si por kg de suelo, en plantas de arroz se observó un incremento significativo en el peso seco de hojas.

Gráfico 5.2 Peso seco de parte aérea de plántulas de arroz tratadas con SiO₂

Medias con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$)

En cuanto al peso de la materia seca de la raíz (Gráfico 5.3), el SiO₂ no tuvo efecto significativo; sin embargo, se observaron incrementos del 24.0 30.7 y 3.3% para las concentraciones de 0.5, 1.0 y 1.5 mM de Si, respectivamente, en comparación con el testigo.

Gráfico 5.3 Peso seco de raíces de plántulas de arroz tratadas con SiO₂



Medias con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$)

5.3 Conclusión

La aplicación de silicio, a tres concentraciones en arroz, incrementó la germinación y características de crecimiento de plántula como altura, longitud de raíz, número de raíces, peso de materia fresca y seca de parte aérea y raíz. Estos resultados permiten afirmar que el Si es un elemento benéfico en la fase de germinación de arroz Morelos A98. En futuras investigaciones se requiere evaluar los efectos de concentraciones mayores de silicio.

5.4 Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de posgrado otorgada a Sara Monzerrat Ramírez Olvera; a la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento 1 en Eficiencia y Sustentabilidad en la Producción Primaria en Sistemas Agroalimentarios del Programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable del Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados por los apoyos para la realización de esta investigación. Al Laboratorio de Nutrición Vegetal del Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados por las facilidades en el establecimiento del experimento.

5.5 Referencias

- Coraspe-León, H. M., Muraoka, T., Ide, F. V., De Stefano, P. S. M., & Prado, G. N. (2009). Absorción de macronutrientes por plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la producción de tubérculo-semilla. *Interciencia*, 34, 57-63.
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31, 74-85.

- Epstein, E. (1999). Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50, 641-64.
- FAO. (2016). *Situación Alimentaria Mundial. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales*. Recuperado el 11 de mayo de 2017, de <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
- Gunes, A., Pilbeam, D. J., Inal A., & Coban, S. (2008). Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39, 13-14.
- Hossain, M. T., Mori, R., Soga, K., Wakabayashi, K., Kamisaka, S., Fujii, S., Yamamoto, R., & Hoson, T. (2002). Growth promotion and an increase in cell wall extensibility by silicon in rice and some other Poaceae seedlings. *Journal of Plant Research*, 115, 23-27.
- Lee, S. K., Sohn, E. Y., Hamayun, M., Yoon, J. Y., & Lee, I. J. (2010). Effect of silicon on growth and salinity stress of soybean plant grown under hydroponic system. *Agroforest Systems*, 80, 333-340.
- Ma, J. F. (2004). Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50, 11-18.
- Mohanty, S. (2013). *Trends in global rice consumption. Rice Today. January-March 2013*. Recuperado el 11 de mayo de 2017, de <https://es.scribd.com/doc/119860372/RT-Vol-12-No-1-Rice-facts#fullscreen=1>
- Ning, D., Song, A., Fan, F., Li, Z., & Liang, Y. (2014). Effects of slag-Based silicon fertilizer on rice growth and brown-spot resistance. *PLoS One*. 9, e102681.
- SAGARPA. (2014). *Importa México el 80% de arroz para solventar su consumo*. Recuperado el 11 de mayo de 2017, de <http://www.sagarpa.gob.mx>
- Shi, Y., Zhang, Y., Yao, H., Wu, J., Sun, H., & Gong, H. (2014). Silicon improves seed germination and alleviates oxidative stress of bud seedlings in tomato under water deficit stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 78, 27-36.
- Toledo, M. Z., Castro, G. S. A., Crusciol, C. A. C., Soratto, R. P., Cavariani, C., Ishizuka, M. S., & Picoli, L. B. (2012). Silicon leaf application and physiological quality of white oat and wheat seeds. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 33, 1693-1702.
- Torabi, F., Majd, A., & Enteshari, S. (2012). Effect of exogenous silicon on germination and seedling establishment in *Borago officinalis* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6, 1896-1901.
- Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., & Alcántar-González, G. (2016). Elementos benéficos. En Alcántar-González, G., Trejo-Téllez, L. I., & Gómez-Merino, F.C. (Eds.). *Nutrición de Cultivos* (pp. 57-101). México: Colegio de Postgraduados