

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE SILICATO DE CALCIO AL ARROZ IRRIGADO CULTIVADO EN UN SUELO DE TEXTURA ARENOSA

Miguel Socorro Quesada¹, Olegario Muñiz Ugarte² y Leonila Fabré Leal¹

¹*Instituto de Investigaciones de Granos, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba*

²*Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba.*

(sccsmuniz@ceniai.inf.cu) *

*Autor para la correspondencia

RESUMEN

Con el fin de evaluar la respuesta del arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado a la aplicación de diferentes dosis de silicato de calcio (CaSiO_3), como fuente de Si y su efecto residual, se realizaron dos experimentos de características estacionarias. El primero se realizó durante dos años consecutivos sobre un suelo Alítico de Baja Actividad Arcillosa (Luvisol Férrico) de la Granja Caribe, en la provincia de Pinar del Río, Cuba; donde se estudiaron los Tratamientos de 0; 2.5; 5.0; 7.5 y 10.0 Mg ha^{-1} de CaSiO_3 , aplicado al suelo solamente el primer año. En el otro experimento, se estudió durante cuatro años, en un suelo similar pero de la Granja Montoto, ubicada en la misma zona, la aplicación de las dosis de 0; 0.6; 1.0 y 1.4 Mg ha^{-1} de CaSiO_3 , aplicado también solamente el primer año. En ambos casos se obtuvo respuesta del rendimiento de arroz a la aplicación del CaSiO_3 y un marcado efecto residual. Los resultados permiten recomendar la aplicación, por una vez para cuatro cosechas consecutivas, de la dosis de 1.4 Mg ha^{-1} de CaSiO_3 a aquellos suelos de textura arenosa con tenores deficientes en este elemento.

Palabras clave: silicio, nutrición, arroz.

EFFECT OF CALCIUM SILICATE APPLICATION IN IRRIGATED RICE CULTIVATED ON A SANDY SOIL

ABSTRACT

Two stationary experiments were carried out, in order to evaluate the response of irrigated rice (*Oryza sativa* L.) to the application of different levels of Calcium Silicate (CaSiO_3), as Si source and its residual effect. The first one, was conducted during two consecutive years on a Luvisol ferric soil at the Farm Caribe, Pinar del Rio Province, Cuba, studying the treatments 0; 2.5; 5.0; 7.5 y 10.0 Mg ha^{-1} of CaSiO_3 , applied to the soil only the first year. In the other experiment, the levels of 0; 0.6; 1.0 y 1.4 Mg ha^{-1} of CaSiO_3 , also applied only the first year, were studied during four years, on a similar soil of the Farm Montoto, located in the same area. In both cases, response to the application of CaSiO_3 and a substantial residual effect was obtained. Results allow recommending the application once for four consecutive years of 1.4 Mg ha^{-1} of CaSiO_3 on sandy soils with deficient content of this element.

Key words: silicon, nutrition, rice.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que el silicio (Si) es uno de los más abundantes elementos en la corteza terrestre y que la mayor parte de los suelos agrícolas contienen apreciables cantidades de este elemento, el cultivo continuado puede reducir los tenores de Si disponible a las plantas hasta el punto de que se requiera la aplicación del elemento con el fin de lograr producciones agrícolas elevadas y estables (Savant *et al.*, 1997). De tal forma que aunque no es posible aún considerar este elemento entre los esenciales para las plantas; resulta un elemento agrónomicamente

beneficioso, principalmente para cultivos que como el arroz (*Oryza sativa* L.), resulta un gran acumulador del elemento. Además, existe abundante evidencia científica de que el Si es requerido para el desarrollo balanceado y saludable de la planta de arroz (Savant *et al*, 1997; Muñiz, 2008a). En el presente trabajo se evaluó la respuesta del arroz irrigado a la aplicación de diferentes dosis de silicato de calcio (CaSiO_3), como fuente de Si y su efecto residual.

MATERIALES Y MÉTODOS

El suelo empleado en ambos ensayos, del tipo Alítico de Baja Actividad Arcillosa (Luvisol Férrico), según Hernández *et al* (1999), se caracterizó mediante la determinación del pH en H_2O y KCl, contenido de materia orgánica (M.O) por el método Walkley y Black, P_2O_5 y K_2O asimilables por extracción con H_2SO_4 0.05 mol L^{-1} , (Normas Cubanas 51 y 52. Calidad del Suelo, 1999) y el contenido de Si asimilable por extracción con HAc 0.5 mol L^{-1} (Snyder, 1991).

Se realizaron dos experimentos de características estacionarias. El primero se realizó durante dos campañas “de seca” (época poco lluviosa, que para los productores de arroz es entre noviembre y febrero) consecutivas (años 2000 y 2001) en la Granja Caribe, del Complejo Agroindustrial Los Palacios en la provincia de Pinar del Río, Cuba. Se estudiaron los Tratamientos de 0; 2.5; 5.0; 7.5 y 10.0 t.ha^{-1} de CaSiO_3 , aplicado solamente el primer año. Se emplearon parcelas de 160 m^2 de acuerdo a un diseño de Bloques al Azar con cuatro repeticiones y la variedad cubana de arroz LP-5. En el experimento se evaluó además, aunque solamente el primer año, el efecto de los tratamientos sobre la incidencia de la *Piricularia grisea* en el cuello de la panícula a los 25 días después de la floración.

En el segundo experimento, se estudió el efecto de la aplicación de las dosis de 0; 0.6; 1.0 y 1.4 t.ha^{-1} de CaSiO_3 , aplicadas también solamente el primer año, durante cuatro cosechas consecutivas (años 2001 a 2004), todas “de seca” (entre noviembre y febrero), en un suelo de tipo similar al anterior pero de la Granja Montoto, ubicada en la misma empresa agrícola. Se emplearon parcelas de $8\ 000 \text{ m}^2$ (en las que se ubicaron las 4 réplicas) y la variedad LP-5.

La fuente portadora de Si fue el silicato de calcio con un contenido de 46% de SiO_2 , 44% de CaO y 0.6% P_2O_5 , suministrado por la firma CHEMI-AGRI, LLC de Tennessee, EEUU. Se trata de un producto obtenido como escoria durante la producción de fósforo en horno eléctrico a partir de rocas fosfóricas. Se reitera que en ambos casos la aplicación del producto se realizó solamente el primer año con antelación a la siembra del arroz, de tal forma que los restantes años se evaluó el efecto residual del producto aplicado. La fertilización química fue la misma en cada campaña para todos los tratamientos: $175, 60$ y 60 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 y K_2O , en la forma de urea, superfosfato triple y cloruro de potasio, respectivamente. La urea se aplicó en tres fracciones, mientras que los restantes fertilizantes, durante la preparación del suelo. De igual forma, en cada ensayo la agrotecnia empleada fue uniforme y acorde al Instructivo Técnico vigente para el cultivo.

En la cosecha se evaluó el rendimiento de arroz cáscara. Los resultados se procesaron estadísticamente mediante Análisis de varianza, de acuerdo a un Modelo de Clasificación Doble y, de haber significación, se aplicó la Prueba de Duncan ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El suelo empleado en ambos experimentos (Tabla 1) es de textura arenosa ácido, de muy bajo y bajo contenidos de M.O., respectivamente y con valores, bajo en el primer ensayo y medio en el segundo, de fósforo y potasio asimilables. En ambos casos el contenido de Si asimilable es similar, y menor de 25 mg.kg^{-1} de Si reportado como nivel crítico (Korndörfer *et al.*, 2001).

Tabla 1. Algunas características de los suelos empleados en los experimentos (Valores medios)

Sitio (Granja)	pH		M.O.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Si
	KCl	H ₂ O				
			%	mg.100g ⁻¹	mg.100g ⁻¹	mg.kg ⁻¹
Caribe	5.4	6.0	1.00	6	6	21
Montoto	5.9	6.9	2.00	14	20	23

Según (Savant *et al.*, 1997), los suelos que responden a la aplicación de CaSiO₃, por su deficiente contenido asimilable en este elemento, son suelos con alta intemperización, muy lixiviados, ácidos y con baja saturación por bases; como es el caso de los suelos analizados.

Con relación a los experimentos, en el primero de ellos (Tabla 2), se observa que si bien el primer año se obtiene el mejor resultado con la dosis de 7.5 t.ha^{-1} de CaSiO₃ ya en la segunda cosecha la dosis de 5.0 t.ha^{-1} de CaSiO₃ permite obtener incrementos del rendimiento de más de 2 t.ha^{-1} de arroz cáscara. De cualquier forma, la aplicación del producto al suelo en este primer experimento, no se realizó con la antelación que los fabricantes recomiendan (un mes antes de la siembra), lo que pudo impedir la más rápida interacción con el mismo y un mayor efecto con las dosis menores.

Debe además tenerse en cuenta, que se trata de un suelo degradado, de muy baja fertilidad, donde en la primera cosecha del Tratamiento Testigo, a pesar de la aplicación de una fuerte dosis de NPK y una agrotecnia adecuada (correcto manejo del riego, entre otros), el rendimiento agrícola resultó bajo.

Por otra parte, el efecto positivo del producto no solamente se reflejó en el rendimiento de grano, sino también sobre la altura de la planta, lo cual es un indicador de que el cultivo tuvo mejor desarrollo cuando se aplicó el silicato.

De tal forma que al valorar las dos cosechas de conjunto, la aplicación de 5.0 t.ha^{-1} de CaSiO₃ resultó la más adecuada. No obstante, se considera este primer experimento como preliminar, no solamente por lo planteado anteriormente, sino porque además se estudiaron dosis muy altas en comparación a los reportes de la literatura.

Con relación al efecto de los tratamientos sobre la incidencia de la *Piricularia grisea* (realizada solamente el primer año), la Fig. 1 muestra cómo la aplicación del silicato contribuye favorablemente a reducir la incidencia negativa de este patógeno.

Tabla 2. Efecto de la aplicación de CaSiO_3 sobre el rendimiento de arroz cáscara (Variedad LP-5) y la altura de la planta (Granja Caribe).

Tratamiento	1er Año		2do Año	
	Rendimiento	Altura	Rendimiento	Altura
t.ha ⁻¹ de CaSiO_3	t.ha ⁻¹	cm	t.ha ⁻¹	cm
0	2.29 c	80.45 d	3.67 b	98.35 b
2.5	2.32 c	85.76 c	3.87 b	108.88 a
5.0	3.14 b	91.20 b	5.74 a	108.86 a
7.5	3.94 a	92.63 ab	5.53 a	110.88 a
10.0	4.44 a	95.43 a	5.59 a	109.55 a
ES _x	0.210*	1.530*	0.216*	1.770*

a, b, c, d. Letras iguales en una misma columna no difieren entre sí según prueba de Duncan ($P < 0.05$)

Resultados similares son reportados por (Savant *et al.*, 1997; Datnoff *et al.*, 1997; Muñiz, 2008b; Álvarez *et al.*, 2010). Esto es un aspecto de importancia si se considera las fuertes afectaciones al rendimiento agrícola de arroz cáscara, que con frecuencia esta plaga produce en las extensas áreas de suelo de textura arenosa cubanos de la zona occidental del país, debido al marcado incremento de granos vanos.

Con relación al segundo experimento, realizado en condiciones de producción en la Granja Montoto, los resultados obtenidos durante las cuatro cosechas consecutivas, se muestran en la Tabla 3.

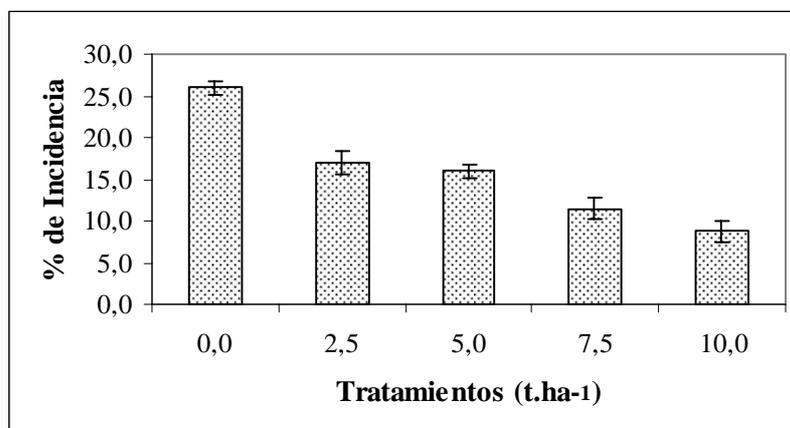


Figura 1. Efecto de la aplicación de silicato de calcio sobre la incidencia de *Piricularia grisea* en el cuello de la panícula (Granja Caribe).

Resulta evidente que la dosis de 1.4 t.ha⁻¹ de CaSiO_3 , aplicada el primer año, produjo incrementos significativos del cereal durante cuatro cosechas consecutivas. Debe señalarse, que a diferencia del primer ensayo, la aplicación del producto se realizó con la antelación que indica el suministrador del producto. También aquí resultó evidente, aunque no se cuantificó, el positivo efecto del producto aplicado sobre la incidencia de plagas y la disminución del porcentaje de granos vanos en la panícula.

De forma general, los resultados están en consonancia con los reportados por la literatura internacional consultada.

Tabla 3. Efecto de la aplicación de CaSiO_3 sobre el rendimiento de arroz cáscara (Variedad LP-5) (Granja Montoto).

Tratamiento	1 ^a Cosecha *	2 ^a Cosecha	3 ^a Cosecha	4 ^a Cosecha
t. ha^{-1} de CaSiO_3	Rendimiento de arroz cáscara			
	----- t. ha^{-1} -----			
0	3.55	3.42 c	4.74 b	4.38 b
0.6	4.11	4.81 b	4.51 b	4.77 b
1.0	4.32	5.32 a	3.58 c	5.46 a
1.4	4.47	4.82 b	5.17 a	5.63 a
ES_x	-	0.208*	0.206*	0.256*

a, b, c. Letras iguales en una misma columna no difieren entre sí según prueba de Duncan ($P < 0.05$)

* Los resultados de la primera cosecha no pudieron evaluarse estadísticamente.

Hoy se conoce que las plantas absorben el Si de la solución de suelo en la forma de ácido monosilícico y que el Si es el elemento que extrae en mayor cantidad el cultivo del arroz (hasta $250 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), (Savant *et al.*, 1997). Aunque los suelos agrícolas están constituidos por silicatos minerales, en aquellos donde se cultiva el arroz irrigado, usualmente como monocultivo, con frecuencia ocurre la deficiencia de Si asimilable por las plantas si no se restituye el Si extraído por el cultivo.

De tal forma que con el reciclaje de residuos de cosecha que como la cáscara de arroz, contiene elevados contenidos de Si, se han obtenido excelentes resultados en ese cultivo. La dosis de $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ permite la obtención de rendimientos sostenibles de arroz y además favorece la movilización del fósforo fijado en el suelo, Nagabovanalli *et al* (2002).

Por otra parte, en Japón y otros países asiáticos, es usual la aplicación de escorias de silicato de calcio a dosis entre 1.5 y $2.0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Savant *et al.*, 1997; Carvalho-Pupatto *et al.*, 2004; Pereira *et al.*, 2004), lográndose incrementos medios del rendimiento del 10 % y hasta el 30 % en aquellas áreas con afectaciones de *Piricularia grisea*, (Seebold *et al*, 1995 y Savant *et al*, 1997). Esta protección al ataque de plagas y enfermedades y en general al estrés biótico, se plantea que se debe a la formación de una doble capa de células silicatadas en la epidermis de las hojas que las previene de la penetración por las enfermedades (Datnoff *et al.*, 1997 y Zanao Junior *et al*, 2009). La aplicación de silicatos también posibilita que la planta de arroz desarrolle resistencia o al menos tolerancia a situaciones de estrés abiótico, como son: el *acamado*, la salinización, la toxicidad por Fe, Al y Mn, etc. (Savant *et al*, 1997).

La valoración general de los resultados obtenidos, permite recomendar la aplicación, por una vez para al menos cuatro campañas consecutivas, de la dosis de $1.4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ de CaSiO_3 a aquellos suelos de textura arenosa con tenores deficientes en este elemento.

En este sentido, como quiera que el método de Snyder (1991), no se calibró para nuestras condiciones, resulta poco adecuado emplear como Nivel Crítico del Si asimilable en el suelo, por encima del cual es poco probable encontrar respuesta a la aplicación del silicato, el de 25.0 mg kg^{-1} reportado para este método por Snyder (1991) y Korndörfer *et al.*, (2001), aunque en estos casos se trataba de suelos bien diferentes a los de la presente investigación: Histosoles; suelos pantanosos con alto contenido de materia orgánica; puesto que se encontraron valores de hasta 45 mg kg^{-1} de Si en los análisis de suelo intermedios realizados entre cosechas en los

tratamientos de los experimentos donde al siguiente año hubo aun efecto residual positivo y significativo del producto.

Recientemente, Camargo *et al.*, (2007), encontraron mejores correlaciones con la absorción de Si que realiza la planta de arroz, cuando se empleó como método para la extracción del Si asimilable del suelo, CaCl_2 0.01 mol L⁻¹.

De tal forma, que la recomendación preliminar a los productores fue la de aplicar la dosis de 1.4 t. ha⁻¹ de silicato de calcio a aquellos suelos de textura arenosa cultivados con arroz, con tenores de Si menores a 50 mg.kg⁻¹ extraídos con HAc 0.5 mol L⁻¹, de acuerdo a Snyder (1991). Resulta importante, acometer estudios para la búsqueda de alternativas nacionales a este producto importado.

CONCLUSIONES

La aplicación de silicato de calcio a los suelos de textura arenosa con contenido deficiente de Si asimilable, produjo incrementos significativos del rendimiento de arroz cáscara y la reducción de la incidencia del patógeno *Piricularia grisea*. Se obtuvo respuesta significativa del rendimiento, a la aplicación al suelo, solamente el primer año, de la dosis de 1.4 t. ha⁻¹ de silicato de calcio, durante cuatro cosechas consecutivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J.; Datnoff, L.E.; Snyder, G.H. The economics of silicon applications on rice and sugar cane in Florida. University of Florida. IFAS Extension. Doc. FE475. [en línea Julio 2009]. Disponible en: <http://www.edis.ifa.ufl.edu/pdffiles/FEFE47500/> [Consulta 17 noviembre 2010].
- Camargo, M. S.de; Pereira, H.S; Korndörfer, G.H; Queiroz, A.A.; Dos Reis, C.B. (2007): Soils reaction and absorption of silicon by rice. *Scientia Agrícola*, 64: 176-180.
- Carvalho-Pupatto, J.G.; L.T. Bull, L.T.; Rodrigues, J.D. (2002): Growth analysis of rice when influenced by metallurgy slags as source of silicon. 17 World Congress of Soil Science. Abstracts. (14-21 August 2002, Bangkok, Thailand), Vol. III, p. 892.
- Datnoff, L.E., Deren, C.W. and Snyder, G.H. (1997): Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. *Crop protection*, 16: 525- 531.
- Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D. y Rivero, L. (1999): Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Agrinfor. C. Habana, 64 p.
- Korndörfer, G.H.; Snyder, G.H.; Ulloa, M.; Powell, G; Datnoff, L.E. (2001): Calibration of soil test procedures for determining rice available silicon. *J. Plant Nutrition*, 24(7):1071-1084.
- Muñiz, O. (2008a): Funciones de los microelementos en las plantas. En su: Los microelementos en la agricultura. Editorial Agrinfor. La Habana, p. 11-24
- Muñiz, O. (2008b). Corrección de la deficiencia de los microelementos en las plantas. En su: Los microelementos en la agricultura. Editorial Agrinfor. La Habana, p. 71-96
- Nagabovanalli, B.; Nagaraj, H.; Vasuki, N.; Siddaramappa, R.; Itoh, S. (2002): Effect of recycling of plant silicon for sustainable rice farming in South India. 17 World Congress of Soil Science. Abstracts. (14-21 August 2002, Bangkok, Thailand). 2002. Vol. II, p. 698.
- Normas Cubanas 51 y 52. (1999):Calidad del Suelo. Oficina Nacional de Normalización. La Habana, Vig.
- Pereira, H.S.; Korndörfer, G.H.; Vidal, A.A.; de Camargo, M.S. (2004): Silicon sources for rice crop. *Scientia Agrícola*, 61: 522-528.
- Savant, N.K.; Snyder, G.H.; Datnoff, D.L. (1997): Silicon management and sustainable rice production. *Advances in Agronomy*, 58: 151-199.

- Seebold. K.; Datnoff. L.; Correa. F.; Snyder G. (1995): Effects of Silicon and fungicides on leaf and neck blast development in rice. *Phytopathology*, 85: 1168.
- Snyder, G.H. (1991): Development of silicon soil test for Hystosol-grown rice. Belle Glade EREC Research Report EV-1991-2. University of Florida, Belle Glade, Fl.
- Zanao Junior, L.A.; Fontes, R.L.; Ávila, V.T. (2009): Aplicacao do silicio para aumentar a resistencia do arroz a mancha parda. *Pesquisa Agropecuária Brasileir*,. 44(2): 203-206