

FERTILIZACION CON SILICIO: UNA ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN CAÑA DE AZUCAR Y ARROZ

G. H. Korndorferr, y L. E. Datnoff*

Introducción

Generalmente no se considera el silicio (Si) como parte del grupo de elementos esenciales o funcionales para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, el crecimiento y la producción de muchas gramíneas (arroz, caña de azúcar, sorgo, avena, trigo, maíz, pastos, etc.) y algunas otras especies (alfalfa, frijol, tomate y repollo) se han incrementado con el aumento de la disponibilidad de Si para las plantas (Elawad Jr. and Green, 1979; Silva, 1973).

Es necesario aclarar que el Si es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre y que la mayoría de los suelos contienen considerables cantidades de este nutriente. Por otro lado, un historial de cultivos consecutivos puede reducir el nivel de este elemento a tal punto de que sean necesarias las aplicaciones de Si al suelo para obtener rendimiento máximo. Esto ocurre principalmente en suelos muy intemperizados y altamente lixiviados (desilificados), ácidos, con bajos contenidos de Si intercambiable y una baja relación Si/sequióxidos (suelos rojos y suelos arenosos) (Brady, 1992; Silva, 1973; Soils and Rice, 1978). Los Histosoles (suelos orgánicos) también tienen limitaciones de Si disponible (Snyder et al., 1986).

El silicato de calcio ha sido utilizado como fuente de Si en la mayoría de los experimentos (Tabla 1), pero la presencia de cantidades pequeñas de otros elementos como Fe, P, Mn, etc. en el material puede traer dudas sobre la respuesta obtenida con estos experimentos. La volastonita es un silicato libre de impurezas y por esta razón muy empleado en la investigación con Si.

El material conteniendo Si debe ser aplicado solamente en forma de polvo (bien molido) porque aplicaciones de materiales gruesos no han tenido éxito. Además, los silicatos no son considerados como fertilizantes por las leyes de la mayoría de los países, y por lo tanto, no se controla la calidad. Los consumidores deben asegurarse que el producto tenga una granulometría inferior a 60 mesh. Cuando más fino es el material, mayor es la absorción de Si por las plantas (Datnoff et al., 1991).

El Si es absorbido por las plantas como ácido monosilícico $[\text{Si}(\text{OH})_4]$ (Jones y Handreck, 1967). La resistencia a las enfermedades, documentada con el uso del Si, se debe a la asociación de este elemento con los constituyentes de la pared celular, que se tornan menos accesibles a las enzimas de degradación.

La aplicación al suelo de silicatos finamente molidos es una práctica comercial en Hawái y otras partes del mundo con suelos viejos, debido a los incrementos marcados en producción obtenidos con el uso de estos materiales. El efecto positivo del uso de los

silicatos se asocia normalmente con el aumento de la disponibilidad de Si, el efecto sobre el pH, así como el efecto indirecto de los micronutrientes que estos materiales pueden contener. El Si puede actuar en la reducción de Fe y Mn, cuando estos elementos se encuentran en niveles tóxicos para las plantas.

Respuesta de arroz al Si

Las enfermedades del arroz son usualmente manejadas con el uso de cultivares resistentes o con fungicidas. La resistencia adquirida puede ser fácilmente quebrada y el uso de fungicidas ha sido cuestionado por grupos ambientalistas (Raid y Datnoff, 1990). Además los fungicidas son considerados productos de alta tecnología de elevado costo al productor, que en muchos casos no está en condiciones financieras de adquirirlos.

La fertilización con Si ha demostrado eficiencia en el control o en la reducción de la incidencia de varias enfermedades importantes en el arroz. La aplicación de Si antes de la siembra puede eliminar o reducir el número de

Tabla 1. Contenidos de Si total y soluble de diferentes fuentes usadas en los E. U.

Fuente de Si	Localidad	Si total	Si soluble
		----- % -----	
Silicato (horno eléctrico)	Alabama	18.2	3.96
Silicato (cielo abierto)	Alabama	6.88	1.72
Calcita molida	Kendrick	0.22	0.0164
Cal dolomítica	Libano	0.38	0.0234
Roca fosfórica	Florida	3.64	0.0230
Fosfato coloidal	Dunnellon	10.83	0.0220
Fuller	Georgia	35.07	0.0234

Adaptado de Bair (1966).

* Tomado de: Korndorfer, G. H., e L.E. Datnoff. 1995. Adubacao com silicio: uma alternativa no controle de doencas da cana-de-acucar e do arroz. *Informaciones Agronómicas, POTAFOS 70:1-3.*

aplicaciones de fungicidas durante el ciclo del cultivo. Un buen cultivo de arroz puede extraer 1.5 t de SiO_2/ha (Malvolta, 1978). Numerosos investigadores (Aleshin et al., 1978; Datnoff et al., 1991; Elawad y Green Jr., 1979; Kim y Lee, 1982; Nanda y Gangopadyay, 1984; Ohata et al., 1972; Osuna-Canizares et al., 1991; Ou, 1985; Takahashi, 1967; Volk et al., 1958; Yamauchi y Winslow, 1987) han demostrado que el Si reduce la severidad de varias enfermedades de importancia económica como la piricularia, la mancha parda y la escaldadura, entre otras. La incidencia de estas enfermedades tiende a disminuir con el incremento de la concentración de Si en el tejido foliar (Datnoff et al., 1991; Osuna-Canizares et al., 1991).

Estudios más recientes conducidos en suelos orgánicos (Histosoles), en la región de Everglades, Florida, han demostrado que la fertilización con silicatos es bastante efectiva para reducir la incidencia de la mancha parda, causada por *Bipolaris oryzae*, y de la piricularia, causada por *Pyricularia oryzae* (Datnoff et al., 1990; Datnoff et al., 1991). Estos estudios indican que, comparado con el testigo, la piricularia se redujo del 17 al 31% y la mancha parda del 15 al 32% cuando se aplicó Si.

Respuesta de la caña de azúcar al Si

Aun cuando no se conoce completamente las funciones del Si en la caña de azúcar, se ha determinado claramente que este elemento desempeña un papel importante en el rendimiento de este cultivo (Preez, 1970).

El Si aparece en altas concentraciones en la planta de caña de azúcar. Estas concentraciones pueden variar de 0.14% en las hojas jóvenes hasta 6.7% en las hojas viejas y en el rastrojo. En Hawai, las hojas que contienen menos del 0.5% de Si son frecuentemente afectadas por un síntoma denominado "flecking" que aparece como pequeñas manchas blancas circulares. La causa de este síntoma es aun bastante controvertida, pero la mayoría de los investigadores lo atribuyen a la falta de Si y a desequilibrios nutricionales. El apareamiento de la herrumbre en caña (*Puccinia melanocephala*) puede estar también relacionado con el síntoma referido.

Tabla 2. Efecto de la aplicación de 20 t/ha de silicato en el rendimiento de caña y de azúcar en dos localidades de la región de Everglades, Florida, E.U.

Localidad	Corte	--- Producción de caña ---		-- Producción de azúcar --	
		- Si	+ Si	- Si	+ Si
----- t/ha -----					
A	1	100.1	129.0	13.4	15.7
	2	109.6	126.6	12.9	14.6
	3	83.1	100.5	10.6	13.4
B	1	94.6	123.0	11.6	15.3
	2	89.0	118.5	10.5	14.4
	3	51.9	72.0	5.8	8.7

Adaptado de Anderson et al. (1987).

Tabla 3. Efecto de la adición de silicato y calcita en la producción de biomasa de caña de azúcar, en el contenido de Mn y en el pH de 3 suelos ácidos.

Suelo	Tratamiento	Dosis (t/ha)	Materia seca (g)	pH (H_2O)	Mn (ppm)	Relación Mn:Si
A	Testigo	0	19.7	4.67	360	0.079
	Metasilicato	4.5	22.0	5.00	270	0.038
	Metasilicato	9.0	23.2	5.27	166	0.019
	Metasilicato	18.0	23.3	5.63	69	0.006
	CaCO_3	4.5	20.6	5.13	307	0.075
	CaCO_3	9.0	21.1	5.43	197	0.059
	CaCO_3	18.0	19.1	5.82	67	0.022
	B	Testigo	0	13.6	4.49	338
Metasilicato		4.5	17.3	5.00	230	0.024
Metasilicato		9.0	18.5	5.10	128	0.013
Metasilicato		18.0	18.4	5.45	57	0.004
CaCO_3		4.5	15.8	5.87	183	0.037
CaCO_3		9.0	15.9	5.13	117	0.033
CaCO_3		18.0	16.3	5.62	57	0.019
C		Testigo	0	11.4	4.63	428
	Metasilicato	4.5	13.4	5.58	93	0.012
	Metasilicato	9.0	14.4	6.25	59	0.004
	Metasilicato	18.0	14.5	7.17	46	0.003
	CaCO_3	4.5	13.4	5.85	90	0.028
	CaCO_3	9.0	13.6	6.72	85	0.026
	CaCO_3	18.0	11.5	7.27	67	0.023

Adaptado de Preez (1970).

buyen a la falta de Si y a desequilibrios nutricionales. El apareamiento de la herrumbre en caña (*Puccinia melanocephala*) puede estar también relacionado con el síntoma referido.

El síntoma es más severo en las hojas más viejas, y en general se restringe fuertemente el área fotosintética. De acuerdo con Fox y Silva (1978), el síntoma desaparece con la aplicación de 6 t/ha de silicato.

De modo general, en los suelos tropicales altamente intemperizados, los minerales primarios y secundarios que contienen Si han desaparecido. En algunos casos, estos suelos presentan contenidos menores a 2 ppm de Si en extracto saturado. En suelos carentes de Si, la diseminación de las enfermedades es rápida, la maduración se retrasa y se reduce la cantidad de sólidos solubles en el jugo de la caña (Bair, 1996). Los incrementos en rendimiento varían entre 10 y 35% (Kindder y Gascho, 1977). La posibilidad de que aparezcan efectos en la concentración de azúcar son menores. En la Tabla 2 se presentan parte de los resultados obtenidos por Anderson et al. (1987), con la aplicación de 20 t/ha de silicato inmediatamente antes de la siembra.

Datos de Preez (1970), indican que el aumento en el rendimiento de caña logrado en parcelas a las que se añadió de Si (metasilicato de calcio; CaSiO_3) está asociado con el incremento de este elemento en la planta, mientras que los incrementos de rendimiento logrados en los tratamientos con carbonato de calcio estuvieron acompañados con una reducción en el contenido Si en las hojas, sin embargo, los rendimientos obtenidos en los tratamientos con Si fueron superiores a los obtenidos en los tratamientos con cal, en los tres tipos de suelo donde se condujo el experimento (Tabla 3).

Bibliografía

- Aleshin, N. E., E. R. Avakyan, S.A. Dyakunchak, E. P. Aleshkin, V.P. Baryshok, M. G. Voronkov. 1987. Role of silicon in resistance of rice to bruzone. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 291(2):217-9.
- Anderson, D. L., D. B. Jones, G.H. Snyder. 1987. Response of a rice-sugarcane rotation to calcium silicate slag on Everglades Histosols. *Agronomy Journal*, Madison, 79:531-5.
- Bair, R. A. 1966. Leaf silicon in sugarcane, field corn and St. Augustine grass grown on some Florida soils. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, Gainesville, 26:63-70.
- Brady, N. C. 1992. The nature and properties of soils. 10 ed. New York, Macmillan Publishing Co., p. 179-200.
- Datnoff, L. E., R. N. Raid, G.H. Snyder, D. B. Jones. 1991. Effect of calcium silicate on bruzone and brown spot intensities and yields of rice. *Plant Disease*, 75: 729-32.
- Elawad, S. H., and V. E. Green Jr. 1979. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. *Revista IL Riso*, 28, 235-53.
- Fox, R. L., and J. A. Silva. 1978. Symptoms of plant malnutrition: silicon, and agronomically essential nutrient for sugarcane. In: *Illustrated concepts in tropical agriculture*. Agriculture and Human Resources University of Hawaii, N° 8.
- Jones, L. H. P., and K. A. Handreck. 1967. Silica in soils, plants and animals. *Advances in Agronomy*, New York, 19:107-49.
- Kidder, G., and G. J. Gascho. 1977. Silicate slag recommended for specified conditions in Florida sugarcane. *Agronomy Fact*, Florida Cooperative Extension Service, University of Florida, N° 65.
- Kim, C. K., and S. C. Lee. 1982. Reduction of the incidence of rice neck bruzone by integrated soil improvement practice. *Korean J. Plant Prot.*, 21:15.
- Malavolta, E. 1978. Nutricao e adubacao do arroz irrigado. Sao Paulo, Ultrafértil, 64 p.
- Nanda, H. P., and S. Gangopadhyay. 1984. Role of silicated cells in rice leaf on brown spot disease incidence by *Bipolaris oryzae*. *Int. J. Tropical Diseases*, 2:89-98.
- Ohata, K., C. Kubo, K. Kitani. 1972. Relationship between susceptibility of rice plant to *Helminthosporium blight* and physiological changes in plants. *Bull. Shikiku Agric. Exp. Stn.*, 25:15-19.
- Osuna-Canizales, F. J., S. K. Datta de, J. M. Bonman. 1991. Nitrogen form and silicon nutrition effects on resistance to bruzone disease of rice. *Plant and Soil*, The Hague, 135:223-31.
- Preez, P. 1970. The effect of silica on cane growth. *The South African Sugar Technologists's Association Proceedings*. p. 183-8.
- Raid, R. N., and L.E. Datanoff. 1990. Loss of the EDBC fungicides: impact on control of downy mildew of lettuce. *Plant Disease* 74:829-31.
- Silva, J. A. 1973. Plant, mineral nutrition. *Mc Graw-Hill Book Co. Inc., Yearbook of Science and technology*.
- Snyder, G. H., D. B. Jones, G. L. Gascho. 1986. Silicon fertilization of rice on Everglades Histosols. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 50:1259-63.
- Soils and Rice. 1978. *International Rice Research Institute*. Los Baños, Philippines, 825 p.
- Takahashi, Y. 1967. Nutritional studies in the development of *Helminthosporium* leaf spot. In: *Rice Diseases and their Control by Growing Resistant Varieties and Other Measures*. Symposium on Tropical Agriculture researchers. Proceedings. Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council, p. 157-70.
- Volk, R. J., R. P. Kahn, R. L. Weintraub. 1958. Silicon content of the rice plant as a factor influencing its resistance infection by the bruzone fungus *Piricularia oryzae*. *Phytopathology*, St. Paul, 48:121-78.
- Yamauchi, M., and M. D. Winslow. 1987. Silica reduces disease on upland rice in a high rainfall area. *IRRI*, 12:622-3. ♦