

Estudio sobre la aplicación de Silicio hidrosoluble en el cultivo de arroz

Luis Armando Castilla Lozano

I.A. M.Sc. Ph.D Fedearroz Ibagué-Fondo Nacional del Arroz

INTRODUCCIÓN

El Silicio es tomado en gran cantidad por la planta de arroz, sin embargo por su abundancia en la naturaleza no es tenido en cuenta como un nutrimento esencial y ha sido ignorado en los planes de fertilización. En un suelo continuamente inundado se presenta incremento en la disponibilidad de sílice. La solubilidad de la sílice aumenta con el tiempo de inundación del suelo, pero depende del contenido de materia orgánica del suelo y es independiente del pH. Se ha observado que las deficiencias de fósforo disminuyen con las aplicaciones de silicatos solubles, en suelos deficientes en fósforo asimilable, gracias al desplazamiento que hace el ion silicato del fosfato en la molécula fijadora de fósforo (Imazumi y Yoshida, 1958).

La deficiencia de silicio aumenta la absorción de hierro y manganeso por las plantas. Las plantas de arroz desarrolladas en ausencia de silicio presentan síntomas por toxicidad de hierro, los cuales desaparecieron cuando se aplica silicio. Parece que los silicatos evitan la absorción excesiva de hierro y manganeso y que un adecuado suplemento de silicio es esencial para un normal crecimiento de las plantas de arroz (Okuda y Takahashi, 1961) - (1965). Efectos benéficos de la aplicación de silicio son reportados en suelos degradados de Corea, Japón, Taiwán y algunas zonas de Tailandia. Estos beneficios se reflejan en un incremento en la eficiencia de la utilización del nitrógeno, potasio y fósforo aplicados en altas cantidades, una mayor resistencia al ataque de insectos y patógenos y tolerancia de la planta a desórdenes nutricionales (Lían, 1976; citado por Chang, 1978).

El silicio mantiene un balance en la *economía del agua por la planta* y puede incrementar la actividad fotosintética (Yoshida, 1975; citado por Chang, 1978). La aplicación de silicio es una práctica común en suelos degradados de Japón y Corea, presentándose incrementos en los rendimientos de alrededor del 10%.

El arroz es una de las especies que mayor cantidad de silicio absorbe, el contenido en la planta varía entre el 2 y 15%, removiendo del suelo entre 50 y 110 kg de silicio por tonelada de grano, superando a elementos como el potasio y nitrógeno (Dobermann y Fairhurst, 2000; Marschner, 1995).

La absorción depende de la zona de ubicación del cultivo. Ensayos en Colombia empleando la variedad Fedearroz 369 reportan absorciones de 49,2 kg de silicio por tonelada de arroz paddy para la meseta de Ibagué. Con la misma variedad en época de buena oferta ambiental del municipio de Aipe (Huila), la absorción es de 39,9 kg y en baja oferta ambiental del mismo municipio la absorción solo llega a 20 kg de silicio (Castilla, 2006; Arévalo y Castilla, 2008). Así mismo, en una misma localidad se presentan diferencias entre variedades: Fedearroz 473 presenta valores de absorción de silicio de 39,7 kg por t de arroz paddy, mientras que Fedearroz 50 alcanza los 56,9 kg por t (Castilla, 2006).

Los niveles de silicio en arroz generalmente se encuentran por encima de un 5% en las hojas, por debajo de este nivel se considera que existe deficiencia, e inferior al 3% genera reducción en la producción (Snyder et al., 1986), en especial esta condición ocurre en los Histosoles, en donde cosechas continuas y bajos



Al aplicar Silicio en la variedad Fedearroz-50 se observó un aumento en el porcentaje de espiguillas llenas, disminuyendo el vaneamiento del arroz.

niveles nativos han generado deficiencia de este elemento. En la Florida se encuentran valores de silicio en hojas de $3,05 \pm 0,78 \%$ y de $5,47 \pm 1,27 \%$ en el tamo seco (Kraska y Breitenbeck, 2010). Por tal razón dentro de los planes de fertilización para este tipo de suelos debe considerarse la aplicación de silicio como parte del manejo integral de la nutrición, mejorando la producción en un 30% realizando aplicaciones de 10 t. ha^{-1} (Snyder et al., 1986), al mismo tiempo mejorando la respuesta de la planta al ataque de enfermedades por un mejor nivel de silicio en las hojas (Deren et al., 1994; Winslow, M. D. 1992; Datnoff et al., 1991). Posiblemente las bajas producciones encontradas en las zonas tropicales puedan atribuirse a los bajos niveles de silicio de los suelos comparados con los presentados en zonas templadas o subtropicales (Savant et al., 1997).

A pesar de las investigaciones realizadas se sigue considerando como un elemento no esencial para las plantas, pero las respuestas en campo son notorias siendo un elemento que es tomado por algunas plantas en grandes cantidades, en el caso del arroz su absorción supera a la del potasio y al nitrógeno, llegando a valores superiores a los 250 kg. ha^{-1} (IFA, 1992). Según Epstein (2009), el rol fundamental otorgado al silicio en la evolución es la defensa de las plantas a factores bióticos (ataque de plagas y enfermedades) y abióticos (condiciones ambientales adversas, toxicidad, sales y sequía). Esta defensa se basa en una protección física, acumulación de silicio en estructuras y una defensa química que se expresa mediante genes y que genera una mayor actividad de algunas enzimas o puede ser precursora de metabolitos secundarios

como fenoles y ácidos salicílico y jasmónico (Luengas, 2010).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta del arroz a la aplicación de silicio hidrosoluble vía edáfica y foliar en suelos con < 5 ppm de Si disponible.

MARCO DE REFERENCIA

Los niveles de silicio en la planta dependen del grado de meteorización del suelo, siendo los suelos con bajo intemperismo de mejor aporte y los suelos que tiene un mayor grado de intemperismo los que presentan menores cantidades de silicio disponible para las plantas (Henriet et al., 2008), siendo necesaria la restitución en el corto plazo para mejorar la nutrición de las plantas y en el largo plazo como materia prima en la formación de arcillas del suelo. Savant et al. (1997), determinan que la cantidad de silicio en el suelo es proporcional al grado de evolución del mismo, mencionan cómo las mayores cantidades de este elemento se encuentran en los molisoles y las menores en los oxisoles. El silicio es el mayor constituyente de la porción inorgánica del suelo donde existe en forma de cuarzo y varios tipos de silicato. La solubilidad de estos compuestos es generalmente baja. Los más solubles parece que existen en los Hydroaluminosilicatos amorfos.

En relación con valores críticos para recomendaciones de fuentes silicatadas en el Japón es < 105 ppm, Corea <100 ppm y

Taiwán < 40 ppm de SiO_2 en el suelo. El contenido crítico de SiO_2 en tejido en Japón es <11%, en Corea <10% y en Taiwán de <9%. En Estados Unidos valores menores de 24 ppm de Si (48 ppm de SiO_2) en el suelo y 3,4% en el tejido se consideran críticos. En Colombia trabajos realizados por Bejarano y Ordoñez (1999), registran respuesta del arroz a la aplicación de silicio como silicato de potasio y Magnesio con valores en el suelo de 54 ppm de SiO_2 , y entre 8 y 10% de SiO_2 en el tejido. En la meseta de Ibagué se ha encontrado respuesta al silicio en suelos con un contenido < 10

Quick-Sol es un producto de silicio soluble en agua. Este producto, ha sido químicamente elaborado para proveer a la industria agrícola de un producto que permita suministrar y hacer accesibles los elementos necesarios para mantener los suelos y plantas en un nivel de salud adecuado.

ppm de Si disponible o 21 ppm de SiO_2 y contenidos de materia orgánica < 1% (Castilla, 2001).

Investigaciones realizadas en Colombia en un suelo donde se presentaban contenidos muy bajos de sílice soluble y de materia orgánica, pero contenidos muy altos de sílice total, mostraban que el parámetro más importante está relacionado con la fracción soluble en agua del silicio (ácido monosilícico u orthosilícico H_4SiO_4). Las plantas de arroz absorben el silicio de la solución del suelo en la forma de ácido monosilícico u orthosilícico (Barber and Shone, 1966; Lewin and Reinmann, 1969; Yoshida, 1975 citados por Savant).

La pérdida de materia orgánica, la quema del tamo del arroz, la menor disponibilidad de agua para riego han conducido a tener niveles de sílice soluble o disponible para la planta de arroz en valores que no son suficientes para todo su requerimiento, llevando a la utilización de fuentes silicatadas para garantizar un óptimo crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. En el agua de riego se encontró el silicio en concentraciones medias (16,5 mg/l como SiO_2), sin embargo la tendencia de manejar el arroz riego mediante mojes hace que la disponibilidad de este nutrimento para el arroz sea menor en comparación con años anteriores donde se disponía de mayores caudales de riego, por lo cual al tener una disminución en el módulo de riego es posible que la planta de arroz necesite de una





adición de sílice soluble para completar sus requerimientos mediante la vía de la fertilización silicatada.

Estudios realizados con la aplicación de silicio encontraron un efecto sobre los componentes de rendimiento donde el número de espiguillas llenas por panícula fue mayor en los tratamientos que llevaba silicio, presentando diferencias importantes en comparación al testigo.

Con la aplicación de silicio se ha determinado que la absorción de fósforo es superior. Los contenidos foliares de potasio superaron en todos los tratamientos el nivel adecuado de este elemento en la planta de arroz. Igualmente el contenido de potasio fue superior en los tratamientos donde se aplicó silicio. El contenido de silicio, supera el nivel adecuado (>5%), según la escala de Winslow (1995). Estos resultados son similares a los obtenidos por Ordoñez (1999) en suelos de los Llanos Orientales en los cuales el contenido foliar del elemento varió entre 5 y 8%, con la aplicación de silicio presentándose diferencias entre variedades.

Al aplicar Silicio en la variedad Fedearroz-50 se observó un aumento en el porcentaje de espiguillas llenas, disminuyendo el vaneamiento del arroz donde se aplicó silicio. En cuanto a la severidad de *Sarocladium*, se presentó una menor severidad a medida que aumentaba la dosis de silicio. Igualmente se encontró respuesta estadística al nivel del 5% en índice de pilada por aplicación de Silicio, en donde al aplicar 100 Kg. SiO₂/ha se registró 61% de grano excelso, siendo superior al testigo que presentó un Índice de Pilada de 57%. Con relación a grano partido se presentaron

diferencias estadísticas significativas con la aplicación de silicio, en el cual se obtuvieron los menores valores de grano partido con la aplicación de 50 y 100 Kg. SiO₂/Ha (3,9 y 5,8% respectivamente), los cuales fueron inferiores al testigo que presentó 8,3% de grano partido.

En otro experimento se encontró que suelos que han sido sometidos a un uso intensivo de maquinaria han originado problemas de sellamiento y compactación, los cuales han sufrido un proceso acelerado de pérdida de materia orgánica, en estos suelos las plantas de arroz son más susceptibles a la incidencia y severidad de Helminthosporiosis. La fertilización con Silicio en esta clase de suelos es importante debido a que su ausencia en el plan de fertilización incrementa la severidad de Helminthosporium a 13,2%, mientras que en donde se aplicó

Silicio el porcentaje de severidad de Helminthosporium fue de 4,3%. La aplicación de Silicio estimuló a la planta a una mayor absorción de Fósforo, Potasio, Calcio, Azufre, Silicio y Manganeso, y su ausencia afectó la absorción de Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Cobre, Zinc, Hierro y Manganeso. A medida que la concentración de materia orgánica en el suelo aumenta a un contenido de 2,0%, la incidencia y severidad de Helminthosporium se disminuye a valores entre 1,5 y 2,6%, y la respuesta de la planta de arroz a las aplicaciones de silicio es baja. (Figura 1, Tabla 1).

MATERIALES Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN

Se realizaron diferentes experimentos en tres sitios de la zona arrocerca del Tolima:

Figura 1. Efecto de la fertilización con Silicio en la Severidad de Helminthosporiosis en Fedearroz 50.

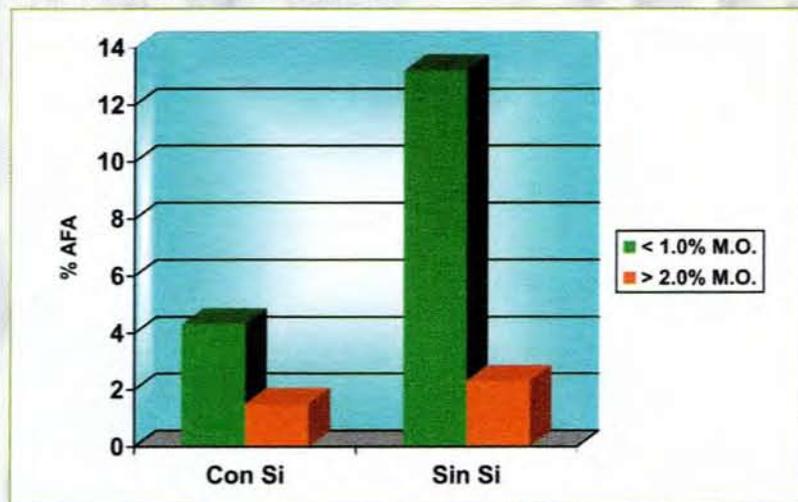


Tabla 1. Efecto del Silicio en la absorción de nutrientes por la planta de arroz

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Zn	Mn
	%						Ppm				
Con Si	2.5	0.19	3.8	0.71	0.63	3.4	21.5	13	212	23	207
Sin Si	2.6	0.13	2.8	0.16	0.24	1.5	24.5	8	62	8	9

1. Saldaña: Centro experimental las lagunas de Fedearroz.
2. Ibagué: Finca Potrerito
3. Ambalema: Finca Pajonales

EXPERIMENTOS

Sitio 1: Centro experimental Las Lagunas, Saldaña.

1. Evaluación de diferentes dosis: 0, 1, 2 y 3 l/ha aplicados en diferentes épocas.
2. Épocas de aplicación: al momento de la siembra dirigida al suelo, al inicio del macollamiento, durante el macollamiento, y al inicio del primordio floral.

Tratamientos:

Tratamiento 1	Siembra
Tratamiento 2	a 15 dde
Tratamiento 3	a 30 dde
Tratamiento 4	a 45 dde
Tratamiento 5	Testigo

Sitio 2: Finca Potrerito, Ibagué.

Se evaluó la dosis de 1,5 l/ha de silicio hidrosoluble aplicada en diferentes épocas.

Épocas de aplicación de la dosis de 1,5 l/ha:

1. Al inicio del macollamiento (0,75 l/ha) y al inicio del primordio floral (0,75 l/ha)
2. Al embuchamiento (1,5 l/ha)
3. Al inicio de floración (1,5 l/ha)
4. Durante el macollamiento (0,75 l/ha) y Embuchamiento (0,75 l/ha)
5. Al inicio del primordio floral (0,75 l/ha) y al inicio de floración (0,75 l/ha).
6. Al inicio del macollamiento (0,5 l/ha), durante el macollamiento (0,5 l/ha) y al inicio del primordio floral (0,5 l/ha).
7. Al inicio del macollamiento (0,5

l/ha), al inicio del primordio floral (0,5 l/ha) y embuchamiento (0,5 l/ha).

8. Durante el macollamiento (0,5 l/ha), embuchamiento (0,5 l/ha) y al inicio de la floración (0,5 l/ha).
9. Testigo sin aplicación.

Sitio 3. Finca Pajonales, Ambalema.

Se evaluó la dosis de 1,5 l/ha con diferentes proporciones de la fertilización, la aplicación del Silicio hidrosoluble se hizo 3 días antes de cada fertilización.

Proporciones de la fertilización:

Tratamiento 1	0% N-P-K
Tratamiento 2	50% N-P-K
Tratamiento 3	75% N-P-K
Tratamiento 4	100% N-P-K

Silicio hidrosoluble (Quick-Sol)

Quick-Sol es un producto de silicio soluble en agua. Este producto, ha

sido químicamente elaborado para proveer a la industria agrícola de un producto que permita suministrar y hacer accesibles los elementos necesarios para mantener los suelos y plantas en un nivel de salud adecuado. Su composición química lo hace pertenecer a la familia del silicio sódico ionizado, contiene calcio, hierro, ácido húmico, ácido fúlvico, silicio, sodio, cobre, magnesio, manganeso y zinc.

Contenido garantizado

SILICIO TOTAL:	302,00 g/l
POTASIO (K ₂ O):	3,31 g/l
CALCIO (Ca):	1,76 g/l
MAGNESIO (Mg):	5,66 g/l
HIERRO (Fe):	1,55 g/l
SODIO (Na)	83,00 g/l

Características de Quick-Sol

- Biodegradable
- Surfactante superior
- Soluble en agua





- Certificado para uso orgánico
- Estimulante microbial
- Nutriente vegetal
- No es tóxico

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sitio 1: Centro experimental Las Lagunas, Saldaña.

Se evaluaron diferentes dosis: 0, 1, 2 y 3 l/ha de silicio hidrosoluble (Quick-Sol) aplicados en diferentes épocas. Las épocas de aplicación fueron al momento de la siembra dirigida al suelo, al inicio del macollamiento, durante el macollamiento, y al inicio del primordio floral. Con la aplicación de 1,0 y 2,0 l/ha de silicio hidrosoluble entre la siembra y el macollamiento, se encontró un mayor macollamiento y rendimiento teniendo un mayor número de granos por panícula.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Espiguillas llenas	15	0.63	0.48	9.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1191.06	4	297.77	4.26	0.0287
TRATAMIENTO	1191.06	4	297.77	4.26	0.0287
Error	698.82	10	69.88		
Total	1889.88	14			

Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 22.46200

Error: 69.8820 gl: 10

TRATAMIENTO	Medias	n		
5.00	73.13	3	A	
4.00	90.00	3	A	B
1.00	92.73	3	A	B
3.00	95.20	3	A	B
2.00	98.83	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

la prosperidad en el campo
es futuro para Colombia

ICR



Solicite en su entidad financiera un crédito con Incentivo a la Capitalización Rural ICR, que ofrece el Ministerio de Agricultura a través de FINAGRO y haga próspero el campo colombiano

PBX: (57-1) 320 3377 - Fax: (57-1) 338 0197
 Línea gratuita nacional Multicontacto FINAGRO:
 Bogotá (57-1) 595 3522, Resto del país Agrolínea 018000 912219
 Carrera 13 No. 28-17 Pisos 2 al 5
 Bogotá D.C. - Colombia
www.finagro.com.co



Figura 2. Efecto de la dosis de Quick-Sol sobre el macollamiento del arroz.

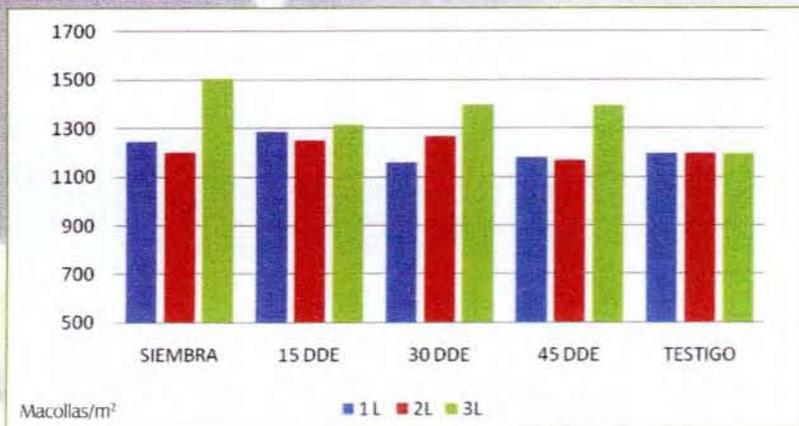
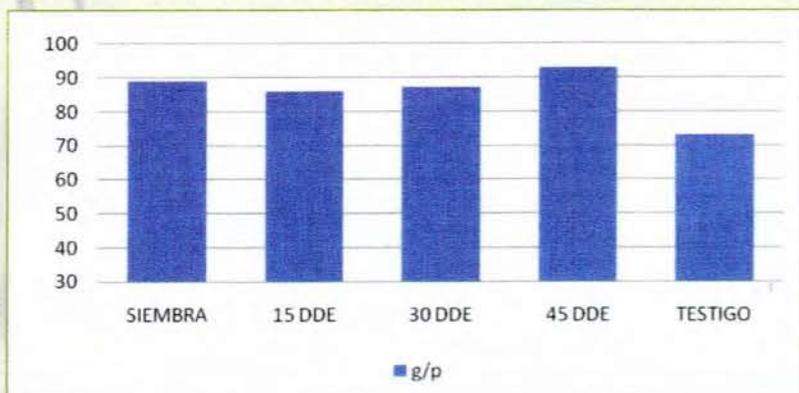


Figura 3. Efecto de la dosis de Quick-Sol sobre el llenado de grano del arroz.



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% IP	15	0.63	0.48	2.17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	29.81	4	7.45	4.29	0.0282
TRATAMIENTO	29.81	4	7.45	4.29	0.0282
Error	17.38	10	1.74		
Total	47.19	14			

Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 3.54234

Error: 1.7380 gl: 10

TRATAMIENTO	Medias	n		
4.00	58.20	3	A	
2.00	60.47	3	A	B
5.00	61.00	3	A	B
3.00	61.13	3	A	B
1.00	62.53	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Con la aplicación de 2,0 l/ha de silicio hidrosoluble se determino un mayor índice de pilada cuando se aplico a la siembra.

Sitio 2: Finca Potrerito, Ibagué.

Evaluación de la dosis de 1,5 l/ha de silicio hidrosoluble (Quick-Sol) aplicados en diferentes épocas.

Épocas de aplicación de la dosis de 1,5 l/ha:

1. Al inicio del macollamiento (0,75 l/ha) y al inicio del primordio floral (0,75 l/ha).
2. Al embuchamiento (1,5 l/ha)
3. Al inicio de floración (1,5 l/ha)
4. Durante el macollamiento (0,75 l/ha) y embuchamiento (0,75 l/ha).
5. Al inicio del primordio floral (0,75 l/ha) y al inicio de floración (0,75 l/ha).
6. Al inicio del macollamiento (0,5 l/ha), durante el macollamiento (0,5 l/ha) y al inicio del primordio floral (0,5 l/ha).
7. Al inicio del macollamiento (0,5 l/ha), al inicio del primordio floral (0,5 l/ha) y embuchamiento (0,5 l/ha).
8. Durante el macollamiento (0,5 l/ha), embuchamiento (0,5 l/ha) y al inicio de la floración (0,5 l/ha).
9. Testigo sin aplicación

Los tratamientos que presentaron un mayor rendimiento fueron el (7), el cual corresponde a la aplicación del silicio hidrosoluble al inicio del macollamiento (0,5 l/ha), al inicio del primordio floral (0,5 l/ha) y embuchamiento (0,5 l/ha), (2) al embuchamiento (1,5 l/ha) y (1) al inicio del macollamiento (0,75 l/ha) y al inicio del primordio floral (0,75 l/ha), con incrementos entre 400 a 900 kg/ha.

Tabla 2. Rendimiento con la aplicación de Quick-Sol en diferentes épocas.

Tratamiento	t/ha	g.v/p	%IP
Testigo	7,3	33	63
IM-IPF-E	8,3	29	64
E	7,8	26	65
IF	7,6	23	65
IM-IPF-E	7,8	23	63

IM = Inicio de macollamiento, IPF = Inicio primordio floral, E = Embuchamiento, IF = Inicio de floración.

Dosis de aplicación por tratamiento 1,5 l/ha en 200 litros de agua, sin mezclar con ningún agroquímico, ya que la mezcla con otro producto químico incluyendo adherentes o pegantes precipitan el silicio, sin mostrar resultado alguno la aplicación del silicio hidrosoluble.

Sitio 3. Finca Pajonales, Ambalema.

Se evaluó la dosis de 1,5 l/ha con diferentes proporciones de la fer-

tilización, la aplicación del silicio hidrosoluble (Quick-Sol) se hizo 3 días antes de cada fertilización.

Proporciones de la fertilización evaluadas:

- Tratamiento 1 0% N-P-K
- Tratamiento 2 50% N-P-K
- Tratamiento 3 75% N-P-K
- Tratamiento 4 100% N-P-K

Con el 100% de la fertilización más silicio hidrosoluble (Quick-Sol) se

encontró un mayor macollamiento. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) donde la fertilización es más eficiente con la aplicación de silicio hidrosoluble encontrándose incrementos en rendimiento de 1,0 t/ha con respecto al testigo sin fertilización. El incremento en rendimiento se explica por un mayor número de granos por panícula.

CONCLUSIONES

Con relación a las diferentes dosis de silicio hidrosoluble aplicados en varias épocas, en Saldaña-Centro Experimental Las Lagunas, se vio que la aplicación entre la siembra y el macollamiento fue importante para tener un mayor número de granos por panícula, menor vaneamiento, mejor calidad en el cultivo de arroz y rendimiento.

Figura 4. Aplicación de silicio hidrosoluble (Quick-Sol) en diferentes épocas en Ibagué-Finca Potrerito.



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REND Kg/Ha	12	0.70	0.59	5.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1743489.58	3	581163.19	6.29	0.0169
TRATAMIENTO	1743489.58	3	581163.19	6.29	0.0169
Error	739583.33	8	92447.92		
Total	2483072.92	11			

Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 795.04234

Error: 92447.9167 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n		
1.00	5541.67	3	A	
2.00	5750.00	3	A	B
3.00	6125.00	3	A	B
4.00	6541.67	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

En la evaluación de la dosis apropiada se vieron efectos con todas

las dosis evaluadas entre 1,0 a 4,0 l/ha de silicio hidrosoluble.

En el experimento realizado en Ibagué, Finca Potrerito, los tratamientos aplicados con silicio hidrosoluble (7) al inicio del macollamiento (0,5 l/ha), al inicio del primordio floral (0,5 l/ha) y embuchamiento (0,5 l/ha), (2) al embuchamiento (1,5 l/ha) y (1) al inicio del macollamiento (0,75 l/ha) y al inicio del primordio floral (0,75 l/ha), presentaron los mayores rendimientos con incrementos entre 400 a 900 kg/ha con respecto al testigo sin aplicación.

En el estudio que se realizó en Ambalema, Finca Pajonales, se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) donde la fertilización fue más eficiente cuando se hizo con la aplicación de silicio hidrosoluble encontrándose incrementos en rendimiento de 1,0 t/ha con respecto al testigo sin fertilización, por presentar un mayor número de granos por panícula.

Con relación a las diferentes dosis de silicio hidrosoluble aplicados en varias épocas, en Saldaña-Centro Experimental Las Lagunas, se vio que la aplicación entre la siembra y el macollamiento fue importante para tener un mayor número de granos por panícula, menor vaneamiento, mejor calidad en el cultivo de arroz y rendimiento.



En el cultivo de arroz se recomienda aplicar silicio hidrosoluble en suelos con deficiencias en silicio

soluble que corresponden aquellos con baja concentración de materia orgánica, sistemas de riego corrido y seco, texturas arenosas en el momento de la siembra a macolla-

miento en dosis de 1,0 l/ha e Inicio de primordio a embuchamiento y floración en dosis de 0,5 a 0,75 l/ha en mezcla de 200 litros de agua sin mezclar con otros agroquímicos.

Literatura citada

- BESOAIN, E. 1985. Mineralogía de arcillas de suelos. 2da ed. IICA, San José de Costa Rica. 1.025 p.
- CALDERÓN, F. 1980. El factor "silicio en el cultivo del arroz en Colombia". En: Arroz. Vol. 29 No. 309. Bogotá, Colombia. 1980. Pp. 8-11.
- CASTILLA, A. y GUZMÁN, P. 2000. Efecto Adverso de la fertilización Potásica en suelos con alto contenido de Potasio sobre la enfermedad Mancha Parda o Helminthosporiosis (*Bipolaris oryzae*). En: Revista Arroz Vol. 49 No. 426 pp. 6-9. FEDEARROZ Bogotá.
- CASTILLA, A. 2000. Factores que afectan la eficiencia de la fertilización en el cultivo del Arroz. En: Fundamentos Técnicos de los fertilizantes y la fertilización en el cultivo del Arroz. Ibagué. Colombia.
- CASTILLA, L. A. y GUZMÁN, P. 2002. Relación entre la nutrición y la presencia de enfermedades en la planta de arroz. Arroz Vol. 50 No. 440. Bogotá.
- CASTILLA, L. A. y GONZALEZ, A. 2001. Respuesta del arroz, variedades Fedearroz 50 y Oryzica 1 a la fertilización silicatada. Investigaciones agronómicas del cultivo de arroz en el Tolima. Ibagué.
- CASTILLA, L.A. 2001. Fertilización y nutrición, factores claves en el cultivo del arroz. Arroz. Vol. 50, No. 434. Bogotá.
- CASTILLA, L. A. 2006. Demanda nutricional de variedades de arroz en la zona del Tolima. Revista Arroz. Vol. 54 No. 465. Nov-Dic de 2006.
- CASTILLA, L. A. ARÉVALO, E. 2008. Efecto del ambiente sobre la nutrición de la planta de arroz. Revista Arroz. Vol. 56 No. 475. Jul-Ago de 2008.
- CHANG, S.C. 1978. Evaluation of the fertility of rice soils. Soils and rice. IRRI. Filipinas.
- DATNOFF, L. E.; RAID, R. N.; SNYDER, G. H.; JONES, D. 1991. Effect of calcium silicate on blast and Brown spot intensities and yields of rice. Plant Disease. 75(7):729-732.
- DEREN, C.; W. DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. 1994. Silicon Concentration, Disease Response, and Yield Components of Rice Genotypes Grown on Flooded Organic Histosols. Crop Science 34:733-737 (1994).
- DOBERMAN, A.; FAIRHURST, T. 2000. Arroz, Desordenes nutricionales y manejo de nutrientes. Potash and Phosphate Institute of Canada. p.214.
- EPSTEIN, E. 2009. Silicon: Its manifold roles in plants. Annals of Applied Biology. 155 (2009)155-160.
- FARMER, V. C.; DELBOS, E. J.; MILLER, D. 2005. The role of phytolith formation and dissolution in controlling concentrations of silica in soil solution sand streams. Geoderma 127 (2005) 71-79.
- GUZMÁN, P. y CASTILLA, A. 2000. Efecto de la Fertilización y Nutrición sobre la incidencia de pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae*) En: Revista Arroz. Volumen 49 No. 426. Pp 28-31.
- FASSBENDER, H. W.; BORNEMISZA, E. 1994. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. 2da ed. IICA, San José de Costa Rica. 420 p.
- IMAUZUMI, K. and YOSHIDA, S. 1958. Edafological studies on silicon supplying power on paddy fields. Nogyo Gijutu Kohoko, Ser. B, No.8., pp. 261-304.
- KRASKA, J. E.; BREITENBECK, G. A. 2010. Survey of the Silicon Status of Flooded Rice in Louisiana. Agronomy Journal 102:523-529 (2010).
- KORNDORFER G.H.; COELHO, N.M.; SNYDER, G.H.; MIZUTANI, C.T. 1999. Avaliao de metodos de extracao de silicio em solos cultivados com arroz de sequeiro. Rev. Bras. Cie. Solo 23: 101-106.
- KORNDORFER, G.H. 2001. Calibration of soil and plant silicon analysis for rice production. Journal of plant nutrition, 24(7), 1071 - 1084. Florida.
- LORA, R. 2001. El silicio en la agricultura con énfasis en la producción de arroz. Los elementos secundarios (Ca, Mg, S) y el silicio en la agricultura. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá.
- LUENGAS, G. 2010. SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN Evaluación de diferentes metodologías de extracción de silicio en diferentes órdenes de suelo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- MALAVOLTA, E. and MALAVOLTA, M. L. 1989. Diagnose foliar - principios e aplicações. En: "Interpretação de Análise Química do Solo e plantas para fins de Abudação" p. 227-308. L.T. Bull & C.A. Rosolem, ed. Fuñ. Est. e Pesq. Agric. e Florestais. Botucatu. 360 p.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral Nutrition of higher Plants. Academic Press. Hartcourt Brace and Company, Publishers. Second edition, 888 p.
- OKUDA, A. and TAKAHASHI, E. 1961. Effect of silicon supplying peop on the growth of rice plant an nutrients uptake. Pp. 418.
- ORDOÑEZ, Ricardo C. y BEJARANO, Myriam. 1999. "Respuesta del cultivo de arroz a la aplicación de sílice en los Llanos Orientales". En: Arroz. Vol. 48 No. 419. Santafé de Bogotá - Colombia. Marzo- Abril. Pp. 20-30.
- SAVANT, N. K. et al. 1997. Silicon Management and Sustainable Rice Production. En: Advances in Agronomy, Vol. 58.
- SAVANT, N.K.; SNYDER G.H.; and DATNOFF, L.E. 1997. Silicon management and sustainable rice production. Florida.
- SNYDER, G. H. JONES, D. B. GASCHO, G. J. 1986. Silicon Fertilization of Rice on Everglades Histosols. Soil Science Society American Journal 50:1259-1263 (1986)
- TAKAHASHI, K. 1981. Effect of slags on growth and silicon uptake by rice plants and the available silicates in paddy soils. B. Shikoku National Agricultural Experiment Station. Japan. 38:75-114, 1981.
- WINSLOW, M. D. 1992. Silicon, Disease Resistance, and Yield of Rice Genotypes under Upland Cultural Conditions. Crop Science 32:1208-1213 (1992).
- WINSLOW, M. D. 1995. Silicon: A new macronutrient deficiency in upland rice. Working Document. No. 149. CIAT. Cali - Colombia. June 30.