

MANEJO DE SUELOS CAÑEROS CON PRESENCIA DE ALUMINIO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE CENTRAL MOTZORONGO S.A. DE C.V.

Israel A. Gomes J.¹, Genaro-Pantaleón P.¹, Armando E. Hernández C.²

¹ Central Motzorongo S.A. de S.V. e-mail:
igj1956@yahoo.com.mx, Tel.: (278) 73-63233, 63234 ext. 212.

² Centro Experimental Regional Motzorongo A. C.

Resumen

Los suelos del área de influencia de Central Motzorongo son muy diversos, debido a las condiciones edafo-climáticas y factores de formación predominantes, donde el uso de fertilizantes y altas tasas de extracción de nutrientes del cultivo, han acelerado su proceso natural de acidificación, y la concentración de aluminio intercambiable en el suelo se encuentra entre 750 y 1000 ppm provocando un grave problema que limita el aprovechamiento óptimo de los nutrientes, que la caña de azúcar requiere para su óptimo desarrollo y por tanto, no hay un sistema radicular adecuado, menor amacollamiento, elongación de los tallos y baja productividad del cultivo. El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar productos que tienen la capacidad de contrarrestar el efecto tóxico del aluminio, para lo cual se estableció un experimento con 14 tratamientos, en ciclo planta en el cultivar MotzMex 01-403 y en Resoca en la CP 72-2086, cada tratamiento con cuatro repeticiones para ambos ciclos, los cuales se distribuyeron en bloques al azar, cada parcela experimental contó con 6 surcos de 12 metros de longitud y 4 surcos centrales como parcela útil. En el ciclo planta el tratamiento con Cal Dolomita 3.0 t. ha⁻¹ y Silicio 150 kg ha⁻¹ presentó el máximo rendimiento de 97 t. ha⁻¹. La mayor producción de caña y azúcar por hectárea, en el ciclo soca, se obtuvo al combinar Silicio 150 kg ha⁻¹ y Aquamild-2 4.5 l. ha⁻¹ (92.23 t. ha⁻¹). En ciclo planta, se obtuvo un 19 % de incremento, con el mejor tratamiento respecto al tratamiento comercial y en ciclo soca, se logró un 10 % más, por lo que se concluye que es conveniente la utilización de enmiendas con cal dolomita, silicio y Aquamild-2 en suelos con presencia de aluminio intercambiable alto.

Palabras clave: Suelos, Aluminio, Sistema Radicular, Caña de Azúcar, Silicio.

Summary

AMENDMENT TO COUNTER ALUMINIUM TOXICITY EFFECT IN CENTRAL MOTZORONGO ÁREA INFLUENCE

Israel A. Gomes J.¹, Genaro-Pantaleón P.¹, Armando E. Hernández C.²

¹ Central Motzorongo S.A. de S.V. e-mail:

igi1956@yahoo.com.mx, Tel.: (278) 73-63233, 63234 ext. 212.

²Centro Experimental Regional Motzorongo A. C.

The soils of Central Motzorongo are very diverse, because of soil, climate conditions and factors prevailing soil formation. The use of fertilizers and high rates of extraction of nutrients from agriculture have accelerated the natural process of soil acidification, whereas the concentration of exchangeable aluminum in soil is between 750 and 1000 ppm and cause a serious problem that limits the optimal use of nutrients of sugar cane. The objective of this work was to assess products that counteract the toxic effect of aluminum. An experiment with 14 treatments was established in two cycles (plant and soca), the cultivar MotzMex 01-403 and CP 72-2086 were used with four replicates for both cycles, which were distributed in randomized blocks design, each experimental plot counted with 6 rows of 12 meters long and 4 central rows as useful plot. In cycle plant, Dolomite Cal and Silicon treatment, with 3.0 t. ha⁻¹ and 150 kg ha⁻¹, presented the maximum yield of 97tha⁻¹. The highest yield was obtained by combining silicon 150 kg ha⁻¹ and 4.5 Aquamild-2 L. ha⁻¹ (92.23 t. ha⁻¹), in soca cycle. We concluded that it is advisable to use amendments with dolomite lime, silicon and Aquamild-2 in soils with high exchangeable aluminum.

Keywords: Soils, Aluminum, Root System, Sugar cane, Silicon

Introducción

Los suelos del área de influencia del Ingenio Central Motzorongo, debido a su composición orgánica, condiciones climáticas a las que están expuestos, el uso cada vez más frecuente de fertilizantes acidificantes (Suarez, 1994) y las altas tasas de extracción de nutrientes, han acelerado

el proceso natural de acidificación convirtiéndose en un factor limitante de rendimientos de caña de azúcar (Routet *et al.*, 2001). Generalmente los suelos ácidos se encuentran en áreas de alta pluviometría y su acidez afecta adversamente el crecimiento, rendimiento y la calidad de la caña de azúcar. La toxicidad por Al en las plantas puede producir síntomas de deficiencia de Nitrógeno (N), Fósforo (P) este último debido a la precipitación del complejo Aluminio-Fosfatado en el suelo y en la planta. El Al reemplaza al Ca en el complejo de intercambio catiónico y su toxicidad ocurre en suelos minerales en los que el Al representa más del 30 % de la capacidad de intercambio catiónico. Es importante mencionar que en suelos arenosos con baja capacidad de intercambio catiónico una menor concentración de Al en la solución del suelo puede producir problemas de toxicidad afectando el crecimiento radicular, bajo amacollamiento, y menor elongación de los tallos.

Por encima de 15% de la corteza terrestre está compuesta por Al_2O_3 , el cual es tan poco soluble en suelos neutros y alcalinos que no alcanza concentraciones tóxicas para los vegetales. Sin embargo, la concentración de Al_3^+ en la solución del suelo a pH menor de 5.0 se encuentra en el rango de 10-100 μM , e incluso, en suelos minerales de ecosistemas forestales, la concentración de Al_3^+ soluble puede alcanzar valores cercanos a 1.000 μM ; convirtiéndose así en el factor más limitante de la producción agrícola en suelos ácidos, los cuales comprenden alrededor del 40% de la superficie cultivable en el mundo (Zhu, 2005). Sin embargo, con la reducción del pH sucede la destrucción de los minerales de las arcillas y de otros silicatos del suelo, incrementando la solubilidad de óxidos de aluminio hasta llegar a ocupar más de la mitad de los sitios de intercambio iónico del suelo lo que conduce a la degradación irreversible del mismo (Wallnöfer y Engelhardt, 1995). Los síntomas de fitotoxicidad de Aluminio (Al) no siempre se correlacionan con una concentración crítica del mismo en el medio de crecimiento de las plantas (Cameron *et al.*, 1986) Así, aunque la presencia de Al es claramente importante en la expresión de la respuesta al daño, otros factores del medio tales como: pH, formación de precipitados insolubles, efectos protectores de iones, fuerza iónica de la solución, presencia de ligantes quelantes, genotipo de la planta y especies vegetales, pueden también actuar en la respuesta de la planta al Al (Gallardo *et al.*, 1999).

La intemperización de los componentes del suelo permite la liberación de iones Al^{+3} conocida como lábil a partir de la red de los silicatos de las arcillas. El proceso de intemperización de los silicatos de aluminio de las arcillas tiene como resultado la aparición de iones H^+ , los cuales pueden tener dos posibilidades de origen: 1.- Proviene de las cargas negativas permanentes producidas por sustitución isomórfica de un elemento como el Al^{+3} por otro como el Si^{+4} , con liberación de una carga negativa. 2.- También se pueden originar a partir de la disociación de iones H^+ en los grupos OH^- (Guerrero, 1991). Valores de pH por debajo de 5 ocasionan incremento en la concentración de H^+ , niveles elevados de Al y Mn, la reducción de la concentración de cationes macronutrientes, así como la reducción de la solubilidad del fósforo y del Molibdeno, donde este último actúa como

cofactor de la enzima Nitrato reductasa (Nr) que es la enzima clave en la asimilación del Nitrógeno (N), causando la inhibición del crecimiento radical lo cual tiene como consecuencia una reducción en la capacidad de exploración de las raíces para la toma de agua y de nutrientes (Zapata, 2004). En condiciones de pH extremadamente ácido [$\text{pH}(\text{CaCl}_2) < 3$] comienza la solubilización del óxido de hierro cristalino Ferrihidrita, lo que conduce a la liberación de iones Fe^{3+} . A ese rango de pH casi 100% de los cationes de cambio están conformados por Al^{3+} , y una parte muy pequeña por H^+ , Fe^{3+} y Mn^{2+} . Como consecuencia, en las plantas se presentan deficiencias nutritivas severas y efectos tóxicos causados por los iones de Al y Mn. El principal efecto de la fitotoxicidad de Al es la restricción del desarrollo radical, por lo cual la planta reduce el volumen de suelo que puede explorar, disminuyendo de este modo la absorción de nutrientes, de agua y producción de materia seca total. La aplicación de materia orgánica, colonización con micorrizas, aplicación de ácidos orgánicos, la aplicación foliar de fósforo, el encalado del suelo, la selección de plantas tolerantes y la producción de plantas transgénicas tolerantes son algunas posibilidades de controlar el problema de fitotoxicidad causada por Al intercambiable en el suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar y determinar el mejor tratamiento para disminuir el porcentaje de Aluminio intercambiable en el suelo, además de determinar que tratamiento puede incrementar los rendimientos por encima de la media (60 ton ha^{-1}).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento para tratar los suelos con presencia de aluminio en cultivares de ciclo planta se desarrolló en P.P. El Cedro ($18^\circ 30'24'' \text{ N } 96^\circ 44'21'' \text{ O}$, 135 msnm) utilizando el cultivar MOTZMEX 01-403. Para el caso de ciclo soca el experimento se estableció en la comunidad de Pueblo Nuevo (Laguna Chica) ($18^\circ 31'35'' \text{ N } 96^\circ 44'43'' \text{ O}$, 145 msnm) en el cultivar CP 72-2086, dos localidades diferentes pertenecientes Municipio de Tezonapa Veracruz; donde se sabe que se tiene una alta concentración de Al intercambiable en el suelo entre (750 y 1000 ppm). Se estudiaron 14 tratamientos para ambos ciclos, (Cuadro. 1 y 2), Los tratamientos se distribuyeron en bloques al azar con cuatro repeticiones donde la parcela consta de 6 surcos de 12 metros de longitud y la parcela útil para tomar datos de población, diámetro, altura de tallos molederos y rendimiento ha^{-1} , fueron 4 surcos centrales de 10 m de longitud con la finalidad de disminuir el efecto orilla. Para la siembra, en el caso de ciclo planta se aplicó enraizador e insecticida a fondo de surco.

Cuadro 1. Tratamientos para el establecimiento en ciclo planta

N. de Trata	Características
1	Testigo Comercial ($500 \text{ kg fertilizante ha}^{-1}$) + ($3 \text{ t Composta ha}^{-1}$)
2	Testigo Comercial + Aquamild-2 (8 L ha^{-1})
3	Testigo Comercial + Aquamild-2 (4.5 L ha^{-1})

4	Composta (3 t ha ⁻¹) + Fertilizante (250 kg ha ⁻¹) + Paquete Bio-fábrica(Micorrizas y Azospirilum)
5	Testigo Comercial + Cal Dolomita (3 t kg ha ⁻¹)
6	Testigo Comercial + Cal Dolomita (3 t ha ⁻¹) + Aquamild-2 (8L ha ⁻¹)
7	Testigo Comercial + Cal Dolomita (3 t ha ⁻¹) + Aquamild-2 (4.5 L ha ⁻¹)
8	Composta (6 tha ⁻¹) + Cal Dolomita (3 t ha ⁻¹) + Silicio (150 kgha ⁻¹)
9	Testigo comercial + Aquamild-2 (4.5 L ha ⁻¹) + Cal Dolomita (3tha ⁻¹) + Silicio (150 kha ⁻¹)
10	Testigo Comercial + Silicio (150 kg ha ⁻¹)
11	Testigo Comercial + Silicio (150 kg ha ⁻¹) + Aquamild-2 (8 L ha ⁻¹)
12	Testigo Comercial + Silicio (150 kgha ⁻¹) + Aquamild-2 (4.5 L ha ⁻¹)
13	Testigo Comercial + Cal Dolomita (3 tha ⁻¹) + Silicio (150 kgha ⁻¹)
14	Testigo Comercial + Cal Dolomita (3t ha ⁻¹) + Silicio (150 kgha ⁻¹) + Aquamild-2 (8L ha ⁻¹)

Cuadro 2. Tratamientos para el establecimiento en ciclo soca.

N. de Trata	Características
1	Testigo Comercial (600 kg fertilizante ha ⁻¹)
2	Testigo Comercial + Aquamild-2 (8 L ha ⁻¹)
3	Testigo Comercial + Aquamild-2 (4.5 L ha ⁻¹)
4	Composta (3 t ha ⁻¹) + Fertilizante (250 kg ha ⁻¹) + Paquete Bio-fábrica (Micorrizas y Azospirilum)
5	Testigo Comercial + Cal Dolomita (3 t ha ⁻¹)
6	Testigo Comercial + Cal Dolomita (3 t ha ⁻¹) + Aquamild-2 (8 L ha ⁻¹)
7	Testigo Comercial + Cal Dolomita (3 t ha ⁻¹) + Aquamild-2 (4.5 L ha ⁻¹)
8	Composta (6 t ha ⁻¹) + Cal Dolomita (3 t ha ⁻¹) + Silicio (150 kg ha ⁻¹)
9	Testigo comercial+ Aquamild-2 (4.5 L ha ⁻¹) + Cal Dolomita (3 t ha ⁻¹) + Silicio (150 kg ha ⁻¹)
10	Testigo Comercial + Silicio (150 kg ha ⁻¹)
11	Testigo Comercial + Silicio (150 kg ha ⁻¹) + Aquamild-2 (8 L ha ⁻¹)
12	Testigo Comercial + Silicio (150 kg ha ⁻¹) + Aquamild-2 (4.5 L ha ⁻¹)
13	Testigo Comercial + Cal Dolomita (3t ha ⁻¹) + Silicio (150 kg ha ⁻¹)
14	Testigo Comercial + Cal Dolomita + Silicio + Aquamild-2 (8 L ha ⁻¹)

Variables Evaluadas

En el experimento para ambos ciclos, en cada una de las repeticiones se marcaron 5 puntos en el orden del 5 de oros de 2 metros de longitud donde se tomaron datos de población, diámetro y altura de tallos molederos a los 4, 6, 8, 10 y 12 meses de edad al igual que rendimiento ha⁻¹ respectivamente y análisis de calidad industrial en porcentaje (Sacarosa, Pureza, Humedad, Fibra, Brix y Azúcares reductores). En ambos experimentos se tomaron muestras de suelo antes del establecimiento y al momento de la cosecha para cada uno de los tratamientos con la finalidad de comparar el porcentaje de Aluminio intercambiable en cada uno de los tratamientos e interpretar cual es el mejor para el manejo de suelos con presencia de Al. Todos los datos obtenidos se

analizaron en el Sistema de Análisis Estadístico SAS con la prueba de Tukey a una significancia de 0.5 %

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de rendimiento ha^{-1} , mostraron diferencia significativa donde el T 13 en ciclo planta obtuvo el mayor rendimiento ha^{-1} (Cuadro 3) al combinar Cal Dolomita (3 ton ha^{-1}), Silicio (150 kg ha^{-1}) y el Testigo Comercial (500 kg Fertilizante ha^{-1} “16-10-24”) (Cuadro 1). Sin embargo, este tratamiento mostro el menor porcentaje de sacarosa (Cuadro 6). Por otro lado, el T6 con la combinación de Cal Dolomita (3 ton ha^{-1}) más Aquiamild-2 (8 L ha^{-1}) y el Testigo Comercial (500 kg Fertilizante ha^{-1} “16-10-24”) mostraron el menor rendimiento de caña ha^{-1} y el T9 que consta de Cal Dolomita (3 ton ha^{-1}), Silicio (150 kg ha^{-1}) y Aquamild-2 (4.5 L ha^{-1}) y Testigo Comercial (500 kg Fertilizante) alcanzaron el mayor porcentaje de sacarosa.

Por otro lado, los resultados de rendimiento para el ciclo soca muestran diferencia significativa donde el T12 obtuvo el mayor rendimiento ha^{-1} al combinar el Silicio (150 kg ha^{-1}) más Aquamild-2 (4.5 L ha^{-1}) y Testigo Comercial (600 kg de Fertilizante ha^{-1}), sin embargo, al combinar solamente el Testigo Comercial (600 kg de Fertilizante ha^{-1}) con Silicio (150 kg ha^{-1}) se obtiene el menor rendimiento (Cuadro 7). En el caso de la calidad industrial los resultados también muestran diferencia significativa y la combinación de los tratamientos Cal Dolomita (3 ton ha^{-1}) y Testigo Comercial (600 kg Fertilizante ha^{-1}) del T 5 alcanzaron el mayor porcentaje de Sacarosa sin embargo, al combinar Aquiamild-2 (8 L ha^{-1}), Silicio (150 kg ha^{-1}) y el Testigo Comercial (600 kg Fertilizante ha^{-1}) del T 14 se obtuvo el menor porcentaje de sacarosa.

Cuadro 3. Población y Rendimiento ha^{-1} ciclo planta.

Tratamiento	Población					Rendimiento ha^{-1}
	4 m	6 m	8 m	10 m	12 m	
1	20.70 ^a	21.15 ^a	20.35 ^a	17.35 ^a	9.70 ^a	82.15 ^{ab}
2	18.65 ^a	19.30 ^a	18.70 ^a	16.75 ^a	16.65 ^a	85.51 ^{ab}
3	19.00 ^a	17.50 ^a	15.85 ^a	15.50 ^a	16.90 ^a	87.39 ^{ab}
4	16.56 ^a	19.65 ^a	17.55 ^a	16.20 ^a	16.30 ^a	81.01 ^{ab}
5	21.95 ^a	20.90 ^a	18.85 ^a	18.45 ^a	17.90 ^a	87.93 ^{ab}
6	20.20 ^a	20.75 ^a	19.70 ^a	18.20 ^a	19.15 ^a	76.59 ^b
7	20.30 ^a	19.10 ^a	18.15 ^a	16.90 ^a	16.35 ^a	83.43 ^{ab}
8	17.00 ^a	16.80 ^a	15.55 ^a	15.25 ^a	5.55 ^a	78.10 ^b
9	20.80 ^a	20.45 ^a	19.90 ^a	9.35 ^a	18.85 ^a	82.10 ^{ab}
10	19.15 ^a	18.40 ^a	17.35 ^a	16.90 ^a	16.35 ^a	92.87 ^{ab}
11	20.05 ^a	20.50 ^a	18.15 ^a	17.75 ^a	15.71 ^a	87.00 ^{ab}
12	20.75 ^a	19.75 ^a	19.00 ^a	18.90 ^a	18.55 ^a	87.71 ^{ab}
13	22.20 ^a	19.30 ^a	18.80 ^a	18.65 ^a	18.20 ^a	97.83 ^a

14	20.60 ^a	19.65 ^a	18.30 ^a	17.55 ^a	17.55 ^a	86.68 ^{ab}
C.V.%	23.82	18.80	18.48	16.91	17.50	14.26

Medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

Cuadro 4. Diámetro y Rendimiento ha⁻¹ ciclo planta.

Tratamiento	Diámetro					Rendimiento ha ⁻¹
	4 m	6 m	8 m	10 m	12 m	
1	2.57 ^{abc}	2.53 ^{abc}	2.46 ^{abc}	2.47 ^b	2.53 ^{ab}	82.15 ^{ab}
2	2.89 ^{abc}	2.58 ^{abc}	2.41 ^{bcd}	2.47 ^b	2.57 ^{ab}	85.51 ^{ab}
3	2.65 ^{ab}	2.59 ^{ab}	2.49 ^{abc}	2.54 ^b	2.55 ^{ab}	87.39 ^{ab}
4	2.69 ^a	2.62 ^a	2.49 ^{abc}	2.47 ^b	2.59 ^a	81.01 ^{ab}
5	2.59 ^{abc}	2.50 ^{bc}	2.44 ^{abcd}	2.76 ^a	2.49 ^{ab}	87.93 ^{ab}
6	2.61 ^{abc}	2.57 ^{abc}	2.50 ^{abc}	2.58 ^{ab}	2.55 ^{ab}	76.39 ^b
7	2.61 ^{abc}	2.63 ^a	2.46 ^{abc}	2.47 ^b	2.56 ^{ab}	83.43 ^{ab}
8	2.45 ^c	2.49 ^{bc}	2.40 ^{bcd}	2.47 ^b	2.43 ^b	78.10 ^b
9	2.52 ^{bc}	2.47 ^c	2.42 ^{bcd}	2.48 ^b	2.57 ^{ab}	82.10 ^{ab}
10	2.61 ^{abc}	2.57 ^{abc}	2.35 ^d	2.45 ^b	2.51 ^{ab}	92.87 ^{ab}
11	2.55 ^{abc}	2.56 ^{abc}	2.53 ^a	2.48 ^b	2.56 ^{ab}	87.00 ^{ab}
12	2.61 ^{abc}	2.53 ^{abc}	2.44 ^{abcd}	2.46 ^b	2.58 ^{ab}	87.71 ^{ab}
13	2.61 ^{abc}	2.53 ^{abc}	2.39 ^{cd}	2.51 ^b	2.56 ^{ab}	97.83 ^a
14	2.66 ^{ab}	2.58 ^{abc}	2.50 ^{ab}	2.60 ^{ab}	2.49 ^{ab}	86.68 ^{ab}
C.V.%	4.51	3.19	3.06	5.48	4.38	14.26

Medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

Cuadro 5. Altura y Rendimiento ha⁻¹ ciclo planta.

Tratamiento	Altura					Rendimiento ha ⁻¹
	4 m	6 m	8 m	10 m	12 m	
1	1.18 ^a	2.31 ^a	2.61 ^{ab}	2.83 ^{ab}	2.94 ^{ab}	82.15 ^{ab}
2	1.28 ^a	2.39 ^a	2.66 ^{ab}	2.89 ^{ab}	2.89 ^b	85.51 ^{ab}
3	1.26 ^a	2.43 ^a	2.66 ^{ab}	2.92 ^{ab}	3.01 ^{ab}	87.39 ^{ab}
4	1.07 ^a	2.18 ^a	2.67 ^a	2.89 ^{ab}	2.86 ^b	81.01 ^{ab}
5	1.23 ^a	2.36 ^a	2.67 ^{ab}	2.88 ^{ab}	3.02 ^{ab}	87.93 ^{ab}
6	1.29 ^a	2.40 ^a	2.69 ^{ab}	2.98 ^{ab}	2.99 ^{ab}	76.39 ^b
7	1.18 ^a	2.33 ^a	2.64 ^{ab}	2.86 ^{ab}	2.99 ^{ab}	83.43 ^{ab}
8	1.10 ^a	2.18 ^a	2.53 ^b	2.78 ^{ab}	2.82 ^b	78.10 ^b
9	1.12 ^a	2.23 ^a	2.57 ^{ab}	2.75 ^b	2.83 ^b	82.10 ^{ab}
10	1.28 ^a	2.37 ^a	2.63 ^{ab}	2.97 ^a	2.87 ^b	92.87 ^{ab}
11	1.36 ^a	2.44 ^a	2.76 ^a	3.00 ^a	3.12 ^a	87.00 ^{ab}
12	1.20 ^a	2.35 ^a	2.64 ^{ab}	2.97 ^a	3.03 ^{ab}	87.71 ^{ab}
13	1.37 ^a	2.46 ^a	2.77 ^a	3.00 ^a	3.01 ^{ab}	97.83 ^a
14	1.29 ^a	2.37 ^a	2.71 ^{ab}	2.87 ^{ab}	2.91 ^{ab}	86.68 ^{ab}
C.V.%	17.77	9.50	5.19	5.27	5.33	14.26

Medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

Cuadro 6. Calidad industrial ciclo Planta.

Tratamiento	Ciclo Planta					
	Brix	Pol	Humedad	Reduc.	Fibra	Sacarosa
1	19.79 ^{abc}	18.88 ^{abc}	74.01 ^a	0.40 ^b	12.05 ^a	17.42 ^{abc}

2	20.11 ^{ab}	19.33 ^{ab}	72.95 ^a	0.46 ^b	11.78 ^{ab}	17.88 ^{ab}
3	20.07 ^{ab}	19.01 ^{abc}	73.16 ^a	0.50 ^{ab}	11.17 ^{abc}	17.62 ^{abc}
4	19.98 ^{abc}	19.15 ^{ab}	74.25 ^a	0.44 ^b	11.05 ^{abc}	17.76 ^{ab}
5	19.84 ^{abc}	18.89 ^{abc}	72.44 ^a	0.52 ^{ab}	11.47 ^{abc}	17.48 ^{abc}
6	19.72 ^{abc}	18.55 ^{abc}	74.84 ^a	0.42 ^b	125.00 ^{ab}	17.21 ^{abc}
7	20.11 ^{ab}	18.81 ^{abc}	74.42 ^a	0.36 ^b	11.17 ^{abc}	17.55 ^{abc}
8	20.15 ^{ab}	19.19 ^{ab}	73.42 ^a	0.44 ^b	11.84 ^{ab}	17.78 ^{ab}
9	20.47 ^a	19.59 ^a	73.55 ^a	0.43 ^b	11.30 ^{abc}	18.19 ^a
10	19.78 ^{abc}	18.55 ^{abc}	72.87 ^a	0.53 ^{ab}	10.71 ^c	17.26 ^{abc}
11	19.22 ^{bc}	17.13 ^{bc}	74.04 ^a	0.49 ^{ab}	10.84 ^{bc}	16.67 ^{bc}
12	19.98 ^{ab}	19.17 ^{ab}	72.44 ^a	0.44 ^b	11.91 ^a	17.68 ^{ab}
13	18.79 ^c	17.38 ^c	73.67 ^a	0.53 ^{ab}	11.58 ^{abc}	16.20 ^c
14	19.44 ^{abc}	19.99 ^{abc}	73.83 ^a	0.73 ^a	11.16 ^{abc}	16.78 ^{abc}
C.V.%	4.25	6.21	2.29	35	6.25	5.88

Medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

Analizando los productos de manera separada de acuerdo al orden en que se repiten en los resultados más altos como: rendimiento, porcentaje de sacarosa, población, diámetro y altura de tallos molederos y teniendo en cuenta que el testigo comercial se aplicó e todos los tratamientos excepto en el tratamiento 8 (Cuadro 1 y 2) para ciclo planta y soca respectivamente, tenemos que si se aplica el testigo Comercial más Silicio y de Cal Dolomita o Aquamild-2 respectivamente, con alto grado de seguridad se obtendrá un buen rendimiento ha⁻¹ y alto porcentaje de Sacarosa.

Cuadro 7. Población y Rendimiento ha⁻¹ ciclo soca.

Tratamiento	Población					Rendimiento ha ⁻¹
	4 m	6 m	8 m	10 m	12 m	
1	25.80 ^a	20.10 ^{ab}	16.95 ^{cd}	16.85 ^{bc}	17.15 ^a	84.24 ^{abc}
2	25.80 ^a	18.45 ^c	17.30 ^{bcd}	15.90 ^c	16.85 ^a	87.47 ^{abc}
3	25.95 ^a	21.90 ^a	20.35 ^{ab}	20.35 ^a	19.15 ^a	84.21 ^{abc}
4	26.10 ^a	19.40 ^{ab}	19.00 ^{abc}	16.60 ^{bc}	16.95 ^a	78.73 ^{bcd}
5	25.90 ^a	19.95 ^{ab}	17.50 ^{abcd}	16.85 ^{bc}	16.40 ^a	72.46 ^d
6	24.85 ^a	20.15 ^{ab}	16.65 ^{cd}	17.25 ^{bc}	17.95 ^a	89.84 ^{ab}
7	24.90 ^a	19.05 ^{ab}	15.60 ^d	16.55 ^{bc}	17. ^a	76.29 ^{cd}
8	25.40 ^a	20.20 ^{ab}	17.85 ^{abcd}	16.75 ^{bc}	16.35 ^a	77.80 ^{cd}
9	28.15 ^a	21.50 ^{ab}	17.40 ^{abcd}	18.10 ^{abc}	18.10 ^a	80.55 ^{bcd}
10	26.90 ^a	22.25 ^a	17.30 ^{bcd}	17.25 ^{bc}	15.75 ^a	70.10 ^d
11	27.75 ^a	21.95 ^a	20.40 ^a	18.90 ^{ab}	18.65 ^a	81.25 ^{abcd}
12	26.00 ^a	21.30 ^{ab}	16.60 ^{abcd}	18.10 ^{abc}	17.85 ^a	92.13 ^a
13	26.45 ^a	20.40 ^{ab}	18.20 ^{abcd}	17.20 ^{bc}	16.50 ^a	77.76 ^{cd}
14	24.65 ^a	21.70 ^{ab}	18.40 ^{abcd}	17.30 ^{bc}	17.75 ^a	80.18 ^{bcd}
C.V.%	11.07	11.34	11.89	10.28	13.78	9.82

Medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

Cuadro 8. Altura y Rendimiento ha⁻¹ ciclo soca.

Tratamiento	Altura	Rendimiento
-------------	--------	-------------

	4 m	6 m	8 m	10 m	12 m	ha ⁻¹
1	0.99 ^d	1.75 ^b	2.67 ^{ab}	2.77 ^c	2.81 ^{ab}	84.24 ^{abc}
2	1.01 ^{cd}	1.84 ^{ab}	2.64 ^{ba}	2.85 ^{bc}	2.77 ^{ab}	87.47 ^{abc}
3	1.00 ^{cd}	1.79 ^b	2.66 ^{ab}	2.83 ^{bc}	1.63 ^b	84.21 ^{abc}
4	1.01 ^{cd}	1.74 ^b	2.58 ^b	2.94 ^{abc}	2.86 ^{ab}	78.73 ^{bcd}
5	1.15 ^a	1.81 ^b	2.66 ^{ab}	2.80 ^{bc}	1.92 ^a	72.46 ^d
6	1.05 ^{bcd}	1.83 ^{ab}	2.65 ^{ab}	2.96 ^{ab}	2.90 ^a	89.84 ^{ab}
7	1.09 ^{abc}	2.01 ^a	2.73 ^a	3.03 ^a	2.83 ^{ab}	76.29 ^{cd}
8	1.07 ^{abcd}	1.79 ^b	2.57 ^b	2.92 ^{abc}	2.76 ^{ab}	77.80 ^{cd}
9	1.07 ^{abcd}	1.78 ^b	2.56 ^b	2.94 ^{abc}	2.82 ^{ab}	80.55 ^{bcd}
10	1.05 ^{bcd}	1.87 ^{ab}	2.67 ^{ab}	2.86 ^{abc}	2.86 ^{ab}	70.10 ^u
11	1.11 ^{ab}	1.79 ^b	2.70 ^a	2.88 ^{abc}	2.91 ^a	81.25 ^{abcd}
12	1.03 ^{bcd}	1.82 ^b	2.69 ^a	2.90 ^{abc}	2.90 ^a	92.13 ^a
13	1.02 ^{bcd}	1.75 ^b	2.63 ^{ab}	2.95 ^{abc}	2.85 ^{ab}	77.76 ^{cd}
14	1.10 ^{ab}	1.78 ^b	2.65 ^{ab}	2.88 ^{abc}	2.92 ^a	80.18 ^{bcd}
C.V.%	5.83	6.93	2.86	4.28	5.98	9.82

Medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

Cuadro 9. Diámetro y Rendimiento ha⁻¹ ciclo soca.

Tratamiento	Diámetro				Rendimiento ha ⁻¹
	6 m	8 m	10 m	12 m	
1	2.56 ^{ab}	2.76 ^{ab}	2.68 ^{ab}	2.66 ^{ab}	84.24 ^{abc}
2	2.61 ^{ab}	2.76 ^{ab}	2.73 ^a	2.66 ^{ab}	87.47 ^{abc}
3	2.50 ^b	2.73 ^{ab}	2.62 ^b	2.63 ^{ab}	84.21 ^{abc}
4	2.53 ^{ab}	2.78 ^{ab}	2.65 ^{ab}	2.64 ^{ab}	78.73 ^{bcd}
5	2.56 ^{ab}	2.74 ^{ab}	2.69 ^{ab}	2.65 ^{ab}	72.46 ^d
6	2.55 ^{ab}	2.76 ^{ab}	2.67 ^{ab}	2.57 ^b	89.84 ^{ab}
7	2.55 ^{ab}	2.76 ^{ab}	2.61 ^b	2.64 ^{ab}	76.29 ^{cd}
8	2.53 ^{ab}	2.76 ^{ab}	2.61 ^b	1.53 ^b	77.80 ^{cd}
9	2.54 ^{ab}	2.74 ^{ab}	2.67 ^{ab}	2.58 ^{ab}	80.55 ^{bcd}
10	2.53 ^{ab}	2.69 ^b	2.68 ^{ab}	2.60 ^{ab}	70.10 ^d
11	2.54 ^{ab}	2.75 ^{ab}	2.68 ^{ab}	2.67 ^{ab}	81.25 ^{abcd}
12	2.53 ^{ab}	2.80 ^a	2.69 ^{ab}	2.61 ^{ab}	92.13 ^a
13	2.62 ^a	2.71 ^{ab}	2.70 ^{ab}	2.65 ^{ab}	77.76 ^{cd}
14	2.57 ^{ab}	2.73 ^{ab}	2.66 ^{ab}	1.72 ^a	80.18 ^{bcd}
C.V.%	3.26	2.40	2.65	3.82	9.82

Medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

Cuadro 10. Calidad industrial ciclo soca.

Tratamiento	Ciclo Soca					
	Brix	Pol	Humedad	Reductores	Fibra	Sacarosa
1	18.17 ^a	17.84 ^{ab}	71.85 ^{abc}	0.24 ^{abc}	10.92 ^{abc}	16.25 ^{ab}
2	17.67 ^{ab}	16.99 ^{abc}	71.27 ^{abc}	0.25 ^{abc}	10.79 ^{abc}	15.51 ^{abc}
3	18.28 ^a	17.69 ^{ab}	72.02 ^{abc}	0.24 ^{abc}	10.51 ^{bc}	15.97 ^{abc}
4	17.50 ^{ab}	17.32 ^{abc}	71.35 ^{abc}	0.22 ^{abc}	10.85 ^{abc}	15.65 ^{abc}

5	18.39 ^a	17.93 ^a	72.90 ^{ab}	0.22 ^{abc}	10.29 ^c	16.28 ^a
6	17.83 ^{ab}	17.42 ^{abc}	71.20 ^{abc}	0.24 ^{abc}	10.94 ^{abc}	15.72 ^{abc}
7	17.14 ^{ab}	16.22 ^{bc}	72.30 ^{abc}	0.26 ^{abc}	10.56 ^{bc}	14.82 ^{bc}
8	17.88 ^{ab}	17.27 ^{abc}	70.57 ^{bc}	0.21 ^c	11.26 ^{ab}	15.63 ^{abc}
9	18.03 ^{ab}	17.61 ^{ab}	70.92 ^{abc}	0.29 ^a	11.19 ^{ab}	15.91 ^{abc}
10	17.53 ^{ab}	16.79 ^{abc}	71.90 ^{abc}	0.22 ^{abc}	10.98 ^{abc}	15.37 ^{abc}
11	17.15 ^{ab}	16.49 ^{abc}	73.15 ^a	0.26 ^{abc}	11.16 ^{ab}	15.00 ^{abc}
12	17.73 ^{ab}	17.57 ^{ab}	70.27 ^c	0.22 ^{bc}	11.25 ^{ab}	15.85 ^{abc}
13	17.23 ^{ab}	16.73 ^{abc}	71.72 ^{abc}	0.27 ^{abc}	11.53 ^a	15.20 ^{abc}
14	16.68 ^b	15.85 ^c	73.02 ^{ab}	0.29 ^{ab}	10.59 ^{bc}	14.16 ^c
C.V.%	5.83	6.88	2.39	19.52	5.19	6.49

Medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

CONCLUSIÓN

En el caso de siembras nuevas los productos Silicio (150 kg ha⁻¹), Cal Dolomita (3 t ha⁻¹) al combinarse con el Testigo Comercial (Fertilizante 500kg ha⁻¹ y Composta 3 t ha⁻¹) que recomienda Central Motzorongo funcionan como neutralizadores del pH en el suelo inhibiendo el efecto del Aluminio intercambiable en las plantas, además, estos productos generan los mejores resultados de rendimiento de caña ha⁻¹ y al mismo tiempo un alto porcentaje de Sacarosa que al final redundaría en una mayor ganancia para el productor de caña de azúcar.

En el caso de plantaciones ciclo soca el Aquamild-2 (4.5 Lha⁻¹) es otro producto que incrementa los rendimientos al combinarse con Silicio (150 kg ha⁻¹) y el Testigo Comercial (Fertilizante 600 kg ha⁻¹) además de incrementar también el porcentaje de sacarosa, por lo cual podría utilizarse como una opción para sustituir en su caso la cal Dolomita.

RECOMENDACIONES

- 1.- Se deben hacer aplicaciones por lo menos cada inicio del ciclo de Silicio, Cal Dolomita ó Aquamild-2 y composta al suelo con la finalidad de ir regulando su pH.
- 2.- Utilizar fertilizantes no acidificantes para no acelerar el proceso de degradación las bases y ayudar a mantener el pH del suelo en un estado cercano al neutro.
- 3.- Sembrar cultivares tolerantes a suelos con pH ácido.

LITERATURA CITADA

- Rout, G. R., Samantaray, S., Das, P. 2001. Aluminium toxicity in plants: a review. *Agronomie* 21: 3-21.
- Suarez, D. 1994. Comparación de fertilizantes nitrogenados en suelos con riesgo de acidificación. *Panorama económico de la agricultura*, Marzo-Abril.
- Cameron, R.S., Ritchie, G.S.P., Robson, A.D. 1986. Relative toxicities of inorganic aluminum complexes to barley. *Soil Sci .Soc. Am. J.* 50:1231-1237.
- Gallardo, F., Borie, F., Alvear, M. von Baer, E. 1999. Evaluation of aluminium tolerance of three cultivars by two short-term screening methods and field experiments. *Soil Sci. Plant Nut.* 45(3): 713-719.
- Kinrayde, T.B. 1991. Identity of the rhizotoxic aluminum species. *Plant and Soil* 134:167-178.
- Sagi, M., A. Dovrat, T. Kipnis and H. Lips. 1998. Nitrate reductase, phosphoenolpyruvate carboxylase, and glutamine synthetase in annual ryegrass as affected by salinity and nitrogen. *Journal Plant Nutrition* 21:707-723.
- Sharma, P. y Dubey, R. 2005. Modulation of nitrate reductase activity in rice seedlings under aluminium toxicity and water stress: role of osmolytes as enzyme protectant. *Journal of Plant Physiology* 162: 854-864.
- Stitt, M. 1999. Nitrate regulation of metabolism and growth, *Current Opinion in Plant Biology* 2:178-186.
- Zhu, L., Wang, S., Yang, T., Zhang, C. y Xu, W. 2005. Vine growth and nitrogen metabolism of «Fujiminori» grapevines in response to root restriction. *Science Direct.* 107:143-149.
- Zapata H. R.D. 2004. La química de la acidez del suelo. Disponible en: <http://www.unalmed.edu.co/%7Eerdzapata/AcidezdelSuelo.zip>; consulta: 12 de mayo de 2007.