

EFFECTO DEL ZINC APLICADO AL SUELO Y FOLIAR, SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL DE LA VARIEDAD DE CAÑA DE AZÚCAR SP 71-5574 EN UN ULTISOL DE PÉREZ ZELEDÓN. PROMEDIO DE CUATRO COSECHAS.

M. Chaves S.¹ y J.C. Barrantes M.²

Palabra Clave: Caña de azúcar, Zinc, Fertilización, Pérez Zeledón.

RESUMEN

Los diagnósticos y evaluaciones químicas de suelos realizados con fines nutricionales en las regiones cañeras del país y sobre todo en la Región Sur, han demostrado la insuficiencia casi generalizada del Zn en los mismos, lo que lo convierte en un nutrimento de incorporación potencialmente necesaria en cualquier programa de fertilización que se desarrolle. Con el objeto de evaluar la respuesta del cultivo de la caña de azúcar a la adición de este micronutrimento, se estableció el presente experimento en la Finca El Porvenir, ubicada en el Distrito de San Pedro, Pérez Zeledón, a 560 msnm. Se evaluaron en el estudio 7 dosis crecientes de Zn granulado: 0, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 kg de Zn/ha; así como un Tratamiento Foliar Complementario (Metalosato de Zinc al 6%), cuya dosis equivalente fue de 0,5 L/ha. La fuente de Zn utilizada fue el ZnSO₄.H₂O (36% Zn, 18% S); el S-SO₄ se equilibró en todos los tratamientos incluyendo el Testigo en 30 kg /ha, para lo cual se empleó S elemental (98% S). Se cultivó el clon SP 71-5574, la cual es la variedad más sembrada en la Región Sur. El análisis de los resultados revela que no hubo diferencias estadísticas significativas para ninguna de las variables agroindustriales evaluadas. Todos los tratamientos superaron al Testigo (0 Zn) en cuanto a la producción agroindustrial por cosecha individual y también al final como promedio de 4 cortes; siendo más eficiente la fuente granular aplicada al suelo respecto a la Foliar, pues la primera incrementó la producción de azúcar/ha en un amplio rango del 4,5% (0,59 TM) al 16,7% (2,2 TM), siendo la mejor respuesta la del tratamiento de 20 kg de Zn/ha con un aumento de 2,2 TM de azúcar /ha (16,7%). La fuente de Zn Foliar aumentó la producción de azúcar/ha en apenas un 4,5% (0,59 TM). Quedó además demostrado, el efecto positivo que el Zn granular ejerce sobre la calidad de los jugos de la caña, ya que esos tratamientos en particular superaron al Testigo en ésta variable; no así el Zn Foliar, que apenas lo equiparó en el rendimiento industrial promedio. El segundo corte fue el de mayor productividad agroindustrial, luego de lo cual las mismas cayeron sistemáticamente. Se concluye que una dosis de 20 kg es suficiente y económicamente rentable para elevar la productividad agroindustrial de la caña de azúcar.

^{1/} **Ing. Agr. Marco Chaves Solera MSc. Director Ejecutivo de DIECA. Dirección Electrónica: mchavez@laica.co.cr**

^{2/} **Ing. Agr. Julio César Barrantes Mora. Coordinador DIECA Región Sur. Dirección Electrónica: jcbarrantes2001@yahoo.com**

Presentado en Congreso de ATACORI “Ing. Agr. José Luis Corrales Rodríguez”, 15, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 289-294.

INTRODUCCIÓN

Pérez Zeledón exhibe una de las condiciones de fertilidad natural más deficientes que presentan los suelos cañeros de Costa Rica, pues los contenidos de Al y Fe son elevados, en tanto que las concentraciones bajas de P, Ca, Mg, K, Zn y S son manifiestas; pocas son las excepciones a la regla anterior, lo que obliga a prestar especial atención a la nutrición como factor de la producción determinante de los altos rendimientos agroindustriales (CHAVES, 1999abc).

Por otra parte, los diagnósticos químicos del suelo realizados en las diferentes regiones cañeras del país y sobre todo en la Región Sur, han demostrado la insuficiencia casi generalizada del Zn en los mismos. Esta insuficiencia se presenta en prácticamente todos los órdenes de suelo, sean estos Andisoles, Inceptisoles, Ultisoles, etc. (CHAVES y ALVARADO, 1994; CHAVES, 1996, 1999ab). Esta situación resulta técnicamente preocupante, sobre todo cuando se reconoce la importante función que nutricionalmente el Zn desempeña en el metabolismo de la planta, por lo que se ha venido procurando su incorporación a los programas de fertilización técnicamente bien concebidos.

Es por éstas y otras razones, que la investigación sobre nutrición mineral de la caña de azúcar ha prestado especial atención, principalmente durante la última década, a la aplicación de Zn al suelo y más recientemente utilizando fuentes Foliares, demostrando ser una práctica agroindustrialmente muy favorable (CHAVES, 1999a). Ese mismo autor manifiesta, que las aplicaciones Fosforadas pueden inducir deficiencias de Zn por causa de la formación de Fosfatos de Zn; insuficiencia que también se evidencia en los suelos de textura arenosa. Además se indica (CHAVES, 1999a), que la respuesta agroindustrial verificada como satisfactoria, se ubica en una dosis próxima a los 20-30 kg/ha de Zn; pese a lo cual, VILLALOBOS y CHAVES (1999) determinaron en un Inceptisol de Esparza de Puntarenas, con la misma variedad de caña, que la dosis de Zn más eficiente fue la de 40 kg/ha.

Es importante destacar, que por lo general el Zn está más disponible en los suelos ácidos que en los alcalinos; ubicándose su mayor disponibilidad en pH entre 6 y 7. Esta situación permite ubicar las necesidades de acuerdo con las áreas cañeras nacionales (CHAVES, 1999ac).

OBJETIVO

Evaluar la respuesta agroindustrial de la caña de azúcar a la adición al suelo (Ultisol) de siete dosis crecientes de Zn granulado ($ZnSO_4 \cdot H_2O$) y un tratamiento foliar (Metalosato de Zinc al 6%) sobre la variedad SP 71-5574, y determinar la más recomendable desde una perspectiva productiva y económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Finca El Porvenir, propiedad de Coopeagri El General R.L., ubicada en el Distrito de San Pedro del Cantón de Pérez Zeledón a una altitud es de 560 msnm, con una precipitación total de 4.146,0 mm/año y una temperatura promedio de 24,9 °C, respectivamente. El tipo de suelo donde se estableció la prueba pertenece al orden Ultisol, con las siguientes condiciones químicas: pH 4,8; Ca 2,74; Mg 0,12; K 0,3 y Al 1,1 cmol (+)/l; el

contenido de P fue de 12 µg/ml y las concentraciones de elementos menores de: Zn 1,6; Cu 10,2 y Mn 5,9 µg/ml.

Las dosis de Zn evaluadas fueron: 0, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 kg de Zn/ha y un Tratamiento Foliar adicional que utilizó una dosis equivalente a 0,5 l/ha (Metalosato de Zinc al 6%). Como fuente de Zn se empleó el ZnSO₄ · H₂O (36% Zn y 18% S), complementada con Azufre Elemental (98% S), lo que permitió equilibrar el aporte de S-SO₄ de la dosis máxima de Zn en todos los tratamientos, incluyendo el Testigo, en una base general de 30 kg de S-SO₄/ha. Aproximadamente 25 días antes de efectuar la siembra, se incorporó al voleo 1,0 TM /ha de CaCO₃. La fertilización base en el Ciclo de Planta fue de 150 kg de N, P₂O₅ y K₂O /ha, respectivamente; la misma cantidad de N y K₂O /ha se adicionó en las 3 socas posteriores. La adición de N y K₂O se fraccionó en partes iguales (50:50%) a los 30 y 45 días; el P₂O₅ se incorporó todo al fondo del surco durante la siembra utilizando Triple Superfosfato; en tanto que todo el Zn se adicionó de una sola vez a los 30 días.

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar con 3 repeticiones, donde la parcela total fue de 70 m² y la útil de 42 m². La fecha de siembra de la prueba fue el 20 de mayo de 1997 y finalizó el 15 de mayo del 2001, para un total de 4 cosechas. La edad de cosecha fue de 11 meses en planta y de 12 meses en todas las socas. Como material genético se usó la variedad SP 71-5574, la cual se encuentra mayoritariamente sembrada por los productores de caña de la Región Sur (CHAVES *et al*, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico de los datos (Cuadro 1) no reveló la presencia de diferencias con carácter significativo para ninguna de las dosis y variables agroindustriales evaluadas; sin embargo, se nota a partir de los resultados obtenidos, que la adición de Zn granular al suelo resultó ser más efectiva y positiva que la aplicación vía Foliar, ya que incrementó en un margen mayor los rendimientos agroindustriales (Figuras 1 y 2). Ese efecto se dio principalmente en los rendimientos agrícolas de campo (TM/ha), como lo muestra el Cuadro 2. La aplicación Foliar de Zn proporcionó por el contrario, una menor respuesta expresada a través de los rendimientos, pese a lo cual, fue igual o superior en relación con el Testigo.

Luego de 4 cosechas consecutivas de la plantación, se encontró que todos los tratamientos evaluados superaron en promedio e individualmente por corte al Testigo en lo relativo a la producción agroindustrial (Cuadro 1); siendo claramente más eficientes las fuentes granulares aplicadas al suelo respecto al Tratamiento Foliar.

CUADRO 1.
RESULTADOS AGROINDUSTRIALES DEL ESTUDIO DE DOSIS CRECIENTES DE
ZINC EN CAÑA DE AZUCAR. PROMEDIO DE CUATRO CORTES
SAN PEDRO, PEREZ ZELEDON, 2001.

DOSIS Kg Zn/ha	PORCENTAJE				Rendimiento kg Azúcar/TM	PRODUCCION TM/ha		RELACION SACAROSA	PRT (%)
	BRIX	POL	PUREZA	FIBRA		CAÑA	AZUCAR		
O	22,37	20,07	89,72	14,57	141,18	93,33	13,18	7,08	100
10	22,30	20,36	91,30	14,04	145,05	103,30	14,98	6,89	114
20	21,90	20,15	92,01	14,33	143,56	107,15	15,38	6,97	117
30	22,17	20,46	92,29	14,89	143,89	96,76	13,92	6,95	106
40	21,27	19,80	93,09	14,55	141,34	98,13	13,87	7,08	105
50	21,82	19,87	91,06	14,34	144,83	104,53	15,14	6,90	115
60	22,56	20,55	91,09	14,40	144,97	103,02	14,93	6,90	113
Foliar*	21,66	20,12	92,89	14,90	141,18	97,57	13,77	7,08	105
PROMEDIO	22,01	20,17	91,68	14,50	143,25	100,47	14,40	6,98	109
CV(%)	3,69	3,43	2,70	4,30	4,03	13,37	13,71		

Tratamientos con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí según prueba de TUCKEY 5%.
PRT: PORCENTAJE DE VARIACION DE LOS TRATAMIENTOS RESPECTO AL TESTIGO PARA LA VARIABLE TONELADAS DE AZUCAR/HA.

RELACION SACAROSA: TM DE CAÑA NECESARIAS DE MOLER PARA PRODUCIR UNA TM DE AZUCAR.

*APLICACION FOLIAR: METALOSATO DE ZINC 6%. DOSIS DE 0,5 l/ha.

En cuanto a producción de caña (TM/ha), el Testigo se vio como promedio de 4 cosechas superado por todas las dosis de Zn incorporadas, incluyendo la aplicación Foliar. El aumento verificado varió entre 3,4 y 13,8 TM de caña/ha, correspondientes a un 3,7% y 14,8%, respectivamente. La dosis de 20 kg de Zn/ha fue la que más caña produjo (107,15 TM/ha), superando al Testigo sin Zn en un 14,8% equivalente a 13,8 TM. En términos de productividad de caña le siguió a ese tratamiento la dosis de 50 kg, cuyo incremento fue del 12% y su producción de 104,53 TM.

Al igual que aconteció para el caso de la caña, las dosis de Zn incrementaron también la producción de azúcar (TM/ha) en un rango variable entre el 4,5% y el 16,7%, equivalentes a una productividad de 0,59 a 2,20 TM de azúcar, respectivamente; siendo el tratamiento de mejor respuesta el correspondiente a la dosis de 20 kg de Zn/ha, con un aumento como se indicó de 2,2 TM de azúcar /ha (16,7%); le siguió también en segundo lugar la dosis de 50 kg/ha, con una productividad del 14,9% lo que significó un incremento de 1,96 TM.

Fue evidente además, el efecto positivo que el Zn ejerció sobre la calidad de los jugos (Cuadros 1 y 3), puesto que al igual que aconteció con las dos variables anteriores, todos los tratamientos superaron en promedio (4 cosechas) al Testigo en un margen de hasta 3,87 kg de sacarosa/TM de caña, equivalente al 2,74%. La mejor dosis de Zn en esta variable luego de 4 cosechas fue la de 10 kg/ha (145,05 kg), seguida por la de 60 kg/ha (144,97 kg).

Resulta particularmente importante señalar, que la adición Foliar de Zn fue en todos los casos inferior respecto a la fuente granular utilizada. En cuanto a concentración de sacarosa, el Zn Foliar apenas igualó al testigo como promedio de 4 cosechas en 141,18 kg/TM y fue inferior en relación a la mejor dosis (10 kg), y al promedio de concentración de las 6 dosis de Zn evaluadas,

cuyos rendimientos fueron de 145,05 kg y 143,94 kg/TM, respectivamente. En productividad de caña/ha, el Zn foliar superó (97,57 kg/TM) al Testigo (93,33 kg) en 4,24 kg (4,5%), pero fue inferior respecto a la mejor dosis (20 kg) y al promedio de las 6 dosis, al producir éstos 107,15 kg y 102,15 kg/ha, respectivamente.

Las diferencias anteriores fueron integradas y maximizadas en la productividad de azúcar/ha, motivo por el cual el tratamiento Foliar (13,77 TM/ha) superó levemente (4,5%) al Testigo (13,18 TM), pero fue inferior en relación con la mejor dosis de Zn (20 kg) y el promedio de las 6 dosis estudiadas, cuyas productividades de azúcar fueron de 15,38 TM (16,7%) y 14,70 TM /ha (11,5%), respectivamente.

El Cuadro 2 presenta las producciones de caña y azúcar (TM/ha) para cada una de las 4 cosechas realizadas, notándose que en la segunda cosecha los rendimientos son consistentemente máximos, para luego decaer sistemáticamente. Se infiere que en la producción de caña hubo mucha consistencia en los resultados, al obtener la dosis de 20 kg de Zn/ha la mayor producción (TM/ha) en 3 de las 4 cosechas realizadas; la dosis de 50 kg de Zn/ha alcanzó en la tercera cosecha la mayor productividad.

Cuadro 2.
Producción de Caña y Azúcar (TM/ha) Según Cosecha y Tratamiento.
Estudio de Dosis de Zn, Pérez Zeledón.

Dosis kg Zn/ha	Caña (TM/ha)				Azúcar (TM/ha)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0	91,58	105,71	89,35	86,67	13,67	14,38	12,69	11,93
10	92,97	119,74	106,19	97,29	<u>14,67</u>	16,09	16,11	12,94
20	<u>94,36</u>	<u>122,05</u>	113,26	<u>98,93</u>	14,31	16,62	17,39	<u>13,12</u>
30	89,67	112,71	96,94	87,73	13,75	15,26	14,13	12,27
40	87,25	111,72	105,27	88,27	13,24	15,17	15,10	11,92
50	90,11	114,18	<u>119,15</u>	99,67	14,12	16,31	<u>17,65</u>	12,89
60	87,91	119,19	113,37	91,63	13,37	<u>16,87</u>	17,08	12,45
Foliar	87,84	108,68	105,24	88,53	13,08	15,53	15,11	12,10
Promedio	90,21	114,25	106,10	91,34	13,78	15,78	15,66	12,45
CV (%)	8,79	12,47	18,45	8,92	8,44	14,13	18,30	10,10

Las mayores productividades por cosecha están subrayadas.

En lo que respecta a la concentración de sacarosa (kg/TM), el Cuadro 3 expone los datos según cosecha, donde se evidencia que en las 3 primeras cosechas el promedio de las 6 dosis de Zn estudiadas, fue siempre mayor con respecto al Testigo y el tratamiento de Zn Foliar, no así en la cuarta cosecha donde ambos lo superaron, por causa de una posible pérdida de residualidad o insolubilidad del Zn en el suelo. En éste caso, las mejores concentraciones de sacarosa según corte se lograron en la caña planta con 10 kg de Zn/ha, en el primer retoño con 60 kg, en el segundo con 20 kg y en el tercero con 30 kg, lo que revela una alta variabilidad en el tiempo.

Con la producción de azúcar aconteció algo similar, puesto que en las 4 cosechas realizadas la mayor productividad se alcanzó en cada caso con dosis diferentes de Zn. De acuerdo con los cortes las mejores dosis de Zn fueron: Caña Planta (10 kg/ha), Primer Retoño (60 kg), Segundo Retoño (50 kg) y Tercer Retoño o cuarta cosecha (20 kg de Zn/ha). El tratamiento de Zn Foliar fue siempre inferior respecto a la mayoría de dosis de la fuente granular, lo que ratifica la mejor aceptación y asimilación de la misma por parte de la caña de azúcar.

Cuadro 3.
Concentración de Sacarosa Según Cosecha y Tratamiento.
Estudio de Dosis de Zn, Pérez Zeledón.

Dosis kg Zn/ha	kg de Azúcar / TM de Caña			
	1	2	3	4
0	149,24	135,84	142,00	137,64
10	<u>157,84</u>	133,34	151,74	137,28
20	151,70	136,32	<u>153,56</u>	132,66
30	153,35	136,64	145,71	<u>139,88</u>
40	151,72	135,12	143,42	135,11
50	156,67	138,40	148,13	136,12
60	152,11	<u>142,02</u>	150,68	135,07
Foliar	148,92	135,59	143,60	136,60
Promedio	152,69	136,66	147,36	136,30
CV (%)	4,40	5,80	4,37	2,56

Las mejores concentraciones por cosecha están subrayadas.

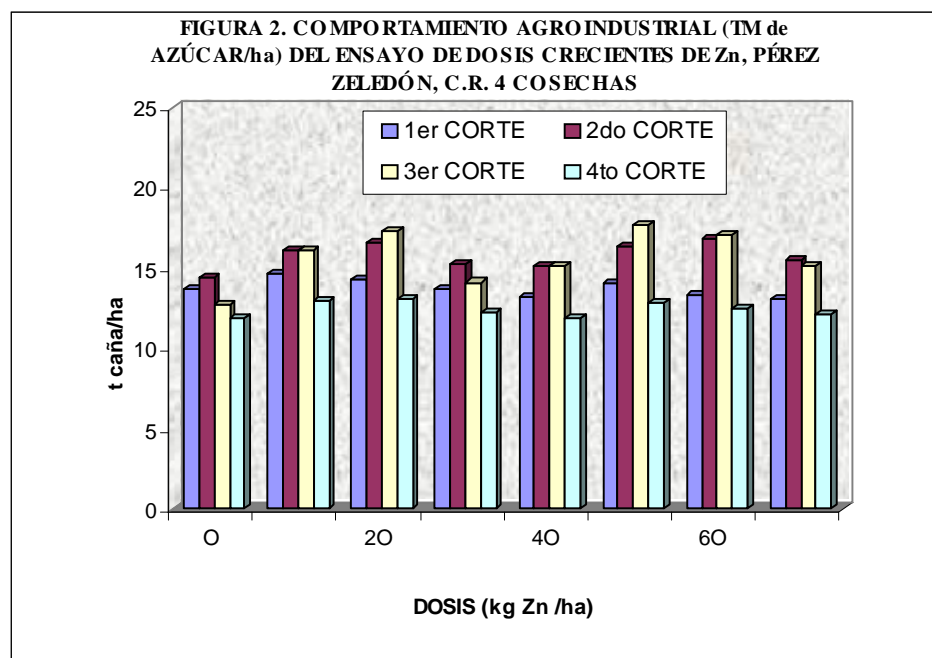
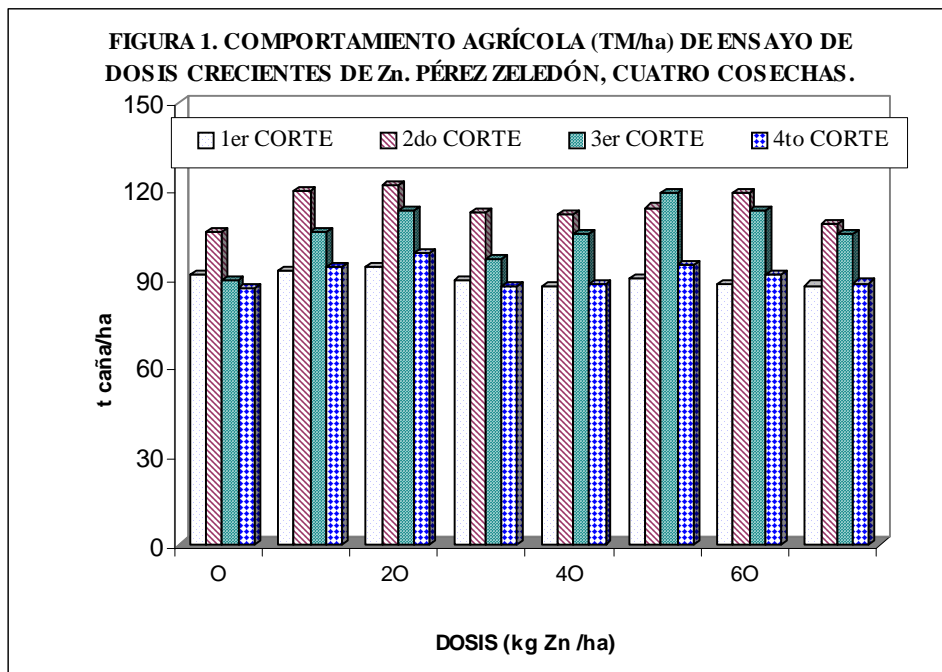
En el Cuadro 4 se establece un interesante comparativo por cosecha entre los tratamientos extremos (Testigo y máxima producción) para cada una de las variables de rendimiento agroindustrial evaluadas; al cual se le incorporan además como referencia, los datos del tratamiento Foliar y el promedio de las 6 dosis (10, 20, 30, 40, 50 y 60 kg) de Zn evaluadas. Se nota y dimensiona en dicho cuadro el efecto positivo del Zn granular en la caña de azúcar, cuando comparado con el tratamiento Testigo y la fuente Foliar. Las diferencias en algunos casos son amplias e importantes en términos productivos y económicos, aunque no diferentes estadísticamente hablando.

Cuadro 4.
Comparativo entre Tratamientos Externos Para las Variables de Rendimiento
Agroindustrial. Estudio de Dosis de Zn. Pérez Zeledón.

Tratamiento	Sacarosa (kg/TM)				Caña (TM/ha)				Azúcar (TM/ha)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Testigo	149,24	135,84	142,00	137,64	91,6	105,71	89,35	86,67	13,67	14,38	12,69	11,93
Producción Mayor	157,84	142,02	153,56	139,88	94,4	122,05	119,15	98,93	14,67	16,87	17,65	13,12
Promedio Dosis Zn	153,90	136,97	148,87	136,02	90,4	116,60	109,03	92,59	13,91	16,05	16,24	12,60
Foliar	148,92	135,59	143,60	136,60	87,8	108,68	105,24	88,53	13,08	15,53	15,11	12,10

Al evaluar el promedio de las dos primeras cosechas, BARRANTES y CHAVES (1999) encontraron, que todos los tratamientos excepto el Foliar superaron al Testigo en producción de azúcar (TM/ha), alcanzando la dosis de 20 kg la mayor productividad y rentabilidad, al obtener 1,51 TM/ha (10,8%) más de azúcar. Hubo un esa ocasión un efecto positivo del Zn sobre la calidad de los jugos.

Se concluye de todos esos resultados, que una dosis de 20 kg de Zn/ha resulta en principio suficiente y económicamente rentable para elevar de manera importante la productividad agroindustrial de la caña de azúcar; se evidencia además, la limitada respuesta que tuvo la caña de azúcar en el presente experimento, a las aplicaciones de Zn por la vía foliar.



CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el estudio puede concluirse lo siguiente:

- La adición de Zn demostró ser positiva y rentable, en virtud de los incrementos de concentración de sacarosa y productividad de caña (TM/ha) que genera; pese a lo cual, no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.
- Solamente la producción de caña (TM/ha) parece mantener consistencia en el comportamiento de las dosis de Zn, puesto que en el caso de las variables de concentración de sacarosa (kg/TM) y producción de azúcar (TM/ha) hubo mucha alternabilidad entre las mejores dosis.
- Todas las dosis de Zn evaluadas mejoraron luego de 4 cosechas los indicadores de productividad agroindustrial, superando al Testigo sin Zn como promedio en un 1,95% (2,76 kg/TM) en la concentración de sacarosa; 9,5% (8,82 TM/ha) en la producción de caña y un 11,5% (1,52 TM/ha) en producción de azúcar.
- Los mejores índices promedio de productividad agroindustrial se alcanzaron con la adición de 10 kg de Zn/ha para el caso de la concentración de sacarosa, y de 20 kg/ha para la producción de caña y azúcar (TM/ha). La mejor fuente de Zn fue la granular, la que mostró mucha consistencia en ese sentido respecto a la Foliar a través de todo el experimento.
- La aplicación Foliar de Zn fue superior o igual (en concentración de sacarosa kg/TM) respecto al Testigo, pero siempre inferior en las variables de rendimiento agroindustrial en relación a la aplicación del Zn en forma granular al suelo.
- De acuerdo con los resultados y condiciones experimentales del estudio, se estima suficiente desde la perspectiva técnica y económica, la adición de 20 kg de Zn granular/ha.
- Pareciera que puede inferirse a partir y con base en los resultados consistentes que se vienen obteniendo de la investigación con Zn, que al nutrimento le llegó su momento histórico y, debe por tanto, incorporarse definitivamente como parte de la nutrición y la fertilización del cultivo de la caña de azúcar.
- Se recomienda sin embargo, proseguir con el estudio y la valoración de fuentes y dosis de Zn aplicados por la vía Foliar, con el objeto de determinar su potencial de uso comercial.

LITERATURA CITADA

- 1) BARRANTES, J.C.; CHAVES, M. 1999. Efecto del Zinc Aplicado al Suelo y Foliar, Sobre la Producción Agroindustrial de la Variedad de Caña de Azúcar SP71-5574 en un Ultisol de Pérez Zeledón. Promedio de Dos Cosechas. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José. Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. V.3. p: 350.
- 2) CHAVES SOLERA, M.A.; ALVARADO H., A. 1994. Manejo de la Fertilización en Plantaciones de Caña de Azúcar (*Saccharum spp*) en Andisoles de Ladera de Costa Rica. In: 15 th World Congress of Soil Science. Internacional Society of Soil Science (ISSS). Memorias. Acapulco, México, del 11 al 15 de julio de 1994. Volumen 7^a. p: 353-372.

- 3) CHAVES SOLERA, M. 1996. Experiencias con la Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In: Congreso de ATACORI “*Cámara de Productores de Caña del Pacífico*”, 10, Guanacaste, Costa Rica, 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 76-84.
- 4) CHAVES, M. 1999a. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José. Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. V.3. p: 193-214.
- 5) CHAVES SOLERA, M. 1999b. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, setiembre. 130 p.
- 6) CHAVES, M. 1999c. La Práctica del Encalado de los Suelos Cañeros en Costa Rica. In: Congreso de ATACORI “*Randall E. Mora A.*”, 13, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Volumen 1. p: 216-223.
- 7) CHAVES S., M.; RODRÍGUEZ R., M; VILLALOBOS M., C.; ANGULO M., A.; CALDERON A., G.; ALFARO P., R.; RODRIGUEZ F., J.M.; BARRANTES M., J.C. 2001. Censo de Variedades de Caña de Azúcar de Costa Rica Año 2000. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, marzo. 87 p.
- 8) VILLALOBOS, C.; CHAVES, M. 1999. Adición de 5 Dosis de Zinc en Formulación Granulada y su Efecto Sobre los Rendimientos de Caña de Azúcar, Ciclo Planta, en un Inceptisol de Esparza, Puntarenas. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José. Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. V.3. p: 349.