

Estudio de microelementos en áreas agrícolas del cultivo de la caña de Azúcar en Ecuador

Study of microelements in agricultural areas of sugar cane in Ecuador

Nelson C. Arzola Pina¹, Joaquín Machado de Armas^{2*}, Vilma Contreras Muñoz³

¹ ETICA Villa Clara-Cienfuegos. Autopista Nacional km 246, Ranchuelo, Villa Clara, Cuba.

² Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

³ Ingenio ECUDOS S.A. Guayas, Guayaquil, Ecuador.

E-mail: arzolapina@yahoo.es; joaquinma@uclv.edu.cu*; vilma@latroncal.com

RESUMEN. En áreas del Ingenio ECUDOS S.A. de Ecuador, se tomaron 242 muestras de suelo a 0-40 cm de profundidad, en unidades mínimas de manejo agrícola a las que se le realizaron análisis de microelementos por Olsen modificado. El abastecimiento decrece en el orden: Zn>Mn>Cu>Fe. Los dos factores que más benefician el contenido de los microelementos estudiados son: El aumento del contenido de materia orgánica y acidez para el Hierro; el aumento del contenido de arcilla y acidez para Manganeseo y Zinc; y aumento del contenido de arcilla y materia orgánica Cobre.

Palabras clave: análisis foliar, análisis de suelo, microelementos

ABSTRACT. In the areas mill fabric ECUDOS CORP of Ecuador, were taking 242 samples of soil 0-40 cm deep, in minimum units of agricultural handling to those that were carried out for microelements for modified Olsen. The contain decrees for order Zn>Mn>Cu>Fe. The two factors that more benefit the contend of the studied microelements are: the increase of the content of organic matter and the acidity for the Iron; the increase of the clay content and the acidity for the Manganese and Zinc; and the increase of the clay content and organic matter for the Copper.

Key words: foliar analyses, soil analysis, microelements

INTRODUCCIÓN

Los elementos esenciales que las plantas extraen del suelo se requieren en diferentes cantidades, unos en mayor cantidad (macroelementos) otros en menor (microelementos); aunque desde un punto de vista cualitativo, la carencia de cualquiera de ellos origina que la planta no complete su ciclo vegetativo o reproductivo. Todos los elementos esenciales son insustituibles y se pretende con este trabajo, contribuir en el conocimiento de los microelementos, que han sido objeto de menor atención y su insuficiencia es cada vez más frecuente a nivel global, en particular la del zinc debido a que se reporta una disminución del 20 % o más de los rendimientos sin que aparezcan

síntomas visuales de su insuficiencia, la cual, frecuentemente se asocia a suelos sódicos o salinos por el elevado pH y contenido de calcio (Malakouti *et al.*, 2007; Brown, 2008; Fageria y Stone, 2008; Zou *et al.*, 2008).

En las áreas agrícolas del ingenio ECUDOS S.A. se determinaron los contenidos de Fe, Mn, Cu y Zn, con el propósito de determinar la necesidad de aplicar microfertilizantes en los suelos, de emplear prácticas agrícolas que beneficien la nutrición del cultivo y de proyectar estudios futuros en los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras principalmente en tipos de suelo Inceptisol, del área de abasto del ingenio ECUDOS

S.A. de Ecuador. Posteriormente, las muestras fueron enviadas al laboratorio de química del Centro Nacional

de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Ecuador (CINCAE) donde fueron secadas, tamizadas y analizadas por los métodos siguientes:

- Textura, por el método Bouyoucos.
- Materia orgánica por Walkley y Black
- pH en la relación suelo: agua 1:2,5
- Microelementos Fe, Mn, Cu, Zn por el método de Olsen modificado (extracción con solución de

NaHCO₃ y sal disódica de EDTA).

Los resultados fueron interpretados a partir de los rangos de abastecimiento establecidos por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuaria de Ecuador y por Cuellar *et al.* (2006).

Se establecieron correlaciones lineales de Pearson entre los contenidos de microelementos y diferentes características de los suelos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los porcentos de unidades mínimas de manejo agrícola (UMMA) que se han presentado con insuficiencia, corresponden por elemento al zinc (92,9 %), manganeso (14,71 %), cobre (4,62 %) e hierro (0 %). Atendiendo a estos resultados los

microelementos por orden de interés serían Zn>Mn>Cu>Fe. Los valores máximos, mínimos y promedios de los microelementos mencionados y de otras propiedades de los suelos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores extremos y promedios de las características determinadas a las muestras de suelo de las áreas agrícolas del ingenio ECUDOS S.A. de Ecuador

Características	Unidades	Promedio	Valores extremos	
			Máximo	Mínimo
pH	-log(H ⁺)	6.4	8.0	5.0
Materia Orgánica	(%)	2.86	6.39	1.32
Arena	%	60	90	18
Limo	%	17	38	5
Arcilla	%	23	51	4
Fe	mg kg ⁻¹	158.5	416.5	28.3
Mn	mg kg ⁻¹	21.8	105.0	1.5
Cu	mg kg ⁻¹	5.4	36.7	1.4
Zn	mg kg ⁻¹	1.8	11.3	0.1

Las correlaciones encontradas entre los contenidos de microelementos y diferentes propiedades de los suelos, aparecen en la Tabla 2.

Tabla 2. Correlación lineal entre diferentes características de los suelos de las áreas agrícolas del ingenio ECUDOS S.A. de Ecuador (n=242)

Caract.	pH	MO	Arena	Limo	Arcilla	Zn	Cu	Mn
MO	-0,05							
Arena	0,10	0,43**						
Limo	-0,04	-0,33**	-0,79**					
Arcilla	-0,12	-0,40**	-0,93**	0,52**				
Zn	-0,23**	0,14*	-0,20**	0,04	0,27**			
Cu	0,04	0,14*	-0,18**	0,10	0,20**	0,73**		
Mn	-0,26**	0,01	-0,41**	0,22**	0,44**	0,34**	0,19**	
Fe	-0,38**	0,44**	0,38**	-0,31**	-0,35**	0,34**	0,09	0,10

*La correlación es significativa al nivel. 0,01 ** La correlación es significativa al nivel. 0,05 según la tabla t de Student

La disponibilidad del hierro en el suelo aumenta con la acidez; éste comportamiento es similar para el manganeso y el zinc pero no existe relación con el cobre. La reacción ácida del suelo favorece la

La marcada dependencia del Mn respecto del pH hace que por debajo de 5,5 predominen las formas intercambiables e hidrosolubles (Mn^{2+}).

Ya que la fortaleza de absorción de los iones de zinc al complejo de cambio del suelo aumenta a medida que el pH se eleva, la insuficiencia de Zn tiene lugar a pH por encima de 6,0- 6,5 (Bergmann y Neubert, 1976).

La reacción ácida del suelo facilita la movilidad y por lo tanto la asimilabilidad del cobre; no obstante se ha encontrado que no existe una relación entre el cobre asimilable y la acidez del suelo, como la que ocurre con los demás microelementos; es decir, esta relación en el caso del cobre es muy atenuada. Una causa para ello es, por una parte, que muchos suelos arcillosos no son de reacción ácida y suelen presentar suficiente cobre asimilable, mientras que los suelos arenosos ácidos lavados pueden presentar insuficiencia del elemento. Los suelos muy calcáreos pueden ser insuficientes en cobre asimilable por la formación de $Cu(OH)_2$ y $CuCO_3$, sustancias muy poco solubles (Pagel *et al.*, 1982).

El aumento del contenido de materia orgánica incrementó el contenido de hierro, cobre y zinc. Este efecto favorable no existe para el manganeso. En los suelos minerales, al aumentar la materia orgánica se eleva el contenido de microelementos asimilables, esto se hace más patente entre un 5 y 15 % de materia orgánica. A contenidos mayores, la materia orgánica perjudica la asimilabilidad de los micronutrientes, como ocurre en los suelos de turba.

La materia orgánica aplicada al suelo como abono y los propios residuos de las plantas contienen microelementos que se liberan y se hacen asimilables al mineralizarse los compuestos orgánicos que los contienen. Los microelementos Fe, Mn, Cu y Zn, son metales pesados que podrían formar compuestos complejos como ligandos procedentes de la materia orgánica. Estos compuestos llamados quelatos son solubles y están presentes en la solución del suelo, pero no ionizables, lo que los protege de las reacciones que pudieran hacerlos insolubles.

Por la gran influencia que el potencial redox tiene sobre la disponibilidad de Mn para las plantas, la aireación del suelo, el contenido de materia orgánica

y el régimen hídrico desempeñan un papel fundamental al respecto. En los suelos ricos en arcilla, sobre todo del tipo 2:1, con buen contenido de humus, el Mn activo es elevado y la insuficiencia muy poco probable, debido a que la elevada capacidad de intercambio catiónico de estos suelos preservan al Mn^{2+} intercambiable del lavado; como tienen una gran capacidad hídrica no suelen ser bien aireados, lo que favorece bajos potenciales redox; además durante la mineralización del humus se consume O_2 , lo cual disminuye el potencial redox, favoreciendo la presencia de Mn^{2+} asimilable. En estos suelos el alto contenido de arcilla y humus inhiben la cristalización de los óxidos de Mn recién precipitados (Pagel *et al.*, 1982).

De acuerdo a lo anterior era de esperar una correlación positiva y significativa entre el contenido de materia orgánica y el manganeso pero no existe relación alguna. La posible explicación de ese resultado es que por existir una fuerte correlación negativa entre materia orgánica y arcilla ($r=-0.40^{**}$) y positiva entre arena y materia orgánica ($r=0.43^{**}$), los suelos más arcillosos son más bajos en contenido orgánico y ese efecto enmascara el que podría haberse encontrado entre el contenido de materia orgánica y el manganeso. Esto coincide con los resultados obtenidos por la textura del suelo por ser precisamente el manganeso, el microelemento cuya disponibilidad se afecta en mayor medida, pues la correlación negativa más fuerte se encontró con la arena ($r = -0,41^{**}$) y la positiva con la arcilla ($r=0,44^{**}$). De acuerdo a ello los suelos arcillosos son los menos propensos a la insuficiencia de este nutriente mientras que los arenosos los más afectados.

La relación encontrada entre la arena y la materia orgánica ($r=0,43^{**}$) no es la esperada normalmente según la bibliografía, no obstante, por no ser éste el propósito del estudio será objeto de futuros estudios. Al aumentar el contenido de arena disminuye el contenido de manganeso, zinc y cobre. El hierro se comporta inversamente, pues su contenido aumenta (Tabla 2). Los suelos arcillosos generalmente están bien provistos de Cu asimilable para las plantas. El efecto de la fuerte retención por la arcilla es contrarrestado por el creciente porcentaje de saturación cúprica de las mismas, lo cual hace que haya una fracción de ese elemento intercambiable que se cede con relativa facilidad, satisfaciendo las

necesidades de las plantas. Por otra parte, los suelos arenosos ácidos y algunos Ferralíticos muy ácidos (Oxisoles) pueden haber perdido gran parte de su cobre asimilable por lavado.

En los suelos arenosos ácidos, donde se ha perdido mucho zinc por lavado, son probables las insuficiencias de este elemento, sobre todo si se han aplicado fósforo o realizado enmiendas calcáreas. El alto contenido del fósforo disminuye la asimilabilidad del zinc al formarse el fosfato de zinc.

En la práctica la insuficiencia de hierro aparece a valores de pH por encima de 6 - 7, especialmente en suelos calcáreos con alto contenido de arcillas. En estos suelos son frecuentes las insuficiencias de Fe en plantas tales como la vid, los cítricos y otros frutales, el café, la soja, el maíz y las plantas de jardín, entre otras especies (Mengel y Kirkby, 1987).

El pH de los suelos estudiados alcanzó un valor máximo de 8 por lo que se ve afectada la asimilabilidad de este nutriente, por ello, al aumentar la arcilla en los suelos calcáreos aumentan los carbonatos de calcio,

lo que explica la disminución del contenido de hierro y se corresponde con la correlación entre el contenido de arcilla y el de este micronutriente ($r = -0,35^{**}$).

Las correlaciones positivas y significativas encontradas entre el zinc y los restantes microelementos, en particular con el cobre, sugieren que los suelos de mayor riqueza en zinc también lo son en los otros microelementos evaluados.

Los dos factores que más benefician el contenido de los microelementos estudiados son: El aumento del contenido de materia orgánica y acidez para el Hierro; el aumento del contenido de arcilla y acidez para Manganeso y Zinc; y aumento del contenido de arcilla y materia orgánica Cobre. La deficiencia de Zn es un problema nutricional del hombre en el mundo y se identifica junto con la vitamina A, como dos problemas de prioridad global (Hotz y Brown, 2004). Wissuwa *et al.* (2007) reportan en el cultivo del arroz, la importancia del contenido de zinc del suelo, la variedad y la fertilización con este micronutriente. En particular el antagonismo con el fósforo ha sido objeto de gran atención.

CONCLUSIONES

1. En los suelos de ECUDOS S.A. en Ecuador los porcentajes de unidades mínimas de manejo agrícola (UMMA) que se han presentado con insuficiencia, corresponden por elemento al zinc (92,9 %), manganeso (14,71 %), cobre (4,62 %) e hierro (0 %). Atendiendo a estos resultados los microelementos por orden de interés serían Zn>Mn>Cu>Fe.

2. Los dos factores que más benefician el contenido de los microelementos estudiados son: El aumento del contenido de materia orgánica y acidez para el Hierro; el aumento del contenido de arcilla y acidez para Manganeso y Zinc; y aumento del contenido de arcilla y materia orgánica Cobre.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bergmann, W.; P. Neubert: Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. Gustav Fischer Verlag, Jena, 1976, 475 p.

2. Brown, P. H.: Micronutrient use in agriculture in the United States of America: current practices, trends and constraints. Chap. 11, In Alloway, B. J. (ed.) *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*, Springer, Dordrecht, 2008, 267-286 pp.

3. Cuellar, I.; R. Villegas; M. de León; I. Pérez:

Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba. Editorial Publiinica, La Habana, Cuba, 2002.

4. Fageria, N. H.; L. F. Stone: Micronutrient Deficiency Problems in South America. Chapter 10, In Alloway, B. J. (ed.) *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*, Springer, Dordrecht, 2008, 245-266 pp.

5. Hotz, C.; K. H. Brown: Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its

- control. *Food and Nutrition Bulletin*, 25 (Supplement 2) (2004): S91-S204.
6. Lindsay, W. L.; A. P. Schwab: The Chemistry of Iron and its Availability to Plants. *Journal of Plant Nutrition* 5: 821-840; 1982.
7. Malakouti, M. J.: Zinc is a neglected element in the life cycle of plants. Middle Eastern and Russian. *Journal of Plant Science and Biotechnology*. 1(1): 1-12; 2007.
8. Mengel, K.; E. A. Kirby: Principles of Plant Nutrition. Int. Potash Institute. Berna, Sweeden. (1987) 265 p.
9. Pagel, H.; J. Enzmann; H. Mutscher: Pflanzennährstoffe in Tropischen Boden ihre Bestimmung und Bewertung. Deutscher Landwirtschaftsverlag. Berlin, Germany, 1982, 306 p.
10. Wissuwa, M.; A. M. Ismail; R. D. Graham: Rice grain zinc concentrations as affected by genotype, nativesoil-zinc avialabilty, and zinc fertilization. *Plant and Soil Online* (2007) version DOI 10.1/s11104-007-9368-4
11. Zou, C.; R. Shi; X. Gao; X. Fan; F. S. Zhang: Micronutrient deficiencies in Crop production in China. Chapter 5, In Alloway, B.J. (ed.) *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*, Springer, Dordrecht, 2008, 127-148 pp.

Recibido: 26/10/2012

Aceptado: 17/06/2013