

DISPONIBILIDAD DEL AZUFRE EN ALGUNOS SUELOS DEL ATLANTICO NORTE DE COSTA RICA¹ *

Edgar Valverde**, Elemer Bornemisza**
y Alfredo Alvarado**

ABSTRACT

Sulfur availability in some soils of the Northern-Atlantic region of Costa Rica. The K- and Ca-phosphate extractable sulfate content of nine soils and subsoils from the North Atlantic lowlands of Costa Rica was studied. The work included the greenhouse response of the same soils to sulfate application, using sorghum (*Sorghum bicolor*) as an indicator plant.

It was found that more sulfate was extracted with monopotassium phosphate (26-87 ppm) than with monocalcium phosphate (4-55 ppm).

A good correlation between organic matter content and K-phosphate extractable S was found.

Of the nine soils studied, four resulted deficient in S, other four marginal and one had the necessary S. It is believed that S should be considered in the fertilizer research and application programs in the areas shown as deficient.

No significant correlation was detected between soluble S in soils and plant production in the greenhouse.

A foliar content of 0.16% S seems to be the value which indicates a high probability of response to the application of this element in sorghum.

INTRODUCCION

Varios trabajos (6, 7, 10, 16,) han indicado la existencia de problemas de disponibilidad de S en

la vertiente atlántica de Costa Rica. Considerando la gran importancia agrícola de esta región y el hecho de que no existe una caracterización del contenido de este nutriente en las principales series de suelos se realizó este trabajo con los siguientes objetivos:

¹ Recibido para su publicación el 27 de enero de 1978.

* Este trabajo incluye material de la tesis de grado del primer autor.

** Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía.

1.— Estudiar el contenido de S soluble en los principales suelos de la región.

2.— Determinar por medio de ensayos de invernadero cuáles de esos suelos responden a la

aplicación del S y qué correlación existe entre los contenidos de S en los suelos y los tejidos foliares y la respuesta a la aplicación de sulfato.

MATERIALES Y METODOS

Suelos

En el Cuadro 1 se presenta la caracterización general de los nueve suelos y subsuelos estudiados. Para fines de este trabajo se llamó "suelo" a la capa de 0 a 20 cm y "subsuelo" a la capa de 20 a 40 cm. En la Figura 1 se indica la ubicación de los sitios muestreados.

Análisis físico y químico

Se determinó el pH en agua y KCl 1N usando proporciones de suelo:agua 1:2.5.

La materia orgánica se determinó por oxidación húmeda por la técnica de Walkley y Black (17).

Las bases intercambiables se extrajeron con acetato de amonio 1N y el AI con KCl 1N (13).

El S se extrajo con KH_2PO_4 0,016 N según Beaton, Burns y Platou (1) y con $Ca(H_2PO_4)_2$ 0,016 N según Hunter (9).

Para la textura se usó el método de Bouyoucos (4).

Experimento en invernadero

Para los ensayos de invernadero se usó la técnica de Müller (14). Los suelos fueron mezclados con un 20% por peso de arena inerte para evitar posibles problemas de drenaje debido a la textura fina de varios de ellos.

Se usó como planta indicadora el sorgo (*Sorghum bicolor*) C.V. Dorado M. Se sembraron 20 semillas por maceta y a los trece días se les raleó dejando 12 plantas.

La cosecha de las plantas se realizó a los 42 días de la siembra. El tejido foliar se secó, pesó y molió y luego se dirigió 0,5 g en una mezcla nítrico-perclórica (5:1); en esta solución se determinó el S foliar según el método de Hunter (9).

Para determinar el efecto de S en la producción de materia seca y en el contenido de S de las plantas, se aplicó cero y 140 kg/ha de sulfato de amonio a 4 macetas por suelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los Cuadros 1 y 2 permiten apreciar que los suelos estudiados son parecidos en muchas de sus propiedades. Entre ellos se identificaron siete Inceptisoles y solamente dos Ultisoles, lo que en general caracteriza la región como de suelos recientes con remanentes de una topografía antigua.

Los suelos poseen acidez baja a mediana e indican contenidos de medianos a altos de materia orgánica. Estos resultados coinciden con otra información de la región (6, 11 y 15) y son una consecuencia de la alta precipitación de la zona y de la deposición o rejuvenecimiento que afecta a muchos de sus suelos. Esto coincide también con la textura media de la mayoría de ellos, como se indica en el Cuadro 1.

Según se observa en el Cuadro 2 las cantidades de S extraído con KH_2PO_4 son mayores (26-87 ppm) a las extraídas con $Ca(H_2PO_4)_2$ (4-55 ppm). Resultados similares encontró Balcázar (2) en suelos del Pacífico Sur. Se encontró (Figura 2) que existe una alta correlación ($r = 0,76$) entre el contenido de azufre extraído con KH_2PO_4 y el de materia orgánica en estos suelos como se ha observado en Costa Rica (2, 5) y en otros lugares (18). Esto explica la mayor retención de S en los suelos observada en Costa Rica (2, 3, 5) y los contenidos similares del elemento tanto en las capas superiores como en las inferiores.

Los datos obtenidos con $Ca(H_2PO_4)_2$ son de 4 a 55 ppm, que son valores similares a los encontrados por Pérez y Oelsigle (16) cuyo ámbito fue de 2 a 45 ppm usando el mismo extractor. Con

KH_2PO_4 se extrajo de 26 a 87 ppm de S, un ámbito más alto que lo que indican los autores antes citados (1 a 39 ppm). Se estima que el contenido de M.O. relativamente alto de las muestras estudiadas, bastante superior a los de los autores citados, es la explicación de esta observación ya que se pudo notar que los extractos con KH_2PO_4 tenían una coloración amarilla lo que indica una disolución parcial de la materia orgánica presente.

El Cuadro 3, que resume los resultados del invernadero, indican una variación apreciable entre suelos, especialmente en lo referente a su respuesta al azufre. En cuatro sitios (Roxana, Río Jiménez, Waldeck y Bataán) los rendimientos relativos dan un promedio de 56%, es decir un poco más de la mitad del rendimiento normal; que ha sido estimado por los autores en un 50%; estos sitios son marcadamente deficientes en S. En otros

Cuadro 1. Características generales de las muestras.

Lugar		Región Físico-geográfica (15)	Geología (12)	Textura	Clasificación
Cariari	S SS	Llanuras de Santa Clara	Aluvi3n Cuaternario	Franco arenoso " "	Humitropept "
Roxana	S SS	Llanuras de Santa Clara	Aluvi3n Cuaternario	Franco arenoso " "	Humitropept "
Diamantes	S SS	Planicies in- clinadas de Guápiles	Aluvi3n Cuaternario	Franco arenoso " "	Tropohumult "
Río Jiménez	S SS	Llanuras de Santa Clara	Aluvi3n Cuaternario	Franco arcilloso " "	Humitropept "
Carmen	S SS	Llanuras de Pacuare y Matina	Aluvi3n Cuaternario	Arcilla "	Humitropept "
Cairo	S SS	Planicies y Lomas incli- nadas Pocora	Terciario Plioceno Suretka	Franco arcilloso Arcilla	Humitropept "
Siquirres	S SS	Cerros de Cimarr3n	Terciario Plioceno	Arcilla "	Tropodult "
Waldeck	S SS	Llanuras de Pacuare y Matina	Aluvi3n Cuaternario	Franco arcilloso " "	Humitropept "
Bataán	S SS	Llanuras de Pacuare y Matina	Aluvi3n Cuaternario	Franco Franco arcilloso	Tropaquept "

cuatro sitios el rendimiento relativo indica una pequeña pérdida de cosecha con un promedio del 93%, la cual en ocasiones no se presenta (Siquirres, Cairo, Diamantes, Cariari). La muestra del sitio El Carmen no respondió a la aplicación de S, lo que coincide con su alto contenido de este elemento.

Los datos de contenido foliar de S que se presentan en el Cuadro 3 apoyan las observaciones

anteriores, indicando contenidos bajos para los testigos en los sitios donde hubo más respuesta con valores de S en general, por debajo del promedio (1600 ppm) para los testigos. Las altas concentraciones para El Carmen, que respondió en forma adversa al S añadido, confirma que este suelo no lo necesita.

El análisis estadístico indicó un aumento altamente significativo para el tratamiento con S y la

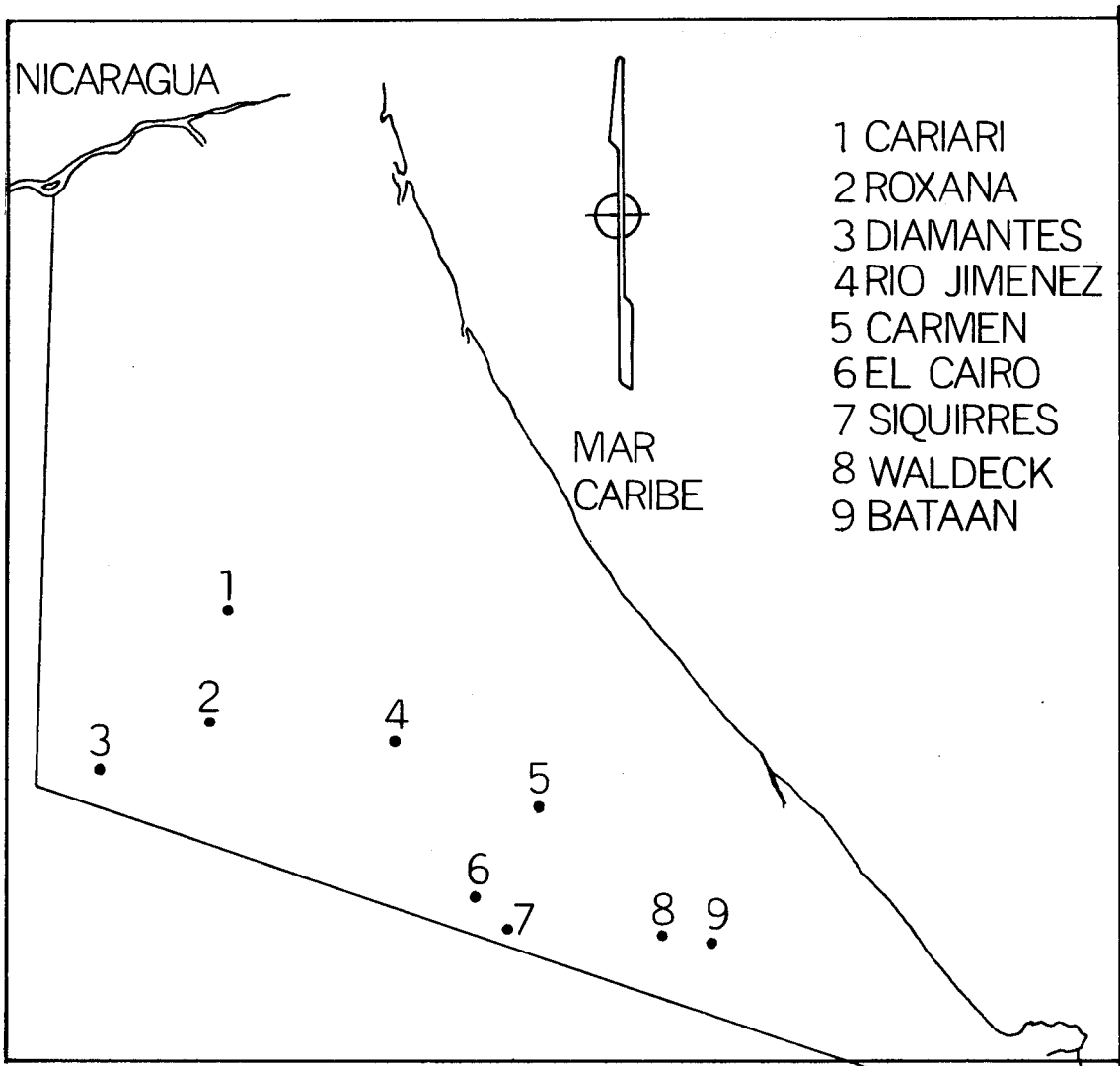


Fig. 1. Ubicación de los lugares muestreados en el Atlántico Norte de Costa Rica.

Cuadro 2. Características químicas de las muestras de suelo.

Lugar		pH		M.O.	Ca	Mg	K	Al	S extraíble ppm	
		H ₂ O	KCl	%		meq/100 g			KH ₂ PO ₄ 0,016 N	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ 0,016 N
Cariari	S	6,0	5,6	11,8	16,4	2,9	1,2	tr	81	35
	SS	6,0	5,7	8,9	16,6	1,3	0,5	tr	87	18
Roxana	S	5,5	5,4	7,0	2,6	0,8	0,3	tr	72	27
	SS	5,6	5,5	4,5	1,3	0,3	0,2	0,1	64	23
Diamantes	S	5,8	5,2	12,7	3,4	1,2	0,4	0,1	71	25
	SS	5,8	5,2	9,7	9,4	0,3	0,2	0,5	78	27
Río Jiménez	S	6,0	4,9	3,6	8,6	4,3	1,6	0,2	46	34
	SS	6,2	5,3	3,5	9,4	5,0	1,0	tr	65	24
Carmen	S	5,5	4,8	5,1	6,5	2,9	3,5	0,6	65	55
	SS	5,3	4,6	3,2	5,8	3,4	1,2	3,1	42	23
Cairo	S	6,0	5,5	8,3	6,0	2,4	1,2	tr	81	21
	SS	5,8	5,5	5,3	3,1	1,0	0,9	tr	56	8
Siquirres	S	5,4	4,6	3,7	1,5	1,2	0,2	1,3	37	28
	SS	5,4	4,6	2,3	0,3	0,8	0,1	2,9	35	37
Waldeck	S	6,1	5,5	5,6	39,0	12,4	0,3	tr	34	7
	SS	6,2	5,4	3,5	35,0	12,4	0,2	tr	26	4
Bataán	S	6,3	5,2	3,9	39,0	3,2	0,7	tr	29	29
	SS	6,4	5,5	5,5	49,0	3,5	0,3	tr	32	24

existencia de diferencias significativas entre sitios, confirmando las observaciones anteriores. Es interesante anotar también que no se observó diferencias significativas entre las dos profundidades estudiadas, probablemente por el efecto de la materia orgánica.

No se encontraron tampoco correlaciones significativas entre los contenidos de S soluble en el suelo y la producción, lo que podrá deberse al número reducido de muestras estudiadas y a las

apreciables diferencias, especialmente en materia orgánica entre los suelos incluidos en el trabajo.

Con base en los resultados obtenidos se recomienda incluir el S en los programas de investigaciones con fertilizantes en suelos de esta región.

Se sugiere también que para los cuatro suelos identificados como deficientes se incluya al S en los programas de abonamiento ya que la probabilidad de que ésta sea remunerativa es alta.

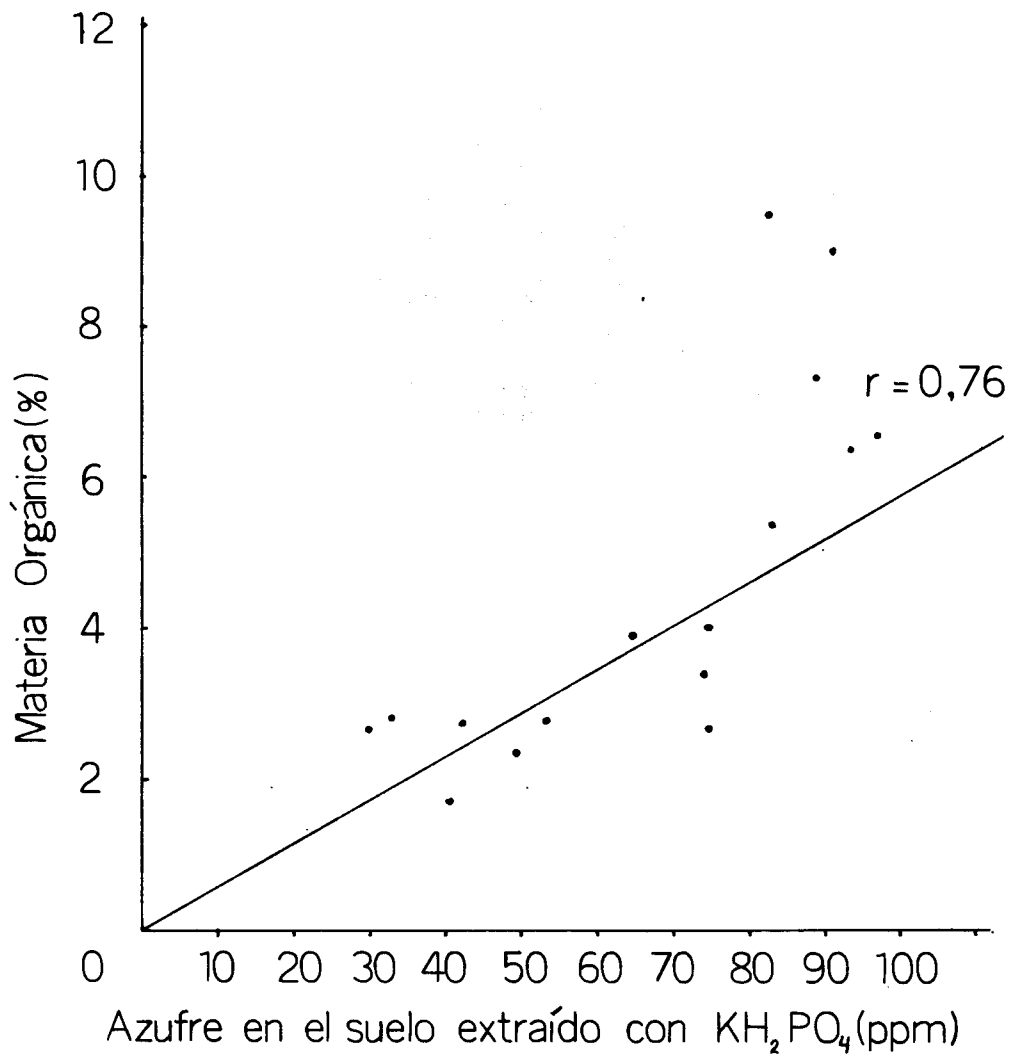


Fig. 2. Contenido de materia orgánica vs. concentración de azufre en suelos y subsuelos del Atlántico Norte de Costa Rica.

Cuadro 3. Rendimiento en el invernadero y contenido de S foliar en sorgo (*Sorghum bicolor*) C.V. Dorado.

Lugar		Materia seca g/planta		Rendimiento* relativo %	Contenido foliar de S (ppm)	
		+S	-S		+S	-S
Cariari	S	0,48	0,52	108	1900	1850
	SS	0,53	0,50	94	2200	1900
Roxana	S	0,54	0,31	57	1900	1650
	SS	0,49	0,23	47	1950	1500
Diamantes	S	0,37	0,30	81	2300	2100
	SS	0,32	0,33	103	2800	2000
Río Jiménez	S	0,43	0,23	54	1700	1300
	SS	0,46	0,39	85	2000	1700
Carmen	S	0,25	0,49	196	2200	2100
	SS	0,30	0,38	127	2100	2050
Cairo	S	0,46	0,40	87	1600	1350
	SS	0,49	0,44	90	1700	1300
Siquirres	S	0,41	0,39	95	2000	1550
	SS	0,42	0,36	86	2200	1700
Waldeck	S	0,42	0,27	64	1500	800
	SS	0,43	0,16	37	1400	700
Bataán	S	0,35	0,19	54	1450	600
	SS	0,39	0,19	49	1700	850
Promedio		0,42	0,34		1922	1500

$$* \text{ Rendimiento relativo} = \frac{S}{\bar{S}} \times 100$$

S = Suelo
 SS = Subsuelo
 +S = 140 kg de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ /ha
 -S = testigo

RESUMEN

Se estudió el contenido de S soluble en KH_2PO_4 0,016 N y $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 0,016 N y la respuesta a este elemento en pruebas de invernadero con nueve suelos y subsuelos del Atlántico Norte de Costa Rica usando sorgo como planta indicadora.

Se encontró que las cantidades extraídas con KH_2PO_4 eran mayores (26-87 ppm) que las extraídas con $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (4-55 ppm).

Se observó una buena correlación entre el contenido de materia orgánica y el S extraíble con fosfato potásico.

De los nueve suelos estudiados, cuatro resultaron deficientes en S, otros cuatro representan casos marginales y un suelo está bien provisto en este elemento, de lo que se concluye que se deberá considerar al S en las investigaciones de fertilización y en los programas de abonamiento en los sitios identificados como deficientes.

No se encontraron correlaciones significativas entre los contenidos de S soluble y la producción en el invernadero.

Un contenido foliar de 0,16% de S parece ser el valor que indica la alta posibilidad de respuesta a la aplicación de este elemento en sorgo.

LITERATURA CITADA

1. BEATON, J.D., BURNS, G.R., PLATOU, J. Determination of sulphur in soils and plant material. Sulfur Institute. Technical Bulletin no. 14. 1968. 44 p.
2. BALCAZAR CHACIN, A.A. Niveles de azufre en algunos suelos del Pacífico Sur de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1976. 65 p. (mimeo).
3. BORNEMISZA, E. y LLANOS, R. Sulfate movement, adsorption and desorption in three Costa Rican soils. Soil Science of American Proceedings 31(3):356-360. 1967.
4. BOUYOUCOS, G.J. The hydrometer method for studying soils. Soil Science 25:365-369. 1928.
5. CASTILLO QUIJANO, F.A. Estudio del contenido de azufre en algunos suelos de la Península de Nicoya, Guanacaste. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1976. 73 p. (mimeo).
6. HARDY, F. y BAZAN, R. Sulfur deficiency in La Lola soils, Costa Rica. Turrialba, IICA, 1966. 6 p. (mimeo).
7. _____ y ____ . Sulfur deficiency in Turrialba soils. Turrialba, IICA, 1966. 9 p. (mimeo).
8. HUNTER, A.L. Analysis of sulfur and boron in plant material. North Carolina, Agricultural Environmental Systems, 1975. 2 p. (mimeo).
9. _____ . Proposed methods for sulfur and boron in soils. North Carolina, Soil Fertility Evaluation and Improvement Project, 1975. 2 p. (mimeo).
10. JARAMILLO CELIS, R. y BAZAN, R. Efecto de urea y de urea-azufre en la producción de banano "Giant-Cavendish" en Guápiles, Costa Rica. Turrialba 26(1):90-94. 1976.
11. JIMENEZ FALLAS, F.T. Génesis, clasificación y capacidad de uso de algunos suelos de la región Atlántica de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1972. 180 p. (mimeo).
12. MALAVASSI, E. y CHAVES, R. Geología. In ITCO. Estudio geográfico regional, zona atlántica norte de Costa Rica. San José, 1967. pp. 20-29.
13. McLEAN, E. Analysis of aluminium. In Black, C.A. et al (eds.). Methods of soil analysis. Madison, Wisc., Amer. Soc. Agr., 1965. v.2 pp. 978-998.
14. MULLER, L.E. Deficiencias de azufre en algunos suelos de Centro América. Turrialba 15(3):208-215. 1965.
15. NUHN, H. y PEREZ, S. Regiones físico-geográficas. In ITCO. Estudios geográfico regional, zona atlántica norte de Costa Rica. San José, 1967. pp. 155-190.
16. PEREZ, A. y OELSLIGLE, D.D. Comparación de diferentes extractantes para azufre en suelos de Costa Rica. Turrialba 25(3):232-238. 1975.
17. WALKLEY, A. y BLACK, J.A. An examination of the Degtjoreff method for determining soil

organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37:29-38. 1934.

18. WHITEHEAD, D.C. Soil and plant-nutrition aspects of the sulphur cycle. *Soil and Fertilizers* 27(1):1-9. 1964.