

DISPONIBILIDAD DE AZUFRE EN SUELOS DE LA VERTIENTE PACIFICA DE COSTA RICA¹ *

Elemer Bornemisza**, Florencio Antonio Castillo***
y Argenis Alirio Balcázar***

ABSTRACT

Sulfur availability in some soils of the Pacific Watershed of Costa Rica. The K-phosphate extractable S content of 18 soils and subsoils from the Pacific Watershed of Costa Rica was studied. The work also included a study in the greenhouse of the responses in these soils to the application of sulfate using sorghum (*Sorghum bicolor*) as an indicator plant.

Of the studied sites thirteen gave a definite response to the application of S, while only in two sites there was no response neither for the soil nor the subsoil. The remaining three sites represent borderline cases with response either for the soil or the subsoil.

For most of the studied sites a sulfate accumulation in the subsoil was noted. This indicates that it might be particularly important to supply the element in the first stage of growth of crops.

It was observed that foliar S was higher for the treated soils (av. 1255 ppm) than for the untreated ones (av. 931 ppm). This result shows the effect of the applied sulfur. The data obtained are within the usual limits of foliar S concentration.

It is estimated that S should be included in the fertilizer plan for the area.

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

* Este trabajo incluye material de las tesis de grado del segundo y tercer autor.

** Catedrático, laboratorio de Suelos, Escuela de Fiotecnía, Universidad de Costa Rica.

*** Tesiarios, UCR.

INTRODUCCION

Desde hace unos veinticinco años existe interés en la posible deficiencia de azufre en suelos de Costa Rica (2) y en la última década se han publicado varios trabajos enfocando diversos aspectos del comportamiento de este elemento en los suelos (4, 7, 8, 10, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24). Algunas

de estas investigaciones indicaron que en sectores de la Vertiente Pacífica del país ocurre esta deficiencia (6, 7, 8, 18, 20, 22, 23). Varias condiciones de la región tales como el reducido contenido de materia orgánica, la mineralogía de arcilla de tipo 2:1 y el pH relativamente alto son factores que en poco favorecen la retención del sulfato, el cual se pierde con las lluvias de invierno (4).

Con el fin de completar la información sobre el azufre en suelos de Costa Rica, se tomaron muestras representativas de suelos de las partes norte y sur del Pacífico y se estudió su contenido de azufre soluble, sus propiedades generales y la respuesta en el invernadero del sorgo (*Sorghum bicolor*) a la aplicación de sulfato al suelo. Se trató también de correlacionar el contenido de S soluble y la respuesta a este elemento, con algunas propiedades de los suelos investigados.

MATERIALES Y METODOS

Suelos

Se estudiaron dos grupos de suelos y subsuelos en áreas planas, uno correspondiendo a nueve localidades de la región del Pacífico Sur del país y el otro grupo que incluía muestras de los alrededores del Golfo de Nicoya. La Figura 1 indica los sitios del muestreo y en el Cuadro 1 se encuentran las principales propiedades de estas muestras. En el estudio se ha llamado "suelo" a la capa superior del perfil correspondiendo a los 25 cm superiores. La capa subyacente, de aproximadamente igual profundidad, fue designada "subsuelo". Se trató de recoger muestras de terrenos con pastos no abonados recientemente.

Las muestras tomadas fueron secadas al aire, desmenuzadas, pasadas por un tamiz No. 10 y luego analizadas o usadas para los ensayos en invernaderos. Cuando el análisis lo exigía se pulverizó muestras pequeñas del suelo hasta el grado de fineza requerido.

Análisis de las muestras

Los siguientes métodos fueron usados para caracterizar a los suelos: determinación del pH según

en agua relación 1:2.5; del fósforo soluble según Olsen modificado por Hunter (15); el análisis granulométrico según Bouyoucos (5) y la determinación del azufre extraíble con fosfato monobásico de potasio (KH_2PO_4) según Ensminger (9) y determinado según MASSOUMI Y Cornfield (19).

Experimento de invernadero

En el invernadero se realizaron dos experimentos, uno con los suelos provenientes del área de Nicoya y otro con los suelos del Pacífico Sur. Para ambos se usaron macetas plásticas y se mezclaron los suelos con un 20% de arena de cuarzo para mejorar sus propiedades físicas. Se aplicaron los nutrimentos según lo recomienda Müller (21). Para determinar el efecto de azufre se aplicaron cero y 140 kg/ha de sulfato de amonio, usando 4 macetas por suelo.

Como planta indicadora se usó el sorgo. Se sembraron veinte semillas, dejando doce plantas por maceta después de tres semanas; las plantas se cortaron a los dos meses, se secaron a 60°C y se pesaron para conocer la producción de materia seca. Para la determinación de azufre foliar se digirieron las muestras en una mezcla nitro-perclórica (5:1) y se determinó luego el azufre en la solución por turbidimetría según Hoeft, Walsh y Keeney (14).

RESULTADOS Y DISCUSION

Como se observa con el Cuadro 1 los primeros nueve suelos y subsuelos se caracterizan por un grado de lavado bajo de bases que se refleja en pH-s entre 6,4 y 7,6 y en una textura de franca a arcillosa con bajas a medianas concentraciones de materia orgánica y bajas cantidades de azufre y fósforo extraíble. Para la mayoría de las muestras de este primer grupo (Lepanto, Jicaral, Nicoya, Filadelfia, Corobicí y San Miguel) se observó que el subsuelo contenía más sulfatos que la capa superficial, lo que coincide con informes previos (3, 4, 23). Esta mayor adsorción se debe probablemente a la textura más fina de estos suelos cuya fracción limo más arcilla es mayor en el subsuelo en todos los casos, excepto en San Miguel. La mayor retención del azufre al aumentar la superficie de las

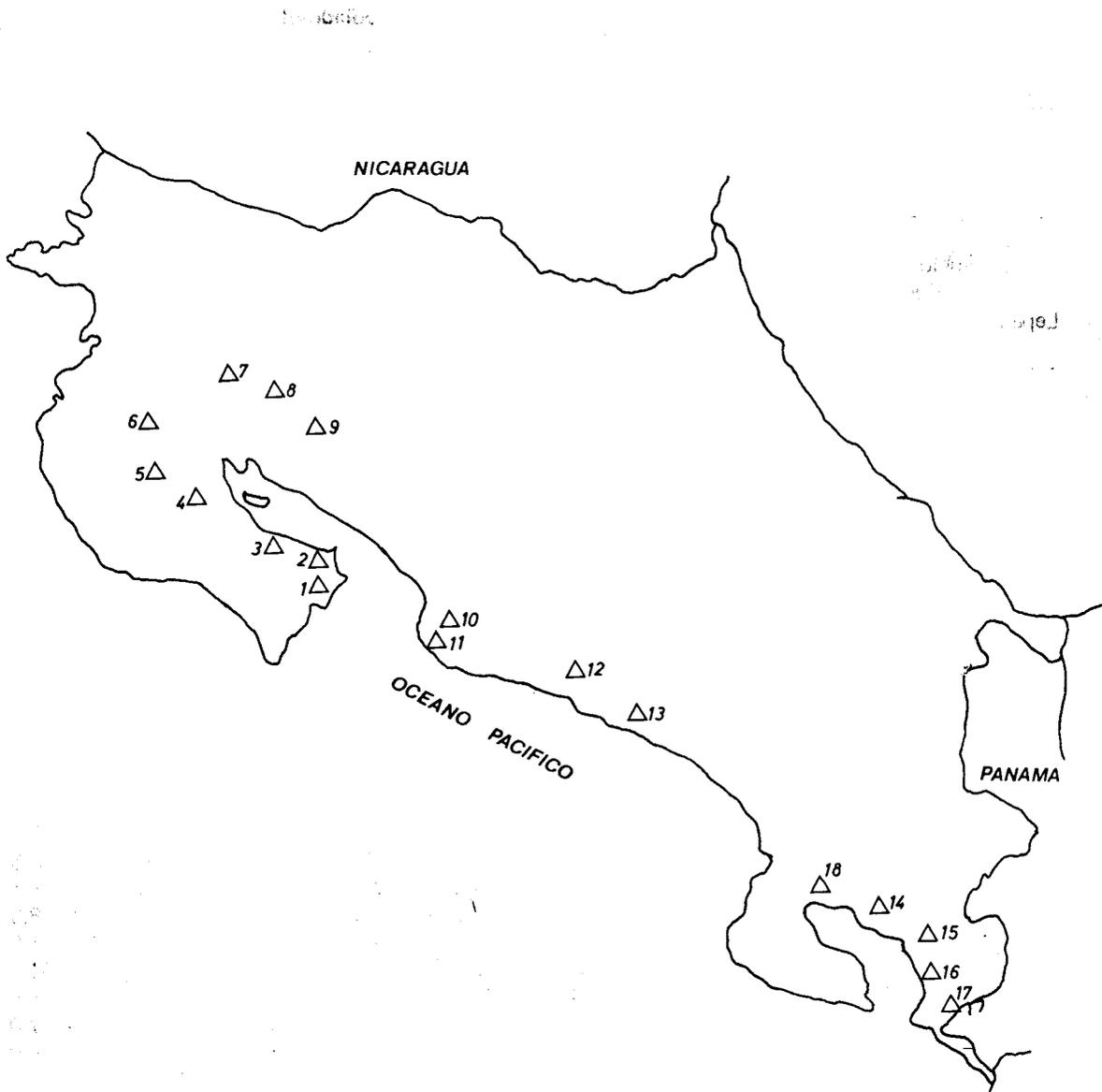


Fig. 1. Ubicación de las muestras de suelos investigados.

Cuadro 1. Propiedades principales de los 18 suelos y subsuelos estudiados de la Vertiente Pacífica de Costa Rica.

Sitio	Número en Figura 1.	Clasificación	Textura	pH H ₂ O	M.O. %	S Extraíble ppm	P Extraíble ppm
Paquera Suelo	(1)	Ustifluvent *	FL	7.2	1.7	5.4	1.5
Subsuelo		"	FL	7.3	2.1	3.2	1.5
Lepanto Suelo	(2)	Haplustoll	FL	7.0	6.2	4.8	3.2
Subsuelo		"	FL	7.5	2.2	5.9	2.0
Jicaral Suelo	(3)	Haplustoll	F	7.6	3.2	3.6	1.2
Subsuelo		"	F	7.5	2.9	4.8	1.8
Nicoya Suelo	(4)	Pellustert	A	7.5	5.8	5.8	2.0
Subsuelo		"	A	7.6	3.2	6.7	1.2
Sta. Cruz Suelo	(5)	Haplustalf	FAL	7.6	8.6	4.1	1.2
Subsuelo		"	A	6.5	4.4	3.5	1.6
Filadelfia Suelo	(6)	Haplustoll	FAL	7.4	5.3	4.0	6.0
Subsuelo		"	A1	7.5	3.5	4.7	1.3
Río Potrero Suelo	(7)	Ustropept	F	7.1	9.1	10.0	4.0
Subsuelo		"	F	7.0	4.9	8.3	1.3
Corobicí Suelo	(8)	Ustropept	FA	7.4	4.7	3.8	2.0
Subsuelo		"	FA	6.9	2.8	4.2	1.7
San Miguel Suelo	(9)	Haplustalf	FA	6.4	5.0	6.4	2.0
Subsuelo		"	FA	6.5	4.0	7.8	2.0
Coyolar Suelo	(10)	Ustropept	A	5.6	12.9	30.0	5.5
Subsuelo		"	A	5.6	8.3	17.5	5.0
Poza Redonda Suelo	(11)	Ustropept	A	5.8	3.9	31.0	7.0
Subsuelo		"	A	5.6	2.8	40.0	5.0
Quepos I Suelo	(12)	Ustropept	F	5.8	1.1	22.5	8.5
Subsuelo		"	FA	6.5	0.3	17.5	8.5
Quepos II Suelo	(13)	Ustropept	FAAr	6.4	3.4	15.0	8.0
Subsuelo		"	F	6.5	0.9	22.5	8.5
Piedra Blanca Suelo	(14)	Ustropept	A	6.2	26.9	31.0	31.5
Subsuelo		"	A	6.0	17.4	40.0	6.5
Coto-45 Suelo	(15)	Ustropept	A	5.8	3.8	12.5	7.0
Subsuelo		"	FA	6.0	0.2	17.5	5.0
Colorado Suelo	(16)	Tropaquept	A	5.2	5.6	30.0	9.0
Subsuelo		"	A	5.9	0.1	30.0	6.0
Caucho Suelo	(17)	Uditropept	A	5.9	4.9	12.5	20.0
Subsuelo		"	A	5.6	0.3	17.5	19.5
Culebra Suelo	(18)	Tropaquept	FA	6.5	1.7	20.0	8.5
Subsuelo		"	FL	6.5	0.3	17.5	9.0

* Comunicación personal : Ing. A. Alvarado
 F = franco; L = limoso; A = arcilloso; Ar = arenoso

partículas coloidales es bien conocida (4, 24). La mayor extracción de las plantas de la capa superior puede también contribuir a la baja concentración. La observación contraria se hace para los suelos Paquera, Sta. Cruz y Río Potrero debido, en el caso de los dos últimos, al contenido relativamente alto de materia orgánica en el horizonte superficial la cual contribuye en forma apreciable al azufre soluble según Blasco (1). No se tiene explicación para el suelo Paquera, único Entisol estudiado.

El segundo grupo de suelos lo forman todos los Inceptisoles ligeramente ácidos y en general de textura fina, con contenidos de materia orgánica muy variables y cantidades de azufre soluble superiores a los suelos del grupo anterior. En este grupo hay más suelos que poseen una acumulación de sulfato en su segunda capa (Caucho, Coto 45, Piedras Blancas, Quepos II y Poza Redonda Redonda) que los que pertenecen al grupo contrario. De nuevo se nota que dos suelos con buenas cantidades de materia orgánica (Coyolar y Colorado) no siguieron la observación anterior quedando sin explicar los casos de Quepos I y de Culebra. Se estima que el pH menor y la textura más fina observados en este grupo en asociación con una posible diferencia en material parental (calizas recientes), son la explicación de los tenores en general superiores de sulfatos encontrados.

El rendimiento relativo medido como producción de materia seca del experimento de invernadero correspondiente a los suelos del Pacífico Norte indicados en el Cuadro 2, permite observar una correlación significativa entre éste y la concentración de S soluble en el suelo, como lo ilustra la Figura 2. En los suelos donde el rendimiento relativo fue menor del 80%, se notó a las cuatro semanas una clorosis, probablemente causada por deficiencia de azufre. Para este grupo de suelos, con una concentración de S menor de 7 ppm, se observó una respuesta positiva a la aplicación del S en todos los casos.

La concentración foliar de azufre osciló entre 2600 y 650 ppm con un promedio de 1255 ppm para los suelos que recibieron este elemento y entre 1750 y 515 ppm con un promedio de 931 ppm para los suelos que no lo recibieron. Se notó en general datos más altos de azufre foliar en el segundo experimento de invernadero con los suelos del Pacífico Sur. Excepto en el caso del subsuelo de Caucho, los contenidos de las plantas que reci-

bieron S fueron más altos. Los valores observados se encuentran dentro de los límites comunes de concentración de este elemento (Cuadro 2).

Para el segundo experimento con suelos del Pacífico Sur se observa que en cuatro de ellos hubo respuesta al S en las dos capas estudiadas: Coyolar, Poza Redonda, Caucho y Culebra.

Existen otros dos suelos donde definitivamente no se obtuvo respuesta (Quepos II y Colorado). Se nota que Colorado se caracteriza por un buen contenido de azufre en ambas capas estudiadas, mientras que Quepos II tiene un bajo contenido de S. Debido a que la producción en este caso fue particularmente baja se supone que algún factor no controlado mantuvo una deficiente producción, aún cuando se corrigió la deficiencia de S.

En el tercer grupo entran los suelos Quepos I, Piedras Blancas y Coto, donde una de las dos capas estudiadas respondió al S en el invernadero. En estos casos se tienen suelos al borde de la deficiencia que también tienen que ser considerados como problema a corto plazo.

En general de las 18 muestras estudiadas, trece dieron respuesta positiva, es decir más de las dos terceras partes. Entre ellas, los suelos de la región de Nicoya y las muestras del Valle de Coto, mientras que la región de Quepos no indicó respuesta fuerte, probablemente porque el material aluvial reciente de la región conserva todavía suficiente cantidad del elemento.

La diversidad de las muestras, resultado de la naturaleza más que todo aluvial de los suelos estudiados ha hecho difícil establecer correlaciones claras para toda la población.

En general, se concluye que existen amplias áreas en las tierras bajas del Pacífico que necesitan la adición del azufre para una óptima producción agrícola por su bajo contenido en la fracción soluble de este elemento. Esta observación confirma resultados de experimentos de campo (6, 7, 8, 20, 24) que en forma tentativa indicaron el mismo problema para la Vertiente Pacífica.

Los resultados de esta investigación indican la necesidad de realizar estudios de campo más detallados en la región sobre la fertilización azufrada de los cultivos.

Cuadro 2. Resultados de invernadero de la aplicación de azufre a 18 suelos y subsuelos de la Vertiente Pacífica de Costa Rica.

Suelo	Rendimiento Materia Seca g/maceta		Concentración Foliar de S ppm		Azufre Extraído mg/maceta	
	+ S	-S	+ S	-S	+ S	-S
Paquera Suelo	9.73	7.04	865	625	8.44	4.41
Subsuelo	9.86	6.28	875	555	8.63	3.49
Lepanto Suelo	12.40	8.32	912	785	11.32	6.45
Subsuelo	12.63	8.56	924	775	11.68	6.65
Jicaral Suelo	12.01	6.35	812	576	9.76	3.67
Subsuelo	8.82	6.73	794	597	7.02	4.03
Nicoya Suelo	9.43	7.80	834	690	7.96	5.39
Subsuelo	9.41	8.10	840	715	7.91	5.80
Sta. Cruz Suelo	8.40	7.61	750	675	6.30	5.15
Subsuelo	7.19	5.80	650	524	4.68	3.04
Filadelfia Suelo	7.48	5.72	675	525	5.06	3.02
Subsuelo	7.51	6.95	690	575	5.20	4.01
Río Potrero Suelo	7.60	7.54	680	675	5.10	4.94
Subsuelo	8.02	7.41	715	665	5.74	4.94
Corobicí Suelo	9.36	5.73	837	515	7.85	2.96
Subsuelo	9.43	6.98	840	572	7.93	4.00
San Miguel Suelo	8.43	7.64	775	690	6.59	5.28
Subsuelo	8.41	7.52	762	690	6.42	5.21
Coyolar Suelo	7.4	6.3	1750	1150	12.95	7.24
Subsuelo	6.2	5.9	2200	1300	13.64	7.67
Poza Redonda Suelo	7.6	5.75	1400	1312	10.64	7.54
Subsuelo	6.6	6.1	1450	1450	9.57	8.84
Quepos I Suelo	2.83	6.5	2000	1163	5.66	7.55
Subsuelo	6.6	4.0	1700	1350	11.22	5.40
Quepos II Suelo	2.74	5.9	2100	1750	5.75	10.32
Subsuelo	6.5	7.4	2000	1075	13.00	7.95
Piedra Blanca Suelo	8.3	8.0	1450	1088	12.0	8.70
Subsuelo	6.4	7.2	1150	1113	7.36	8.01
Coto-45 Suelo	9.8	10.7	1300	1450	16.66	15.51
Subsuelo	7.7	7.5	2600	1400	16.20	10.50
Colorado Suelo	8.6	9.0	2600	713	22.36	6.41
Subsuelo	8.0	8.0	1650	1213	13.36	13.20
Caucho Suelo	8.1	6.4	1300	1300	10.53	8.32
Subsuelo	8.6	7.7	1100	1150	9.46	8.85
Culebra Suelo	7.3	3.7	1900	1025	13.84	3.79
Subsuelo	8.7	7.0	1350	1113	11.74	9.45

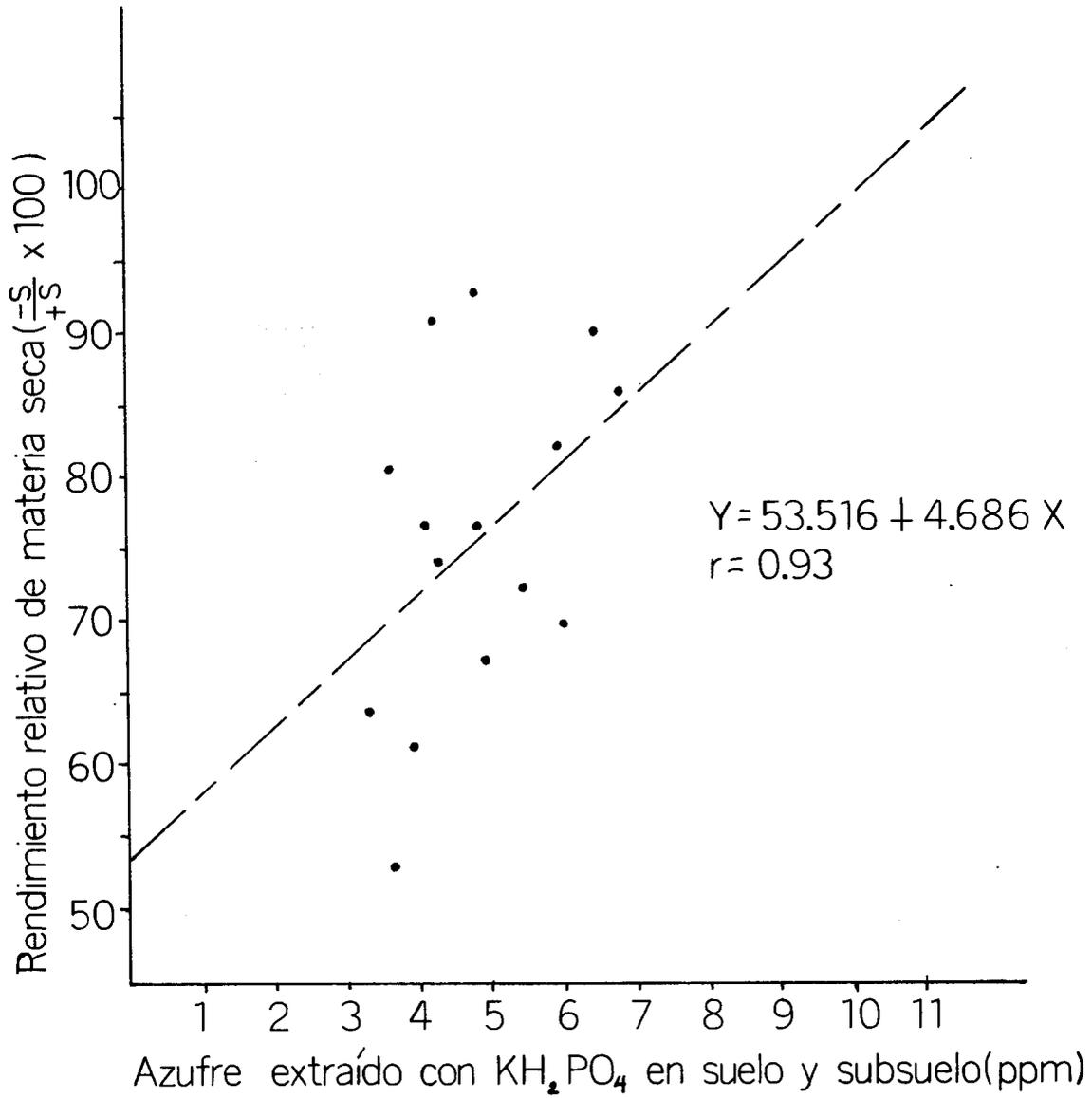


Fig. 2. Rendimiento relativo de materia seca en función del contenido de S en suelos de la Vertiente Pacífico Norte.

Por otra parte, para prevenir posibles deficiencias de azufre es conveniente incluir este nutriente en los programas de abonamiento en los suelos donde hubo evidente respuesta al azufre.

RESUMEN

Se estudió el contenido de azufre soluble y la respuesta en invernadero a este elemento para muestras de 18 suelos y subsuelos de la Vertiente Pacífica de Costa Rica.

El azufre soluble se extrajo con fosfato monobásico de potasio y se usó como planta indicadora el sorgo. En trece de los lugares estudiados se obtuvo una respuesta clara al elemento, mientras que solamente dos suelos no respondieron positivamente, ni en el suelo ni en el subsuelo. Los otros tres sitios, con respuestas en una de las capas, representan casos intermedios.

Se observó que para la mayoría de los suelos hay una acumulación de S soluble en el subsuelo, lo que hace especialmente necesario su suministro en la fase inicial del crecimiento de los cultivos.

Las concentraciones foliares con un promedio de 1255 ppm para suelos tratados y de 931 ppm para no tratados ilustran el efecto del elemento añadido y se encuentran dentro de los límites comunes para este nutriente.

Se estima que el S deberá considerarse en los estudios de fertilización y aplicación de abonos de la región.

LITERATURA CITADA

1. BLASCO, L.M. Contenido y metabolismo del azufre en suelos volcánicos de Centro América. *In* II Panel sobre suelos volcánicos de América. Pasto, Colombia, 1972. pp. 107-123.
2. BORNEMISZA, E. El azufre en la agricultura. *Suelo Tico* 7(3):229-232. 1954.
3. _____. Categorías de azufre en los suelos de la Meseta Central de Costa Rica. STICA-MAI. Informe poligrafiado. San José, 1959. 8 p.
4. _____. y LLANOS, R. Sulfate movement, adsorption and desorption in three Costa Rican soils. *Soil Science Society of American Proceedings* 31(3):356-360. 1967.
5. BOUYOUCOS, G. The hydrometer method for studying soil. *Soil Science* 25:365-369. 1928.
6. BRENES, R. Respuesta del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) a la fertilización con potasio y azufre. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1973, 62 p. (mimeo).
7. CORDERO, A. Problemas de fertilidad de algunos suelos de Guanacaste bajo explotación ganadera. *Noticiero de Agronomía (Costa Rica)* 1(9):1-4. 1972.
8. _____. y SALAS, J. Evaluación de la fertilidad de tres suelos aluviales de Costa Rica mediante el método de las microparcelas de maíz. *Boletín Técnico* no. 58. San José, MAG, 1971. 29 p.
9. ENSMINGER, L.E. Some factors affecting the adsorption of sulfate by Alabama soils. *Soil Science Society of American Proceedings* 18(3):259-264. 1954.
10. GARCIA, A. y CARVAJAL, J.F. Respuesta al fósforo y al azufre en algunos suelos cañeros de Costa Rica. *Anales 2º Congreso Agronómico Nacional*. San José, 1976. p. 59.
11. HARDY, F. y BAZAN, R. Preliminary liming pot tests with soils of Costa Rica. Turrialba, IICA, 1967. 9 p. (mimeo)
12. _____. y _____. Sulfur deficiency in La Lola soils, Costa Rica. Turrialba, IICA, 1966. 6 p. (mimeo).
13. _____. y _____. Sulfur deficiency in Turrialba soils. Turrialba, IICA, 1966. 9 p. (mimeo).
14. HOEFT, R.G. WALSH, L.M. y KEENEY, D.R. Evaluation of various extractants for available soil sulfur. *Soil Science Society of American Proceedings* 37(3):401-408. 1973.
15. HUNTER, A. Soil analysis procedure using the modified NaHCO₃ extracting solution. Soil evaluation and improvement program. Raleigh, N.C., North Carolina State University, 1966. 5 p. (mimeo).
16. JARAMILLO, R. y BAZAN, R. Efecto de urea y urea-azufre en la producción de banano "Giant Cavendish" en Guápiles, Costa Rica. Turrialba 26(1):90-99. 1976.
17. MARTINI, J.A. Caracterización del estado nutricional de los principales "latosoles" de Costa Rica, mediante la técnica del elemento faltante en el invernadero. Turrialba 19(3):394-408. 1969.

18. ——— Caracterización del estado nutricional de los principales andosoles de Costa Rica, mediante la técnica del elemento faltante en el invernadero. Turrialba 20(1):72-84.
19. MASSOUMI, A. y CORNFIELD, A. A rapid method for determining sulfate in water extracts of soils. Analyst 88:321-322. 1963.
20. MOLINA, C.E. Estudio de fertilidad de cinco suelos de Guanacaste. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1973. 97 p. (mimeo).
21. MULLER, L.E. Deficiencias de azufre en algunos suelos de Centro América. Turrialba 15(3):208-215. 1965.
22. PEREZ, A. y OELSLINGLE, D.D. Comparación de diferentes extractantes para azufre en suelos de Costa Rica. Turrialba 25(3):232-238. 1975.
23. RAMIREZ, E. Retención de sulfatos y relación fosfato-sulfato en suelos de Costa Rica. Tesis M.S. Turrialba, IICA, 1974, 91 p. (mimeo).
24. RUIZ, C.A. Estudio preliminar de fertilización en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en La Unión de Pérez Zeledón. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1977. 86 p. (mimeo).