

SULFATO EN SUELOS DEL SUDESTE BONAERENSE

N F SAN MARTIN, H E ECHEVERRIA

Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce C.C. 276 (7620) Balcarce, Buenos Aires, Argentina

SULFATE IN SOILS OF THE SOUTH EAST OF BUENOS AIRES PROVINCE

Two experiences were conducted in order to determine levels of available sulfur at different depths from soils of the south east of Buenos Aires Province (Argentina). In a first experience sulfate concentrations were quantified in air-dry soils by using the turbidimetric technique designed by Lachica Garrido (1964). In a second experience sulfate concentrations were determined in field-moist samples by the colorimetric technique of Johnson and Nishita (1952). The calibration of the technique was done. Sulfate concentrations as determined in the first experience were low, only exceptionally levels above 10 mg kg^{-1} were measured. The calibration curves and the recoveries obtained with the technique of Johnson and Nishita (1952) were highly satisfactory. Sulfate levels in the second experience were even lower than those obtained in the first experience, and they increased with depth in several of the soils described. On account of the results obtained it may be stated that the sulfate levels detected in some soils from the south east of Buenos Aires Province can hardly produce, per se, the adequate sulfur level necessary for the nutrition of crops.

Key words: Soils - Sulfur - Sulfate - Survey.

INTRODUCCION

En el Sudeste Bonaerense las fuentes habitualmente empleadas de fertilizantes son: el superfosfato triple de calcio, el fosfato diamónico y la urea. Todos estos productos son denominados fertilizantes de alto grado por no poseer otros elementos nutritivos y como ha ocurrido en numerosas zonas agrícolas (Tisdale *et al.* 1986), en la medida en que P y N fueron aportados como fertilizantes de este tipo se podrían manifestar deficiencias de S en los cultivos.

En nuestro país, no se ha detectado en condiciones de campo respuesta generalizada al agregado de S (Echeverría, San Martín 1993), ni el mismo limita el rendimiento o la calidad del trigo, en la mayoría de las zonas productoras de la región pampeana (San Martín *et al.* 1990). No obstante ello, en la zona semiárida de la Provincia de Buenos Aires se ha detectado una deficiencia potencial de S en trigo (San Martín *et al.* 1990) y en condiciones controladas en invernáculo se determinaron deficiencias severas de S en raigrás creciendo en muestras de horizontes superficiales provenientes de una amplia gama de suelos del sudeste bonaerense (Echeverría 1985).

Estas conclusiones se han obtenido a partir de experiencias en las que se ha evaluado el incremento de rendimiento por el agregado de S (Echeverría 1985) o se ha determinado el contenido de S total en planta (San

Martín *et al.* 1990). No se han reportado en ninguno de los trabajos mencionados, las concentraciones de sulfatos en suelos a pesar de ser ésta la forma disponible de dicho nutriente para las plantas.

Los antecedentes mencionados permitirían hipotetizar que en la actualidad no existiría deficiencia de este nutriente en la Región Pampeana, como consecuencia de altos contenidos de S bajo la forma de sulfato soluble y adsorbido, particularmente en los horizontes subsuperficiales. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar el contenido de sulfato a distintas profundidades en suelos del sudeste bonaerense.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en dos etapas, la primera en 1990 y la segunda en 1992. Los suelos muestreados corresponden a Argiudoles típicos, someros, líticos y petrocálcicos (INTA 1989). Los lotes muestreados se encontraban en condiciones de barbecho para el cultivo de trigo en la etapa I (1990) y para cultivos de verano en la etapa II (1992). El muestreo se efectuó a intervalos fijos de profundidad para facilitar la extracción de las muestras. Las muestras de suelos estaban compuestas por al menos cuatro submuestras las que fueron secadas al aire (etapa I) o conservadas húmedas a 5°C (etapa II). En las mismas se determinó el contenido de fósforo, materia orgánica y pH.

En ambas etapas la extracción del sulfato se efectuó con fosfato de calcio (500ppm de P) (Tabatabai 1982) en una relación suelo solución 1:2,5, durante un período de agitación de media hora. Posteriormente, el extracto se filtró (S & S N° 602) y se adicionó al mismo tres gotas de fenil acetato de mercurio. El

contenido de sulfato se cuantificó, en la etapa I, mediante turbidimetría empleando cloruro de bario y Tween 80 como estabilizador (Lachica Garrido 1964); mientras que en la etapa II, se aplicó la técnica colorimétrica que incluye la reducción del sulfato a sulfuro con ácidos iohídrico, fórmico e hipofosforoso y la determinación de azul de metileno, utilizando p-amino dimetilnilina sulfato como indicador (Johnson, Nishita 1952). Para la calibración y puesta a punto de esta última técnica se agregaron cantidades crecientes de sulfato de 3, 5 y 10 mg L⁻¹ al extracto de una muestra de suelo y se evaluó la recuperación del mismo.

RESULTADOS Y DISCUSION

En ambas etapas los muestreos se realizaron a fin del invierno o principio de primavera considerando que dicho momento coincide con la siembra de los cultivos y por consiguiente, provee la mejor estimación del contenido de S disponible para la siguiente estación de crecimiento (Jones 1986). En las mismas, se empleó como extractante el fosfato de calcio puesto que para suelos moderadamente ácidos es el extractante que mejor ha correlacionado con el rendimiento de los cultivos o con el S extraído por los mismos (Jones 1986).

Para cuantificar el contenido de sulfato en suelos se han desarrollado metodologías rápidas y sencillas como las turbidimétricas, aunque con bajo nivel de precisión (Tabatabai, Bremner 1970). Estas ventajas avalaron la elección de la técnica desarrollada por Lachica Garrido (1964) en la etapa I, considerando que los contenidos a determinar en estos suelos serían elevados por tratarse de muestras secas al aire.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1. En general el contenido de sulfato es bajo teniendo en cuenta el umbral de 10 mg kg⁻¹ como límite de deficiencia de este elemento (Fox *et al.* 1964; Scott, Munro 1979). Según otros autores, se considera para suelos de textura media y para la mayoría de los cultivos un nivel muy bajo cuando la concentración de sulfato es menor a 3, bajo entre 4 y 7 y medio entre 8 y 12 mg kg⁻¹ (Ankerman, Large 1988).

Es de destacar que los valores obtenidos en la etapa I estarían sobreestimados ya que las muestras analizadas fueron secadas al aire y este procedimiento provoca un incremento en la cantidad de sulfato disponible (Biederbeck 1978).

Los valores de sulfatos más bajos en las muestras superficiales, corresponden a la localidad de Saladillo, lo cual está relacionado a las características de los suelos de la zona. Los mismos poseen textura gruesa, bajos contenidos de materia orgánica y han sido sometidos a intensa actividad agrícola. Estas características han sido definidas como predisponentes de bajos con-

Tabla 1. Concentración de sulfato en los suelos estudiados en la etapa I (1990). Método turbidimétrico

Localidad	Profundidad (cm)	Nº muestras analizadas	Promedio	Sulfato mínimo (mg kg ⁻¹)	Máximo
Balcarce	0-20	7	6,0	3,9	8,2
	20-50	7	5,8	3,3	8,9
Tres Arroyos	0-20	4	5,6	3,4	6,0
	20-50	4	4,5	2,8	5,4
Azul	0-20	5	5,3	2,1	9,9
	20-50	2	7,5	7,0	8,0
Bordenave	0-15	4	4,7	3,4	6,7
	15-30	4	4,6	3,1	5,8
	30-50	4	6,8	3,1	12,1
Saladillo	0-15	11	2,8	1,1	7,3
	15-30	8	2,1	1,1	3,4
	30-50	2	1,4	0,9	2,0
Olavarría	0-20	6	5,0	2,1	7,1

tenidos de sulfato (Lamond 1991; Pasricha, Aulakh 1991). Los restantes suelos se ubican en la categoría bajo, a pesar de que los contenidos de materia orgánica y textura favorecerían un mayor contenido de sulfato. Los niveles de sulfato en profundidad también son escasos lo que no concuerda con las apreciaciones de Sanford y Lancaster (1962) quienes determinaron que los contenidos de azufre en los horizontes argílicos eran superiores a los obtenidos en superficie.

Teniendo en cuenta que los bajos niveles de sulfato determinados en la etapa I podrían ser consecuencia de la escasa sensibilidad de la técnica turbidimétrica empleada, se consideró necesario en la etapa II utilizar una técnica más precisa aunque larga y costosa de Johnson y Nishita (1952), para confirmar la magnitud de los valores obtenidos. Para ello se efectuaron curvas de calibración con concentraciones de S como sulfato de 0 a 14 mg l⁻¹. Los resultados obtenidos fueron excelentes, ya que el ajuste de la curva de calibración fue muy elevado ($r^2=0,999$) y los porcentajes de recuperación muy cercanos al óptimo (valor mínimo recuperado 95,8 %).

En la Tabla 2 se presenta un resumen de los resultados obtenidos empleando muestras húmedas. En general las concentraciones determinadas son ligeramente menores a las presentadas en la Tabla 1, siendo el valor promedio en superficie de 4,3 mg kg⁻¹ con un desvío estandar pequeño (1,48). En profundidad y tal como lo señalan Sanford y Lancaster (1962), los contenidos de sulfato se incrementan gradualmente ya que se determinó un valor promedio de 4,7 y 6,1 mg kg⁻¹ para las profundidades de 30-60 cm y 60-90 cm, respectivamente. Es de destacar que en profundi-

Tabla 2: Concentración de sulfato en los suelos estudiados en la etapa II (1992). Método colorimétrico

Localidad	Profundidad (cm)	Nº muestras analizadas	Promedio	Sulfato mínimo (mg kg ⁻¹)	Máximo
Balcarce	0-30	4	3,8	3,2	4,2
	30-60	3	3,1	2,9	3,2
	60-90	3	4,8	3,4	5,8
Cnel. Dorrego	0-30	3	3,3	2,6	4,1
	30-60	3	5,9	3,4	9,9
	60-90	3	9,5	2,6	22,4
Cnel. Pringles	0-30	1	3,9	-	-
	30-60	1	4,2	-	-
Gonz. Chaves	0-30	1	6,1	-	-
	30-60	1	12,3	-	-
	60-90	1	11,7	-	-
Lobería	0-30	1	4,5	-	-
	30-60	1	2,7	-	-
	60-90	1	2,0	-	-
Necochea	0-30	3	5,7	4,7	6,7
	30-60	3	4,9	4,2	6,0
	60-90	3	5,2	4,6	5,8
San Cayetano	0-30	1	4,4	-	-
	30-60	1	6,0	-	-
	60-90	1	4,0	-	-
Tandil	0-30	2	3,3	2,9	3,6
	30-60	2	3,7	3,1	4,3
	60-90	1	2,7	-	-
Tres Arroyos	0-30	5	4,7	3,0	9,0
	30-60	5	3,6	0,9	9,6
	60-90	3	5,6	1,2	11,5

dad los rangos de concentración se amplían notablemente (desvío estándar 2,86 y 5,45 para 30-60 y 60-90 cm, respectivamente).

Para algunos lotes en Coronel Dorrego y Tres Arroyos los incrementos en los niveles de sulfato en profundidad podrían explicar el adecuado suministro de este nutriente para los cultivos. A su vez, en otros lotes de dichos partidos, se determinaron los menores contenidos de sulfato en profundidad, por lo que no es conveniente generalizar sobre los contenidos de dicho nutriente a nivel de partido. No obstante, en la mayoría de los casos los contenidos en profundidad se ubicaron en los niveles muy bajo ó bajo de Ankerman y Large (1988), por lo que parecería factible suponer que la adecuada nutrición azufrada de los cultivos sería dependiente de un activo aporte mediante el proceso de mineralización y/o a los aportes atmosféricos.

En síntesis, las concentraciones de sulfato en los horizontes superficiales y subsuperficiales analizados difirieron dentro de localidades, con situaciones en las cuales la nutrición azufrada de los cultivos estaría asegurada y otras en donde la misma depende de otros procesos de suministro.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por la EEA INTA de Balcarce (plan de trabajo 0128) y la FCA de la UNMDP (subsidio de la Secretaría de Ciencia y Técnica N°13).

REFERENCIAS

- Ankerman D, Large R. 1988. Soil and Plant Analysis. A & L Agricultural Laboratories. Memphis (U.S.A.) 82 p.
- Biederbeck VO. 1978. Soil organic sulfur and fertility. In: Schnitzer M, Khan SU (Ed). Development in Soil Sciences. Monogr. 8. Elsevier. Amsterdam. p.273-310
- Echeverría HE. 1985. Exploración de deficiencias nutritivas en suelos agrícolas del sudeste bonaerense. II Fertilización N-P-S. Rev. Inv. Agrop. 20: 25-35
- Echeverría HE, San Martín NF. 1993. Respuesta del sorgo forrajero a la fertilización N y/o S en el sudeste bonaerense. Rev. Arg. Prod. Anim. 13: 141-148
- Fox RL, Olson RA, Rhodes HF. 1964. Evaluating the sulphur status of soils by plant and soil tests. Proc. Soil Soc. Am. 28: 243-246
- INTA. 1989a. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. INTA. Buenos Aires. 525 p
- Johnson CM, Nishita H. 1952. Microestimation of sulfur in plant materials, soils and irrigation waters. An. Chem. 24: 735-742
- Jones MB. 1986. Sulfur availability indexes. In: Tabatabai MA (Ed.). Sulfur in agriculture. Serie Agronomy N° 27. American Society of Agronomy. Madison. p. 549-566
- Lachica Garrido M. 1964. Determination of sulfur in plant material. Analyst 89: 61-66
- Lamond RE. 1991. Sulphur research in Kansas. Sulphur in agriculture 15: 24-27
- Pasricha NS, Aulakh MS. 1991. Twenty years of sulphur research and oilseed production in Punjab, India. Sulphur in agriculture 15: 17-23
- Sanford JO, Lancaster JD. 1962. Biological and chemical evaluation of the readily available sulphur status of Mississippi soils. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 26: 63-65
- San Martín NF, Navarro CA, Echeverría HE. 1990. Concentración de azufre en granos de trigo en el sur de la provincia de Buenos Aires. Boletín Técnico N° 99. 7 p.
- San Martín NF, Navarro CA, Echeverría HE. 1990. Concentración de azufre en granos de trigo de la región pampeana. Actas II Congreso Argentino de Trigo. Pergamino. I: 28-32.
- Scott N, Munro J. 1979. The sulphate status of soils from North Scotland. J. Sci. Fd. Agric. 30: 15-20
- Tabatabai MA. 1982. Sulfur. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. Serie Agronomy N° 9. American Society of Agronomy. Madison. p. 501-538
- Tabatabai MA, Bremner JM. 1970. A simple turbidimetric method of determining total sulfur in plant material. Agron. J. 62: 805-806
- Tisdale SL, Reneau RB, Platou JS. 1986. Atlas of sulfur deficiencies. In: Tabatabai MA (Ed.). Sulfur in Agriculture. Serie Agronomy N° 27. American Society of Agronomy. Madison. p. 295-321