

AZUFRE DEL SUELO. EFECTOS DEL MANEJO SOBRE EL AZUFRE DEL SUELO

I. Mizuno (1), E. Chamorro (2), Beatriz Lafaille (1), Angélica V. F. de Sangüesa (3),
Marta C. de Moretti (3) y Diana E. de Igne (3)

Recibido: 1/3/85

Aceptado: 20/12/85

RESUMEN

Se ensayan técnicas para la determinación de algunas fracciones de azufre del suelo, efectuándose los análisis correspondientes en suelos de La Laura; Carcarañá; Sur de la Pcia. de Santa Fe; comparando lotes de pradera y agricultura y verificando las variaciones producidas en dichos suelos después de transcurridos varios años.

Se observan mayores contenidos de azufre total en el horizonte superficial de suelos con muchos años de pradera o campo natural. Asimismo la relación "azufre unido al carbono"/"azufre reducible" presenta una definida tendencia al aumento en suelos con pradera o campo natural.

Los ensayos de mineralización ponen en evidencia aumentos desde la sexta semana, notándose claras diferencias entre la situación de agricultura y el campo natural, en favor de la última.

SOIL SULFUR. MANAGEMENT EFFECTS ON SOIL SULFUR

SUMMARY

Different techniques are tested for determination of some fractions of sulfur in soils, and the corresponding analysis are carried out in soils from La Laura, Carcarañá, south of the province of Santa Fe; comparing plots used for pasture and for agriculture, and verifying the variations occurred on such soils, after several years.

Greater contents of total sulfur can be observed in the surface horizon of soils used for pasture for many years or in natural pasture sites. In like manner the ratio "carbon bonded sulfur"/"reducible sulfur" shows a definite trend to increase in pasture soils.

Mineralization tests reveals an increase of sulfur from the sixth week. There are clear differences between the two situation; virgin land show greater values than agriculture.

(1) Cátedra de Edafología. Departamento de Suelos. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
Avda. San Martín 4453. Buenos Aires.

(2) Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes. Departamento de Suelos.

(3) Cátedra de Química General e Inorgánica. Departamento de Química.

INTRODUCCION

Numerosos autores se han referido al azufre, su comportamiento en los suelos y el requerimiento de los vegetales.

En 1966, Coleman cita a la Argentina entre los países donde se presentan zonas con deficiencia de azufre. Sin embargo, los estudios de este elemento en suelos argentinos son mucho menos frecuentes que para otros nutrimentos de importancia similar desde el punto de vista de las necesidades vegetales.

La región más estudiada en los últimos años ha sido la Patagonia, concretamente la precordillera; con los trabajos de Vallerini (1967) y Ortiz (1980). Se tienen referencias de otros casos en la Mesopotamia y en la región pampeana. Tallarico y Puricelli hacen referencia a la zona Centro de AACREA. En la Cátedra de Edafología de la Facultad de Agronomía, UBA, se habían efectuado determinaciones esporádicas.

Con el presente trabajo se inicia el estudio del azufre, posibles cambios como consecuencia del uso de los suelos y la caracterización en suelos típicos del país, trabajo este último en marcha. Parte de los resultados obtenidos en el presente trabajo fueron anticipados por Mizuno en 1982.

La bibliografía extranjera abunda en trabajos referentes al azufre. Tabatabai y Bremmer (1972), llevaron a cabo en estudio del azufre en suelos del estado de Iowa. Concluyen que en las muestras superficiales el total oscila entre 57 a 618 ppm, siendo la media de 294 ppm, de los cuales entre el 95 a 98% se encuentra al estado orgánico. La forma inorgánica osciló entre 1 a 26 ppm. No encontraron correlación entre el azufre mineralizable y el total; o con C orgánico, N total, N mineralizable o la actividad arisulfatasa.

Barrow (1960) afirma que cuando el suelo se seca se encuentra un aumento inmediato de S inorgánico. Mc Laren y Swift (1977) comparan suelos similares con tratamiento de agricultura y pastura, llegando a la conclusión de que los cultivos de cosecha reducen en forma considerable el azufre orgánico en comparación con suelos con pastura.

De acuerdo a Barrow (1960) la cantidad de azufre mineralizado depende del azufre total y de la relación C/N, de manera similar a lo que ocurre con el nitrógeno.

El presente trabajo es una primera contribución al conocimiento del azufre en la Pampa húmeda, para lo cual se determinaron las distintas formas de azufre del suelo y sus posibles variaciones cuantitativas conforme al uso. En 3 muestras escogidas, 2 situaciones extremas y 1 intermedia; se efectuaron ensayos de mineralización del azufre orgánico y nitrógeno orgánico a efectos comparativos.

MATERIAL Y METODOS

El suelo utilizado es un Argiudol típico de la zona de Carcarañá, Santa Fe. Algunas de sus características figuran en el Cuadro 1.

La preparación de las muestras se efectuó conforme a Mc Laren y Swift (1977) y Betty *et al* (1980). La determinación del azufre se efectuó según Johnson y Nishita (1952), el azufre reducible, según Freney *et al* (1966), el total según Barsdley y Lancaster (1965) y Johnson y Nishita (1952).

Los resultados figuran en el Cuadro 2. Para la incubación se tomaron muestras de 10 g, lavadas previamente, escogiéndose las muestras 4-5 y 12; las que se incubaron a dos niveles de humedades: humedad constante a 80% de la humedad equivalente y alternancia de humedad entre 20 y 100% de la humedad equivalente, durante 1, 2, 4, 6 y 8 semanas, refiriéndolos al contenido de sulfatos correspondiente al tiempo 0.

Simultáneamente, se incubaron 10 g de suelo de las muestras 5 y 12 sin lavado previo, en las mismas condiciones y tiempo. Para la mineralización del nitrógeno se incubaron muestras de 5 g, por duplicado, a humedad constante del 80% de la humedad equivalente, a la misma temperatura y tiempos que para el azufre.

Los sulfatos resultantes se extrajeron por el método de Esminger, (1954), efectuándose la determinación por Johnson y Nishita (1952). La determinación de los nitratos se

Cuadro 1. Características químicas de los suelos utilizados.

Muestra	pH (a)	pH (b)	C %	N %	S %	C/N	C : N : S
Muestra 1 Lote 7/78	5,7	5,0	1,89	0,140	0,038	13,5	50 : 3,7 : 1
Muestra 9 Lote 6/78	5,9	4,9	1,78	0,152	0,031	11,7	57 : 4,9 : 1
Muestra 13 Lote 4b/78	5,9	5,0	1,67	0,158	0,024	10,5	69,6 : 6,6 : 1
Muestra 5 Araya/78	6,3	5,2	1,89	0,172	0,035	11,6	54 : 4,9 : 1
Muestra 4 Lote Vicente 78	6,2	5,4	2,83	0,230	0,054	12,3	52,4 : 4,3 : 1
Muestra 7 Lote 4a/78	6,4	5,2	1,70	0,163	0,041	10,4	41 : 4,0 : 1

(a) pH: 1:2,5 Agua
(b) pH: 1:2,5 CIK 1N

Cuadro 2. Formas de azufre (ppm) y relación Cb/R

Muestra	1		4		5		6		7		8	
T	380	%	536	%	355	%	395	%	410	%	364	%
R	122	32,1	199	37,1	133	37,5	153	38,7	115	28,0	159	43,7
I	5	1,3	12	2,2	6	1,7	11	2,8	5	1,2	5	1,4
O	375	98,7	524	97,8	349	98,3	384	97,2	405	98,8	359	98,6
Cb	258	68,8	337	64,3	222	63,6	242	63,0	295	72,8	205	57,1
Cb/R =	2,11		1,69		1,67		1,58		2,57		1,29	

Muestra	9		10		12		13		14	
T	307	%	234	%	221	%	241	%	212	%
R	127	41,4	136	58,1	124	56,1	125	51,9	123	58,0
I	8	2,6	5	2,1	8	3,6	4	1,7	2	0,9
O	299	97,4	229	97,9	213	96,4	237	98,3	210	99,1
Cb	180	60,2	98	42,8	97	45,5	116	48,9	89	42,4
Cb/R =	1,42		0,72		0,78		0,93		0,72	

T: total R: reducible I: inorgánico O: orgánico Cb: unido al carbono

%: R, I, O; sobre T. Cb: sobre O. Cb/R: ppm/ppm.

O = T-I Cb = O - Es Es = R-I Es : de esteres

Muestra 1: lote 7/78. 4 años de praderas.

Muestra 4: lote Vicente. Campo natural desde 1948.

Muestra 5: lote Araya. Pradera desde 1970. Toma de muestra en 1978.

Muestra 6: lote Araya. Pradera desde 1970. Toma de muestra en 1981.

Muestra 7: lote 4a/78. Pradera desde 1974. Toma de muestra en 1978.

Muestra 8: lote 4a/81. Pradera 1974/78. 2 últimos años, agricultura.

Muestra 9: lote 6/78. Pradera 1974/78. Maíz 2 últimos años.

Muestra 10: lote 6/82. Pradera 1972/76. Agricultura hasta 1982.

Muestra 12: lote 3/81. Agricultura 60 años.

Muestra 13: lote 4b/78. Agricultura 30 años. Toma de muestra en 1978.

Muestra 14: lote 4b/81. Agricultura 30 años. Toma de muestra en 1981.

efectuó conforme a Jackson (1964), modificado por Barberis *et al* (1979). La humedad equivalente se determinó por el método de Mizuno *et al* (1978).

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Azufre total

Su valor oscila entre 536 ppm (muestra 4) y 212 ppm (muestra 14). El primero corresponde a un lote que ha tenido campo natural en los últimos 30 años, el segundo agricultura en los últimos 60 años.

La muestra 4 (lote Vicente) es campo natural desde 1948, por lo que se lo puede tomar como punto de referencia. Comparado con la muestra 13 (lote 4b) con 30 años de agricultura continua, puede observarse que dicho uso ha disminuido en un 44% el azufre total con referencia al anterior.

Observando la diferencia en materia orgánica, la misma lo hizo en un 59% , mientras que el nitrógeno total ha disminuido en un 68% . Ello marca una tendencia en el sentido de que el azufre orgánico se ha mineralizado con menor intensidad que el C orgánico y el N orgánico.

Los mayores valores de azufre total en el horizonte superficial de los lotes dedicados a pradera o campo natural, como también el aumento del azufre cuando se introducen praderas en las rotaciones, se interpreta como una consecuencia de la menor extracción de azufre por la producción animal, con referencia a los cultivos de cosecha, y a una concentración del azufre del sistema en el horizonte superficial. Esta interpretación se sustenta también en las variaciones que se observan en los casos intermedios.

Analizando pares comparables, por ejemplo las muestras 7 y 8, pueden observarse los efectos antes mencionados con relación al azufre total. La muestra 8 (lote 4a) presenta una disminución del 11,2% de azufre con 2 años de maíz, lo que puede estimarse como una mineralización del orden del 5,6% anual del azufre orgánico para el mencionado cultivo de escarda.

Respecto a las formas de azufre orgánico determinadas y sus relaciones con referencia al uso, la tendencia es la disminución porcentual del Cb, de modo tal que la relación Cb/R se estrecha en la medida que aumentan los años dedicados a agricultura de cosecha. Ello se revela comparando los valores Cb/R de las muestras 1-4-5-6-7 con 10-12-13-14; quedando la Nº 9 como una etapa intermedia (2 últimos años con agricultura).

Esta relación Cb/R indica, conforme a McLaren y Swift (1977) que el balance para un momento dado de la mineralización del azufre orgánico se logra a expensas del azufre unido al carbono (Cb).

La dinámica del azufre indica que las formas reducibles con IH son las que se mineralizan más rápidamente. Esta reserva sería cubierta por las fracciones unidas al carbono, las que a su vez pasarían a la forma reducible, de modo que los cambios porcentuales de R y Cb con relación al total tienden a un aumento de R y disminución de Cb como resultado de la agricultura continua. Esta tendencia también se manifiesta en pares como las muestras 7 y 8.

La caracterización del azufre orgánico puede efectuarse, como en el caso del fósforo orgánico, a través de su relación con carbono y nitrógeno. Algunos investigadores le asignan importancia con relación a las características predominantes en la evolución de los suelos. Como relación media se menciona la de 100:10:1 (C:N:S).

En los suelos estudiados, tomando sólo la serie 1978, se encuentra una relación tan estrecha como 41:4:1 (muestra 7), siendo la tendencia de que la misma sea considerablemente más estrecha que la media antes mencionada.

Ensayos de mineralización

Los ensayos de mineralización del azufre orgánico dieron los siguientes resultados: (Cuadro 3).

1. En la incubación de muestras de suelos para la mineralización del azufre orgánico.

co surgen algunas variantes que pueden incidir en los resultados. Se prestaron atención a 2 de ellas; la influencia de los sulfatos que contiene la muestra al inicio de la incubación y la alternancia de humedecimiento-secado.

- a) El lavado previo de las muestras elimina aproximadamente un 50% de los sulfatos presentes en la muestra. La tendencia en la mineralización no parece ser afectada y al final del experimento, las muestras, lavadas o no, mantienen la diferencia original.
- b) Con referencia a humedad constante: humedecimiento-deseccación, tampoco se observan mayores diferencias en los resultados finales.
- c) En las 3 muestras utilizadas se evidencia una definida tendencia al aumento de la producción de sulfatos entre la 6^o y 8^o semana.

d) Se manifiesta una neta diferencia entre las muestras 4 y 12. A partir de la 4^o semana, el primero presenta un marcado ascenso en la producción de sulfatos, no así en el segundo. A la 8^o semana, la cantidad de sulfatos en la muestra N^o 4 duplica la hallada para la N^o 12. La muestra 5, con pradera desde 1970, se asemeja sensiblemente en su comportamiento a la muestra 12.

2. Los ensayos de mineralización del azufre orgánico, comparados con los correspondientes a la mineralización del nitrógeno orgánico, evidencian una menor sensibilidad tanto en el tiempo como en las cantidades finales.

En efecto, comparando los resultados de los Cuadros 3 y 4 se observa que a la 2^o semana surgen claras diferencias entre las

Muestra	t0	t1	t2	t4	t6	t8
Humedad 80% de H. E.	3,2	3,2	3,2	3,5	4,2	4,8
5 Humedad entre 100-20% de H. E.	3,2	3,2	3,4	4,0	4,2	4,7
Suelo sin lavar	4,8	4,9	4,2	4,4	7,0	7,6
Humedad 80% de H. E.	2,7	3,8	4,0	5,9	7,2	10,8
4 Humedad entre 100-20% de H. E.	2,7	2,8	4,4	7,0	7,5	9,6
Humedad 80% de H. E.	2,1	2,1	3,4	3,3	3,8	4,9
12 Humedad entre 100-20% de H. E.	2,1	2,8	3,4	3,0	2,3	4,8
Suelo sin lavar	3,1	3,9	3,3	4,3	6,2	5,4

3 situaciones en el caso de la mineralización del nitrógeno, no así para el azufre. Las muestras 5 y 12 arrojan las mismas cifras para el azufre, mientras que se establece una diferencia en el caso del nitrógeno, ubicándose la muestra 5 como el punto intermedio de las 3 situaciones. Al finalizar el experimento a la 8^o semana, no varían las tendencias antes señaladas.

Cuadro 4. Ensayo de mineralización del nitrógeno (N, ppm).

Muestra	t ₀	t ₁	t ₂	t ₄	t ₆	t ₈
5	1,8	27,9	38,7	48,0	62,7	76,6
4	1,1	23,2	67,5	89,7	104,1	108,8
12	1,7	10,4	25,4	30,9	37,8	42,4

Muestras: A: lote Araya.
B: lote Vicente.
C: lote 3.

t: tiempo. t₀, partida, t₁, t₂. . . : tiempo en semanas.

CONCLUSIONES

De lo expuesto se extraen las siguientes conclusiones.

1. El azufre orgánico en el horizonte superficial tiende a una mayor conservación con pradera en comparación con la agricultura de cosecha.
Las rotaciones con pradera tienden a conservar el valor de azufre total en el horizonte superficial.
2. En los ensayos de mineralización del azufre orgánico no se han encontrado diferencias por el nivel de humedad mantenido, por lo menos en lo que se refiere a la comparación entre humedad constante al 80% de la humedad equivalente y la alternancia humedad-sequedad, entre 100% y 20% de la humedad equivalente.
Tampoco se han encontrado diferencias entre las muestras lavadas antes de comenzar la incubación y las que no sufrieron tal tratamiento.

Los resultados del ensayo de incubación indican que al finalizar el mismo (8^o semana) la cantidad de sulfatos producida en la muestra del campo natural duplica las obtenidas en las 2 restantes. Este resultado reafirma la tendencia que marcan los valores de azufre total y la relación Cb/R.

3. Los resultados de los ensayos de mineralización del nitrógeno orgánico coinciden con la tendencia antes señalada. La diferencia en este caso se señala en la muestra N^o 5, cuyo comportamiento se acerca más al campo natural que en el caso del azufre.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Barberis, L.; D. Zourarakis; D. Sunde, 1979. Influencia de las técnicas de muestreo y acondicionamiento en la determinación del nivel de NO₃ en el suelo. III Reunión Nacional de Fertilidad y Fertilizantes.
- 2) Bardsley and Lancaster, 1965. Sulfur. In Black C. A. Methods of soil analysis. Am. Soc. of Agr. Inc. Pub. Madison Wisconsin U.S.A. 1102-1116.
- 3) Barrow, N. J., 1961. Studies on mineralization of sulfur from organic matter. *Aust. J. Agr. Res.* 12: 306-319.
- 4) Bettany, J. R.; S. Saggat; J. W. B. Stewart, 1980. Comparison on the amounts and forms of sulfur in soil organic matter fraction after 65 years of cultivation. *Soil. Sci. Soc. Proc.* 28: 243-246.
- 5) Coleman, R. The importance of sulfur as a plant nutrient in world crop production, *Soil Sci.* 1966: 220-239.
- 6) Esminger, L. E., 1954. Some factors affecting the adsorption of sulfate by Alabama soils. *Soil Sci. Soc.*
- 7) Freney, J. R.; F. J. Stevenson, 1966. Organic sulfur transformation in soils. *Soil Sci.* 1966: 307-316.
- 8) Jackson, M. L., 1976. Análisis químico de suelos. 3^o ed. Ed. Omega 272-275.
- 9) Johnson, C. M.; H. Nishita, 1952. Microestimación de sulfur in plant material, soil and irrigation water. *Anal. Chem.* 24: 736-742.
- 10) Mc Laren, R. G.; R. S. Swift, 1977. Changes in soil organic sulfur fraction due to the long term cultivation of soils. *J. Soil Sci.* 28: 445-453.

- 11) Mizuno, I., 1982. Fertilidad de suelos. Objetivos de su conocimiento y algunos aspectos problemáticos. *Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*. 36(10): 38-46.
 - 12) Mizuno, I.; N. Arrigo, H. Svartz, 1978. Método de determinación rápida de humedad equivalente. 8º Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bs. As., septiembre de 1978.
 - 13) Ortiz, R. E. Contenido de diversas formas de azufre orgánico en suelos de la precordillera patagónica. *Actas del IX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. 1:255-266.
 - 14) Tabatabai, M. A.; J. M. Bremmer, 1972. Forms of sulfur and carbon, nitrogen and sulfur relationship in Iowa soils. *Soil Sci.* 114: 380-386.
 - 15) Vallerini, J., 1967. Ensayo de fertilización en el NO de la Patagonia. *Revista Agronómica del NOA* 7 (1-2): 231-245.
-