

EFFECTO DE ENMIENDAS Y LAVADO SOBRE EL DESPLAZAMIENTO CATIONICO Y PRODUCCION DE MATERIA SECA DE UN NATRACUOL, EN INVERNACULO *

Mónica R. Lazovich (1); José L. Costa y Pedro Godz
Unidad Integrada INTA - Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, C. C. 276 - (7620) Balcalce, Pcia. Buenos Aires

RESUMEN

Se empleó el horizonte A1 de un Natracuol típico con cuatro tratamientos: yeso, azufre, carbonato de calcio y una mezcla de 1/3 de azufre y 2/3 de carbonato de calcio, todos con y sin el agregado de fosfato monocálcico.

Las dosis fueron 100, 200 y 300 por ciento de lo requerido para desplazar todo el sodio intercambiable (Na (ad)).

En ensayo se realizó en invernáculo evaluándose, durante el transcurso del mismo, producción de materia seca, desplazamiento catiónico y conductividad eléctrica (C.E.). Estos últimos a través del efluente.

En todos los tratamientos se desplazó Na (ad), siendo el yeso la enmienda más eficiente. Esta enmienda, aplicada en dosis elevadas, produjo el desplazamiento de una fracción importante de Mg^{++} .

Palabras clave: Suelos sódicos, enmiendas, recuperación.

EFFECT OF AMENDMENTS AND LEACHING ON THE CATION DISPLACEMENT AND DRY MATTER PRODUCTION IN A NATRAQUOLL UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

ABSTRACT

The performance of four amendment treatments was evaluated on a Typic Natraquoll (A1 horizon) under greenhouse conditions. Gypsum, sulphur, calcium carbonate and a mixture of 1/3 of sulphur and 2/3 of calcium carbonate, all of them with and without monocalcium phosphate were added to the soil.

The dosis were 100, 200 y 300 for percent of the amendment required to displace all the exchange Na. Na (ad) cation displacement and electrical conductivity were measured through the effluent. Dry matter yield was also recorded.

Na (ad) displacement was achieved with all the four treatments. Gypsum appeared as the most efficient, and applied at the highest dosis displaced also an important fraction of Mg^{++} .

Key words: Sodic soils, amendment, reclamation.

* Trabajo presentado en el X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, 1983.

1) Becaria CIC

INTRODUCCION

En la Pampa Deprimida, los Natracuoles se encuentran como dominantes, apareciendo con un rango amplio de alcalinidad sódica y con diferentes características morfológicas (Moscatelli, *et al.*, 1980).0).

La adecuada recuperación de un suelo alcalino necesita la eliminación de una parte del Na (ad). Esto puede lograrse con la aplicación de diversos correctores tales como yeso, azufre, cloruro de calcio, carbonato de calcio y otros.

En este trabajo se tuvieron en cuenta estos conceptos considerándose, además, la situación de exceso que se produce en el campo al mezclar en los primeros 10 cm de suelo, la enmienda necesaria para recuperar una profundidad mayor.

Los objetivos fueron: a) estudiar el efecto de distintas enmiendas en el desplazamiento catiónico, evaluado a través del efluente y b) efecto de las mismas en la producción de M.S.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó el horizonte A de un Natracuol típico ubicado en la localidad de Balcarce (Reserva 7 E.E.R.A. INTA), cuyas características se detallan en la Tabla 1.

- El suelo corresponde a la serie 31 n-a descrita por Berardo (1966).

La muestra se secó al aire y tamizó con una malla de 4 mm, colocándose luego en macetas, previamente acondicionadas, a razón de 1 kg por maceta.

Las enmiendas utilizadas fueron: yeso, carbonato de calcio, azufre y una mezcla compuesta por 2/3 de carbonato de calcio y 1/3 de azufre, en las siguientes dosis:

- La correspondiente al 100% = necesaria para desplazar todo el Na (ad), que equivale a la cantidad de $45 \text{ mol}_c\text{K}^{-1}$, cantidad que previamente fue multiplicada por el factor de corrección 1,25 (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954).
- Dosis de 200% = que equivale a $90 \text{ mol}_c\text{K}^{-1}$.
- Dosis de 300% = que equivale a $135 \text{ mol}_c\text{K}^{-1}$.

Todos los tratamientos se cotejaron con y sin el agregado de 300 ppm de fosfato monocálcico. Cantidad que corresponde a 540 kg P.ha^{-1} , notablemente superior a las necesidades reales, debido a las condiciones bajo las cuales se condujo este ensayo.

Las macetas fueron ubicadas en invernáculo adoptándose un diseño en bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones.

Se sembró en cada una de las macetas una mezcla compuesta de: *Trifolium repens*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*.

En seis oportunidades, antes de la siembra y durante el crecimiento de la pastura, se regó en exceso recorriéndose el percolado para su análisis. El resto del tiempo el ensayo se mantuvo en condiciones de capacidad de campo. En el percolado se determinó: C. E., pH y cationes solubles.

Para la evolución del rendimiento en M. S. se realizaron 4 cortes, a una altura de 2,5 cm, cada vez que la pastura alcanzaba los 20 cm.

Finalizado el período de cortes y lavado, el suelo se secó al aire, se tamizó y se determinó pH.

RESULTADOS Y DISCUSION

Producción de Materia Seca

En los tratamientos con fertilizante, Tabla 2, no hubo diferencias significativas entre dosis ni entre las distintas enmiendas.

TABLA 1: Características químicas y físicas del suelo empleado.

Cat. intercambi. ($\text{mmol}_c\text{K}^{-1}$)	Cat. solub. ($\text{mmol}_c\text{L}^{-1}$)	Aniones solub. ($\text{mmol}_c\text{L}^{-1}$)	CIC $\text{mmol}_c\text{K}^{-1}$	C. E. dSm^{-1}	pH	%				
						Arc.	L.F.	L.G.	Arena	
Na ⁺	36,0	Na ⁺ 11,0	CO ₃ ²⁻ = 0,0	160,0	1,00	7,8	24,3	24,9	23,4	27,4
K ⁺	19,9	K 0,34	CO ₃ H ⁻ = 9,2							
Ca ²⁺	10,5	Ca ²⁺ 0,3	Cl ⁻ = 2,8							
Mg ²⁺		Mg ²⁺ 1,0	SO ₄ ²⁻ = 1,0							

TABLA 2: Rendimiento de materia seca (g) para los distintos tratamientos, sumatoria del 1º y 2º corte.

Dosis		Testigo	Yeso	Azufre	Carbonato de calcio	Azufre, Carbonato de calcio
100	CF	2,59 *	2,72 *	2,02 *	2,52 *	2,48 *
	SF	1,44	0,52	1,19	1,15	1,03
200	CF	2,59 *	2,27 *	2,50 *	2,37 *	2,30 *
	SF	1,44	0,45	1,58	1,37	0,79
300	CF	2,59 *	2,35 *	2,47 *	2,77 *	2,18 *
	SF	1,44	0,61	1,94	1,21	0,85

* N. S.

Tratamiento con yeso

La concentración de Na^+ en el efluente fue mayor en las primeras fracciones del percolado, disminuyendo sucesivamente con el aumento de volúmenes de poros obtenidos en el lavado.

Estos resultados están graficados en la Fig. 1.

En los tratamientos sin fertilizante, la producción de M. S. fue menor. Entre ellos el tratamiento con yeso tuvo una producción de M. S. significativamente menor que el resto. Posiblemente la presencia de yeso produjo la disminución del P disponible para las plantas (Chabra *et al.*, 1981).

En el transcurso de la experiencia, se observó que las dosis de 300 por ciento de azufre con y sin fertilizante no hubo crecimiento de trébol. En las dosis menores, la emergencia de plántulas de trébol fue muy baja.

Teniendo en cuenta estos resultados, para la descripción de los tratamientos se tomó a los no fertilizados.

Mendoza y Barberis (1980) trabajando en Natracuol citan también un aumento de la C. E. por efecto del agregado de yeso. Esto coincide con lo discutido por Oster y Frenkel (1980).

Los valores de Ca^{2+} del percolado fueron inicialmente bajos y ascendieron rápidamente para luego descender. Es de suponer que este comportamiento se debe a que en un primer momento hubo un gran reemplazo de Na^+ (ad) por Ca^{2+} en la fase de intercambio, lo cual se vió reflejado con concentraciones altas de Na^+ , coincidentes con valores iniciales bajos de Ca^{2+} , en el percolado.

En las dosis de 200 y 300 por ciento (Figs. 2 y 3) se detectó una disminución del Ca^{2+} en el percolado coincidiendo con un aumento en el desplazamiento de Mg^{2+} .

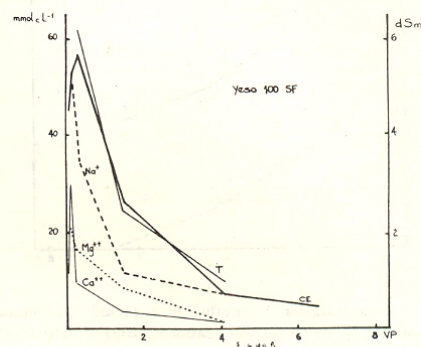


Fig. 1: Concentración en el efluente, expresado en volumen de poros (VP), de los distintos cationes, suma de cationes (T) y conductividad eléctrica (CE).

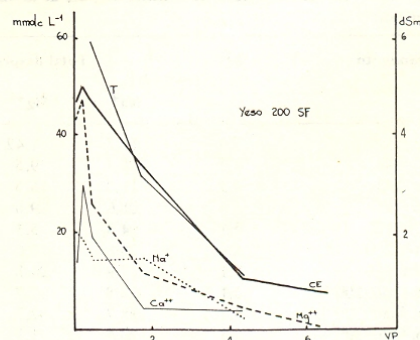


Fig. 2: Concentración en el efluente, expresado en volumen de poros (VP), de los distintos cationes, suma de cationes (T) y conductividad eléctrica (CE).

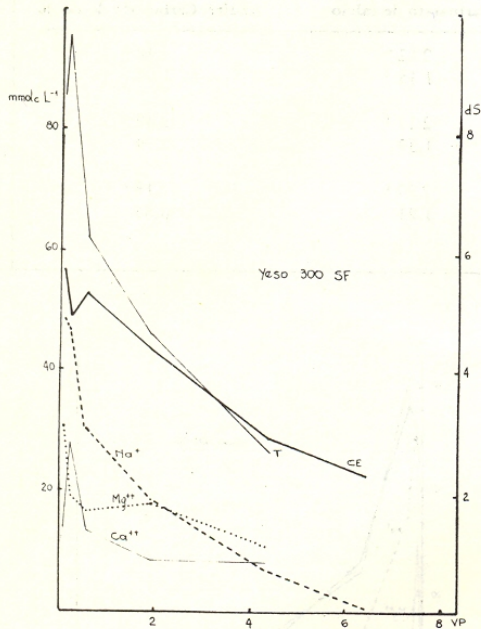


Fig. 3: Concentración en el efluente, expresado en volumen de poros (VP), de los distintos cationes, suma de cationes (T) y conductividad eléctrica (CE).

Este mayor desplazamiento de Mg (ad) en suelos tratados con yeso ya fue señalado por Chaudry *et al.*, (1968), que encontraron que el Na (ad) era reemplazado en las primeras aplicaciones de Ca^{2+} , e importantes cantidades de Mg (ad) se desplazaban solamente después de ser removido el sodio.

Moustafá (1964) encontró que el Mg (ad) en suelos alcalinos es afectado por las dosis crecientes de yeso agregado.

En la dosis de 300 por ciento se nota claramente que el pico máximo en la concentración de Mg^{2+} coincide con una disminución del Ca^{2+} y Na^+ en el percolado. Posteriormente, cuando disminuye la concentración de Mg^{2+} aumenta la de Ca^{2+} .

Después de haber desplazado la fracción más importante de Na (ad) solo en la dosis de 300 por ciento la C. E. del efluente se mantuvo en valores cercanos de $2,2 \text{ dS m}^{-1}$, (C. E. de la solución saturada de yeso). En condiciones de campo, ésta sería la máxima concentración que se podría aportar de SO_4Ca a mayor profundidad.

En la dosis del 200 por ciento el exceso de enmienda agregado desplazó Mg^{2+} . La C. E. del efluente al finalizar el lavado fue de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, lo que estaría indicando junto al valor de Ca^{2+} , que el SO_4Ca disponible para aportar a los horizontes subyacentes es escaso.

En la Tabla 3, se pueden observar los valores de Mg^{2+} desplazado, notándose su incremento a medida que aumenta la cantidad de yeso y la importancia que toma este comparado con el total de Na^+ desplazado.

TABLA 3: Total de cationes en el efluente después de drenar una cantidad determinada de volumen de poros (UP) y pH final del suelo.

Tratamiento	UP	Total desplazado en mmolcKg^{-1}				Total de cationes mmolcK^{-1}	pH
		Na^+	Mg^{++}	Ca^{++}	K^+		
Testigo	5,0	16,5	1,42	0,94	0,39	19,2	6,9
Yeso 100	4,2	18,9	9,5	5,6	0,70	33,6	6,7
Yeso 200	4,3	19,8	16,5	11,1	1,80	49,3	6,9
Yeso 300	4,6	28,6	29,0	18,2	1,40	79,2	7,3
Azufre 100	5,1	24,3	5,3	4,4	1,10	35,1	6,5
Azufre 200	4,6	25,8	15,0	8,3	2,40	51,5	6,1
Azufre 300	5,1	27,9	24,8	16,0	7,20	75,9	5,2
Carb. Calc. 100	5,1	18,8	2,7	1,8	0,50	23,8	7,9
Carb. Calc. 200	4,7	18,7	2,7	1,2	0,50	23,1	8,0
Carb. Calc. 300	5,3	20,4	3,3	2,0	0,50	26,2	8,1
Az. Carb. Calc. 100	5,1	21,1	3,6	2,2	0,74	27,6	7,9
Az. Carb. Calc. 200	5,2	21,3	2,7	3,5	0,72	28,2	7,7
Az. Carb. Calc. 300	5,0	23,5	7,5	4,7	0,98	36,7	7,7

Si se analiza la dosis de 100 por ciento, luego de haber percolado 4,2 volúmenes de poros, del total de yeso agregado, el 43 por ciento se utilizó en desplazar Na^+ (ad) y el 20 por ciento para desplazar Mg^{2+} . Para las dosis de 300 estos dos valores fueron prácticamente iguales y de 21 por ciento, luego de pasar 4,6 volúmenes de poros.

Los valores de K^+ desplazado, como se ve en la tabla 3, no fueron de importancia.

Tratamiento con azufre

El modelo de desplazamiento catiónico en el tratamiento con azufre siguió la forma del proceso oxidativo de este elemento. Es así como en la primera fracción del efluente se obtuvieron valores bajos, ya sea para Na^+ , Ca^{2+} o Mg^{2+} .

Con el período de siembra, cuando las condiciones de humedad y temperatura favorecieron la oxidación, el valor de cationes desplazados aumentó en forma significativa. Esto coincide con Atloe *et al.* (1966) quienes demostraron que los niveles óptimos de oxidación del S se obtuvieron con contenidos de humedad cercanos a capacidad de campo y a una temperatura de 24°C. Agotada la fuente de azufre los valores descendieron hasta hacerse insignificantes.

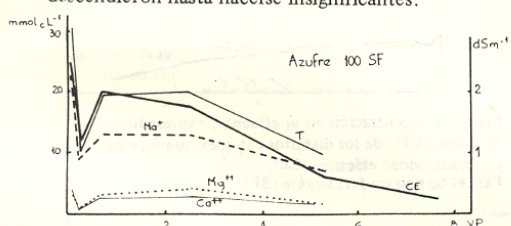


Fig. 4: Concentración en el efluente, expresado en volumen de poros (VP), de los distintos cationes, suma de cationes (T) y conductividad eléctrica (CE).

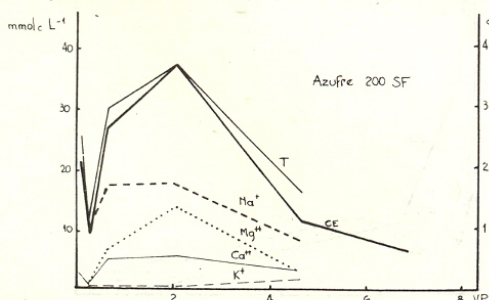


Fig. 5: Concentración en el efluente, expresado en volumen de poros (VP), de los distintos cationes, suma de cationes (T) y conductividad eléctrica (CE).

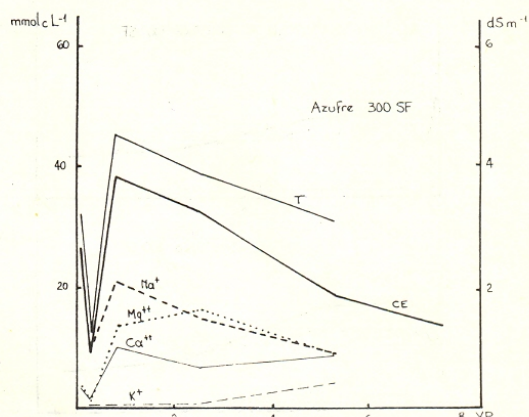


Fig. 6: Concentración en el efluente, expresado en volumen de poros (VP) de los distintos cationes, suma de cationes (T) y conductividad eléctrica (CE).

Comparando las Figs. 4, 5 y 6, se puede ver la influencia del aumento de la dosis en el desplazamiento de los diferentes cationes del suelo.

El aumento de las dosis no produjo un aumento en el desplazamiento de Na^+ , pero sí de Mg^{2+} , Ca^{2+} y K^+ .

El orden de desplazamiento fue: Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} y K^+ .

De las tres dosis de azufre, la de 300 por ciento fue la que produjo el desplazamiento más importante de K^+ llegando aproximadamente a un 10 por ciento del valor total de los cationes desplazados.

Una característica destacable de este tratamiento fue la acentuada disminución del pH final del suelo al incrementarse la dosis de azufre (Tabla 3).

Esto se debió probablemente a la desaturación del suelo por la pérdida de cationes.

Tratamiento de carbonato de calcio + azufre

La tendencia de la curva fue similar al tratamiento con azufre, dado que fue tomando la forma del proceso oxidativo.

La oxidación del azufre aumentó la solubilidad del CO_3Ca , con el consiguiente aumento en el suministro de Ca^{++} , esto impidió la desaturación del complejo como ocurría en el caso del tratamiento con azufre solo.

No obstante, la pequeña dosis de azufre usada (solo 1/3 del requerimiento), hizo que la concentración de Ca^{++} no fuese suficientemente alta, como para producir un desplazamiento de Mg^{++} , luego de haber desplazado el sodio (Figs. 7, a, b y c).

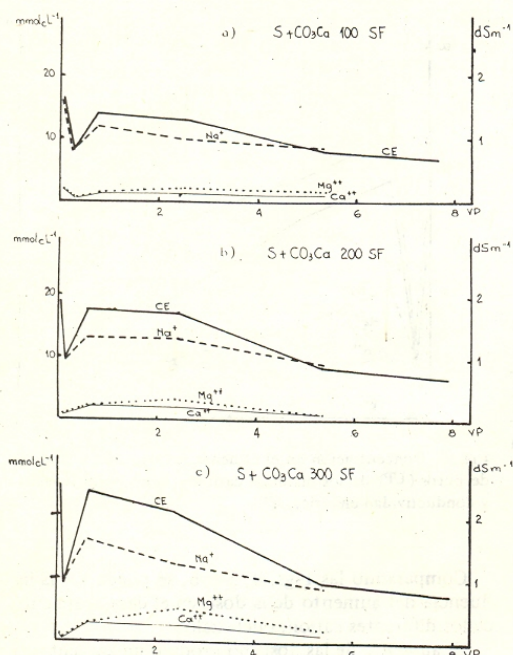


Fig. 7: Concentración en el efluente, expresado en volumen de poros (VP), de los distintos cationes, suma de cationes (T), y conductividad eléctrica (CE).

En el tratamiento azufre más carbonato de calcio ($S + CO_3Ca$) sin fertilizante (SF), para las dosis 100, 200 y 300%.

Tratamiento de carbonato de calcio

En la Tabla 3 se muestran los valores de total de cationes desplazados en el tratamiento con CO_3Ca . Nótese que en el agua de drenaje del tratamiento 100 por ciento, luego de obtenerse 5 volúmenes de poros, se desplazó el 46 por ciento del Na^+ y el 6,5 por ciento del Mg^{2+} . Un aumento en la dosis de CO_3Ca no se reflejó en un mayor desplazamiento de Mg^{2+} .

En la Fig. 8 pueden verse las curvas de desplazamiento que caracterizan a esta enmienda, destacándose su baja solubilidad.

La solubilización del CO_3Ca depende fundamentalmente de factores tales como cantidad de agua que circula por un volumen de suelo e intercambio con el Na (ad), (Bower and Goertzen, 1958) y de la presión parcial de dióxido (PCO_2) (Overstreet, et al., 1955).

Tratamiento testigo

En la Fig. 10 puede observarse el comportamiento de las distintas enmiendas con respecto al desplazamiento de Na^+ , en las dosis de 100 por ciento.

TABLA 4: Total de sodio desplazado en distintos volúmenes de poros del percolado.

Tratamiento	VP	Na despl. $mmol_cK^{-1}$	VP	Na despl. $mmol_cK^{-1}$
Testigo	0,8	2,8	3,0	10,0
Yeso	0,5	7,4	2,5	16,3
Azufre	0,7	4,7	2,6	20,4
Carb. Calc.	0,7	3,2	2,6	10,3
Az. Carb. Calc.	0,7	6,2	3,0	16,1

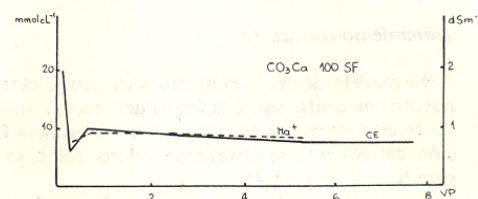


Fig. 8: Concentración en el efluente, expresado en volumen de poros (VP), de los distintos cationes, suma de cationes (T) y conductividad eléctrica (CE).

En el tratamiento carbonato de calcio (CO_3Ca) las dosis 100% sin fertilizante (SF).

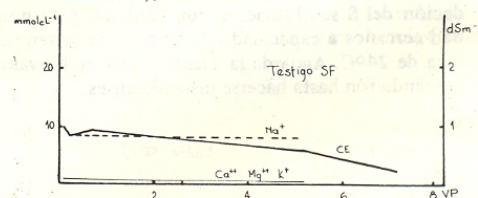


Fig. 9: Concentración en el efluente, expresado en volumen de poros (VP), de los distintos cationes, suma de cationes (T) y conductividad eléctrica (CE). Para el testigo sin fertilizante (SF).

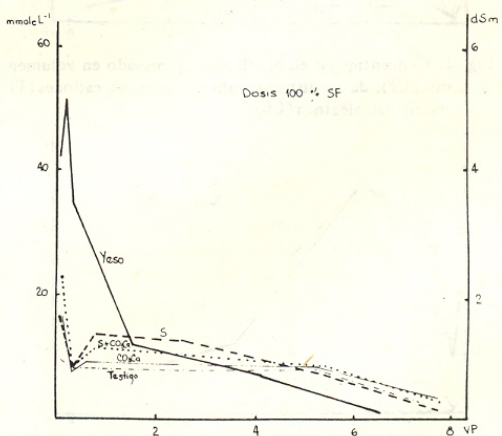


Fig. 10: Concentración de sodio ($mmol_cL^{-1}$) en el efluente, expresado en (VP) para todos los tratamientos correspondientes a las dosis del 100%.

En ella se observa que el testigo se desplazó al catión Na^+ , puesto que, el profuso desarrollo radicular de la especie empleada confirió condiciones físicas favorables que permitieron al lavado.

Al comparar las curvas de C. E. entre el tratamiento con CO_3Ca y el testigo (Figs. 8 y 9), se notó que el primero mantiene una C. E. mayor, luego de que el efluente superó los 7 volúmenes de poros. Esto estaría indicando que la hidrólisis del CO_3Ca aún continúa, en el tratamiento que tiene a este elemento como enmienda.

CONCLUSIONES

De las enmiendas probadas el yeso fue la que mayor eficiencia en función de los volúmenes de agua re-

querido para desplazar una cantidad determinada de Na (ad). Esto es de gran importancia en zonas de secano, donde la disolución de las enmiendas y el posterior lavado de los productos de la reacción dependen de las precipitaciones.

Cuando se agregó yeso a los primeros cm de profundidad de un suelo para recuperar una profundidad mayor, este exceso provoca además del desplazamiento de Na^+ (ad) el desplazamiento de parte del Mg (ad). Esta enmienda en condiciones de invernáculo, produce una depresión en los rendimientos que puede corregirse con el agregado de superfosfato triple.

El azufre aplicado en combinación con CO_3Ca , actúa mejorando la solubilidad de este último mientras que, en el tratamiento que se agregó solo, el pH del suelo descendió en forma notable, perjudicando el desarrollo del trébol blanco de las macetas.

REFERENCIAS

- Atoe, O. J. and R. A. Olson, 1966. Factor affecting rate of oxidation in soils of elemental sulfur and that added in Rock. Phosphate-sulfur fusion. *Soil Sci.* 101: 317-325.
- Berardo, A., 1966. Reconocimiento y caracterización de algunos suelos en la zona de Balcarce. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Bower, C. A. and J. O. Goertzen, 1958. Replacement of adsorbed sodium in soils by hydrolysis of calcium carbonate. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 22: 33-35.
- Chabra, R., I. P. Abrol, M. V. Singh, 1981. Dynamic of phosphorus during reclamation of sodic soils. *Soil Sci.* 132: 319-324.
- Chaudry, G. H. and B. P. Warkentin, 1968. Studies on exchange of sodium from soils by leaching with calcium sulfate. *Soil Sci.* 105: 190-197.
- Mendoza, R. E. y L. Barberis, 1980. Efecto del agregado de yeso y el lavado a un suelo sódico de la depresión del Río Salado y su repercusión sobre la producción de *Lolium perenne* L. *RIA.* XV 297-304.
- Moscatelli, G.; J. C. Salazar; Lea Plaza; K. Godagnone; H. Grinberg; J. Sánchez; F. Ferrao y M. Cuenca, 1980. Mapa de suelos de la Pcia. de Buenos Aires. Escala 1: 500.000. Actas IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. III: 1079-1089.
- Moustafa, A. N. I., 1964. Gypsum adsorption by different soils of the United Arab Republic. 8th Intern. Congress of Soil Science, Bucharest, Romania.
- Oster, J. D. and H. Frenkel, 1980. The chemistry of the reclamation of sodic soil with gypsum and lime. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 44: 41-45.
- Overstreet, R., J. C. Martín; R. K. Schulz y D. Mc Cutcheon, 1955. Reclamation of alkali soils of the Hacienda series. *Hilgardia* 24: 3-53-68.
- U. S. Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agr. Handbook* N° 60, USDA. 160 p.