

EFFECTO DEL ENCALADO SOBRE ALGUNOS PARAMETROS BIOLÓGICOS Y RENDIMIENTO DE TREBOL ROSADO (*Trifolium pratense* L.) EN UN SUELO CON ALTO CONTENIDO DE ALUMINIO¹

The effect of liming on some biological parameters and yield of red clover (*Trifolium pratense* L.) in a high aluminium content soil

Rosa Rubio H.², Fernando Borie B.², Elvira Moraga P.² y Elizabeth Albornoz S.²

SUMMARY

The effect of liming and P-fertilization on yield, nodulation, VA-mycorrhizal root infection and phosphatase activity of rhizospheric soil of red clover growing in a high Aluminium content soil was studied under greenhouse conditions. Liming and phosphate were applied as CaCO₃ in a rate of 0, 2, 4 and 6 ton/ha and TSP equivalent to 0, 44 and 176 kg P/ha, respectively. Results show an increase on the biological parameters studied and a synergism between liming and P-fertilization on plant yield. N and P in leaves were observed specially at higher rates.

Key words: red clover, *Trifolium pratense*, liming, VA mycorrhiza, phosphatase activity.

INTRODUCCION

Los hongos micorrizógenos vesículo-arbusculares (MVA) se encuentran presentes en la mayoría de las plantas que crecen bajo condiciones de campo, pero la intensidad de la infección varía con las condiciones edáficas y manejo de la siembra (Schönbeck y Dehne, 1987). Las raíces de trébol rosado (*Trifolium pratense* L.), una importante leguminosa forrajera que crece en las praderas de la IX y X Regiones, se encuentran comúnmente en simbiosis tanto con *Rhizobium*, bacteria fijadora de N, como infectadas en un amplio rango por hongos MVA. Si bien estos suelos son ácidos y, en ocasiones, con alto contenido de Al intercambiable, es posible utilizar enmiendas de calcio, con el fin de elevar el pH y de esta manera mejorar los rendimientos. Es posible que el efecto del encalado afecte significativamente el funcionamiento de ambas simbiosis.

El objetivo del presente trabajo es estudiar, en condiciones de invernadero, el efecto del encalado sobre algunos parámetros biológicos que afectan a la raíz tales como, infección por hongos MVA, nodulación y actividad fosfatásica y su incidencia sobre el rendimiento de trébol rosado cuando éste se cultiva en un suelo con alto contenido de Al extractable.

¹Recepción de originales: 24 de abril de 1991.

Trabajo presentado en el VI Congreso Nacional de las Ciencias del Suelo, Temuco, Chile, 14 al 16 de noviembre de 1990.

Trabajo financiado parcialmente por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT), Proyecto 221-89.

²Departamento de Ciencias Químicas, Universidad de la Frontera, Casilla 54-D, Temuco, Chile.

MATERIALES Y METODOS

El experimento consistió en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, utilizando 3 niveles de P (equivalente a 0, 44 y 176 kg P/ha como SFT) y 4 niveles de CaCO₃ (0, 2, 4 y 6 ton/ha). Se utilizó un suelo de la serie Freire, recolectado entre 10 y 30 cm de profundidad y tamizado bajo 2 mm (P-Olsen 5 mg/kg; Al 1.240 mg/kg; Ca 1.420 mg/kg; Mg 180 mg/kg. Al, Ca y Mg se extrajeron con CH₃COONa a pH 4,8).

En cada maceta se colocaron 0,6 kg de suelo con las dosis de P y Ca establecidas, se sembraron 3 semillas pre-germinadas de trébol rosado y se inoculó con una cepa de *Rhizobium* activo (colección UFRO-019), manteniéndose la humedad mediante riego por capilaridad.

Se midió el pH del suelo (pasta saturación) de cada tratamiento previo a la siembra y se cuantificó la producción de materia seca mediante seis cortes y posterior secado en estufa a 70 °C.

Las plantas se cosecharon al cabo de 6 meses, bajo un chorro suave de agua para conservar intacto todo el sistema radical. La infección por hongos MVA se determinó mediante clarificación y tinción de una porción de raíz de acuerdo a Smith y Bowen (1979). La actividad fosfatásica del suelo se determinó para cada tratamiento (Tabatabai y Brenner, 1969). Por otra parte, se cuantificó el peso seco de raíz y porción infectada de la misma (Sieverding y Howeler, 1985) y se realizó el recuento del número de

nódulos. Además, se determinó N y P foliar a través de los seis cortes.

En el tratamiento estadístico de los datos, se usó la transformación arcoseno y la Prueba de Rango Múltiple de Duncan ($P \leq 0,05$) y para la actividad fosfatásica el Test de Kruskal y Wallis (Kruskel y Wallis, 1952) con $P \leq 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSION

Si bien los efectos del Al, acidez y uso de materiales encalantes sobre la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa, están medianamente estudiados (Wood y Cooper, 1988), no lo están la simbiosis con hongos MVA y algunas actividades enzimáticas. El suelo utilizado en este experimento tenía un pH inicial menor que 5,5, nivel bajo el cual la solubilidad del Al comienza a incrementarse fuertemente (Wright, 1989).

La infección por hongos MVA decreció significativamente con la adición de P-fertilizante, debido al aumento del P en la solución del suelo (Barea y Azcón-Aguilar, 1983); el mismo efecto se observó al adicionar solamente CaCO_3 , debido a un mejoramiento en la nutrición de la planta (Cuadro 1).

En cuanto a la nodulación (Cuadro 1), se puede observar que el número de nódulos aumentó significativamente con la adición de P, CaCO_3 o la mezcla de ambos. Es conocido que el proceso de fijación simbiótica de N por *Rhizobium* necesita de P, así como también la afecta el ambiente edáfico, especialmente la presencia de Al y las bases de intercambio.

Aunque el rol de las fosfatasas en los suelos, no está suficientemente establecido, en general, se lo asocia a la mineralización de P orgánico, en especial cuando se ven favorecidas las condiciones ambientales para que ello ocurra. Los valores tabulados en el Cuadro 2, muestran mayores niveles enzimáticos con la adición de SFT y de CaCO_3 en altas dosis, probablemente, como consecuencia de un incremento de la actividad de la población microbiana de los suelos.

El efecto de la adición de CaCO_3 sobre el rendimiento, movilización de P y de N a través de sucesivos cortes aparece en la Figura 1. En ella, es posible observar que a través de los cortes se logró un efecto significativo en los tres parámetros con la dosis de 6 ton CaCO_3 /ha, siendo mayor al tercer corte. Si bien el rendimiento fue decreciendo

CUADRO 1. Infección por hongos MVA y número de nódulos en trébol rosado por efecto de adición de SFT y CaCO_3 en un suelo con alto contenido de Al

TABLE 1. VA mycorrhizal infection and nodulation in red clover roots as an effect of the addition of TSP and CaCO_3 to a soil with a high Al content

Tratamiento con CaCO_3 (ton/ha)	% Raíz Infeccionada			Número de nódulos		
	P ₀	P ₄₄	P ₁₇₆	P ₀	P ₄₄	P ₁₇₆
0	59 ± 3	49 ± 5	37 ± 3	27 ± 7	54 ± 13	67 ± 10
2	36 ± 8	57 ± 4	44 ± 6	43 ± 7	65 ± 16	57 ± 15
4	51 ± 6	62 ± 1	44 ± 5	46 ± 13	100 ± 31	115 ± 18
6	47 ± 1	39 ± 4	56 ± 9	84 ± 9	61 ± 12	163 ± 15

CUADRO 2. pH y actividad fosfatásica en trébol rosado por efecto de adición de SFT y CaCO_3 en un suelo con alto contenido de Al

TABLE 2. pH and soil phosphatase activity in red clover as an effect of the addition of TSP and CaCO_3 to a soil with a high Al content

Tratamiento con CaCO_3 (ton/ha)	pH suelo			Fosfatasa suelo ($\mu\text{g g}^{-1}\text{hr}^{-1}$ de PNF lib.) ¹		
	P ₀	P ₄₄	P ₁₇₆	P ₀	P ₄₄	P ₁₇₆
0	5,06	5,26	5,27	940 ± 98	1.282 ± 98	1.225 ± 126
2	5,81	5,73	5,54	772 ± 25	755 ± 32	791 ± 13
4	5,99	5,98	5,91	798 ± 33	829 ± 33	955 ± 121
6	6,04	6,05	6,03	1.394 ± 109	1.001 ± 67	1.117 ± 50

¹Fosfatasa suelo original: $953 \pm 18 \mu\text{g g}^{-1}\text{hr}^{-1}$ de p-nitrofenol (PNF) liberado.

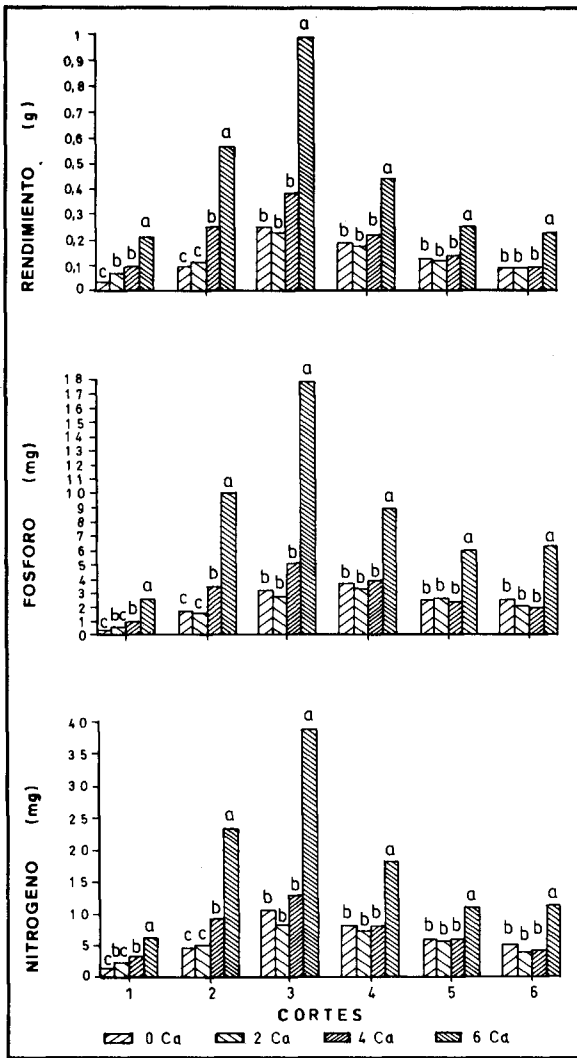


FIGURA 1. Efecto de la adición de CaCO_3 sobre el rendimiento, P y N movilizado en trébol rosado a través de seis cortes. Los valores con la misma letra, para cada corte, indican que no hubo diferencias significativas ($P \geq 0,05$).

FIGURE 1. Effect of CaCO_3 additions on plant yield, N and P in leaves of red clover through six cuttings.

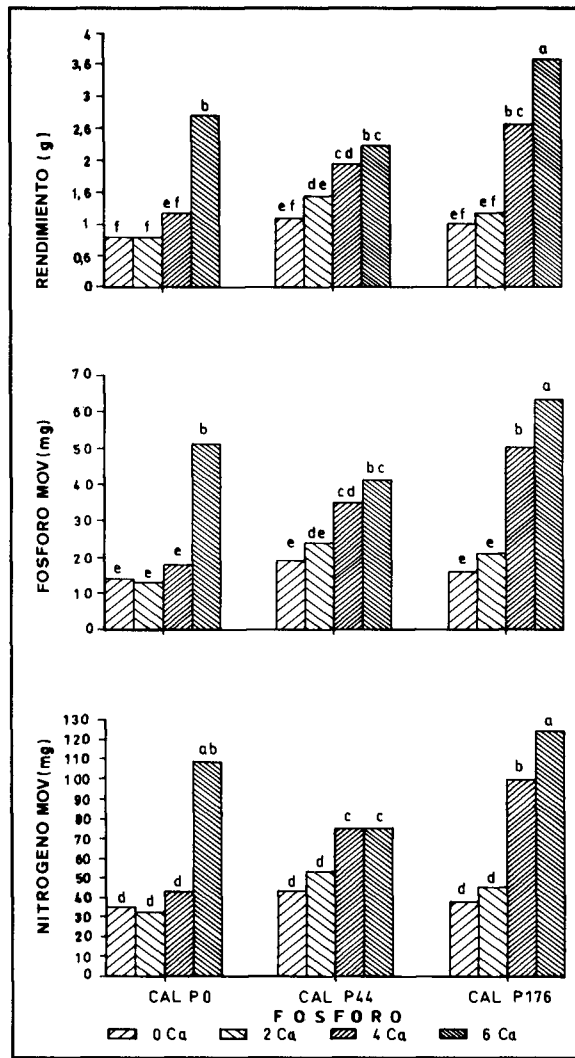


FIGURA 2. Efecto de la adición de CaCO_3 y P-fertilizante sobre el rendimiento, P y N movilizado en trébol rosado. Los valores con la misma letra, para cada tratamiento, indican que no hubo diferencias significativas ($P \geq 0,05$).

FIGURE 2. Effect of CaCO_3 and P-fertiliser additions on yield and on N and P uptake in red clover.

después del tercer corte, el P y N movilizado decrecieron en menor cuantía, probablemente como consecuencia de la mayor efectividad de la doble simbiosis.

En la Figura 2, se observa la interacción encalado-P fertilizante y su efecto sobre el rendimiento, P y N movilizado por el trébol rosado, acumulado a través de los cortes. Como cabía esperar, el mayor efecto se logró con la aplicación del equivalente a 4 y 6 ton CaCO_3 /ha. La adición de P-fertilizante, incluso a dosis equivalente a 176 kg/ha, no logró

sobrepasar el efecto de las 4 ton/ha de CaCO_3 . No obstante, se puede observar un efecto sinérgico de ambos tratamientos, lo que, en términos prácticos, podría traducirse en la aplicación de dosis intermedias de CaCO_3 y P-fertilizante. A esos niveles, y de acuerdo a los resultados comentados, estarían funcionando adecuadamente ambas simbiosis, hecho que también ha sido comprobado recientemente en un estudio de inoculación conjunta de *Rhizobium trifolii* y hongos MVA en trébol rosado (Borie y otros, 1990).

Se concluye que la adición de CaCO_3 a este suelo, se tradujo en un mejoramiento de los parámetros biológicos estudiados, lo que confluye con una mejor nutrición mineral del trébol. No obstante lo

anterior, se hace necesario estudiar con mayor profundidad las relaciones molares P/Al/Ca y su incidencia en el crecimiento y nutrición del trébol rosado (Alva y otros, 1986).

RESUMEN

En un experimento en invernadero, se estudió el efecto de la adición de CaCO_3 (0, 2, 4 y 6 ton/ha) y P-fertilizante (SFT equivalente a 0, 44 y 176 kg P/ha) sobre el rendimiento, nodulación, infección por micorrizas VA y actividad fosfatásica del suelo rizosférico de trébol rosado, crecido en un suelo con alto contenido de Al activo. Se logró un efecto beneficioso en todos los parámetros biológicos

estudiados y se observó un efecto sinérgico entre encalado y fertilización, tanto en rendimiento como en N y P foliares.

Palabras claves: trébol rosado, *Trifolium pratense*, encalado, micorrizas VA, actividad fosfatásica, trébol rosado.

LITERATURA CITADA

- ALVA, A.K., EDWARDS, D.C., ASHER, C.J. and BLAMEY, F.P.C. 1986. Effects of phosphorus/aluminium molar ratios and calcium concentration on plant response to aluminium toxicity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 133-137.
- BAREA, J.M. and AZCON-AGUILAR, C. 1983. Mycorrhizas and their significance in nodulation nitrogen-fixing plants. *Adv. in Agron.* 36: 1-46.
- BORIE, F., RUBIO, R., MORAGA, E., y NAOUR, E. 1990. Efecto de la inoculación conjunta de hongos MVA y *Rhizobium* en el crecimiento y nutrición de trébol rosado (*Trifolium pratense* L.). Academia de Ciencias de Cuba. I Simposio Latinoamericano de Micorrizas. 1990, La Habana, Cuba. 24-29 de junio. p.: 14.
- KRUSKEL, W.H. and WALLIS, W.A. 1952. Use of ranks in one variance criterion analysis. *J. Amer. Statist. Ass.* 47: 614-617.
- SCHÖNBECK, F. and DEHNE, H.W. 1987. Improvement of VA mycorrhiza status in plant production. University of Florida. 7th North American Conference on Mycorrhizae. 1987. Gainesville, Florida. May 3-8. p.: 37.
- SIEVERDING, E. and HOWELER, R. 1985. Influence of species of VA mycorrhizal fungi on cassava yield response to phosphorus fertilization. *Plant and Soil* 88: 213-221.
- SMITH, S.E. and BOWEN, G.D. 1979. Soil temperature, mycorrhizal infection and nodulation of *Medicago truncatula* and *Trifolium subterraneum*. *Soil Biol. Biochem.* 11: 469-473.
- TABATABAI, M.A. and BRENNER, I.M. 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1: 301-307.
- WOOD, M. and COOPER, J.E. 1988. Acidity, aluminium and multiplication of *Rhizobium trifolii*: Effects of initial inoculum density and growth phase. *Soil Biol. Biochem.* 20(1): 95-99.
- WRIGHT, R.J. 1989. Soil aluminium toxicity and plant growth. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 20: 1.479-1.497.