

FERTILIZACION FOSFORADA Y AZUFRA DA EN ALFALFA¹

QUIÑONEZ, A.¹, ROMERO, L.², DALLA FONTANA, L. A.²,

LONGONI, M.² & COLOMBO, S.³

RESUMEN

En la región centro oriental de la provincia de Santa Fe, Argentina, la producción de materia seca de alfalfa está limitada principalmente por deficiencias de fósforo (P) y azufre (S) en el suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización con P y S sobre la producción de materia seca de alfalfa durante 2 años. La experiencia se dispuso en un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: Testigo (T_0) sin fertilizante; P40: 200kg/ha de superfosfato triple, S25: 140 kg/ha de Sulfato de calcio y P40 + S25: 140 kg. Hubo diferencias significativas entre tratamientos con un comportamiento distinto entre años. En el primero, P40+S25 incrementó significativamente ($P<0.05$) la producción de materia seca; en el segundo, P40 y P40+S25 la aumentaron significativamente ($P<0.05$). La producción total materia seca de los dos años fue incrementada significativamente ($p<0.05$) con P40 y P40+S25.

Palabras claves: alfalfa, fósforo, azufre, fertilización, producción.

SUMMARY

Dry matter production of alfalfa is limited by low levels of Phosphorous (P) and Sulfur (S) in the in the Central Area of the Santa Fe province, Argentina. The objective of this study was to evaluate the effect of the fertilization with P and S on dry matter production of alfalfa during two years. A completely randomized block design was used, with four repetitions per treatment. The treatments were: Control (T_0) with no fertilizer application, P40: 200kg of triple calcium superphosphate/hectare, S25: 140 kg of calcium sulphate and P40 + S25: 200 kg of triple calcium superphosphate per hectare + 140 kg of calcium sulphate sulfato per hectare. There were significant differences among treatments, with different results for different years. In the first year, mean dry matter production was significantly higher ($p<0.05$) for P40+S25. In the second year, mean dry matter production was significantly higher ($p<0.05$) for P40+S25 and for P40. Total dry matter production increased significantly for P40 and P40+S25.

Key words: alfalfa, phosphorus, sulfur, fertilization, production.

1 Proyecto CAI+D'2002: Evaluación de variedades de alfalfa de la UNL con fertilizantes inorgánicos para sistemas sustentables.

2 Cátedra Forrajes de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNL. Kreder 2805. (3080) Esperanza, provincia de Santa Fe. Telefax: (03496) 426400. Email: romero@rafaela.inta.gov.ar

3 Cátedra de Maquinaria Agrícola, FCA (UNL).

Manuscrito recibido el 28 de febrero de 2007 y aceptado para su publicación el 20 de septiembre de 2007.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa es el recurso forrajero más importante de los sistemas ganaderos del centro de la provincia de Santa Fe. Su producción es variable según la zona, a pesar de compartir similares condiciones de radiación y temperatura y de existir además sólo ligeras diferencias de promedios anuales de precipitaciones, con aumentos hacia el este.

En la región centro-este los rendimientos de forraje son significativamente inferiores a las del centro-oeste y ello se relaciona estrechamente con deficiencias de fósforo (P) y azufre (S) en el suelo (Vivas, 1995). Además de lo mencionado, son los sistemas productivos cada vez más intensivos, en los cuales los nutrientes no se reponen en proporción a su extracción, por lo que la alfalfa podría verse limitada no sólo en la producción y en la calidad de la materia seca, sino también en la persistencia (Vivas *et al.*, 1996). Por lo tanto, las razones que en gran parte explican la variabilidad productiva se relacionan con la dotación de nutrientes y las características y aptitudes de los suelos.

En el oeste, por ejemplo, los contenidos de materia orgánica (MO) oscilan alrededor de 2,8-3% y el nitrógeno total (Nt) 0,15-0,16 % mientras que en el este dichos valores son inferiores variando entre, 2-2,5 % MO y de 0,10-0,12 % Nt. El P extractable del suelo es el elemento que sólo puede ser corregido cuando es deficiente mediante aportes de los fertilizantes (Culot, 1986).

Según Quintero y Boschetti (2004), numerosos trabajos en nuestro país indican que por debajo de 12 ppm de P Bray I las posibilidades de respuesta a la fertilización son altas y que con valores superiores la alfalfa continúa respondiendo pero a una tasa menor.

En el Departamento Las Colonias, Santa Fe, la primera experiencia con resultados positivos a la fertilización fosfatada de alfalfa fue

reportada por Vivas, (1995) y Vivas *et al.* (1996), siendo la respuesta nula en el Departamento Castellanos con suelos suficientes en P.

Otra experiencia de Vivas y Guaita (1997), correspondiente a un ensayo instalado en la campaña 1995/96 permitió establecer claramente la necesidad del P en la región.

Un trabajo de Romero y Aronna (2003) manifiesta también, el contraste en el contenido de P del suelo sobre la producción de alfalfa entre dos localidades de la región central de la provincia de Santa Fe, donde se observó que para Rafaela, la MS acumulada fue de 49.830 kg/ha, (suelo con altos niveles de P) y en Humboldt (centro-este) fue de 16.510 kg/ha de MS. La acidez del suelo o pH fue similar para las dos localidades y las diferencias productivas tan notables ponen de relieve la necesidad de corregir el P del suelo. Los kg/ha poducidos en Rafaela consumieron 150 kg/ha de P en tres años, equivalentes a 750 kg/ha de Superfosfato triple y en Humboldt la cantidad consumida fue de 250 kg/ha de Superfosfato en tres años.

Algunas referencias indican un contenido de 0,35% como valor crítico para P en la parte superior de la planta y en botón floral (Melsted *et al.*, 1969). En ese caso gran parte de las pasturas del centro de Santa Fe estarían requiriendo de los fertilizantes para superar ese nivel.

Otro trabajo realizado en la localidad de Esperanza, sobre un suelo argiudol típico de la zona, donde se estudió la respuesta al agregado de P, boro (B) y calcio (Ca), arrojó diferencias productivas significativas de materia seca de alfalfa con el agregado de P sólo o combinado (Quiñonez *et al.*, 2003)

El déficit nutricional de los suelos del centro de Santa Fe no está condicionado sólo por el P sino también por el S, siendo este nutriente muy requerido por la alfalfa (Caldwell *et al.*, 1972) citado por Hoeft y Fox (1986) y por Sorensen *et al.*, 1968).

En suelos con bajos niveles de materia

orgánica y con muchos años de agricultura el S es deficitario. El S constituye un elemento de gran importancia en la formación de las proteínas de la pastura y su demanda guarda relación con los niveles de producción de MS. En suelos franco limosos y arcillosos, en el horizonte B, este nutriente tiene capacidad de permanecer y tener efectos residuales en años posteriores a su incorporación (Vivas *et al.*, 2004).

En la región pampeana se han detectado áreas deficientes en S y la primera referencia para el centro de Santa Fe al respecto, en alfalfa, fue detectada en 1997/98 y 1998/99 en un suelo de la serie Rafaela (Fontanetto, 2000; Fontanetto & Keller, 1999, 2000).

La experiencia que estudió el rol del S con dos niveles de fertilización con P fue evaluada por Vivas (2004) quien encontró incrementos de la producción de MS al agregar S luego de haberse corregido el P.

En el oeste de Buenos Aires y este de La Pampa, sobre suelos Hapludoles y Haplustoles, se han observado respuestas significativas a la aplicación de S en pasturas consociadas y alfalfares puros (Díaz Zorita, 1998; Díaz Zorita & Fernández Canigia, 1998), y en suelos hapludoles del centro-norte de Buenos Aires se registraron respuestas significativas a la fertilización azufrada en alfalfa, con aumentos de hasta el 40% en producción de MS en cinco cortes del primer año de implantación, Carta *et al.* (2001).

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización fosforada y azufrada sobre la producción de materia seca de la alfalfa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el campo ex-

perimental ubicado en el predio experimental "Juan Donnet" de la Facultad de Ciencias Agrarias, en la localidad de Esperanza, sobre un suelo argiudol típico de la serie Esperanza que contaba con las siguientes características químicas: pH 6,70 (método potenciométrico relación suelo-agua de 1:2,5), Fósforo Asimilable 18,65 ppm (Bray y Kurtz N°1), Calcio 8,43 % (mEq %-H₄Nac 1 N pH 7), N total 0,12 % (método de Kjeldahl, AOAC), Magnesio 2,79 (mEq %-H₄Nac 1 N pH), Azufre 8,40 ppm (1:5 K H₂ PO₄) y Materia Orgánica 2,33 % (C.O.x1,724), de muestras tomadas de 0 a 20cm de profundidad.

El lote fue preparado con rastra de discos y rastra de dientes y la siembra se efectuó el 24 de junio de 2003 con el cultivar Esperanza UNL (pureza: 99% y poder germinativo: 93%) a una densidad de 20 kg/ha de semilla.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar; cuatro repeticiones por tratamiento y las parcelas fueron de 3m² cada una (1m de ancho por 3m de largo). La siembra se efectuó en líneas separadas a 0,20m y con dos líneas de bordura.

Los tratamientos fueron los siguientes: Testigo sin fertilizante (T₀); P40 (T₁); P40 + S25 (T₂) y S25 (T₃), habiendo incorporado los fertilizantes antes de la siembra. Las fuentes de fertilizante fueron: superfosfato triple de calcio como abono fosfatado (200kg/ha), y sulfato de calcio como abono azufrado (140 kg/ha) y la combinación de ambos a las mismas dosis.

Se realizaron determinaciones de la producción de materia verde y seca, mediante cortes periódicos, cuando la alfalfa alcanzaba el 10% de floración en la primavera-verano o cuando los rebrotes de la corona tenían 5cm. La unidad de muestreo fue de 1,20 m² (2m*0,60m). Se determinó el contenido de materia seca mediante secado en estufa de aire forzado a una temperatura de 65°C hasta peso constante.

Se evaluó periódicamente la persistencia del cultivar, mediante el recuento de plantas en cada una de las repeticiones de cada tratamiento. Los recuentos se realizaron sobre una longitud de 2 metros lineales*2 líneas de cada repetición, lo que representó una superficie de 0,8 m²

Se realizó un control de malezas, en post-emergencia con una dosis de 250cc/ha de flumetsulan el 26 de agosto de 2003 para controlar malezas de hoja ancha. Posteriormente se efectuó una aplicación de imazetapir a una dosis de 800cc/ha de producto comercial el 15 de marzo de 2004 para el control de gramíneas, especialmente *Setaria parviflora*.

Se realizó un análisis estadístico de la producción de materia seca/ha por período de evaluación y del total, comparándose las medias con el test de Duncan ($P < 0,05$).

RESULTADOS

En el primer período de evaluación se realizaron 6 cortes, siendo el primero el 14/10/

03 y el último el 25/05/04 y en el segundo período 8 cortes entre el 2/08/04 y el 21/07/05.

En el Cuadro 1 se indican las producciones logradas en cada uno de los períodos de evaluación y la total. El análisis estadístico indicó diferencias significativas entre tratamientos, con un comportamiento diferente entre períodos.

En el primer período la mayor producción de MS se obtuvo con la aplicación de P+S, la cual fue diferente al testigo y al tratamiento con P, pero no difirió con respecto al S sólo. El tratamiento con P no fue diferente al testigo ni al que se le agregó S.

Cuando se analiza el segundo período, no hubo diferencias entre el testigo y la aplicación de S, pero fue significativa la respuesta a la aplicación de P y de P+S en comparación con S, aunque entre estos las producciones fueron similares.

En la Figura 1 se muestra la evolución de la producción de materia seca por corte y por período en función de los tratamientos evaluados.

No hubo diferencias en el número de plan-

Cuadro 1. Producción de materia seca de alfalfa (kg/ha) de cada uno de los períodos evaluados y de la producción total, con los diferentes tratamientos de fertilización (período 2003-2005).

Tratamientos	1er Período	2do Período	Total
	2003/04	2004/05	
	(kg MS/ha)		
Testigo	7.774,5 a	10.662,1 a	18.436,6 a
S	9.468,4 bc	11.979,3 a	21.447,6 ab
P	8.908,5 ab	16.206,1 b	25.114,6 bc
P + S	10.454,4 c	16.222,7 b	26.677,1 c
CV %	10,1	15,0	10,3

Medias de tratamientos con letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

tas siendo el número inicial de 335 plantas/m² ± 31 permaneciendo al final del ensayo 72 plantas/m² ± 6.

DISCUSIÓN

La escasa respuesta lograda en el segundo período para los tratamientos con S (gráfico 1) estaría indicando que el S se habría consumido en el primer período y por lo tanto hubiese sido necesario reponerlo en el 2do período para seguir manteniendo una respuesta positiva.

Es de destacar que cuando se analiza la producción total se pone en evidencia que los tratamientos con P y P+S difieren significativamente con el testigo, con producciones a favor de 6.678 y 8.240,5 kg MS/ha, respectivamente. No hubo diferencias entre el testigo y S; además este último no es diferente a P y éste no lo es a P + S, debido probablemente a que la dosis de S fue muy baja para sostener altas producciones durante los dos períodos.

Se denotó entonces que la fertilización con P y S provoca incrementos importantes

en la producción de materia seca de alfalfa y que el P fue el elemento que permitió mantener una producción elevada y estable a través del tiempo.

Sería importante seguir investigando con el S, especialmente en lo referente a dosis y refertilizaciones sólo o combinado con fósforo.

BIBLIOGRAFÍA

- CARTA H., VENTIMIGLIA, L. & RILLO, S.** 2001. Evaluación de la fertilización con fósforo y azufre en alfalfa. En: L. Ventimiglia *et al.* (ed.). Experimentación en campos de productores, Campaña 2000/01. UEEA INTA 9 de Julio. 9 de Julio, Buenos Aires, Argentina.
- CULOT, J. PH.** 1986. Nutrición mineral y fertilización en el ambiente de la región pampeana. En: Investigación, Tecnología y Producción de Alfalfa. Colección Científica del INTA. pp. 81-117.
- DÍAZ ZORITA, M.** 1998. Producción de carne bajo pastoreo en Argentina ¿Es una práctica sostenible? 22º. Congreso Argentino de Pro-

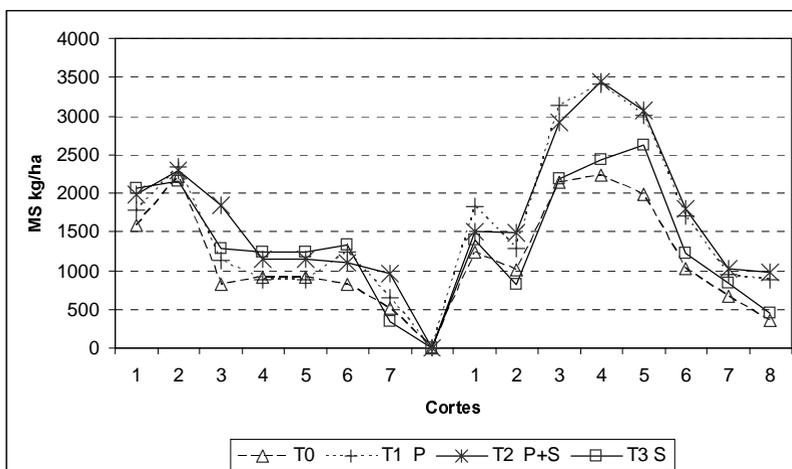


Fig. 1. Evolución de la producción de materia seca (kg/ha) por corte y por período, según los tratamientos de fertilización aplicados.

- ducción Animal. AAPA. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- DÍAZ ZORITA M. & M.V. FERNANDEZ CANIGIA.** 1998. Azufre y nitrógeno en la implantación de pasturas perennes en la región de la pampa arenosa argentina. *Ciencia del Suelo* 16:103-106.
- FONTANETTO, H. & KELLER, O.** 1999a. Fertilización azufrada en alfalfa. *Agromercado. Cuadernillo de Forrajeras*, Marzo 1999, Año 13, N° 30: 7-9.
- FONTANETTO, H. & KELLER, O.** 1999b. La siembra directa de pasturas en Santa Fe. *Jornada Técnica sobre Optimización de la Base Forrajera en Sistemas de Producción de Carne*. EEA INTA Marcos Juárez, 3 de junio de 1999. 10 pp.
- FONTANETTO, H.** 2000. La fertilización de forrajeras en el Área Central de Santa Fe. AAPRESID. *Pasturas en Siembra Directa. Jornadas de Intercambio Técnico 2000. Publicaciones Técnicas por Cultivo, Pasturas*: 53-65.
- FONTANETTO, H. & KELLER, O.** 2000. El azufre. Su importancia en alfalfa. *Nuestro Agro*. Año 7 (76): 76-77.
- HOEFT, R. G. & FOX, R. H.** 1986. Plant response to sulfur in the Midwest and Northeastern United States. In. *Sulfur in Agriculture*. Ed. M. A. Tabatabai. *Agronomy* N° 27. ASA.
- MELSTED, S. W.; H. L. MOTTO & PECK, T. R.** 1969. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant analysis data. *Agron. J.* 61:17-20.
- QUINTERO, C. & BOSCHETTI, N.** 2004. Fósforo en pasturas. *Sistemas ganaderos en siembra directa. 1° Simposio Nacional. Hacia una ganadería competitiva*. AAPRESID. 11-12 de mayo de 2004. Rosario, Santa Fe - Argentina. 115-119.
- QUIÑONEZ, A. G.; DALLA FONTANA, L. A. & MOLLO A. J.** 2003. Respuesta de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) a la adición de fósforo, boro y calcio. *Revista FAVE Ciencias Agrarias*, ISSN 1666-7719, Vol. II, N° 1 (2003) UNL. Argentina.
- RACCA, R.; D. POLLINO; J. DARDANELLI; D. BASIGALUP ; N. GONZÁLIZ ; E. ROMERO, L. A. & ARONNA, M.S.** 2003. Evaluación de cultivares de alfalfa en dos localidades: Rafaela y Humboldt. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol 23. Supl. I. 26° Congreso Argentino de Producción Animal. Mendoza. 22-24 de octubre de 2003. pp. 111-112.
- SORENSEN, R. C.; E. J. PENAS AND U. U. ALEXANDER.** 1968. Sulfur content and yield of alfalfa in relation to plant nitrogen and sulfur fertilization. *Agron. J.* 60: 20-23.
- VIVAS, H.** 1995. Fertilización de pasturas base alfalfa en la región central de Santa Fe. *En: Información técnica para productores*. INTA Rafaela.
- VIVAS, H. S.; GUAITA, S.; HEIN, W. & EMPINOTTI, V. L.** 1996. Fertilización de alfalfa en un suelo representativo del centro este de Santa Fe: Producción de Primavera, 1995. *Información Técnica* N° 200. INTA EEA Rafaela. 7 p.
- VIVAS, H. S. & GUAITA, S.** 1997. Fertilización fosfatada de alfalfa: rendimiento y fósforo edáfico durante un año de corte. 1995/96. *Información Técnica* N° 209. INTA EEA Rafaela. 6 p.
- VIVAS, H. S.** 2001. Fertilización de alfalfa con azufre y boro en el área centro este de Santa Fe. 24° Congreso Argentino de Producción Animal (AAPA). Rafaela, 19 al 21 de septiembre de 2001.
- VIVAS, H. S.; C. E. QUINTERO; G. N. BOSCHETTI; H. FONTANETTO & R. ALBRECHT.** 2004. Fertilización con Fósforo y Azufre para la producción de Alfalfa en el centro de Santa Fe. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná. 22 al 25 de junio de 2004.