

## EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN SOBRE LA CALIDAD DE PLANTAS DE ALFALFA (*MEDICAGO SATIVA L.*) A TRAVÉS DEL CICLO DE PRODUCCIÓN

DALLA FONTANA, L. A.<sup>1</sup>; NESCIER, I. DE LOS M.<sup>2</sup>; PENNISI, D. T.<sup>2</sup>;  
LONGONI, M. L.<sup>1</sup> & CONTINI, L.<sup>3</sup>

### RESUMEN

La alfalfa, en la Región Central de la Cuenca Lechera Santafesina (Argentina), responde al agregado de Fósforo (P) y Azufre (S) aumentando la producción de forraje, aunque existe poca información sobre la influencia en su calidad nutritiva. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la fertilización fosforada, azufrada y su combinación sobre el contenido de fibra detergente ácida (FDA) y proteína bruta (PB) durante las cuatro estaciones del primer año del cultivo. El ensayo se realizó sobre un suelo Argiudol típico. El cultivar utilizado fue "Esperanza UNL" y el diseño fue de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. En el ANOVA sobre valores medios de FDA y PB se encontraron diferencias altamente significativas en el invierno y en el verano, con el agregado de fertilizantes fosforados y azufrados ( $p=0.001$ ), Test de Dunnet vs. el testigo.

*Palabras clave:* alfalfa, fertilización, calidad.

### SUMMARY

#### Effect of the fertilization on the quality of alfalfa (*Medicago sativa L.*) plants along the production cycle

The alfalfa, in the Central Area of de Province of Santa Fe, Argentina, responds to the aggregate of phosphorous (P) and sulphur (S), increasing the forage production, but little information exists about their relation with the nutritional quality. The objective of this project was to study the effects of the phosphorized, sulphured fertilization and their combination on the content of acid detergent fiber (ADF) and crude protein during the four seasons of the first pasture year. The test was made on a typical Argiudol soil and the cultivar "Esperanza UNL"; was used and the design was made of complete random blocks of four treatments with three repetitions. In the ANOVA, on average values of ADF and crude protein, highly significant differences in winter and summer respectively were found, with the aggregate of P and S ( $p=0.001$ ), Dunnet Test, against the witness.

*Key words:* alfalfa, fertilization, quality.

---

1.- Cátedra de Forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias, UNL. Kreder 2805. (3080) Esperanza, provincia de Santa Fe. Telefax: (03496) 426400. E-mail: [ladallaf@fca.unl.edu.ar](mailto:ladallaf@fca.unl.edu.ar)

2.- Cátedra de Química. Facultad de Ciencias Agrarias, UNL.

3.- Cátedra de Matemática. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, UNL.

Manuscrito recibido el 28 de agosto de 2007 y aceptado para su publicación el 17 de diciembre de 2007.

## INTRODUCCIÓN

La producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) depende de la disponibilidad de los nutrientes demandados por el cultivo. Los suelos de la Región Central de la Cuenca Lechera Santafesina suelen tener bajos contenidos de P, siendo la principal limitante de la productividad de este cultivo (Pilatti *et al.*, 2001; Quiñonez, *et al.*, 2003).

Sin embargo, el déficit nutricional de los suelos del centro de Santa Fe no está dado sólo por el P sino también por el S. Vivas (2004); Quiñonez (2007; aún no publicado), encontraron respuesta productiva al agregado de este elemento. Según Palese (2005) es de esperar que con aportes de P y S disponibles, mejore la actividad bacteriana para la fijación biológica del nitrógeno (N).

Así como hay numerosos trabajos sobre el efecto de estos nutrientes sobre la producción, poco se conoce su relación con la calidad del forraje. Al respecto, Sanderson (1993) afirma que condiciones de estrés ambiental y edáfico afectan la calidad de la alfalfa, existiendo más conocimiento sobre las primeras.

Marino y Agnusdei (2004) destacan la importancia de desarrollar estrategias de fertilización tendientes a incrementar la eficiencia de uso de los nutrientes, y ésta varía en función del nutriente, su disponibilidad, la época del año, las condiciones climáticas, el ciclo de la planta en el sistema suelo-planta y el manejo de la pastura.

Tinsdale y Nelson (1996) demostraron que la deficiencia de P en la plantas produjo un retraso en su crecimiento y ello coincide con experiencias donde se vio que su adición aceleró la madurez de la alfalfa (Sanderson, 1993; Nescier *et al.*, 2004). Cuando la planta va madurando disminuye la digestibilidad in vitro porque aumentan los principales componentes estructurales del tallo y disminuye

la proporción de hojas, con la consecuente disminución del contenido de PB (Berger *et al.*, 1986; Nelson & Moser, 1994; Romero *et al.*, 1995).

Así como cuando se acelera el crecimiento se va perdiendo calidad también se llega más rápido al momento óptimo del consumo, que es cuando la planta acumuló suficientes reservas y a la vez posee alta foliosidad, antes que la materia seca digestible decaiga. Esto permite un proceso ágil de cosecha, manipulación y digestión del forraje ingerido (Agnusdei, 2006).

El S, como se dijo, es otro nutriente requerido por la alfalfa, citado por Sorensen *et al.* (1968), Hoefy y Fox (1986) y Echeverría *et al.* (1996), quienes demostraron su función fundamental como constituyente de amino-ácidos esenciales que intervienen en la formación de proteínas, clorofila y en el desarrollo de enzimas y vitaminas.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la calidad de las plantas de alfalfa, en sus contenidos de FDA y PB, con el agregado de P y S a través del primer año de vida de la pastura.

## METODOLOGÍA

El estudio se realizó en la localidad de Esperanza en el Departamento Las Colonias, provincia de Santa Fe, Argentina, sobre un suelo Argiudol típico, Serie Esperanza (Carta de Suelos de la República Argentina. Hojas 3160-26 y 25: Esperanza-Pilar. EEA INTA Rafaela).

Se realizaron determinaciones químicas de la capa 0-20 cm previo a la siembra del horizonte A del suelo referido y los valores obtenidos fueron: pH 6,70; Materia Orgánica 2,33 %; Fósforo Asimilable 18,65 ppm; N total 0,12 %; Calcio 8,43 mEq %; Magnesio 2,79 mEq% y Azufre 8,40 ppm.

Se sembró alfalfa cv. “Esperanza UNL” en un lote ubicado en el predio experimental de la FCA de la UNL y los tratamientos fueron cuatro: Testigo ( $T_0$ ), Fertilización Fosfatada (P), Fertilización Azufrada (S) y Fertilización Combinada (S y P). El diseño experimental fue de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones y la unidad experimental de  $3m^2$ .

Se aplicó una dosis de 200 kg/ha de superfosfato triple de calcio como abono fosfatado; 140 kg/ha de sulfato de calcio como abono azufrado y la combinación de ambos a igual dosis, en correspondencia al análisis de suelo y la demanda del cultivo.

La fecha de siembra fue el 24 de junio de 2003 y la densidad de 20 kg/ha a una distancia entre líneas de 20 cm.

Se determinó el contenido de FDA y de PB de plantas de la pastura en sus distintos tratamientos. Fueron evaluados seis cortes correspondientes al primer período de la pastura, siendo el primero el 14/10/03 y el último el 25/05/04, de los cuales se realizaron dos en primavera, dos en verano, uno en otoño y el último en invierno, cuando la planta se encontraba al 10% de floración o cuando los rebrotes basales tenían 5 cm. Se secó 1 kg de cada una de las muestras

en estufa con corriente de aire forzado a  $60^{\circ}C$  hasta peso constante y se molieron en molino Wiley, pasadas por un tamiz de 1 mm. Luego se realizó una reducción por el método de cuarteo y se almacenaron 200 g en envases plásticos para su posterior análisis químico.

La determinación de PB se realizó a partir del N total x 6,25 por digestión Kjeldhal (AOAC, 1990) y la FDA por Van Soest y Wine (1967).

El diseño estadístico fue completamente aleatorizado de dos factores con interacción de los datos por estación. Todos los análisis fueron realizados con el software SPSS 10.0 para Windows (Montgomery & Runger, 1996).

## RESULTADOS

Se encontró en el ANOVA que la interacción estación por tratamiento es altamente significativa. No se analizaron los datos en base a la comparación transversal entre estaciones porque los efectos principales en el diseño pueden ocultarse; siendo adecuado en este caso, analizar los factores principales por separado (Walpole, 1999; Montgomery,

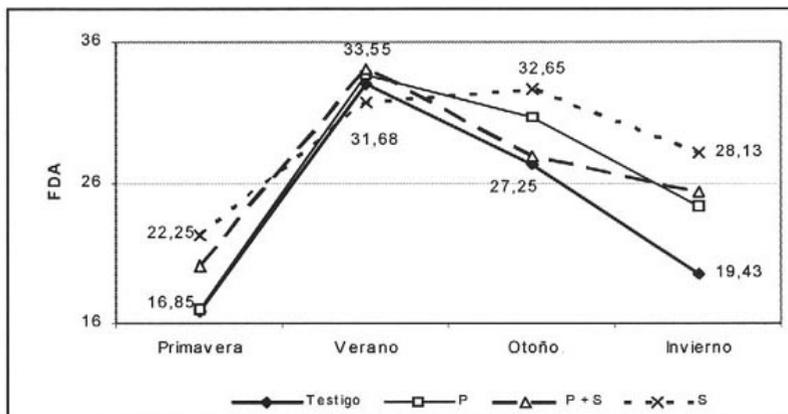


Fig. 1: Gráficos de perfil correspondiente a las respuestas medias de FDA para cada estación del año.

1991).

El efecto de la interacción se puede visualizar en la fig. 1. En ella se observa que la respuesta media de la FDA de los tratamientos no se comporta de igual forma para las diferentes estaciones. En el verano, el tratamiento S presentó el valor medio mínimo de FDA (31,68 %) y en las otras estaciones fue el que dio los valores máximos.

Las respuestas promedio de FDA, cuando se analizó el efecto de los tratamientos en cada estación, se resumen en el Cuadro 1. En ésta se puede observar que los valores promedio de FDA en primavera para los tratamientos, no son estadísticamente diferentes ( $p=0.129$ ), si bien, en esta estación, todos los tratamientos tuvieron una media mayor que el tratamiento  $T_0$ . En el resto de las estaciones se detectan diferencias estadísticamente significativas ( $p<0.001$ ).

Al investigar qué tratamiento produjo las diferencias estadísticamente significativas observadas en verano, otoño e invierno se usó el test de Dunnet, comparándose los tratamientos con fertilizantes vs.  $T_0$ . (Cua-

dro 2).

El tratamiento S produce valores medios de FDA diferentes a  $T_0$  en las tres estaciones dando el ANOVA significativo.

El comportamiento no es el mismo con el P y la combinación P+S. Se observa que el tratamiento P produce valores medios de FDA diferentes a  $T_0$  en otoño e invierno, donde el ANOVA fue significativo ( $p=0.001$  y  $p=2.95 \times 10^{-8}$ ) respectivamente, no sucediendo lo mismo en el verano. En el tratamiento P + S la diferencia es más significativa en el invierno ( $p=2.03 \times 10^{-8}$ ), baja en el verano ( $p=0.044$ ) y no es significativa en el otoño ( $p=0.720$ ).

Para PB, al igual que para FDA, se estudió cómo influyen los tratamientos y las estaciones en su respuesta media. Del análisis del ANOVA correspondiente surgió que la interacción estación-tratamiento es altamente significativa ( $p=2,68 \times 10^{-4}$ ). Este efecto se observa en la figura 2, en la que es remarcable el diferente comportamiento del tratamiento S en otoño, que presentó una mínima respuesta en esta estación y en el

Cuadro 1: Respuestas medias de FDA por tratamiento y estación.

Tratamiento	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
$T_0$	16.85	33.05	27.25	19.43
P	16.98	33.55	30.58	24.25
P+S	20.05	34.10	27.85	25.31
S	22.25	31.68	32.65	28.13
p-value	0.129(NS)	$2.4 \times 10^{-4}$ (**)	$1.38 \times 10^{-5}$ (**)	$3.74 \times 10^{-11}$ (**)

(\*\*): diferencias altamente significativas ( $p=0.001$ ); (NS): no significativo.

Cuadro 2: valores  $p$  de las comparaciones a posteriori (test de Dunnet) entre tratamientos con fertilizante y  $T_0$

Comparación	Verano	Otoño	Invierno
P - $T_0$	0.445(NS)	0.001(**)	$2.95 \times 10^{-8}$ (**)
P+S - $T_0$	0.044(*)	0.720(NS)	$2.03 \times 10^{-8}$ (**)
S - $T_0$	0.009(**)	$1.26 \times 10^{-5}$ (**)	$1.93 \times 10^{-8}$ (**)

(\*\*): diferencias altamente significativas ( $p=0.001$ ); (\*):diferencias significativas ( $p=0,05$ ); (NS): no significativo.

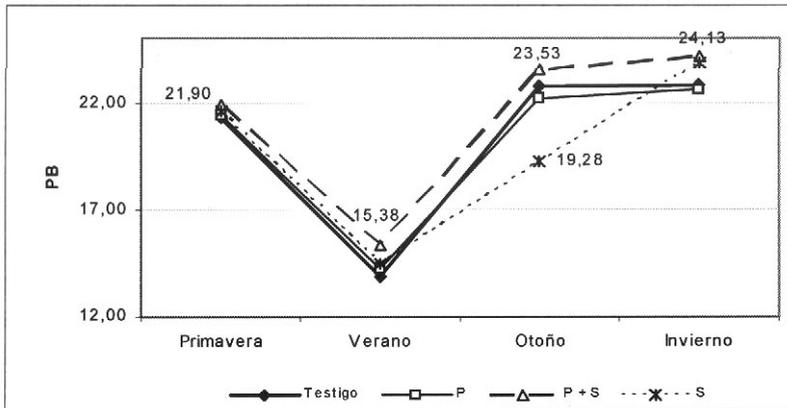


Fig. 2: Gráfico de perfil para la respuesta media de PB por tratamiento y estación

Cuadro 3: Respuestas medias de PB por tratamiento y estación.

Tratamiento	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
T <sub>0</sub>	21.25	13.85	22.78	22.85
P	21.45	14.27	22.20	22.62
P+S	21.90	15.37	23.52	24.12
S	21.57	14.52	19.27	23.80
p-value	0.919(NS)	0.003(**)	7.71*10 <sup>-6</sup> (**)	0.153(NS)

(\*\*): diferencias altamente significativas (=0.001); (NS): no significativo.

verano sólo fue superior a T<sub>0</sub>. El tratamiento P+S fue el que presentó las respuestas medias más altas para todas las estaciones.

Por las mismas razones presentadas en el análisis de FDA, se investigó el efecto de los tratamientos en cada estación. Se encontró que en primavera y en invierno no hay diferencia entre tratamientos con fertilizante ( $p > 0.123$ ). En cambio, sí se observaron diferencias estadísticamente significativas en verano y otoño ( $p < 0.003$ ). Los resultados promedio de PB se resumen en el cuadro 3.

Se realizó, a posteriori del ANOVA, el test de Dunnett para comparar los valores medios de los tratamientos con T<sub>0</sub> correspondientes a las estaciones donde se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Se encontró que P+S en verano y S en otoño, tienen una respuesta estadísticamente signifi-

cativa ( $p = 0.001$  y  $p < 0.001$ ) respectivamente y las restantes comparaciones resultaron no significativas ( $p = 0.126$ ).

## DISCUSION

Si bien los valores mayores de FDA se dan en el verano, al analizar por estación el efecto de los tratamientos con fertilizantes en relación a T<sub>0</sub>, se observa que, las diferencias altamente significativas fueron mayores en invierno. Esto está indicando un aceleramiento de la madurez con la fertilización fosforada y azufrada en el invierno en relación al resto de las estaciones, cuando el crecimiento es el mínimo. La mayor temperatura en el otoño, primavera y verano puede ser un factor de dilución del efecto fertilizante, debido al fenómeno natural del aceleramiento de la madurez con el aumento de la temperatura.

Cuando se analizan los valores medios de PB, se observa que los mismos aumentan con el agregado de P y S de manera altamente significativa en el verano. Este hecho permite suponer que el contenido de la proteína del forraje mejora cuando los valores de digestibilidad son los más bajos por efecto de la temperatura. Considerando que la disponibilidad de P tiene sus valores máximos en el verano (Marino & Agnusdei, 2004), su agregado pudo haber influido en el aumento de los valores proteicos. Esto se daría porque el aporte de P a suelos con deficiencia de este elemento promueve la formación de nódulos y la fijación de N en pasturas con leguminosas (Toniutti, *et al.*, 2001), para la formación de las proteínas.

Berger *et al.* (1985), en correspondencia con lo antedicho, encontraron que el P declina rápidamente con el avance de la madurez, lo que fundamenta aún más el valor del aprovechamiento del forraje en el momento adecuado al conocerse los estados fisiológicos en que escasean los nutrientes (Cairnie & Monesiglio, 1967).

De los resultados obtenidos podría inferirse que tener en cuenta la calidad del forraje permitiría adelantos de pastoreos a través de manejos eficientes de la pastura. Como el número de cortes realizados fue relativamente bajo para obtener respuestas concluyentes y además es escasa la información sobre este tema, es importante continuar la investigación en este aspecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGNUSDEI, M.** 2006. Factores claves para interpretar y manejar las variaciones en la calidad nutritiva del forraje para el ganado. Conclusiones del Seminario de Forrajes 2006. <http://www.mejorpasto.com.ar/content/category/1/129/2/> Acceso 06.07.06
- AOAC.** 1990. Official Methods of analysis of the AOAC, 14 th ed. AOAC, Washington, DC.
- BERGER, M. E.; LEÓN, R. J. & FENOGLIO, H. F.** 1985. Cambios en la concentración de elementos minerales en alfalfa (*Medicago sativa* L.) con el avance de la madurez. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 5 N° 3-4:149-155.
- BERGER, M. E.; LEÓN, R. J. & FENOGLIO, H. F.** 1986. Cambios en la digestibilidad in Vitro, proteína bruta y materia seca de dos cultivares de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con el avance de la madurez. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol 6 N° 7-8: 423-427.
- CAIRNIE, A. G. & MONESIGLIO, J. C.** 1967. Composición química de especies nativas e introducidas en la región semiárida pampeana. INTA. Rev. Inv. Agrop. Serie 2. Biol. y Prod. Veg. IV: 207-221.
- CARTA DE SUELOS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA.** 1991. Hojas 3160-25 y 26, Esperanza-Pilar. INTA-EEA Rafaela.
- ECHEVERRÍA, H; SAN MARTÍN, N. & BERGONZI, R.** 1996. Mineralización del azufre y su relación con la del nitrógeno en suelos agrícolas. Ciencia del suelo 14: 107-109.
- 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.
- MARINO, M. A. & AGNUSDEI, M.** 2004. Conceptos básicos para el manejo de la nutrición nitrogenada y fosfatada de las pasturas. 2ª Jornadas de Actualización Ganadera. INTA Balcarce.
- MONTGOMERY, D.** 1991. Diseño y análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica.
- MONTGOMERY, D. & RUNGER, G.** 1996. Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. México: Mc Graw Hill.
- NESCIER, I. de los M.; DALLA FONTANA, L. A. & PRIETO, C.** 2004. Calidad forrajera

- de alfalfas inoculadas y fertilizadas. Rev. FAVE- Sección Ciencias veterinarias. ISSN 1666-938X, Vol. 3, N° 1 y 2, 2004. UNL
- NELSON, C. J. & MOSER, L. E.** 1994. Plant factors affecting forage quality in Forage Quality, Evaluation, and Utilization. Univ. of Nebraska. 13-15 april 1994. 3: 115-154.
- PALESE, M.** 2005. Cómo interpretar las necesidades de nutrientes de pasturas y por qué fertilizarlas de leche; <http://www.todoagro.com.ar/todoagro/default.asp?id=37200694217A> acceso el 09.10.06
- PILATTI, M. A.; MORESCO, M. & CUADRADO, C.** 2001. Deficiencias de nutrientes en alfalfa. Rev. FAVE 15: 45-51.
- 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. Rev. FAVE Cs. Agrarias, ISSN 1666-7719, Vol. II, N° 1 (2003) UNL. Argentina.
- ROMERO, N.; COMERON, E. & USTARROZ E.** 1995. Crecimiento y utilización de la alfalfa (pp. 151-170). En: La Alfalfa en la Argentina. INTA. CUYO. Ed. Editar, San Juan.
- SANDERSON, M. A.** 1993. Maturity and quality of alfalfa as affected by phosphorus fertility. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 24 (19 & 20), 2715-2724.
- SORENSEN, R. C.; E. J. PENAS & ALEXANDER, U. U.** 1968. Sulfur content and yield of alfalfa in relation to plant nitrogen and sulfur fertilization. Agron. J.60:20-23.
- TINSDALE, S. L. & NELSON, W. L.** 1996. Fertilidad de los suelos y Fertilizantes. Ed. Montaner y Simon S. A. Barcelona, España 750 pp.
- TONIUTTI, M. A.; FORNASSERO, L. & MÜLLER, D.** 2001. Efecto de la inoculación y fertilización fosfatada en el establecimiento de una pastura de alfalfa. III Reunión científica técnica de Biología del Suelo. Salta, Argentina. Libro de Actas p.81.
- VAN SOEST, J. P. & WINE, R. H.** 1967. Use of detergents in analysis of fibrous feeds IV. Determination of plant cell wall constituents, J. of the A.O.A.C. 50:55.
- VIVAS, H. S.** 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. 22 al 25 de junio de 2004.
- WALPOLE, R.** 1999. Matemática y Estadística Aplicada. Ed. Pearson Prentice Hall. 752pp.