

Efectos de dosis de calcáreo sobre el comportamiento productivo y calidad de la alfalfa

Effects of agricultural lime doses on productive performance and quality of alfalfa

Luis Alberto Alonzo Griffith¹ y Pedro Luis Paniagua Alcaraz²

1. Orientación de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Universidad Nacional de Asunción (UNA), Filial Santa Rosa, Misiones, Paraguay.
2. Departamento de Producción Animal, FCA, UNA, San Lorenzo, Paraguay. E-mail: plpani@yahoo.com

Recibido: 07/12/2009; Aceptado: 11/03/2010.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar los efectos de diferentes dosis de cal dolomítica sobre el comportamiento productivo y calidad de la alfalfa (*Medicago sativa* cv. monarca), se estableció el presente estudio en un suelo del orden Ultisol del distrito de San Ignacio, departamento de Misiones, Paraguay. El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron las diferentes dosis de cal dolomítica —CaMg(CO₃)₂—, T₁: 0 kg/ha (testigo); T₂: 500 kg/ha; T₃: 1000 kg/ha; T₄: 1500 kg/ha. y T₅: 2000 kg/ha. Las variables evaluadas fueron: altura de planta a los 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días después de la siembra, la cobertura de suelo por la planta al momento de la cosecha, la producción forrajera en masa verde y seca, la relación hoja/tallo y el contenido de proteína bruta del forraje. Los resultados obtenidos indican que el T₃, obtuvo la mayor altura de plantas, así como la mayor producción de materia verde y materia seca. En cuanto a cobertura de suelo, tenor de proteína bruta del forraje y relación hoja/tallo no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Palabras clave: *Medicago sativa*, cal dolomítica, comportamiento productivo, calidad.

ABSTRACT

With the aim to evaluate the effects of different doses of dolomitic lime on the Alfalfa productive behavior and quality (*Medicago sativa* cv. monarch), the present study was established in a soil of the district of San Ignacio, department of Misiones. It was used a completely random design with five treatments and four repetitions. The treatments were the different doses of dolomitic lime-CaMg (CO₃)₂, T₁: 0 kg.ha⁻¹ (witness); T₂: 500 kg.ha⁻¹; T₃: 1000 kg.ha⁻¹; T₄: 1500 kg.ha⁻¹. and T₅: 2000 kg.ha⁻¹. The evaluated variables were the height in centimeters to 30, 45, 60, 75, 90, 105 and 120 days after the sowing, the coverage at the moment of the crop, and the determination of the green and dry matter forage production as well as relation leaf / stem and the forage crude protein. The results indicate that the T₃ obtained the major height of plants in centimeters with 58,65 cm, as well as production of green matter and dry matter with 6513 kg.ha⁻¹ and 1772 kg.ha⁻¹, respectively. As for soil coverage, the crude protein and leaf / stem relation they did not present significant differences between the treatments.

Key words: *Medicago sativa*, dolomitic lime, productive behavior, quality.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa *Medicago sativa*, es una planta utilizada como forraje, pertenece a la familia de las leguminosas. Es considerada como la "reina de las forrajeras" dada su alta producción de forraje y su alto valor nutritivo ya que es rica en proteína, calcio, fósforo y vitaminas A y C. Además posee acción renovadora de la fertilidad y estructura de los suelos.

A nivel mundial, el cultivo de la alfalfa es uno de los más relevantes dentro de los sistemas de explotación agrícola-ganadera, y es sin dudas uno de los que muestran mayores avances genéticos y de manejo productivo, siendo la base pastoril de la producción de leche y carne, presenta la combinación exacta entre calidad de forraje y cantidad de materia seca producida.

El valor nutritivo de las forrajeras varía con la edad de la planta. A medida que la planta se desarrolla presenta menor valor nutritivo, representada por la disminución de su tenor de proteína. El efecto de la edad de la planta es atribuido al aumento de la relación tallo/hoja, ya que a medida que avanza en su madurez, aumenta la proporción de tallos y este comparado con las hojas presentan tenor más elevado de fibra y más bajo tenor de proteína (Gomide, citado por Pérez 2006).

En el Paraguay, la alfalfa es cultivada en zonas específicas, como en los distritos de Sapucaí, Caballero y Escobar en el departamento de Paraguari; esto se debe a las mejores condiciones de fertilidad natural de estos suelos, que son derivados de roca alcalina, poseen buen drenaje, buena granulación y profundidad variable y son de reacción neutra a alcalina.

Los suelos con buena profundidad y buena permeabilidad normalmente son aptos para este cultivo, especialmente por el sistema radicular fusiforme y pivotante. El factor más limitante en el crecimiento de la alfalfa es la acidez del suelo (Nuernberg et al. 1990).

Un suelo es ácido porque sus materiales de origen fueron ácidos y con tenores iniciales de cationes básicos (Ca, Mg, K y Na) bajos, o porque tales elementos fueron removidos del perfil por las cosechas o lixiviado por las aguas de lluvia. La toxicidad de un suelo ácido es un complejo de factores, destacándose la toxicidad del aluminio y manganeso y la baja disponibilidad de fósforo por estar éste absorbido por los minerales de arcilla y óxidos de hierro y aluminio.

La acidez de un suelo provoca deficiencias nutricionales en las plantas como consecuencia del desequilibrio entre nutrientes en el suelo (Mulsera y Ratera 1984). Tiene un efecto negativo sobre todo en las leguminosas debido a que afecta la fijación del nitrógeno, disminuye la cantidad

de nódulos y reduce la disponibilidad de fósforo y molibdeno (Espinosa y Molina, citado por Gambaudo 1999).

Entre las leguminosas, la alfalfa es la más exigente en cuanto al pH del suelo. El valor óptimo para ésta especie es de 6,5 a 7,5.

El complejo de acidez de suelo promueve una baja absorción de nutrientes para la alfalfa, debido principalmente a la reducción del crecimiento radicular y a la extremadamente pobre nodulación de las raíces.

La práctica de encalado busca la elevación del pH, administrando calcio y magnesio y eliminando el aluminio y el manganeso, que promoverá las condiciones para una nodulación eficiente y obtención de altos rendimientos de alfalfa.

En este sentido el trabajo de investigación tuvo como objetivo general evaluar los efectos de diferentes dosis del calcáreo sobre el comportamiento productivo y calidad de la alfalfa.

METODOLOGÍA

El experimento fue realizado en la Región Oriental de la República del Paraguay, en el departamento de Misiones, a 11 km al noroeste de la ciudad de San Ignacio, en la Compañía Yaguary, entre los paralelos 26 ° 51' 06" de latitud sur y 57° 05' 44" de longitud oeste. El suelo donde fue implantado el experimento corresponde a una zona determinada como Ultisol de color marrón rojizo y de textura arenosa.

El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar, teniendo en cuenta las condiciones relativamente homogéneas del terreno. Fueron considerados cinco tratamientos con cuatro repeticiones, las diferentes dosis de calcáreo fueron determinadas mediante la realización de un estudio previo que consistió en la incubación del suelo donde fue instalado el experimento de acuerdo a los resultados de pH obtenido (**Tabla 1**).

Tabla 1. Tratamientos aplicados en el experimento, FCA-UNA. Filial Santa Rosa, Misiones, Paraguay. 2010.

Tratamientos	kilogramos de cal dolomítica/ha	pH
T ₁	0 (testigo)	6,27
T ₂	500	6,58
T ₃	1000	6,86
T ₄	1500	7,16
T ₅	2000	7,41

Se procedió primeramente a la extracción de muestras de suelo del lugar donde fue sembrado la alfalfa, se recorrió el área de muestreo en zigzag tomando ocho sub muestras y depositándolas en un balde limpio, dichas sub muestras fueron bien mezcladas, posteriormente se pesaron 500 g de la muestra que fue depositada en una bolsa de polietileno etiquetada que fue enviada al laboratorio de suelos del Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción Casa Matriz San Lorenzo para su análisis.

Luego se realizó la limpieza convencional de la parcela seguida de una arada profunda y posterior rastreada a tracción animal; posteriormente se utilizó herramientas manuales como azada, rastrillo y pala para obtener un suelo desterronado y uniforme.

Finalizada la preparación del suelo se realizó la delimitación tanto del terreno como el de las unidades experimentales, cada una tuvo una dimensión de 12 m² separadas entre sí a una distancia de 1 m; en total fueron delimitadas 20 unidades experimentales abarcando un área de 527m².

Seguidamente se procedió a la aplicación del material encalante, mezclándose en forma homogénea con el suelo utilizando herramientas tradicionales como azada y pala, el tipo de calcáreo utilizado fue la cal dolomítica — CaMg(CO₃)₂—, con 100% de PRNT (Poder Relativo de Neutralización total).

Dos días después de la aplicación del calcáreo se realizó la inoculación de semillas, para ello se remojaron las mismas con agua azucarada que tuvo como fin, la adecuada adherencia del inoculante con las semillas, el inoculante utilizado contenía cepas de *Sinorhizobium meliloti* específicamente para semillas de alfalfa, luego de ser remojadas fueron esparcidas sobre papel diario y secadas a sombra que inmediatamente fueron sembradas en forma manual distribuyendo las semillas a chorrillo a una densidad de 7 kg.ha⁻¹, distanciadas a 0,30 m entre hileras a 2 cm de profundidad.

Los cuidados culturales realizados fueron la eliminación de las malezas de las unidades experimentales a los 32, 53, 82 y 105 días después de la siembra (DDS) mediante carpidas manuales. El control de plagas fue realizado a los 84 DDS debido a que el cultivo fue atacado por el pulgón verde (*Myzus sp.*), realizándose la aplicación del insecticida formulado a base de Beta-cyfluthrina razón de 8 ml por cada 20 litros de agua.

La alfalfa fue cosechada a los 128 DDS, cuando el cultivo tuvo 10% de floración, ya que es en esta etapa donde ocurre la mejor combinación entre palatabilidad, contenido de proteína y rendimiento.

Se midieron las alturas de 20 plantas seleccionadas al azar dentro de un cuadrante de 1 m² en todos los tratamientos, desde el suelo hasta el punto más alto siendo registradas a los 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días después de la siembra.

La cobertura se registró en porcentaje mediante la observación del suelo dentro de un espacio delimitado con un cuadrante de 1 m² lanzado al azar en todos los tratamientos al momento del corte.

El corte se efectuó a 10 cm de altura sobre el nivel del suelo, a los 128 DDS, con la ayuda de un cuadrante lanzado al azar en la zona central de cada parcela experimental, dicho corte se realizó cuando el cultivo presentó 10% de floración, los materiales recolectados fueron pesados en fresco en el campo con una balanza digital, cuyos resultados fueron elevados a rendimiento de materia verde por hectárea.

Para la determinación de la producción de materia seca se tomaron sub-muestras de 200 gramos (parte del material fresco recolectado para materia verde), de cada una de las parcelas que fueron posteriormente secadas a estufa a una temperatura de 60°C por 72 h o hasta que se obtuvieran pesos constantes, los resultados fueron expresados en porcentaje. Una vez obtenidos estos porcentajes fueron multiplicados por el rendimiento en materia verde para la obtención de la producción forrajera por hectárea expresada en materia seca de cada tratamiento.

De la muestra llevada a estufa para la determinación de la materia seca se procedió a la separación en hojas y tallos, que luego fueron pesados por separado en una balanza electrónica de laboratorio.

Posteriormente, a través de un cálculo matemático dividiendo el peso seco de las hojas, por el peso seco de los tallos se determinó la relación hoja/tallo en los diferentes tratamientos.

La proteína bruta fue determinada en el laboratorio de Bromatología del Centro Tecnológico Agropecuario en el Paraguay (CETAPAR), mediante el análisis bromatológico de muestras provenientes de todos los tratamientos y los valores fueron expresados en porcentaje.

Los resultados obtenidos fueron sometidos al Análisis de Varianza (ANAVA), y al determinarse diferencias significativas entre las medias de las variables evaluadas, se realizaron las comparaciones a través de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error y para el análisis de los resultados de altura de planta se efectuó el análisis de regresión.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Altura de las plantas

En la **tabla 2** se presenta el efecto de los distintos niveles de encalado sobre la evolución de la altura de plantas registradas a los 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días después de la siembra.

Tabla 2. Valores medios de las alturas en centímetros en los diferentes períodos de evaluación. FCA-UNA. Filial Santa Rosa-Misiones, Paraguay. 2010.

Trat*	Días después de la siembra						
	30	45	60	75	90	105	120
T ₁	3,9	10,5 b	14,8 ab	18,9	23,7	37,4 b	49,0 b
T ₂	4,3	12,4 a	15,7 ab	19,2	29,4	39,2 ab	52,7 ab
T ₃	4,5	13,4 a	19,1 a	22,8	32,1	50,6 a	58,6 a
T ₄	3,7	10,5 b	15,7 ab	18,1	24,7	40,5 ab	49,2 b
T ₅	3,4	10,2 b	13,8 b	18,2	29,9	42,7 ab	51,5 ab

*Tratamientos. Letras iguales no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Se presentaron diferencias significativas a los 45, 60, 105 y 120 DDS; no así a los 30, 75 y 90 DDS lo que explica que en los primeros 30 días las plantas presentaron un desarrollo uniforme debido a una buena implantación de las mismas. A los 75 y 90 DDS respectivamente, el crecimiento fue lento y similar en todos los tratamientos.

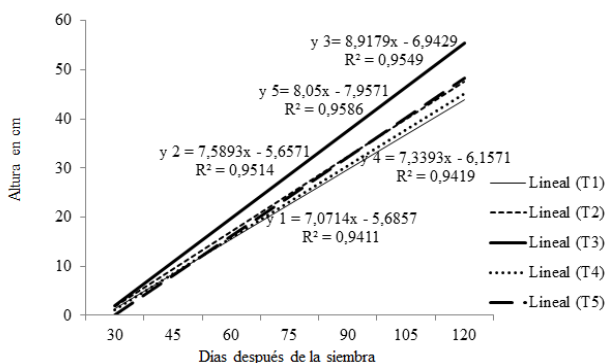


Figura 1. Regresiones lineales de la evolución de la altura de plantas en centímetros de los distintos tratamientos estudiados. FCA-UNA. Filial Santa Rosa-Misiones, Paraguay. 2010.

Las regresiones (**Figura 1**) indican claramente que el T₃ fue el que presentó el mayor crecimiento con una tasa de 8,9 cm/día, le siguen el T₅ y T₂ con tasas de crecimiento equivalentes a 8 y 7,5 cm/día, y por último se encuentran el T₄ y T₁, con las menores tasas de crecimiento.

Cobertura al momento del corte

En la **tabla 3** se observa los porcentajes de suelo cubierto por la alfalfa al momento del corte en los distintos tratamientos estudiados, los cuales no difieren estadísticamente entre sí. Los tratamientos no incidieron

en el desarrollo espacial de las plantas presentando una cobertura de suelo promedio entre los mismos de 81,5%.

Tabla 3. Valores medios de la cobertura del suelo (%) observados al momento del corte. FCA-UNA. Filial Santa Rosa-Misiones, Paraguay. 2010.

Tratamientos	% Cobertura
T ₁	75,25
T ₂	85,25
T ₃	90,00
T ₄	78,25
T ₅	78,50

Producción de materia verde y materia seca

En la **tabla 4** se presentan los rendimientos de materia verde (MV) y materia seca (MS) de los distintos tratamientos estudiados, donde se puede observar que existió diferencias estadísticas significativas.

Tabla 4. Rendimiento en materia verde y materia seca de la alfalfa a los 128 DDS en ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de los diferentes tratamientos evaluados. FCA-UNA. Filial Santa Rosa-Misiones, Paraguay. 2010.

Tratamientos	Producción forrajera a los 128 DDS ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	
	Materia Verde	Materia Seca
T ₁	4.575 b	1.150 b
T ₂	5.550 ab	1.448 ab
T ₃	6.513 a	1.772a
T ₄	4.438 b	1.141 b
T ₅	4.863 ab	1.496 ab

Letras iguales no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

En la **tabla 4** se observa la formación de tres estratos productivos en los rendimientos tanto en MV como en MS. Para ambas variables el T₃ presentó las mayores medias, el T₂ y T₅ constituyeron el estrato intermedio y el T₁ y T₄ el estrato inferior. Los tratamientos que constituyen el estrato intermedio no difieren estadísticamente, tanto de los tratamientos del estrato superior como del inferior, respectivamente.

Los resultados muestran la importancia de la práctica de encalado sobre el cultivo de alfalfa, coincidiendo con el estudio realizado por Casas, citado por García et al. (2002), quien observó que un aumento significativo del pH favorece por un lado la fijación biológica del N, y, por el otro, a la producción de materia seca.

Bruno y Romero (1996) en una evaluación de cultivares de alfalfa obtuvieron en el primer corte $1.374 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS en el cultivar Monarca SPINTA, que inferior a las

producciones de los tratamientos 2, 3, 5 y superior a los tratamientos 1 y 4 de este estudio.

Contenido de proteína bruta y relación hoja/tallo

La **tabla 5** contiene los valores de proteína bruta y de relación hoja/tallo, se observa que no se detectaron diferencias significativas para las dos variables entre los distintos tratamientos evaluados.

Tabla 5. Tenor de proteína bruta (PB), en el forraje de la alfalfa y relación hoja/tallo de los distintos tratamientos evaluados. FCA-UNA. Filial Santa Rosa-Misiones, Paraguay. 2010.

Tratamientos	% PB	Relación Hoja/tallo
T ₁	21,2	1,4
T ₂	20,9	1,3
T ₃	19,5	1,2
T ₄	19,2	1,4
T ₅	19,0	1,3
Medias	19,96	1,32

Los resultados obtenidos en todos los tratamientos en cuanto a PB, oscilaron entre 19,0 y 21,2 % y con una media general de 19,96%. Estos valores son próximos a lo señalado por Urbano y Dávila (2003), quienes mencionan que la alfalfa contiene niveles de PB promedio de 22,67%.

En la variable relación hoja/tallo se obtuvo un promedio de 1,32 entre todos los tratamientos, donde las medias oscilaron entre 1,2 y 1,4. Urbano et al., citados por Urbano y Dávila (2003), reportaron que la relación hoja/tallo fue 1,0 para los tratamientos estudiados, obteniendo el máximo valor de 3,9 y el mínimo de 0,8.

Sin embargo, en condiciones templadas, Mc Graw y Marte, citados por Urbano y Dávila (2003), concluyeron que el peso del tallo de la alfalfa era mayor que el de la hoja y por esto la relación era baja.

CONCLUSIONES

Con la aplicación de 1.000 kg.ha⁻¹ de cal dolomítica se obtiene los mayores valores para altura de planta, rendimiento de materia verde y seca. Las distintas dosis de calcáreo no influyen de manera significativa sobre el porcentaje de cobertura de suelo, y la calidad en términos de proteína bruta y relación hoja/tallo.

LITERATURA CITADA

- Bruno, O; Romero, L. 1996. Evaluación de Cultivares de Alfalfa. Temas de Producción Lechera. INTA Estación Experimental Rafaela. Santa Fe. Arg. 225p.
- Gambaudo, S. 1999. Respuesta de la Alfalfa a la Aplicación de dos Enmiendas Calcáreas. INTA, Argentina. Disponible en <http://www.elsitioagricola.com/articulos/gambaudo/Respuesta%20de%20la%20alfalfa%20a%20la%20aplicacion%20de%20dos%20enmiendas%20calcareas.asp>
- García, F; Micucci, F; Rubio, G; Ruffo, M; Daverede, I. 2002. Fertilización de forrajes en la región pampeana. Facultad de Agronomía (UBA). Buenos Aires, Argentina. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/28-encalado.pdf
- Mulsera, P; Ratera, C. 1984. Praderas y Forrajes Producción y Aprovechamiento. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid. p. 638 – 639.
- Nuernberg, N; Milan, P; Miranda, C. 1990. Manual de produção de alfalfa. Florianópolis, Br. EMPASC. 120p.
- Pérez, Z. 2006. Efecto de la frecuencia y altura de corte sobre el rendimiento y la calidad del *Panicum maximum* cv. mombaza en un suelo Oxisol del departamento de Alto Paraná. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, Py. FCA, UNA. 42 p.
- Urbano, D.; Dávila, C. 2003. Evaluación del rendimiento y composición química de once variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) bajo corte en la zona alta del estado Mérida, Venezuela. 11p. Disponible en http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/enero_marzo2003/ra1038.pdf