

## FERTILIZACION DE UNA PASTURA CON NITROGENO, FOSFORO Y AZUFRE EN UN HAPLUSTOL ENTICO DE LA PAMPA (ARGENTINA)

A BONO<sup>1</sup>, D E BUSCHIAZZO<sup>1,2</sup>, P LESCANO<sup>2</sup>, J C MONTOYA<sup>1</sup>, F J BABINEC<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Estación Experimental Agropecuaria Anguil, INTA, CC 11 (6326) Anguil, La Pampa, Argentina. <sup>2</sup> Facultad de Agronomía, UNLPam, CC 300 (6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

### PASTURE FERTILIZATION WITH NITROGEN, PHOSPHORUS AND SULPHUR ON AN ENTIC HAPLUSTOLL OF LA PAMPA (ARGENTINA)

We evaluated the effect of combined fertilization with nitrogen, phosphorus and sulphur, on yield and composition of an alfalfa-grass pasture under rotational grazing, established on an Entic Haplustoll. Different combinations and doses of ammonium sulphate and triple calcium superphosphate were applied at seeding time and one year later (delayed). Unfertilized plots were used as checks. After three years of cutting, alfalfa, grass and total yields of seeding-time fertilization treatment were significantly higher than check plots and delayed fertilization. Plots fertilized twice (seeding-time plus delayed) had similar yields than plots with seeding-time fertilization. Crop fertilizer utilization efficiency was highest when 100 kg ha<sup>-1</sup> of triple calcium superphosphate were applied at seeding time. The least efficient treatments were the delayed fertilization treatments.

**Key words:** Combined fertilization - Alfalfa-grass pasture - Nitrogen - Phosphorus - Sulphur

### INTRODUCCION

La alfalfa, componente básico de las pasturas cultivadas en la Región Semiárida Pampeana Central de Argentina, tiene altos requerimientos de fósforo. Con baja disponibilidad de este nutriente, es afectada la fijación de nitrógeno y su transferencia a las gramíneas. En consecuencia, se deteriora la producción y calidad del forraje (Berardo 1994). Los niveles de fósforo asimilable de los suelos de la región eran, en 1980, generalmente medianos a altos (Darwich 1983, Fagioli, Bono 1984); quince años después muchos de estos suelos presentan deficiencias. La fertilización nitrogenada de pasturas con leguminosas tiene como objetivo proveer un adecuado nivel previo de nitrógeno, antes de iniciar la actividad simbiótica. Sin embargo, los resultados de esta práctica son motivo de controversia. Tales discrepancias (Rhykerd, Overdahl 1972) se deben probablemente a la variabilidad de los niveles de nitrógeno que presentan los suelos (Gibson 1977) y a la mayor o menor eficacia simbiótica. Hannaway y Shuler (1993) mostraron incrementos del rendimiento en pasturas fertilizadas al establecimiento cuando los contenidos de nitrógeno eran inferiores a 15 mg kg<sup>-1</sup>. Lee y Smith (1993) no encontraron respuesta en alfalfa usando altas dosis de fertilizante nitrogenado, pero sí una mejora en la calidad del forraje. Los objetivos de este estudio fueron analizar los rendimientos de una pastura de alfalfa cuando se aplican fertilizantes nitrogenados, fosforados y azufrados en distintos momentos y dosis, y determinar la eficiencia de uso.

### MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se realizó en un sitio ubicado a 10 km al norte de la Ciudad de Santa Rosa, La Pampa, Argentina sobre un Haplustol

éntico sometido a agricultura continua de trigo, maíz y sorgo por más de veinte años. Su horizonte A<sub>p</sub>, de 16 cm de espesor, contenía 1,47% de materia orgánica, 0,07% de nitrógeno total, 4,8 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo extractable (Bray-Kurtz 1) y presentaba un pH de 6,2. Estaba compuesto por 21% de arcilla, 24% de limo y 55% de arena, y la densidad aparente era de 1,10 Mg m<sup>-3</sup>.

El 4 de abril de 1992 se implantó una pastura con una mezcla de 4,5 kg ha<sup>-1</sup> de alfalfa (*Medicago sativa* cultivar WL 320) y 3,0 kg ha<sup>-1</sup> de cebadilla (*Bromus parodi*) y festuca (*Festuca pratensis* cultivar Don Rubén). Luego de implantada la pastura se realizó una clausura en el sector del ensayo de aproximadamente 3.000 m<sup>2</sup>. En la clausura se instalaron parcelas de 375 m<sup>2</sup> (15 x 25 m) según un diseño completamente aleatorizado, con una repetición por tratamiento. Los tratamientos ensayados (Tabla 1) fueron combinaciones de dos fertilizantes, sulfato de amonio (SA) y superfosfato triple de calcio (SFT) como fuentes de nitrógeno, fósforo y azufre, aplicados en dos momentos, a la siembra y al año de implantada la pastura, comparados con un testigo sin fertilizar. El lote estuvo sometido a un sistema de pastoreo rotativo, permitiéndose el ingreso de los animales a la clausura después de cortar las muestras de forraje.

El fertilizante se distribuyó al voleo y fue incorporado con rastra de discos en las parcelas fertilizadas a la siembra. En las parcelas refertilizadas y con fertilización postergada, se lo aplicó al año de implantada la pastura. Antes del ingreso de los animales a la clausura se determinó la producción de materia seca (MS) por cuadruplicado en cada parcela, cortando una superficie de 1m<sup>2</sup>. El material cortado se separó por componentes (leguminosas, gramíneas y malezas) y posteriormente se secó en estufa a 60°C hasta peso constante. Se hicieron seis cortes de forraje entre octubre de 1992 y enero de 1995.

La evolución de la producción acumulada de MS en el tiempo se comparó usando los respectivos coeficientes lineales y cuadráticos de las regresiones de cada tratamiento en función del tiempo, usando el modelo:

$$y_{ij} = m + \alpha_i + \beta_{1ij}t + \beta_{2ij}t^2 + \delta_{ij}$$

donde  $y_{ij}$  es la observación en la  $i$ -ésima parcela (tratamiento) en el  $j$ -ésimo momento,  $i=1,2, \dots, 7$ ,  $j=1,2, \dots, 7$ ;  $m$  es la media general,  $\alpha_i$  es el efecto de tratamiento,  $\beta_1$  y  $\beta_2$  son los coeficientes lineal y cuadrático, anidados dentro de tratamientos, en función del tiempo  $t$ , y  $\delta_{ij}$  es el término residual usado como error (Jenkinson *et al.* 1994).

Tabla 1. Tratamientos de fertilización

Tratamiento	Momento de aplicación					
	Siembra			Primer año		
	SFT	SA	N,P,S	SFT	SA	N,P,S
	(kg ha <sup>-1</sup> )					
Testigo	0	0	0,0,0	0	0	0,0,0
S100	100	70	15,20,17	0	0	0,0,0
S300	300	70	15,60,17	0	0	0,0,0
R100	100	70	15,20,17	100	70	15,20,17
R300	300	70	15,60,17	300	70	15,60,17
P100	0	0	0,0,0	100	70	15,20,17
P300	0	0	0,0,0	300	70	15,60,17

SFT: Superfosfato triple, SA: sulfato de amonio

Como la estructura del ensayo no permitía separar los efectos de cada tratamiento, para analizar el rendimiento final acumulado se usó un modelo reducido con efectos de dosis de fertilizante (SA + SFT) según momentos de aplicación, empleando los términos restantes amalgamados como estimación del error experimental (Kempthorne 1952):

$$y_{ij} = m + \alpha_i + \beta_j + \delta_{ij}$$

donde  $y_{ij}$  es la media en la  $i,j$ -ésima parcela,  $m$  es la media general,  $\alpha$  es el efecto de la fertilización inicial,  $i=0,1,3$ ;  $\beta$  es el efecto de la fertilización al año,  $j=0,1,3$ ; y  $\delta$  es el término residual usado como error. Se calculó la contribución de los efectos lineal y cuadrático para cada momento de aplicación (inicial y al año).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Producción de la pastura

Los rendimientos de la alfalfa (Figura 1) oscilaron

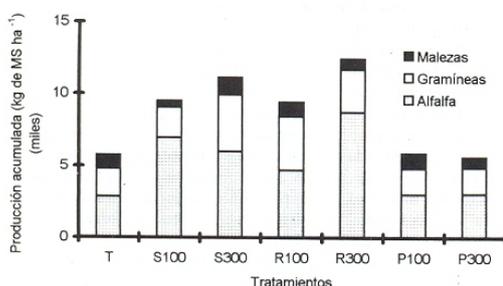


Figura 1. Producción acumulada por componentes de la pastura al cabo de tres años. T= Testigo; S100= 100 kg ha<sup>-1</sup> de SFT + 70 kg ha<sup>-1</sup> de SA a la siembra, S300= 300 kg ha<sup>-1</sup> de SFT + 70 kg ha<sup>-1</sup> de SA a la siembra, R100= 100 kg ha<sup>-1</sup> de SFT + 70 kg ha<sup>-1</sup> de SA a la siembra y al año de implantación, R300= 300 kg ha<sup>-1</sup> de SFT + 70 kg ha<sup>-1</sup> de SA a la siembra y al año de implantación, P100= 100 kg ha<sup>-1</sup> de SFT + 70 kg ha<sup>-1</sup> de SA al año de implantación, P300= 300 kg ha<sup>-1</sup> de SFT + 70 kg ha<sup>-1</sup> de SA al año de implantación.

entre 2.800 y 7.000 kg ha<sup>-1</sup>, manteniendo la misma relación que la producción total. Las gramíneas produjeron entre 2.000 y 4.000 kg ha<sup>-1</sup>, correspondiendo los rendimientos más elevados a los tratamientos de fertilización a la siembra y la refertilización. Las malezas produjeron entre 500 y 1.200 kg ha<sup>-1</sup> de MS, representando entre un 5 % a un 10 % de la producción total en la fertilización a la siembra y entre un 14 % y 17 % en el testigo y la fertilización postergada. Los resultados concuerdan con los obtenidos por Loewy (1993) en suelos deficientes en fósforo, quien logró aumentos del 30 % en la proporción de alfalfa con la aplicación de este elemento y observó una reducción en la incidencia de malezas del 45 %. Los rendimientos totales, determinados en gran medida por la producción de la alfalfa, oscilaron entre casi 5.700 y más de 12.400 kg ha<sup>-1</sup>; los más bajos correspondieron al testigo y a la fertilización postergada.

La fertilización realizada a la siembra produjo los mejores rendimientos totales y de alfalfa, debido posiblemente a que la incorporación temprana del fertilizante al suelo permitió una mayor liberación de fósforo y otros nutrientes en el momento de mayor requerimiento por parte de las plantas. Esto no ocurrió en las fertilizaciones postergadas y las refertilizaciones, debido a que la falta de incorporación del fertilizante al suelo, así como su aplicación tardía, habrían impedido su liberación y por lo tanto su utilización eficiente por parte de las plantas. Las gramíneas y las malezas no presentaron respuesta a la fertilización.

Tanto la producción total de la pastura como la de alfalfa y gramíneas, fueron en el testigo y en los tratamientos de fertilización postergada significativamente diferentes a las de los tratamientos fertilizados a la siembra y los refertilizados (Tabla 2). Estos dos últimos tratamientos no difirieron entre sí, lo que indica que sus altas producciones han sido consecuencia de la fertilización realizada a la siembra y no de la refertilización.

Tabla 2. Probabilidad de un valor mayor de F para la producción acumulada total de la pastura y de sus componentes, al finalizar el ensayo (3/1/95)

Fuente de variación	Grados de libertad	Alfalfa	Gramíneas	Malezas	Total
Fertilización inicial	2	0,06	0,06	0,39	0,09
Efecto lineal	1	0,03	0,25	0,30	0,07
Fertilización al año	2	0,64	0,64	0,94	0,72
Efecto lineal	1	0,48	0,43	0,89	0,53
Residual	6				
Producción total promedio (kg ha <sup>-1</sup> )	5.030	2.620	900	8.550	
CV (%)		17,5	14,6	25,0	16,9

Las producciones acumuladas de cada componente y del total de la pastura siguieron una relación creciente con el tiempo, con términos lineal y cuadrático significativos. Los modelos usados explicaron más del 98% de la variación de la producción de la alfalfa y del total de la pastura en función del tiempo, el 96% de la producción de las gramíneas y el 94% de las malezas. Existieron diferencias entre los tratamientos en el ritmo de producción de MS total y de cada componente, en particular en el término lineal, a excepción de las malezas.

#### Eficiencia de utilización de la fertilización fosforada

La eficiencia de utilización del fertilizante (Tabla 3) fue máxima en el tratamiento con aplicación inicial de 100 kg ha<sup>-1</sup> de SFT, intermedia para los tratamientos de refertilización y mínimos para la fertilización postergada, lo que coincide con los resultados obtenidos por Quintero *et al.* (1997) en suelos de Entre Ríos. La baja eficiencia de utilización del fósforo en los tratamientos con fertilización al año de implantada la pastura, obedecería a la limitada

liberación del elemento desde el fertilizante, por su falta de incorporación al suelo. La mayor eficiencia de la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> que de 300 kg ha<sup>-1</sup> de SFT en la fertilización a la siembra, se debería a la mayor inmovilización del elemento por el suelo en el último. Probablemente, la mayor liberación de fósforo con dosis más altas de fertilizante habría incrementado la adsorción del elemento por el suelo. Los suelos estudiados presentan alta capacidad de fijar fosfatos, debido a la alta concentración de sustancias sorbentes derivadas de la meteorización de cenizas volcánicas (Buschiazzo *et al.* 1997).

En síntesis, las fertilizaciones realizadas a la siembra y con refertilización produjeron los mayores incrementos en el rendimiento de la pastura. La fertilización realizada a la siembra fue la alternativa más eficiente de uso del fertilizante por parte del cultivo.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Fundación Cargill y la EEA Anguil, INTA (Planes de Trabajo N° 580056 y 580102).

Tabla 3. Eficiencia de utilización de los fertilizantes

Tratamiento	Fósforo incorporado	Producción total	Eficiencia de utilización
	(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg MS ha <sup>-1</sup> )	(kgP ha <sup>-1</sup> )
Testigo	0	5.750	0
S100	20	9.520	189
S300	60	11.100	90
R100	20+20	9.440	92
R300	60+60	12.500	56
P100	0+20	5.920	9
P300	0+60	5.630	0

Fósforo incorporado = fósforo aportado por los fertilizantes; Eficiencia de utilización = (rendimiento del tratamiento fertilizado - rendimiento del testigo) / fósforo incorporado.

## REFERENCIAS

- Berardo A. 1994. La Fertilización fosfatada y nitrogenada de las pasturas y sus efectos en distintos sistemas de producción. Boletín EEA Balcarce, INTA, 25 pp.
- Buschiazzo D.E., Hevia G.G., Hepper E., Stahr K., Papenfuß K.H. 1997. Contents and weathering state of volcanic ashes and their effect on phosphate sorption in soils of the Semiarid Pampa of Argentina. *Arid. Soil. Res. Rehab.* (en prensa)
- Darwích N. 1983. Niveles de fósforo asimilable en los suelos pampeanos. IDIA 409-412: 1-5
- Fagioli M., Bono A. 1984. Disponibilidad de fósforo asimilable y métodos de muestreo del suelo, en las Regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeanas. Publicación Técnica N° 31, EEA Anguil, INTA, 12 pp
- Gibson A. 1977. The influence of the environment and managerial practices on the legume-Rhizobium symbiosis. En: R.W.F. Hardy and A.H. Gibson (Ed.) *A treatise on Nitrogen fixation*, section IV. Wiley-Interscience, New York. pp. 343-438
- Hannaway D, Shuler P. 1993. Nitrogen fertilization in alfalfa production. *J. Prod. Agric.* 6:1
- Jenkinson DS, Potts JM, Perry JN, Barnett V, Coleman K, Johnston AE. 1994. Trends in herbage yields over the last century on the Rothamsted Long-Term Continuous Hay Experiment. *J. Agric. Sci.* 122: 365-374
- Kemphorne O. 1952. *The design and analysis of experiments.* J. Wiley and Sons, Inc., London. 431 pp
- Lee C., Smith D. 1993. Influence of nitrogen fertilizer on stands, yield of herbage on protein, and nitrogenous fractions of field grown alfalfa. *J. Prod. Agric.* 6: 527-530
- Loewy T. 1993. Fertilización fosfórica de praderas mixtas en el Sudoeste Bonaerense. XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: 125.
- Quintero C.E., Boschetti N., Benavidez R. 1997. Efecto residual y refertilización fosforada de pasturas implantadas en Entre Ríos (Argentina). *Ciencia de Suelo.* 15:1-5
- Rhykerd C.L., Overdahl C.J. 1972. Nutrition and use. En: C.H. Hanson (Ed.) *Alfalfa science and Technology.* Agronomy 15:437-468