

Publicado en: Revista Argentina de Producción Animal Vol 20 N° 2:93-101. 2001.

**PRODUCCION DE FORRAJE DE ALFALFA BAJO DIFERENTES NIVELES DE NUTRICION
FOSFATADA EN EL SUDESTE BONAERENSE**

**Alfalfa forage production under different levels of phosphated nutrition in the Southeast of
Buenos Aires Province**

Berardo, A. y Marino, M.A.¹

Unidad Integrada – Fac. Ciencias Agrarias UNMdP - EEA INTA Balcarce.

RESUMEN

La alfalfa (*Medicago sativa*) es un cultivo ampliamente difundido en los sistemas ganaderos de regiones templadas por su capacidad para producir forraje desde la primavera hasta el otoño. Sin embargo, en el sudeste bonaerense éste cultivo manifiesta menor productividad y persistencia con respecto a otras zonas productoras del país. Esto podría atribuirse en parte a una insuficiente disponibilidad de fósforo (P) en el suelo. La información local sobre la respuesta de alfalfa tanto a la fertilización con P en la siembra, como a la refertilización anual y su efecto residual es escasa. En este trabajo se presentan los resultados de cuatro años de un experimento en el que se evaluó la respuesta a la fertilización fosfatada sobre la producción de forraje de alfalfa, su eficiencia (kg MS por kg P) y la residualidad del P agregado. Cuatro niveles de fertilizante fosfatado (0, 25, 50 y 100 kg P ha⁻¹) fueron aplicados a la siembra y un tratamiento de refertilización (100 kg P ha⁻¹) fue aplicado anualmente, en marzo. En cada año se comprobó una significativa respuesta en la producción de forraje a la máxima aplicación inicial de P, con incrementos sobre los testigos de 101, 71, 51 y 45% en el primero, segundo, tercer y cuarto año, respectivamente. El contenido de P en el forraje se incrementó con la fertilización, y fueron más altos en el primer y segundo año. Para los cuatro años de experimentación los valores promedio fueron de 0.17% en los testigos, 0.21% con 100 kg P ha⁻¹ aplicados a la siembra y 0.23% para los tratamientos de refertilización anual. Para el primer año la recuperación aparente del P aplicado varió entre 29% (100 kg P ha⁻¹) y 49% (25 kg P ha⁻¹). La magnitud de la respuesta a P en los años posteriores a su aplicación, y los elevados valores de recuperación aparente total acumulada (70% y 65% para la aplicación inicial de 50 y 100 kg ha⁻¹ de P, respectivamente) corroboran la alta eficiencia y residualidad del P aplicado en los suelos Molisoles de la región.

Palabras clave: alfalfa, fertilización fosfatada, producción de forraje, eficiencia, residualidad del P.

¹ Docentes Facultad Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Mar del Plata. Unidad Integrada EEA Balcarce, FCA-UNMdP, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), CC 276 (7620) Balcarce, Buenos Aires, Argentina. E-mails: aberardo@laboratoriofertilab.com.ar; mmarino@copetel.com.ar

SUMMARY

Alfalfa (*Medicago sativa*) is a widely used crop in grazing systems of temperate regions because of its high forage production ability from spring to autumn. However, in the SE of Buenos Aires Province this crop shows low productivity and persistence compared to other regions of production in Argentina. This fact could be partly attributed to insufficient soil phosphorus (P) availability. Local information on the alfalfa response to P fertilization at sowing, P annual fertilization and its residual effect is scarce. This paper shows the results of a four-year alfalfa P fertilization experiment where fertilization response, forage production efficiency (kg MS per kg P), and P residual effect were evaluated. Four rates of P fertilizer (0, 25, 50, and 100 kg P ha⁻¹) were applied at sowing and a treatment of annual fertilization (100 kg P ha⁻¹) were annually applied in March. Phosphorus fertilization significantly increased forage production. For the maximum P rate applied at sowing the increment was 101, 71, 51 and 45% for the first, second, third and fourth year, respectively, compared with the control. Forage P content increased in response to P fertilization, mainly for the first two years. The P contents were 0.17 %, 0.21% and 0.23% for the control, 100 kg P ha⁻¹ and the annual fertilization treatments, respectively. The apparent recovery of P applied varied between 29% (100 kg P ha⁻¹) and 49% (25 kg P ha⁻¹) for the first year. The response to P and the high values of total accumulated apparent recovery (70% and 65% for the initial application of 50 and 100 kg P ha⁻¹, respectively) confirm the high efficiency and residual effect of P applied in the region's mollisols soils.

Key words: alfalfa, phosphorus fertilization, forage production, efficiency, P residual effect.

Prohibida su reproducción total o parcial sin consentimiento previo

INTRODUCCION

La alfalfa (*Medicago sativa*), por su adaptación a un amplio rango de condiciones agroclimáticas y por su capacidad de producir elevada cantidad de forraje de alta calidad es una especie utilizada en sistemas de producción de carne y leche en distintas regiones ganaderas templadas del mundo. A su vez, incrementa el contenido de materia orgánica y de N del suelo principalmente en los horizontes superficiales, favoreciendo el desarrollo de los cultivos subsecuentes en la rotación (Baldock, Higgs, Paulson, Jakobs y Schrader, 1981).

Para la región pampeana de Argentina la alfalfa constituye uno de los recursos forrajeros de mayor relevancia, con más de 6 millones de hectáreas sembradas (Basigalup, 1996). En el sudeste bonaerense sin embargo, su difusión ha sido inferior a la de otras áreas productoras del país, por su menor productividad y persistencia. Distintos factores, entre ellos algunas características edáficas (presencia de horizontes arcillosos, de capas compactadas o de tosca) que restringen la exploración radicular y la baja disponibilidad de fósforo (P) en el suelo, además de las reducidas precipitaciones estivales, parecen ser los más relevantes.

Deficiencias nutricionales durante la implantación y el desarrollo inicial del cultivo disminuyen significativamente tanto la producción posterior de materia seca (Rehm, 1987), como la nodulación y la capacidad de fijación de N (Reetz, 1980; Collins, Lang y Kelling, 1986). Entre los nutrientes el P se constituye con frecuencia como uno de los más limitantes.

Los molisoles de la región Pampeana suelen presentar una baja disponibilidad de P tanto por sus características edáficas como por el prolongado uso agrícola sin la debida reposición del mismo (Berardo, Grattone y Rizzalli, 1993). Por consiguiente la implantación de alfalfa con el objetivo de lograr una alta producción de forraje, además de la restauración de la fertilidad de los suelos, sólo es posible con un adecuado abastecimiento de P.

Por otra parte, la residualidad del P incorporado determina que su efecto sobre la producción de forraje y sobre el crecimiento y persistencia de las leguminosas se prolongue más allá del año de aplicación. En efecto, gran parte del P aplicado permanece en el suelo transformándose en distintas formas orgánicas e inorgánicas de disponibilidad variable para los cultivos, dependiendo de las características del suelo, tales como el pH y la textura entre otras (Berardo *et al.*, 1993, Condrón y Goh, 1989; Shaw, Gilbert, Armour y Dwyer, 1994). En la región, los experimentos realizados con anterioridad en pasturas consociadas han demostrado que la fertilización fosfatada suele incrementar

la producción de forraje (Berardo y Darwich, 1974), mientras la respuesta a la aplicación de P en alfalfa ha sido evaluada en otras regiones productoras del país (Romero, Bariggi y Schenkel, 1977). En el sudeste bonaerense la información experimental referida al efecto de la aplicación de P sobre la producción de MS y la persistencia de esta especie, permitirá mejorar su manejo e incrementar la eficiencia de producción en los sistemas ganaderos.

Por tal razón, para evaluar la respuesta al P aplicado y su residualidad, cuantificada a lo largo de los años a través de su eficiencia en la producción de forraje (kg MS/kg P), se realizó un experimento con alfalfa durante cuatro años en un molisol del sudeste bonaerense.

MATERIALES Y METODOS

En marzo de 1995 se estableció un experimento en la Unidad Integrada FCA - EEA INTA Balcarce (37° 45' Lat. Sur, 58° 18' Long. Oeste) sobre un suelo argiudol típico con 10.3 ppm de P, pH 6.2 y 6.4% de materia orgánica.

Se sembró al voleo un cultivar de alfalfa (*Medicago sativa*) de corta latencia invernal (GT 13 R Plus), a razón de 10 kg ha⁻¹ de semilla viable previamente inoculada con *Rhizobium melloti*.

Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones (unidad experimental 2 x 6 m). Se definieron cinco tratamientos: cuatro dosis de P aplicado a la siembra: 0, 25, 50 y 100 kg ha⁻¹ de P, (P 0, P 25, P 50 y P 100), y uno de refertilización anual con 100 kg ha⁻¹ de P aplicado en otoño sobre una dosis inicial de 50 kg ha⁻¹ de P (P50+100), utilizando como fuente fosfatada superfosfato triple (20 % de P).

Por un prolongado déficit hídrico durante la implantación del cultivo fue necesaria la aplicación de riegos por aspersión para asegurar una adecuada implantación de la alfalfa (Cuadro 1). Riegos complementarios se efectuaron también en el segundo y cuarto año de evaluación por las intensas y prolongadas deficiencias hídricas (Cuadro 1). En ninguno caso el riego complementario utilizado cubrió los requerimientos hídricos del cultivo. En el tercer año no fue factible regar el cultivo.

La producción anual de materia seca (MS) se determinó por medio de cortes durante el crecimiento primavera-estivo-otoñal. Desde septiembre de 1995 a marzo de 1999 se realizaron en cada período de crecimiento, entre cuatro y seis cortes, dependiendo de las condiciones climáticas, especialmente de las precipitaciones. Se recolectaron los 6 m² centrales de cada parcela cuando el

cultivo presentaba aproximadamente 10% de floración, utilizando una motosegadora automotriz (altura de corte = 2.5 cm). Para cada unidad experimental una muestra del forraje cosechado fue secada en estufa a 60°C hasta peso constante para estimar el porcentaje de MS. El material seco fue molido para analizar el contenido de P total en planta, utilizando el método de digestión con colorimetría para fósforo (Blanchar, *et al.*, 1965). Esta determinación permitió establecer los niveles de extracción de P y la “recuperación aparente” del P aplicado (%) estimado por diferencia con el P absorbido por los testigos.

Se realizó el análisis de varianza con los datos de producción de MS, y para la comparación entre niveles de fertilización se aplicó el Test de comparación de medias de Duncan (nivel de significancia del 5%). La respuesta a la fertilización fosfatada fue descrita cuantitativamente con regresiones, ajustando la producción de materia seca en función del P aplicado inicialmente (0 a 100 kg ha⁻¹ de P) (Sanderson y Jones, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la producción de forraje de alfalfa.

La aplicación de P en la siembra incrementó significativamente ($P < 0.05$) la producción anual de MS, obteniéndose para los testigos (P0) y para la máxima dosis de P utilizado (P100) 10047 y 20240 kg ha⁻¹ de MS en el primero, 9104 y 15620 kg ha⁻¹ de MS en el segundo, 7599 y 11454 kg ha⁻¹ de MS en el tercero y 8212 y 11929 kg ha⁻¹ de MS en el cuarto año, respectivamente (Cuadro 2). Estos niveles de producción concuerdan y aún superan a los obtenidos en trabajos similares en otras zonas productoras de alfalfa en nuestro país (Vivas, Guaita, Alesso y Zehnder, 1997).

El aumento en la producción de forraje por el agregado de P ha sido evaluado con anterioridad por distintos autores, con respuestas variables según los ambientes experimentales (Rhem, 1987; Sanderson y Jones, 1993; Vivas y Guaita, 1997). Es necesario señalar que tanto el contenido de P extractable y las características del suelo mencionadas con anterioridad, como la dosis máxima de P aplicado y la producción de MS alcanzada influyen sobre la magnitud de la respuesta.

En este experimento la producción anual y acumulada de MS (Cuadro 2) se incrementó en forma lineal hasta la dosis más alta de P aplicado inicialmente (100 kg ha^{-1}), con incrementos sobre los testigos que fueron disminuyendo a través de los años siendo estos del 101%, 71%, 51% y 45 % en el primero, segundo, tercero y cuarto año respectivamente.

Las regresiones lineales que expresan la respuesta al P aplicado para la producción anual de forraje y para la total acumulada fueron:

$$\begin{aligned}
 1^\circ \text{ año: MS} &= 10887 + 97.2 P & R^2 &= 0.72 \\
 2^\circ \text{ año: MS} &= 9637 + 62.1 P & R^2 &= 0.51 \\
 3^\circ \text{ año: MS} &= 7776 + 34.3 P & R^2 &= 0.22 \\
 4^\circ \text{ año: MS} &= 8351 + 33.1 P & R^2 &= 0.19 \\
 \text{Producción acumulada (1}^\circ \text{ a 4}^\circ \text{ año): MS} &= 36665 + 227.7 P & R^2 &= 0.46
 \end{aligned}$$

A su vez, los coeficientes lineales de la respuesta a P en cada uno de los años posteriores a su aplicación, al igual que los niveles de P extractable (Bray PI) (Berardo y Marino, 2000), reflejan la alta residualidad de este nutriente en los suelos molisoles de la región, tal como se observó en trabajos previos (Berardo y Grattone, 1994). Si bien el efecto de la aplicación de P fue significativo en los cuatro años, los coeficientes de determinación (R^2) fueron progresivamente menores con una tendencia similar a los coeficientes lineales que cuantifican la respuesta a P.

Asimismo, para la producción acumulada de MS, la magnitud de la respuesta (227.7 kg MS/kg P) expresa la importancia de la fertilización fosfatada para la producción de alfalfa en suelos con baja disponibilidad de este nutriente y corrobora la elevada residualidad a través de los años del P aplicado en los suelos de la región. Respuestas de esta magnitud son extrapolables tanto para los suelos deficientes en P del sudeste bonaerense como para otras áreas de características agroecológicas similares dentro de la región Pampeana, donde la intensificación de la agricultura ha reducido la disponibilidad de este nutriente en los suelos.

La refertilización anual con 100 kg ha^{-1} de P incrementó significativamente la producción anual de forraje con relación a los testigos y a las dosis más bajas (P25 y P50) de fertilización inicial (Cuadro 2). En el primer año de refertilización este tratamiento dió lugar a una producción de MS similar a la alcanzada con P100 aplicado en la siembra el año previo. En los dos años posteriores, con una producción anual de 14406 y 15324 kg ha^{-1} de MS en el tratamiento de refertilización, las

diferencias con relación a P100 fueron progresivamente mayores (2952 y 3395 kg ha⁻¹ de MS). La producción anual de MS fue similar a la obtenida en secano (15 tn ha⁻¹) en el área de INTA Manfredi (Mombelli y Spada, 1996).

A pesar de las elevadas respuestas al agregado de P, las tasas de crecimiento estivales en el segundo, tercer y cuarto año de evaluación fueron inferiores a las observadas en el primer año tanto con las dosis superiores de fertilización (P50, P100), como con la refertilización anual (Figura 1). Estas menores tasas de crecimiento pueden atribuirse a distintos factores, siendo la menor disponibilidad hídrica durante primavera y verano en los años mencionados, la más relevante (Tabla 1). Al respecto, aunque la alfalfa manifiesta una notable capacidad de tolerancia a déficit hídricos la sequía fue sin duda la principal causa de la variabilidad entre años en los rendimientos observada en condiciones de campo (Durand, 1989, Jefferson y Cutforth, 1997).

La deficiencia de P afectó distintos componentes del rendimiento del cultivo de alfalfa, observándose una menor densidad de plantas en los testigos y en los tratamientos con la menor dosis de fertilización inicial (P25), principalmente en los últimos dos años de evaluación (datos no presentados). La menor resistencia al frío en los tratamientos con baja disponibilidad de P puede ser una de las causas de la pérdida de plantas.

La fertilización fosfatada incrementó también la eficiencia en el uso de agua (kg de MS/mm de lluvia); para los períodos de crecimiento evaluados estas fueron de 10.3 y 20.8 en el primer año, de 9.6 y 16.5 en el segundo, de 14.5 y 21.8 en el tercero y de 23.7 y 34.5 kg MS/mm en el cuarto año para los tratamientos sin fertilización y para P100, respectivamente. Este efecto positivo es mencionado por otros autores (Annessens, 1989), aunque los valores obtenidos en este trabajo superan aquellos mencionados por Romero *et al.* (1977).

II. Contenido de P en el forraje y recuperación del P aplicado.

El contenido de P en alfalfa en cada año con sus valores de extracción se muestran en el Cuadro 3. Estos últimos guardan una estrecha relación con la producción de MS del cultivo existiendo además un efecto significativo de la fertilización fosfatada sobre el contenido de P en planta.

Si bien el contenido de P difirió entre dosis de fertilización fosfatada, en cada período de crecimiento se verificó una disminución gradual del contenido de P en planta a medida que se incrementó la biomasa aérea acumulada (Marino y Berardo, 1998).

El contenido de P promedio de los testigos fue más elevado en el primer (0.21%) y segundo año (0.20%) y decreció sensiblemente en el tercer y cuarto año (0.14%). La misma tendencia se obtuvo en los tratamientos no refertilizados (Cuadro 3). Esto debe atribuirse principalmente al agotamiento progresivo de la fracción del P más fácilmente disponible, tanto del suelo como del aportado por la fertilización inicial (Berardo y Marino, 2000).

Los contenidos máximos de P encontrados (0.25 a 0.29%) se aproximan a los considerados adecuados por varios autores citados por Kelling y Matocha (1990). Aunque en este trabajo no fueron estimados parámetros cualitativos del forraje acumulado, el incremento en el contenido de P de la materia seca puede mejorar además su calidad (Petit, Pesant, Barnett, Mason y Dionne, 1992), lo que puede resultar de gran importancia para la nutrición animal en los sistemas de producción ganaderos.

La recuperación "aparente" del P aplicado fue variable con la dosis y con el tiempo transcurrido desde su aplicación. En el primer año sus valores estuvieron comprendidos entre 49% y 29% para las dosis de 25 y 100 kg ha⁻¹ de P (Cuadro 4), disminuyendo en los años posteriores con una tendencia similar a la observada en la respuesta y en la residualidad de la fertilización inicial. La recuperación "aparente" acumulada a lo largo de los cuatro años alcanzó valores de 65 a 70% para la fertilizaciones iniciales de 100 y 50 kg ha⁻¹ de P y de más del 100% con la dosis más baja utilizada (P25).

Esta sobreestimación de la recuperación de P reflejaría el efecto positivo de la fertilización fosfatada sobre el crecimiento radical y la absorción de P edáfico. Christian (1977) y Reetz (1980) entre otros autores señalan que en suelos bien provistos en P las raíces de las plantas ramifican y proliferan incrementando su densidad. Estas modificaciones en el sistema radical son particularmente importantes para mejorar la absorción de nutrientes relativamente inmóviles, como es el P, especialmente cuando los suelos presentan niveles bajos. Adicionalmente, esta podría ser una de las causas de un uso más eficiente de la humedad edáfica.

La magnitud de la respuesta al P aplicado hasta el cuarto año posterior a su aplicación y los valores de recuperación "aparente" del P (Cuadro 4) en alfalfa corroboran una vez más la alta

eficiencia y residualidad del P aplicado en los suelos molisoles de la región, al igual que los resultados obtenidos en los mismos suelos con cultivos anuales como el trigo (Berardo *et al.*, 1993) y también en pasturas consociadas (Berardo y Marino, 1993).

CONCLUSIONES

La fertilización fosfatada en alfalfa incrementó sustancialmente la producción de materia seca durante los cuatro años de evaluación del ensayo. Los incrementos en la MS por la aplicación inicial de P fueron de 97, 62, 34 y 33 kg MS/kg P en cada uno de los años posteriores, con un efecto total acumulado de 228 kg MS/kg P.

La aplicación de P incrementó también significativamente la concentración de P en planta.

Los incrementos en la producción de forraje en los años posteriores a la fertilización y la “recuperación aparente” acumulada del P aplicado manifiestan la elevada eficiencia y residualidad del P en los molisoles del sudeste bonaerense.

Los niveles de extracción de P obtenidos bajo cortes en alfalfa (20 a 50 kg ha⁻¹ año⁻¹), manifiestan la necesidad de su reposición a través de la fertilización con dosis variables según el nivel de producción alcanzado y la eficiencia de uso del forraje.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue desarrollado en el marco del proyecto "Evaluación de la dinámica del P en suelos del Sudeste Bonaerense bajo pasturas y cultivos fertilizados" – UNMdP, con personal, equipos e infraestructura de la FCA y de la EEA INTA Balcarce, y los aportes de PASA S.A. e INPOFOS.

BIBLIOGRAFIA

- Anneessens, M. 1989. Alimentation minérale, niveau hydrique et utilisation de l'eau par la luzerne. XVI Congrès International des Herbages, Nice, France, 1989: 85 - 86.
- Baldock, J.O., Higgs, R.L., Paulson, W.H., Jakobs, J.A. and Schrader, W.D. 1981. Legume and mineral N effects on crop yields in several crop sequences in the upper Missipi valley. *Agronomy Journal* 73, 885-90.
- Basigalup, D.H. 1996. La alfalfa hacia el año 2010. "V Jornadas Nacionales: La alfalfa en el negocio de la alimentación animal". EEA INTA Manfredi - AER INTA Villa María, Septiembre, 1996.
- Berardo, A. y Darwich, N. 1974. Fertilización de pasturas en el Sudeste Bonaerense. *IDIA N° 313-314*: 8-16.

- Berardo, A., Grattone, F.D. y Rizzalli, R.H. 1993. Evaluación del efecto residual de fósforo en un argiudol típico bajo dos secuencias de cultivo. Actas XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mendoza. 147-148.
- Berardo, A., Grattone, F. 1994. Residual phosphorus evaluated for soils of Southeast Buenos Aires province. Better Crops International. June 1994. 3 -5.
- Berardo, A. y Marino, M.A. 1993. Eficiencia relativa de un fosfato natural en pasturas cultivadas en molisoles al sudeste bonaerense. Actas XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mendoza. 145-146.
- Berardo, A. y Marino, M.A. 2000. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la disponibilidad de P y su relación con la producción de forraje en molisoles del Sudeste Bonaerense. II – Alfalfa. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, 11 al 14 de abril de 2000. En CD.
- Blanchar, R.W., Rehm, G. and Galdwell, A.C. 1965. Sulfur in plant materials with digestion with nitric and perchloric acid. Proceedings Soil Science, Vol. 29 N°1: 71-72.
- Christian, K.R. 1977. Effects of the environment on the growth of alfalfa. Advances in Agronomy 29:183-227.
- Collins, M., D.J. Lang, and K.A. Kelling. 1986. Effects of phosphorus, potassium and sulfur on alfalfa nitrogen-fixation under field conditions. Agronomy Journal 78: 959 - 963.
- Condron, L.M. y Goh, K. M. 1989. Effects of long-term phosphatic fertilizer applications on amounts and forms of phosphorus in soils under irrigated pasture in New Zealand. Journal of Soil Science, 1989, 40, 383-395.
- Durand, J.L. 1989. Stem growth and water relations in lucerne (*Medicago sativa* L.). In: Structural and functional responses to environmental stresses pp. 121 - 128. Ed. by K.H. Kreeb, H. Richter and T.M. Hinckley. 1989 SPB Academic Publishing bv, The Hague, The Netherlands.
- Jefferson, P.G. and Cutforth, H.W. 1997. Sward age and weather effects on alfalfa yield at a semi-arid location in Southwestern Saskatchewan. Canadian Journal of Plant Science. Vol. 77:595-599.
- Kelling, K.A. and Matocha, J.E. 1990. Plant analysis as an aid in fertilizing forage crops. In: Soil Testing and Plant Analysis. SSSA. 632-633.
- Marino, M.A. y Berardo, A. 1998. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la dilución de P en alfalfa. 22º Congreso Argentino de Producción Animal, Río Cuarto, Córdoba. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol 18, Sup. 1:114.
- Mays, D.A., Wilkinson, S.R. and Cole, C.V. 1980. Phosphorus nutrition of forage. In: The role of Phosphorus in agriculture. Khasawneh, F.E., Sample, E.C. and Kamprath, E.J. Am. Soc. of Agron., Crop Sci. Soc. of Am., Soil Sci. Soc. of Am. Madison, Wisconsin USA. pp: 805-840.
- Mombelli, J.C. y Spada, M.C. 1996. Producción y calidad del forraje de alfalfa: bajo riego y fertilización. "V Jornadas Nacionales: La alfalfa en el negocio de la alimentación animal". EEA INTA Manfredi - AER INTA Villa María, Septiembre, 1996.
- Petit, H.V., A.R. Pesant, G.M. Barnett, W.N. Mason and J.L. Dionne. 1992. Quality and morphological characteristics of alfalfa as affected by soil moisture, pH and phosphorus fertilization. Can. J. Plant Sci., 72: 147 - 162.
- Rehm, G.W. 1987. Application of phosphorus and sulfur on irrigated alfalfa. Agronomy Journal, 79: 973 - 979.
- Reetz, H. 1980. Phosphorus function in plants. Chapter 2: 5-8. In: Phosphorus in agriculture. Ed. Potash & Phosphate Institute.
- Romero, N.A., C. Bariggi y G. Schenkel, G., 1977. Exploración de deficiencias nutritivas para la alfalfa en suelos pampeanos mediante ensayos de campo. INTA-EEA Anguil (Argentina). Proyecto FAO - INTA Argentina 75/006. Documento de Trabajo N°3. 76 p.
- Sanderson, M.A. y Jones, R.M. 1993. Stand dynamics and yield components of alfalfa as affected by phosphorus fertility. Agronomy Journal 85:241-246.
- Shaw, K.A., Gilbert, M.A., Armour, J.D. and Dwyer, M.J. 1994. Residual effects of phosphorus fertiliser in a stylo-native grass pasture on a duplex red earth soil in the semi-arid tropics of North Queensland. Australian Journal of Experimental Agriculture 34: 173-179.
- Vivas, H.S. y Guaita, M.S. 1997. Respuesta a la fertilización fosfatada de alfalfa en un año caracterizado por estrés hídrico. Publicación Miscelánea. N° 84. EEA INTA Rafaela, Santa Fé.
- Vivas, H.S.; Guaita, M.S.; Alesso, J.C. y Zehnder, R. 1997. Fertilización fosfatada de alfalfa: Rendimiento y fósforo edáfico durante un año de corte. 1995/96. INTA, EEA Rafaela. Información Técnica N° 209. 6 pp.

Cuadro 1: Precipitaciones registradas (PM), riegos complementarios (RC) aplicados durante el periodo de experimentación y la mediana 1966-94. Fuente: Observatorio Agrometeorológico EEA INTA Balcarce.

Table 1: Registered precipitation (PM), additional irrigation (RC) applied during the experimental period, and mean 1966-94. Source: Observatorio Agrometeorológico EEA INTA Balcarce.

AÑO		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1995	PM				70.8	1.9	8.8	0	31.6	5.1	94.3	171.5	47.9
	RC									30			70
1996	PM	94.7	83.5	49.8	86.9	32.9	45	44.5	80.8	46	176.1	89.1	115.9
	RC		40	40									
1997	PM	100.2	119.4	55.5	57.1	45.5	85.5	58.4	58.9	46.1	87.7	108.7	86.0
1998	PM	123	50	23	332	43	10	8	11	99	16	43	33
1999	PM	45	10										
Prom.	PM	100.5	75.2	81.4	59.7	63.3	50	49.7	28.0	49.3	91.2	62.9	119.4

Cuadro 2: Producción de materia seca (kg ha⁻¹), en cada período de crecimiento y producción total acumulada para cada dosis de P aplicado (kg ha⁻¹).

Table 2: Dry matter production (kg ha⁻¹) on each growth period and the accumulated production by each level of P applied (kg ha⁻¹).

Dosis P	1º año	2º año	3º año	4º año	Producción acumulada
0	10047c	9105c	7599c	8212 b	34963c
25	14267 b	11792cb	9144cb	10001 b	45203c
50	16000 b	12905 ba	9316cb	9049 b	47270cb
100	20240 a	15620 a	11454 ba	11929 ba	59242 ba
50+100	---	14973 ba	14406 a	15324 a	61609 a

Letras diferentes indican diferencias significativas. Test de Duncan (P=0.05).

Different letters indicate significant differences. Duncan's test (P=0.05).

Cuadro 3: Contenido promedio de P en planta (P pl), extracción de P por alfalfa (Pa) para cada año.

Table 3: Plant P mean content (P pl), alfalfa P extraction (Pa) for each year.

Dosis P (kg ha ⁻¹)	1º año		2º año		3º año		4º año	
	P pl (%)	Pa (kg ha ⁻¹)						
0	0.21b	20.39±9.72	0.20b	18.32±9.78	0.14	10.93±4.34	0.14	11.41±4.61
25	0.23ba	32.63±8.64	0.23b	27.05±12.78	0.15	14.17±5.66	0.14	13.98±3.32
50	0.24ba	37.12±3.93	0.23b	29.06±5.08	0.15	14.33±4.06	0.17	15.03±1.09
100	0.25 a	49.67±3.98	0.26ba	40.33±6.56	0.16	18.49±1.65	0.19	17.66±0.87
50+100	---	---	0.29 a	42.35±3.64	0.22	32.85±4.30	0.20	30.86±3.49

Letras diferentes indican diferencias significativas. Test de Duncan (P=0.05).

Different letters indicate significant differences. Duncan's test (P=0.05).

Cuadro 4: Recuperación aparente del P aplicado (%) en cada año de evaluación y total acumulada.

Table 4: Apparent recovery of P applied (%) for each year and accumulated.

P	1º año	2º año	3º año	4º año	Total acumulada
0	---	---	---	---	---
25	48.98	34.93	12.96	10.3	107.2
50	33.47	21.49	6.81	7.25	69.0
100	29.28	22.01	7.56	6.26	65.1
50+100	---	16.02	8.77	5.56	30.3

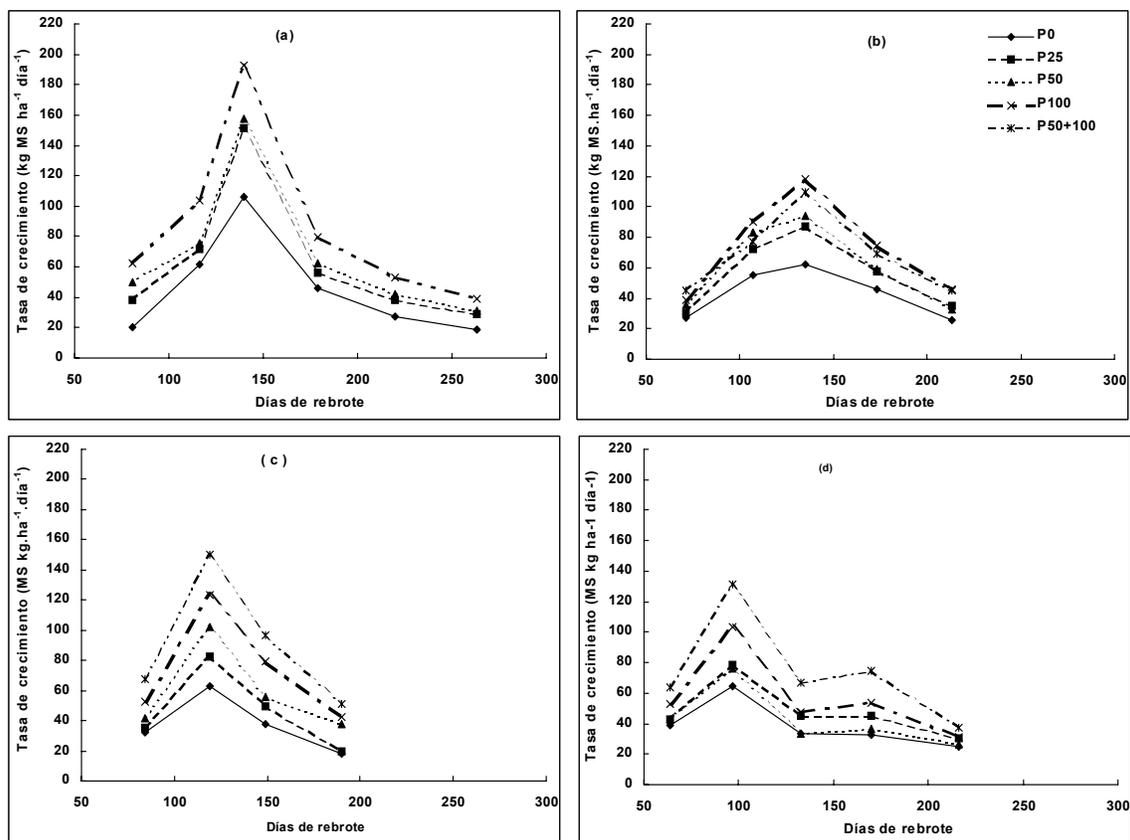


Figura 1: Tasas de crecimiento de alfalfa ($\text{kg MS} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) para cada nivel de fertilización fosfatada en función de los días de rebrote durante el primer (a), segundo (b), tercer (c) y cuarto año (d) de crecimiento.

Figure 1: Alfalfa growth rates ($\text{kg DM} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) for each level of phosphorus fertilization in relation to days of regrowth during the first (a), second (b) third (c) and fourth year.

Prohibida su reproducción o publicación