

FERTILIZACIÓN FOSFATADA Y AZUFRADA DE ALFALFA A LA SIEMBRA Y AL AÑO DE IMPLANTACIÓN EN EL CENTRO-ESTE DE SANTA FE

Hugo Fontanetto¹ y Agustín Bianchini²

¹ INTA EEA Rafaela y ²AAPRESID

hfontanetto@rafaela.inta.gov.ar

Introducción

La producción de materia seca (MS) de alfalfa en los suelos de la zona centro-oriental de Santa Fe, está condicionada principalmente por los bajos niveles de fósforo (P) extractable, de calcio (Ca) y de azufre (S) (Vivas y Quaino, 2000; Fontanetto, 2004).

Cuando no se realiza una fertilización de "arranque" o al momento de la siembra, otra posibilidad para la reposición de los mencionados nutrientes en el suelo es la refertilización luego de que la pastura está implantada, a los fines de tratar de corregir, "sobre la marcha", las deficiencias nutricionales y de conseguir que el cultivo de alfalfa alcance el óptimo de producción. Esta última alternativa es muy poco utilizada por la ausencia de información regional que demuestre sus beneficios, sobre todo si se considera que el P se caracteriza por su escasa movilidad. En este sentido, los resultados informados por Berardo (1998) en la zona sudeste de Buenos Aires aplicando fertilizaciones anuales en pasturas instaladas, fueron muy alentadores.

La corrección de una condición nutricional deficitaria de P, S y Ca en el suelo es un factor determinante en una estrategia de alta producción de MS de alfalfa. Por ello, el objetivo de la presente experiencia fue evaluar el efecto de la fertilización con P y S sobre la producción de MS de a) una pastura de alfalfa pura a la siembra, y b) una pastura implantada el año anterior, en suelos de baja fertilidad.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la localidad de Pilar

(Santa Fe), departamento Las Colonias, sobre un suelo de la serie Esperanza. El análisis químico de la capa superficial (0-20 cm) arrojó un valor de P extractable de 19 ppm, 2,4% de materia orgánica y 5,9 de pH. Un aspecto muy importante lo constituye la baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 15,1 meq/100 g suelo que, a su vez, contiene solo 8,2 y 1,1 meq/100 g suelo de Ca y Mg, respectivamente. Como parámetro de referencia, los valores correspondientes a un suelo de la zona centro-oeste de Santa Fe (serie Rafaela) con altas producciones de MS de alfalfa, arrojan valores de CIC de 18,2 meq/100 g suelo y niveles de Ca y Mg es de 10,1 y 1,7 meq/100 g suelo, respectivamente, y un valor de pH de 6,1 (INTA, 1991).

Las aplicaciones de P y S se realizaron sobre dos pasturas, sobre las que se aplicó una sola dosis de Ca como correctiva (Ca500: 1500 kg/ha de un material calcítico) a principios de marzo de 2005, de la siguiente manera (Tabla 1):

- Fertilización a la siembra: al momento de la siembra en líneas al costado y por debajo de la semilla, aplicando superfosfato triple de calcio (SFT con 20 % de P) y sulfato de amonio (SA, con 24 % de S), respectivamente. La variedad de alfalfa utilizada fue WL 903 sembrada el 11/04/2005 a razón de 11 kg/ha.
- Fertilización al voleo de pastura implantada: en una pastura sembrada el 18/11/2004, se aplicaron el P y el S al voleo con fertilizadora neumática a fines de marzo de 2005.

Tabla 1. Tratamientos de fertilización, producto y dosis evaluados.

Nº de tratamiento	Tratamientos	Producto y dosis (kg/ha)
1	Testigo	1500 kg/ha de Calcita aperdigonada
2	P40-S0	Idem 1 + 200 kg/ha de SFT
3	P0-S24	Idem 1 + 100 kg/ha de SA
4	P40-S24	Idem 1 + 2 + 3
5	P80-S0	Idem 1 + 400 kg/ha de SFT
6	P0-S48	Idem 1 + 200 kg/ha de S A
7	P80-S48	Idem 4 + 5 + 6

Los tratamientos de fertilización se dispusieron en un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones y el tamaño de la unidad experimental fue de 2 m de ancho por 10 m de largo. Los cortes de MS se efectuaron en el estado de 10% de floración o cuando los rebrotes basales tenían 5 cm de longitud, sobre una superficie de 10 m²/unidad experimental. La producción de MS fue analizada mediante el análisis de la variancia y las diferencias entre medias de cada factor mediante prueba de Duncan ($P < 0,05$) (SAS, 1989).

En este artículo se presentan los resultados que corresponden a 16 cortes para ambos ensayos de fertilización a la siembra y al voleo.

Resultados

La producción de MS de la alfalfa con la fertilización a la siembra se detalla en la Figura 1 y en la Tabla 2. Para todos los cortes la fertilización con S y con P tuvo diferencias altamente significativas respecto al Testigo

que contenía solamente Ca ($P > 0,0001$). A partir del 5° Corte, la significancia al agregado de las dosis menores de P y de S (P40 y S24) fue disminuyendo y a partir del 7° corte desapareció, demostrando que las dosis eran muy bajas para abastecer las altas necesidades de esos nutrientes de la alfalfa (Tabla 2). Solamente las dosis de P80 y S48 y su combinación, siguieron diferenciándose del tratamiento Testigo (Tabla 2 y Fig. 1).

La producción de MS de la alfalfa con la fertilización al voleo en la pastura de 1 año aparece en la Figura 2 y en la Tabla 3. Al igual que con la fertilización a la siembra, las aplicaciones de P y S generaron respuestas significativas en la producción de MS. Estas respuestas se diluyeron para los tratamientos de dosis menores de ambos nutrientes, luego del 9° o 10° corte.

La producción total de MS en ambos ensayos, se presenta en la Tabla 4. Los aumentos de la producción de MS por efecto de la fertilización P y/o S, respecto al tratamiento Testigo, fueron de 1161

Tabla 2. Producción de MS de 16 cortes de alfalfa fertilizada a la siembra. Pilar (Santa Fe).

Tratamientos	Año 2005				Año 2006			
	27-Ago	02-Oct	15-Nov	18-Dic	14-Ene	10-Feb	14-Mar	19-Abr
	Cortes efectuados (kg/ha)							
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Testigo	994 a	1087 a	1146 a	1145 a	1073 a	1053 a	803 a	644 a
P40-S0	1197 bc	1306 bc	1336 b	1510 b	1422 b	1336 ab	972 a	829 ab
P0-S24	1089 b	1177 b	1212 ab	1398 b	1320 ab	1228 ab	901 a	711 ab
P40-S24	1288 bc	1414 c	1656 c	1885 c	1668 c	1662 b	1142 b	986 c
P80-S0	1309 c	1351 c	1373 b	1568 b	1463 b	1381 b	1029 ab	952 c
P0-S48	1106 b	1209 b	1266 b	1476 b	1377 b	1295 ab	933 a	802 ab
P80-S48	1333 c	1558 c	1702 c	2009 d	1743 c	1842 b	1286 b	1018 c

Tratamientos (cont.)	Año 2006					Año 2007		
	27-May	30-Jun	12-Ago	26-Oct	06-Dic	14-Ene	10-Feb	07-Mar
	Cortes efectuados (kg/ha)							
	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°
Testigo	502 a	455 a	565 a	706 a	968 a	986 a	854 a	866 a
P40-S0	692 ab	555 ab	625 ab	772 a	955 a	974 a	862 a	856 a
P0-S24	555 ab	490 a	598 ab	718 a	942 a	983 a	845 a	842 a
P40-S24	744 b	581 ab	663 ab	720 a	930 a	1021 ab	881 a	887 a
P80-S0	859 bc	721 b	896 cd	1011 b	1321 b	1196 b	1185 bc	1127 b
P0-S48	711 b	662 b	755 bc	963 b	1208 b	1083 a	1035 ab	1014 abb
P80-S48	998 c	888 b	976 d	1222 c	1622 c	1395 d	1332 c	1225 b

Medias de tratamientos seguidas por la misma letra en forma vertical, difieren entre sí (Duncan $P < 0,05$).

a 9873 kg/ha (8,4% a 69,9%). Si esos incrementos se transforman en litros de leche extras producidos por vacas lecheras, teniendo en cuenta que para producir 1 litro de leche se necesita 1 kg de MS de alfalfa y asignándole un precio de \$ 0,55/litro de

leche, se pueden estimar los beneficios obtenidos por la fertilización PS (Tabla 5).

Desde un análisis estrictamente económico, los tratamientos de mayor margen bruto fueron el N° 7 (P80-S48), luego el N° 5 (P80-S0), el N° 4 (P40-

Tabla 3. Producción de MS de 16 cortes de alfalfa fertilizada al voleo. Pilar (Santa Fe).

Tratamiento	Año 2005				Año 2006			
	27-Ago	02-Oct	15-Nov	18-Dic	14-Ene	10-Feb	14-Mar	19-Abr
	Cortes efectuados (kg/ha)							
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Testigo	1024 a	1211 a	1365 a	1196 a	1112 a	1021 a	770 a	622 a
P40-S0	1198 ab	1495 b	1608 b	1795 b	1766 bc	1633 b	1118 b	1033 b
P0-S24	1128 ab	1422 b	1544 b	1666 b	1622 b	1503 b	1011 b	911 b
P40-S24	1477 c	1641 c	1966 c	2004 c	1867 c	1896 c	1112 b	812 b
P80-S0	1263 b	1511 c	1611 b	1855 bc	1844 c	1799 c	1276 b	1233 c
P0-S48	1201 b	1487 b	1593 b	1694 b	1712 bc	1622 b	1102 b	1031 b
P80-S48	1499 c	1668 c	1963 c	2033 c	1987 c	2023 d	1254 b	1322 c

Tratamiento (cont.)	Año 2006				Año 2007			
	27-May	30-Jun	12-Ago	26-Oct	06-Dic	14-Ene	10-Feb	07-Mar
	Cortes efectuados (kg/ha)							
	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°
Testigo	564 a	410 a	545 a	760 a	922 a	875 a	854 a	866 a
P40-S0	798 b	460 a	560 a	742 a	902 a	842 a	862 a	870 a
P0-S24	712 ab	435 a	540 a	722 a	898 a	820 a	830 a	842 a
P40-S24	798 b	505 a	575 a	775	868 a	812 a	860 a	887 a
P80-S0	1155 c	895 b	841 b	1086 b	1283 b	1014 b	1117 b	1013 ab
P0-S48	1043 c	779 b	698 b	947 b	1077 a	935 ab	1014 ab	933 a
P80-S48	1396 d	1097 c	1122 c	1185 c	1622 c	1312 c	1306 c	1201 b

Medias de tratamientos seguidas por la misma letra en forma vertical, difieren entre sí (Duncan P < 0,05).-

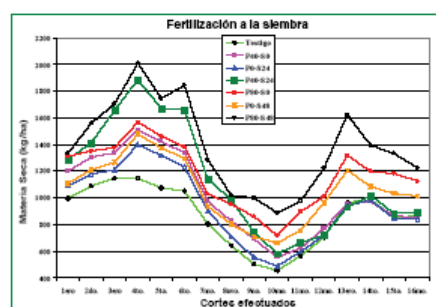


Figura 1. Producción de MS de 16 cortes de alfalfa fertilizada a la siembra. Pilar (Santa Fe).

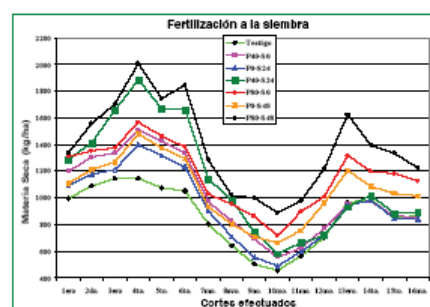


Figura 2. Producción de MS de 16 cortes de alfalfa fertilizada al voleo. Pilar (Santa Fe).

S24), el N° 6 (P0-S48), el N° 2 (P40-S0) y el N° 3 (P0-S24). Los tratamientos completos (N° 4 y N° 7) produjeron altos MB y serían los más recomendados desde lo productivo y lo sustentable.

Consideraciones finales

- La fertilización a la siembra y la fertilización al voleo de la pastura implantada produjeron incrementos importantes en la producción de MS de alfalfa.
- La fertilización al voleo manifestó ser una práctica que permite recuperar deficiencias nutricionales en alfalfares en producción y que son sub-fertilizados (bajas dosis) a la siembra.
- Es necesario seguir investigando la residualidad de estos tratamientos de fertilización en alfalfas fertilizadas luego de ser implantadas.

Referencias bibliográficas

- Berardo A.** 1998. Fertilización de pasturas. En. Invernada: Planteos de Alta Producción. 5to Seminario de Actualización Técnica. Buenos Aires. 3 y 4 de agosto. 220 p.
- Fontanetto H., O. Keller y H. Vivas.** 2004. Buscando la fertilización balanceada de pasturas en el área central de Santa Fe. Sistemas Ganaderos en Siembra Directa. AAPRESID. 1° Simposio Nacional "Hacia una Ganadería Competitiva". pág. 48-59.
- INTA.** 1991. Carta de Suelos de la República Argentina. Hojas 3160-26 y 25. Esperanza-Pilar. INTA EEA Rafaela. 135 p.
- SAS Institute Inc.** 1989. SAS/STAT Users Guide, Version 6, 4th Edition, Volume 1, Cary, NC: SAS Institute Inc. 943 p.
- Vivas H.S. y O. Quaino.** 2000. Fósforo y enmienda cálcica para la producción de alfalfa en dos suelos del centro este de Santa Fe. 1998/99. Actas del XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. Abril del 2000. <

Tabla 4. Producción total de MS (27/08/2005 al 07/03/2007) de alfalfa fertilizada a la siembra incorporada y al voleo. Pilar (Santa Fe), campaña 2006/07.

Tratamientos	Fertilización incorporada a la siembra			Fertilización al Voleo (pastura de 1 año)		
	Sumatoria de 16 cortes	Incremento respecto al Testigo (kg/ha)	Incremento respecto al Testigo (%)	Sumatoria de 16 cortes	Incremento respecto al Testigo (kg/ha)	Incremento respecto al Testigo (%)
Testigo	13848	-	-	14117	-	-
P40-S0	16199	2352	17,0	17682	3565	25,3
P0-S24	15009	1161	8,4	16606	2489	17,6
P40-S24	18128	4280	30,9	18855	4738	33,6
P80-S0	18742	4894	35,3	20796	6679	47,3
P0-S48	16895	3047	22,0	18868	4751	33,7
P80-S48	22149	8301	59,9	23990	9873	69,9

Tabla 5. Materia seca producida con los tratamientos de fertilización, costo de los fertilizantes, litros de leche adicionales producidos respecto al testigo y margen bruto. Promedio de los dos ensayos. Campañas 2005 al 2007.

Nutrientes	M. S. producida (kg/ha)	Costo del Tratamiento (\$/ha)	Incremento de MS respecto al Testigo (kg/ha)	Litros de leche excedentes sobre Testigo (L/ha)	Ingreso adicional (\$/ha)	Margen Bruto adicional (MB) (\$/ha)
1- Testigo (Calcita)	13982	-	-	-	-	-
2- P40-S0	16941	341	2958	2958	1627	1286
3- P0-S24	15807	109	1825	1825	1004	895
4- P40-S24	18491	450	4509	4509	2480	2030
5- P80-S0	19769	682	5787	5787	3183	2501
6- P0-S48	17882	218	3899	3899	2145	1927
7- P80-S48	23069	900	9087	9087	4998	4098

PP 46 Análisis del crecimiento primaveral y estival de alfalfa. **Sevilla, G. y Pasinato, A.** INTA EEA, Concepción del Uruguay, Entre Ríos. gsevilla@concepcion.inta.gov.ar

Analysis of spring and summer growth of alfalfa

La elaboración de modelos de crecimiento de forrajeras ante cambios en factores bióticos (p.ej. fertilización) y abióticos (p.ej. temperatura y precipitaciones) permitirá establecer medidas de manejo para mejorar su aprovechamiento en sistemas ganaderos. El objetivo fue analizar el crecimiento de forraje de alfalfa bajo diferente suministro de fósforo y nitrógeno en dos períodos contrastantes del ciclo del cultivo. Se trabajó en la EEA Concepción del Uruguay del INTA (32° 29' S 58° 20' W y 25 m.s.n.m.) sobre un suelo vertisol típico. El 26-04-05 se sembraron 20 kg. ha⁻¹ de semilla viable peleteada de alfalfa cv. ProINTA Luján (GL 6) en líneas distanciadas a 0,20 m. Los períodos experimentales abarcaron del 16-08-06 al 24-10-06 y del 22-01-07 al 20-03-07. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con 2 repeticiones. Los tratamientos fueron: 2 niveles de aplicación anual de fósforo P como superfosfato triple de calcio (0 y 100 kg. ha⁻¹) y 4 niveles de nitrógeno N como urea (0, 50, 100 y 150 kg. ha⁻¹) que originaron 5 tratamientos (0N0P, 0NP, 50NP, 100NP y 150NP) aplicados al inicio de los rebrotes de primavera (16-08-06) y verano (22-01-07). La acumulación de forraje (AF, g. m²) se determinó en 5 cortes desfasados una semana sobre parcelas independientes (5,6 m² centrales) cortadas con motosegadora a 2,5 cm y con tijera a ras del suelo (0,50 m lineales). Se determinó: radiación fotosintéticamente activa incidente e interceptada por el canopeo (RFAi) mediante radiómetro a intervalos de 10 días; proporción, área (mediante planímetro electrónico) y peso seco de las fracciones folíolo+pecíolo y tallo. Se ajustaron regresiones lineales entre la RFAi acumulada y AF para calcular la eficiencia de uso de la radiación interceptada (EUR, g.Mj⁻¹) y entre la suma térmica (g.°C⁻¹, base= 5 °C) y la AF (EUT). Los datos se procesaron por ANVA y pruebas de comparaciones múltiples de Duncan y análisis de regresión lineal simple ($\alpha=0,05$). La AF, EUT y EUR se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Valores de AF, EUT y EUR (promedio \pm error estándar) para los tratamientos de fertilización 0N0P, 0NP, 50NP, 100NP y 150NP en primavera y verano.

Fertilización	Estación					
	Primavera			Verano		
	AF	EUT	EUR	AF	EUT	EUR
0N0P	229 \pm 79,6b	0,19b	0,58b	181 \pm 15,8a	0,09c	0,31b
0NP	356 \pm 36,8a	0,36a	0,77b	250 \pm 19,8b	0,16b	0,47b
50NP	383 \pm 6,5a	0,41a	0,90a	290 \pm 10,0c	0,22b	0,74a
100NP	378 \pm 30,7a	0,35a	0,73b	317 \pm 24,9c	0,25a	0,85a
150NP	365 \pm 18,7a	0,41a	0,94a	318 \pm 29,6c	0,26a	0,75a

Letras distintas indican diferencia entre tratamientos dentro de estación ($\alpha=0,05$).

La dinámica de AF (datos no presentados) y la AF final mostraron interacción entre estaciones. Tanto en primavera como en verano hubo diferencias entre tratamientos, siendo 0N0P inferior al resto. En verano 0NP fue inferior ($\alpha=0,10$) a los tratamientos 100 y 150NP. En primavera el crecimiento de 150NP se anticipó alrededor de 200 °C.día respecto de 0NP, sugiriendo una deficiencia de N al inicio de la estación en el segundo caso. En dicho período, comprendido entre el 16 de agosto y el 30 de setiembre, la temperatura (promedio del aire = 13,4°C) pudo limitar tanto la mineralización de la MO del suelo como la fijación simbiótica. La capacidad de crecimiento de la alfalfa en respuesta a la temperatura (EUT) se redujo a la mitad en el tratamiento 0N0P respecto del resto en primavera. En verano hubo un aumento progresivo de la respuesta a la temperatura con el incremento de la disponibilidad de nutrientes suministrada. Así, por cada °C de incremento en la suma térmica, 150NP creció 0,10 g.cm⁻².día⁻¹ más que 0NP. En ambas estaciones, la EUR fue mayor en los tratamientos con suministro de N respecto del resto de los tratamientos, excepto 100NP en primavera. Valores mayores al 80%RFAi fueron alcanzados por los tratamientos fertilizados en aproximadamente 200 y 400 °C.día en primavera y verano, respectivamente (IAFs entre 4 y 5). 0N0P alcanzó niveles similares de intercepción sólo en primavera y aproximadamente 300 °C.día después. De acuerdo con los resultados: - se corrobora la deficiencia de P de los cultivos de alfalfa en los suelos evaluados; - se pone en evidencia la existencia de déficit de N para el cultivo de alfalfa al inicio de primavera y en verano - se pone en evidencia un retraso en el crecimiento estival que sugiere limitaciones hídricas en los cultivos. Se aportan parámetros ecofisiológicos aplicables a modelos de crecimiento y de toma de decisiones de manejo.

Palabras clave: fertilización fosforada y nitrogenada, alfalfa, tasa de crecimiento, IAF, análisis de crecimiento.

Key words: phosphorus and nitrogen fertilization, lucerne, growth rate, LAI, analysis of growth.