

PRODUCCION DE FORRAJE EN CULTIVARES DE ALFALFA CON NIVELES CRECIENTES DE FOSFORO

Ladislao Lazarte, Nicolas Germain, Jorge Delgadillo y Ruddy Meneces*

Introducción

El valle de Cochabamba, Bolivia, por su medio ecológico favorable para el cultivo de especies forrajeras, es considerado como la zona lechera más importante del país.

Por otro lado, la alfalfa (*Medicago sativa*) es considerada como la reina de las plantas forrajeras por su excelente calidad nutricional, alto contenido en proteínas, gran variabilidad genética, amplio rango de adaptación a diferentes condiciones climáticas y de suelo, buena palatabilidad, alta persistencia y fácil manejo.

Las leguminosas, en particular la alfalfa, requieren de una adecuada disponibilidad de fósforo (P) en el suelo para alcanzar todo su potencial productivo. Diez toneladas de forraje seco remueven del campo entre 45 y 60 kg P_2O_5 (Muslera, 1984), por tanto es necesario restituir al suelo, por lo menos, el P removido por el forraje. Investigación preliminar con alfalfa, conducida en Cochabamba, indica que la aplicación de P produce una respuesta de tendencia lineal en acumulación de materia seca (MS) (Guaygua, 1988).

El costo elevado de los fertilizantes fosfatados en Bolivia obliga a estudiar cuidadosamente las dosis adecuadas de P para lograr una producción sostenida en calidad y cantidad. El objetivo de esta investigación fue el de evaluar el efecto de la fertilización con P en la producción de MS seca de cua-

tro cultivares de alfalfa.

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en el fundo universitario La Violeta, dependiente de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias de la Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, durante 5 años. El sitio está ubicado en Tiquiyapa, a 2680 msnm.

Se utilizó un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Las parcelas principales constituyeron los cuatro cultivares diferentes de alfalfa (Bolivia 2000, Moapa, UMSS 2001 y Valador), mientras que las subparcelas constituyeron los niveles crecientes de P (0, 50, 100, 150 y 200 kg P_2O_5 /ha). La superficie de la unidad experimental fue de 14 m², conformada por 10 surcos de 7 m de largo separados a 0.2 m.

La siembra, realizada el 16 de marzo de 1989, se hizo a chorro continuo con una densidad de siembra de 25 kg de semilla/ha.

Se utilizó superfosfato triple (46 % P_2O_5) como fuente de P, en aplicación al voleo. La primera aplicación se realizó después del primer corte de limpieza y las otras a inicios de cada año durante el tiempo que se avalúo el ensayo.

El primer riego se realizó una semana después de la siembra para evitar problemas de encostramiento. A partir del segundo mes

de la siembra se regó en función de las necesidades del cultivo. El control de malezas de hoja ancha se efectuó mediante dos cortes de limpieza, a los 3 y 5 meses después de la siembra, utilizando una motosegadora.

La primera evaluación se llevó a cabo a los 6 meses, cuando la cobertura fue del 100 % y las plantas presentaban un 10 % de floración. Para las cosechas siguientes se tomó en cuenta el inicio de rebrote como indicativo del inicio del nuevo ciclo. Al final del ensayo (5 años) se estimó en forma visual el porcentaje de enmalezamiento de las parcelas con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y grama (*Cynodon dactylon*) como una medida indirecta para evaluar la persistencia de los distintos cultivares de alfalfa.

Para medir el efecto de los factores estudiados se tomó como variables de respuesta el rendimiento de MS por año, el rendimiento acumulado de los 5 años y el porcentaje de enmalezamiento (kikuyo y grama)

Para el análisis económico total de los 5 años de producción forrajera se asume una pérdida de cosecha del 10 %. Los demás costos variables considerados fueron: 1 kg de MS = 0.5 Bs; 1 kg de superfosfato triple = 2.8 Bs; fertilización de 1 ha con los niveles 50 y 100 kg/ha = 16 Bs/jornal y con los niveles 150 y 200 kg/ha = 20 Bs/jornal.

* Adaptado de: Lazarte, L., N. Germain, J. Delgadillo y R. Meneces. 1996. Producción de forraje en cultivares de alfalfa con niveles crecientes de fósforo. Revista de Agricultura, Universidad de San Martín, Cochabamba. 28 (19-23).

Resultados y discusión

A continuación se presentan y discuten solamente los resultados de los efectos principales (cultivares y niveles de fertilización), por cuanto no se presentó interacción significativa entre estas dos variables.

Rendimiento en materia seca (MS) por años y por cultivares.

Durante los 5 años de evaluación se hicieron un total de 34 cortes de forraje, (4, 6, 8, 9 y 7 cortes para los años 1 al 5, respectivamente 1989 a 1993).

En el primer año del ensayo no se encontraron diferencias significativas para cultivares. En este año se cosechó en cuatro oportunidades y se alcanzó un rendimiento promedio para todos los cultivares de 10.6 t/ha de MS (Tabla 1).

Después del primer año de establecimiento, los rendimientos en MS seca se incrementan paulatinamente, hasta el cuarto año, para luego reducirse debido a la compactación del suelo y al enmalezamiento con kikuyo y grama. Las diferencias en rendimiento de MS de los cultivares fueron significativas en el cuarto año y altamente significativas en el quinto año. A partir del tercer año, el grupo de cultivares nuevos (UMSS 2001 y Valador) se comportó mejor que el grupo de los cultivares antiguos (Moapa y Bolivia 2000) (Tabla 1).

La Tabla 1 permite establecer también las características de cada cultivar en cuanto a su potencial en producción y persistencia. Los dos cultivares nuevos presentan buenas características que garantizarían su futura liberación y difusión a nivel comercial. Los rendimientos promedios por corte de todos los cultivares evidencian una persistencia, hasta cierto

Tabla 1. Producción en materia seca de cuadro cultivares de alfalfa en 5 años de evaluación.

Cultivares de Alfalfa	Años				
	1989	1990	1991	1992	1993
	----- t/ha -----				
UMSS 2001	10.6 a	21.2 a	29.7 a	31.8 a	20.9 a
VALADOR	10.7 a	21.3 a	29.4 a	32.3 a	20.8 a
BOLIVIA 2000	10.6 a	20.2 a	27.1 ab	27.2. b	14.1 c
MOAPA	10.5 a	18.5 a	26.9 b	27.8 b	18.2 b
Promedio	10.6	20.3	28.3	29.8	18.5
Nº cortes/año	4	6	8	9	7
Promedio/cortes	2.6	3.4	3.5	3.3	2.6

Tabla 2. Efecto de los niveles crecientes de fertilización con P en rendimiento promedio anual de materia seca (MS) de alfalfa*.

Niveles de P ₂ O ₅	Años				
	1989	1990	1991	1992	1993
kg/ha	----- t/ha -----				
0	10.4 a	18.9 b	18.0 c	20.1 c	11.4 c
50	10.5 a	18.5 b	24.9 b	26.8 b	16.5 b
100	10.6 a	21.8 ab	30.4 ab	33.0 a	20.2 a
150	10.7 a	23.5 a	33.4 a	33.8 a	20.9 a
200	10.7 a	23.8 a	34.8 a	35.3 a	21.5 a
Nº cortes/año	4	6	8	9	7

* Efecto evaluado a través de cultivares

punto esperada, hasta el cuarto año, por cuanto es notoria la reducción en rendimientos al quinto año. Sin embargo, esta tendencia podrá variar en función directa de las condiciones climáticas propias de cada campaña agrícola, de la variedad y del manejo.

Al cabo de 5 años, los cultivares Valador y UMSS 2001 llegan a rendimientos acumulados de 114.4 y 114.1 t/ha de MS respectivamente. Estos rendimientos que son estadísticamente superiores a los obtenidos con los cultivares Moapa y Bolivia 2000 cuya producción de forraje es inferior a la media general (107 t/ha de MS), debido principalmente al enmalezamiento, que en estos cultivares

alcanzó valores superiores al 20 % (Figura 1).

Efecto de los niveles crecientes de fertilización con P en rendimiento anual de materia seca (MS)

Al evaluar el efecto de la aplicación de niveles crecientes de P en el rendimiento de los cultivares de alfalfa se encontró que en el primer año no existieron diferencias significativas. Los rendimientos en el primer año fueron en general bajos, debido a que este es el año de establecimiento del cultivo, y la falta de respuesta se debe probablemente a que el suelo contiene cierta reserva de P suficiente para mantener esta baja producción de

Tabla 3. Análisis económico de los retornos marginales obtenidos con cuatro diferentes niveles de aplicación de P en el cultivo de alfalfa.

Factores	Niveles de P ₂ O ₅ (kg/ha)			
	50	100	150	200
Rendimiento de MS (t)	20.1	37.2	43.1	46.8
Ingreso (Bs)	10050	18625	21560	23400
Costo fertilizante. (Bs)	1521.8	3043.6	4565.4	6087.2
Costo aplicación (Bs)	80.0	80.0	100.0	100.0
Costo variable (Bs)	1601.8	3123.6	4665.4	6178.2
Beneficio marginal	8848.2	15501.4	16894.6	17212.8
Tasa de retorno (%)	5.3	5.0	3.6	2.8

MS. A partir del segundo año y hasta la finalización del estudio, el efecto de la aplicación de P en el rendimiento de MS fue altamente significativo (Tabla 2).

El efecto de la fertilización con P recién se presenta a partir del segundo año de desarrollo del cultivo y estas diferencias se incrementan conforme las reservas existentes en el suelo se van agotando. Esta situación se mantiene aún en el quinto año de evaluación, pese a que en este año se observa una reducción considerable en los rendimientos.

Al finalizar los 5 años de evaluación se destaca la producción de materia seca del nivel de 200 kg/ha de P₂O₅ (Figura 2), con un rendimiento acumulado (a través de cultivares) de 126.3 t/ha de MS que, sin embargo, no es diferente estadísticamente de los niveles de 150 y 100 kg/ha de P₂O₅. A continuación se localizan los rendimientos obtenidos con los niveles de 50 kg/ha de P₂O₅ y el testigo con rendimientos bajos. El alto grado de enmalezamiento con kikuyo y grama en el testigo (58%) se debe a la escasa cobertura de la leguminosa que no crece bien al no encontrar el suficiente P en el suelo.

Análisis económico

El análisis económico del efecto de la aplicación de niveles crecientes de P en el rendimiento de alfalfa, en cinco años de evaluación, se resume en el la Tabla 3.

El mayor beneficio marginal en relación al testigo se obtiene con la aplicación de 150 y 200 kg/ha de P₂O₅, pero la tasa de retorno marginal más alta se obtiene con los niveles de 50 y 100 kg/ha de P₂O₅ con 5.3 y 5 %, respectivamente.

Balance fosfórico

La exportación de P por alfalfa se calcula multiplicando la cantidad de MS producida cada año por la concentración de P en este material. La cuantificación de esta relación en el ensayo determinó que, con excepción del nivel de 200 kg P₂O₅/ha/año, la aplicación de los otros niveles de P no compensa la remoción de P en la MS. Vale decir que los niveles inferiores P provocarán a la larga un déficit cada vez más acentuado de este nutriente, fundamental en diferentes procesos fisiológicos de la forrajera. Se debe destacar que el muestreo realizado indica que no existen diferencias de concen-

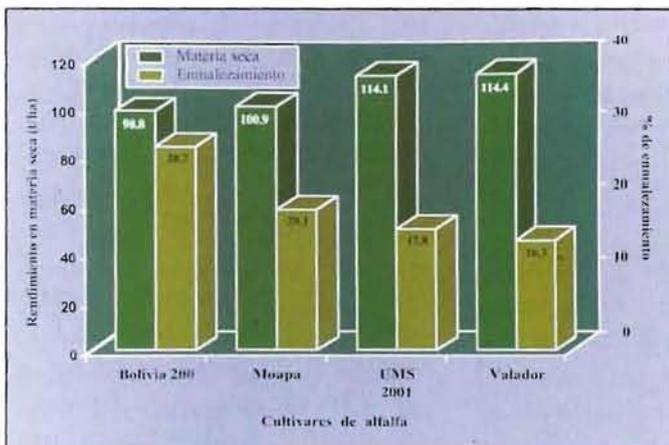


Figura 1. Rendimiento acumulado de materia seca y grado de enmalezamiento de 4 cultivares de alfalfa en cinco años de evaluación.

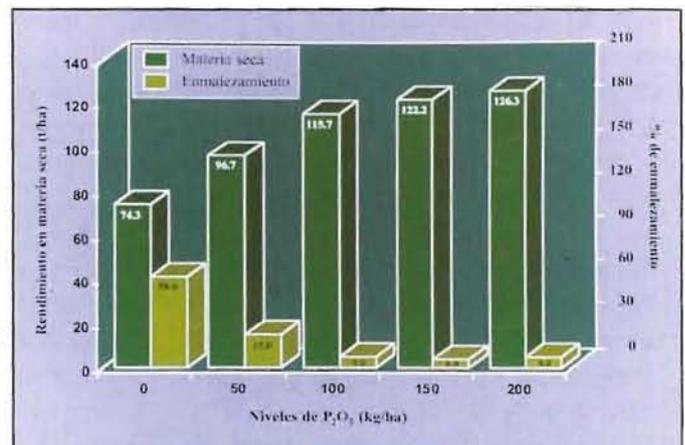


Figura 2. Efecto de los niveles crecientes de fertilización con P en el rendimiento acumulado de materia seca (MS) de alfalfa en 5 años de evaluación. Efecto evaluado a través de cultivares.

tración de P entre cultivares para un mismo nivel de fertilización.

Conclusiones

Durante el primer año de evaluación no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas en rendimiento de MS para cultivares y tampoco para niveles de P. A partir del segundo los cultivares Valador y UMSS 2001 tienen mayores rendimientos en MS. Estos rendimientos son estadísticamente superiores a los rendimientos obtenidos con los cultivares Moapa y Bolivia 2000.

En segundo y tercer año de evaluación se observan rendimientos superiores de MS con los niveles de 200 y 150 kg/ha de P_2O_5 , enmarcados en el mismo rango estadístico, seguidos por los niveles de 100, 50 y 0. Entre el cuarto y quinto año no se presentan diferencias estadísticas entre los rendimientos obtenidos con los niveles de 100, 150 y 200 kg/ha de P_2O_5 , pero son superiores estadísticamente a los niveles de 50 y al testigo.

Después de 5 años de evaluación se estableció que la aplicación de 200 kg/ha de P_2O_5 produjo el mejor rendimiento acumulado en MS

(126.3 t/ha), aun cuando este rendimiento no fue estadísticamente diferente de los rendimientos acumulados obtenidos con los niveles de 150 y 100 kg/ha de P_2O_5 . Se considera que estos dos últimos niveles son las mejores alternativas agronómicas y económicas. Los niveles de 50 kg/ha de P_2O_5 y el testigo presentan bajos rendimientos y alto grado de infestación con malezas.

El análisis económico de retornos marginales, después de 5 años de evaluación, establece las mayores tasas de retorno marginal para los niveles de 50 y 100 kg/ha de P_2O_5 , con 5.3 y 5.0 %, respectivamente. El balance fosfórico permitió establecer que solo con el nivel de 200 kg/ha de P_2O_5 se repone el P exportado del suelo por la forrajera. Esta condición permite la sostenibilidad agronómica del cultivo en el campo.

Bibliografía

Cimmyt. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México D.F., 25p.

Delgadillo, J.; Lazarte, L.; Mene-
ses, R. 1995. Respuesta a la
fertilización mineral en pro-
ducción de materia seca en el
cultivo de alfalfa en "La Vio-
leta", Cochabamba. En
Memorias Segunda Reunión
Nacional de Leguminosas de
grano y Tercera Reunión Boli-
viana de Rhizobiología.
Cochabamba, Bolivia. 180 p.

Guaygua, J. 1988. Niveles de Fósfo-
ro y Potasio en Producción de
Materia Seca en Alfalfa. Tesis
Ing. Agr. Universidad Mayor de
San Simón. Facultad de Cien-
cias Agrícolas y Pecuarias
"Martín Cárdenas". Cochabam-
ba, Bolivia. 110 p.

Lazarte, L., Germain. N. 1995.
Fertilización fosforada de al-
falfa en "La Violeta", valle de
Cochabamba: rentabilidad
económica y sostenibilidad
agronómica. En Memorias Se-
gunda Reunión Nacional de
Leguminosas de grano y Ter-
cera Reunión Boliviana de
Rhizobiología. Cochabamba,
Bolivia. 180 p.

Muslera, E.; Ratera, C. 1984. Prade-
ras y forrajeras. Producción y
aprovechamiento. Mundi -
Prensa. Madrid, España. p. 9