

CAPÍTULO 4. CORRECCIÓN DE SUELO, FERTILIZACIÓN Y SIEMBRA

Alberto Carlos de Campos Bernardi, Adônis Moreira y Reinaldo de Paula Ferreira

En el mundo, la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es considerada uno de los forrajes más importantes no sólo por su área de cultivo sino también por sus destacadas características, como baja estacionalidad, alta productividad por unidad de superficie, elevado contenido proteico, muy buena palatabilidad, alta digestibilidad y capacidad para fijar nitrógeno en el suelo. Es uno de los forrajes más importantes para la alimentación de ganado de alta producción y se puede ofrecer en forma conservada (heno y ensilado), como forraje verde picado o en pastoreo directo.

En este capítulo se abordarán los temas de corrección de la fertilidad del suelo, fertilización a la siembra y fertilización de mantenimiento, todos aspectos esenciales para el establecimiento y adecuado manejo del alfalfar en condiciones tropicales.

4.1 Corrección de suelo y siembra

Después que el productor ha tomado la decisión de sembrar alfalfa, el proceso de elección del lote es muy importante para el éxito del cultivo. El lote debe ser plano, con suelo de textura media, profundo, bien drenado, sin impedimentos físicos (como horizontes compactados), con buena fertilidad, altos niveles de materia orgánica y facilidades de riego.

Para el análisis de suelo, el muestreo del lote debe realizarse a dos profundidades: 0 a 20 y 20 a 40 cm, recogiendo 20 sub-muestras por área homogénea (color, vegetación, etc...). Sobre la base del resultado de este análisis, se debe corregir la saturación de bases al 80% ($V=80\%$) mediante la siguiente expresión: $NC - CTC (V_2 - V_1) / PRNT$, donde NC es la necesidad de encalado en $t\ ha^{-1}$, CTC es la capacidad de intercambio catiónico en $mmol_c\ dm^{-3}$, V_2 es la saturación de bases a alcanzar (alfalfa = 80%), V_1 es el valor actual de la saturación de bases detectado por el análisis, y PRNT es el poder relativo de neutralización total que viene especificado en el corrector a utilizar (MOREIRA et al., 2008, 2011, WERNER et al., 1996).

Al ser la alfalfa una planta muy sensible a la acidez, el encalado ejerce varios efectos beneficiosos sobre el cultivo, no sólo por la eliminación o disminución significativa de la acidez edáfica, sino también por reducir la toxicidad del aluminio y del manganeso, incrementar la disponibilidad de nutrientes, favorecer la mineralización de la materia orgánica (fuente de N, P, S, B y otros elementos), aumentar la eficiencia de la fijación simbiótica de N, proporcionar Ca y Mg,

mejorar la eficiencia de uso de fertilizantes potásicos y –principalmente- fosfatados, además de mejorar la actividad microbiana del suelo (MOREIRA et al., 2008).

Inicialmente se debe aplicar la mitad de la dosis calculada de calcáreo, dando preferencia a fuentes que tengan un contenido de Mg > 12%); más tarde, con el suelo seco, pasar un subsolador para destruir capas de suelo compactadas o algún otro impedimento en el perfil. Seguidamente, se debe promover una arada profunda, que invierta el pan de tierra, a fin de colocar el corrector en las capas más profundas del suelo, favoreciendo así el crecimiento de las raíces. Sobre esa tierra arada se debe entonces aplicar la mitad restante del calcáreo y luego hacer dos a tres pasajes de rastra hasta lograr un suelo libre de terrones. Antes de la última rastreada se deben aplicar al voleo los fertilizantes de mantenimiento del cultivo (P, K y micronutrientes). En suelos más arcillosos es necesario utilizar una azada rotativa para mejorar el desterronamiento del suelo y así facilitar una mejor siembra del cultivo (RASSINI et al., 2008).

Cuando se riega, la alfalfa se puede sembrar durante todo el año, aunque la siembra al final del verano (abril/mayo) es la más adecuada, ya que en este momento la competencia de las malezas es menor. La siembra debe ser mecánica, con un espaciado de 20 cm entre hileras y utilizando 15 kg ha⁻¹ de semilla. Después de la siembra se debe pasar un rodillo (rolo) compactador para incorporar mejor la semilla en el suelo. Se considera que un buen *stand* inicial debe rondar las 400 plantas m⁻², que disminuirá con el tiempo y que debería estabilizarse en aproximadamente 200 plantas m⁻² (RASSINI et al., 2008).

4.2 Fertilización a la siembra y de mantenimiento

La alfalfa es extremadamente exigente en fertilidad que, por cada 20 toneladas de materia seca (t MS) que produce, extrae 400 kg de N, 133 kg de P₂O₅ y 678 kg de K₂O (WERNER et al., 1996). Por lo tanto, los desequilibrios que se produzcan en la corrección del suelo y en la fertilización pueden conducir a la pérdida de vigor y a la reducción de la longevidad del cultivo.

En una alfalfa bien manejada, los efectos beneficiosos del encalado ocurren a lo largo de todo el ciclo de producción; por ello, el monitoreo a través de análisis de suelo anuales es esencial para la recomendación adecuada de correctores. Cabe destacar que el suministro de nitrógeno (N) para la alfalfa se lleva a cabo exclusivamente por medio de la inoculación de la semilla con cepas de la bacteria *Ensifer meliloti* (ex *Sinorhizobium meliloti*) y por lo tanto no hay necesidad de proporcionar este nutriente en forma de fertilizantes en ningún momento del ciclo de cultivo.

El fósforo (P) es uno de los nutrientes que ha presentado las respuestas más grandes y frecuentes cuando se aplica al cultivo de alfalfa, cuya longevidad y producción están directamente relacionadas con la fertilización fosfatada durante el establecimiento y el mantenimiento del alfalfar. El contenido ideal de P disponible en el suelo, estimado por el método de la resina de intercambio iónico, es de 40 mg dm^{-3} (WERNER et al., 1996). La aplicación de P para lograr este contenido debe, cuando sea necesario, realizarse a la siembra del cultivo (RASSINI et al., 2008).

En la etapa de producción del alfalfar se necesita prestar especial atención a la fertilización con potasio (K) dado que este elemento es uno de los nutrientes más extraídos por el cultivo (BERNARDI et al., 2013 b; MOREIRA et al., 2008). El macronutriente K es esencial para el proceso fotosintético, de modo que cuando hay deficiencias la fotosíntesis disminuye y la respiración aumenta, condiciones que reducen el suministro de carbohidratos a la planta, afectando incluso a la fijación biológica de N (LANYON; GRIFFITH, 1988). Berg et al. (2005) y Bernardi et al. (2013b) informó que el encalado, asociado con el yeso y la fertilización con K, contribuye decisivamente a la longevidad del alfalfar. Estos autores verificaron que las mejores respuestas de la alfalfa a la fertilización con potasio ocurrieron con el 80% de saturación de bases (V). También se observó la tendencia a disminuir la incidencia de malezas a medida que mejora la fertilidad del suelo, ya que en esta situación las plantas de alfalfa son más vigorosas.

Se han informado altos rendimientos de alfalfa con valores de K intercambiable a nivel del 5% del CTC del suelo (BERNARDI et al., 2013a). Por lo tanto, debido a la alta extracción de K que genera el cultivo, es necesario realizar frecuentes fertilizaciones de cobertura. Dosis de 100 a 120 kg ha^{-1} de K_2O después de cada corte han sido suficientes para obtener altos rendimientos de forraje (BERNARDI et al., 2013a; RASSINI; FREITAS, 1998).

El azufre (S) es otro macronutriente importante para el metabolismo y crecimiento de la alfalfa, y, en combinación con N, participa en la síntesis de aminoácidos y proteínas. Debido a la exigencia que la alfalfa tiene de este macronutriente, su suministro aumenta la producción de materia seca incluso en suelos cuyo contenido se considera suficiente (MOREIRA et al., 1997). Se recomienda aplicar anualmente 4 kg ha^{-1} de S por tonelada de materia seca producida (MOREIRA et al., 2008).

Los micronutrientes (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni y Zn) son elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, pero son necesarios en cantidades más pequeñas que los macronutrientes. Los resultados de los ensayos de campo mostraron que la aplicación de 50 kg ha^{-1} de BR-12 FTE BR-12[®] por año eran suficientes para satisfacer las necesidades de estos micronutrientes (MOREIRA et al., 2008). Si las plantas no adquieren el vigor ni la productividad

que se espera, se sugiere realizar una fertilización foliar cada tres ciclos de corte o pastoreo. Las fertilizaciones de mantenimiento deben hacerse al voleo en toda la superficie del cultivo. Con estas prácticas, en la región sureste se obtienen comúnmente producciones de 20 t MS ha⁻¹ año⁻¹ con entre 10 y 12 ciclos de corte o pastoreo.

La Tabla 1 muestra un resumen de las sugerencias para el encalado y la aplicación de fertilizantes en alfalfa. Existen otras tablas de recomendación para el cultivo sugeridas por Werner et al. (1996) y Cantarutti et al. (1999). Y en la Tabla 2 se presentan rangos adecuados de concentración de nutrientes en análisis foliares para que el cultivo alcance su mayor potencial productivo (MOREIRA et al., 2008; WERNER et al., 1996).

Tabla 1. Sugerencias para el encalado y la aplicación de fertilizantes en alfalfa.

Calcáreo	Elevar y mantener la saturación de bases al 80% (Ca: 60% de CTC; Mg: 20% de CTC)
Nitrógeno	Inocular las semillas con <i>Sinorhizobium meliloti</i>
Fósforo	Elevar y mantener el tenor de P en 40 g dm ⁻³
Potásio	Elevar y mantener un tenor equivalente a 5% CTC
Azufre	4 kg ha ⁻¹ por t de materia seca producida
Micronutrientes	1,0 kg ha ⁻¹ de B; 0,5 kg ha ⁻¹ de Cu; 1,0 kg ha ⁻¹ de Mn; 0,1 kg ha ⁻¹ de Mo y 5 kg ha ⁻¹ de Zn cada 2 años.

Tabla 2. Rangos de nutrientes adecuados en análisis foliares de alfalfa.

Macronutrientes (g kg⁻¹)					
N	P	K	Ca	Mg	S
26 a 35	2,5 a 3,5	20 a 40	10 a 20	2 a 6	1,2 a 1,4
Micronutrientes (mg kg⁻¹)					
B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
46 a 60	11 a 14	124 a 220	60 a 82	1,1 a 4,0	42 a 83

Fuente: Adaptado de Moreira et al. (2008) y Werner et al. (1996).

El diagnóstico visual puede ser la primera etapa del diagnóstico nutricional, que deberá ser confirmado luego mediante análisis de suelo y/o de tejidos. Los síntomas de la deficiencia de N son hojas con un tono verde claro a amarillo; los de P son hojas de color verde azulado, que pueden ser rojas o moradas en casos severos; los de K son hojas con manchas blanquecinas en los bordes; los de B son hojas moradas, con acortamiento del tallo principal; y los de Cu son hojas nuevas con curvatura hacia arriba (Figura 1).

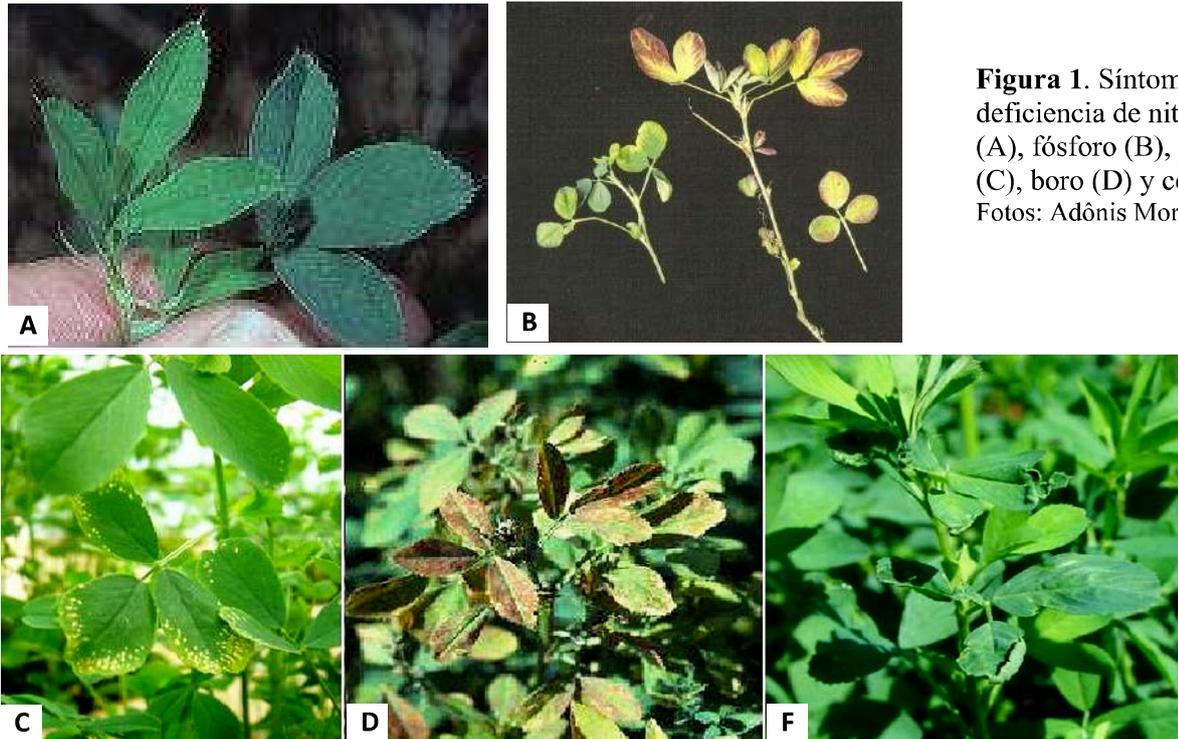


Figura 1. Síntomas de deficiência de nitrógeno (A), fósforo (B), potasio (C), boro (D) y cobre (E). Fotos: Adônis Moreira.

Referencias

- BERG, W. K.; CUNNINGHAM, S. M.; BROUDER, S. M.; JOERN, B. C.; JOHNSON, K. D.; SANTINI, J.;
 VOLENEC, J. J. Influence of phosphorus and potassium on alfalfa yield and yield components. **Crop Science**, v. 45, n. 1, p. 297-304, 2005. DOI: 10.2135/cropsci2005.0297.
- BERNARDI, A. C. C.; CARDOSO, R. D.; MOTA, E. P.; FERREIRA, R. P. Produção, estado nutricional e qualidade da alfafa sob pastejo e ocorrência de plantas daninhas em resposta à calagem, gessagem e adubação potássica. **Boletim de Indústria Animal**, v. 70, p. 67-74, 2013a. DOI: 10.17523/bia.v70n1p67.
- BERNARDI, A. C. de C.; RASSINI, J. B.; MENDONÇA, F. C.; FERREIRA, R. de P. Alfalfa dry matter yield, nutritional status and economic analysis of potassium fertilizer doses and frequency. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 3, p. 389-398, 2013b.
- CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M. et al. Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Eds.) **Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais: Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 332-341.
- LANYON, L. E.; GRIFFITH, W. K. Nutrition and fertilizer use. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL JUNIOR, R. R. (Ed.) **Alfalfa and alfalfa improvement**. Madison: Agronomy American Society, 1988. p. 333- 372.
- MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. de; EVANGELISTA, A. R. Efeito de doses de enxofre na produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 5, p. 533-538, 1997.
- MOREIRA, A.; BERNARDI, A. C. de C.; RASSINI, J. B. Correção do solo, estado nutricional e adubação da alfafa. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A. R.; CAMARGO, A. C.; MENDONÇA, F. C. (Ed.) **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 95-137.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K.; GARCIA Y GARCIA, A. Effect of liming on the nutritional conditions and yield of alfalfa grown in tropical conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v. 34, n. 8, p. 1107-1119, 2011. DOI: 10.1080/01904167.2011.558155.

RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. de P.; CAMARGO, A. C. de. Cultivo e estabelecimento da alfafa. In: FERREIRA, R. P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. A.; FREITAS, A. R.; CAMARGO, A. C.; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 39-79.

RASSINI, J. B.; FREITAS, A. R. Desenvolvimento da alfafa (*Medicago sativa* L.) sob diferentes doses de adubação potássica. **Revista da Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 3, p. 487-490, 1998.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1996. p. 245-258. (Boletim IAC, 100).