

PRODUÇÃO, ESTADO NUTRICIONAL E QUALIDADE DA ALFAFA SOB PASTEJO E OCORRÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS EM RESPOSTA À CALAGEM, GESSAGEM E ADUBAÇÃO POTÁSSICA¹

ALBERTO C. DE CAMPOS BERNARDI², RODRIGO DONIZETI CARDOSO³, EDSON PEREIRA DA MOTA⁴, REINALDO DE PAULA FERREIRA²

¹Recebido para publicação em 07/02/13. Aceito para publicação em 13/05/13.

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA - Pecuária Sudeste), Caixa postal 339, CEP 13560-970, São Carlos, SP, Brasil. Email: alberto@cnpse.embrapa.br

³Universidade Camilo Castelo Branco (UNICASTELO), Av. Hilário da Silva Passos, 950, Parque Universitário, CEP 13690-970, Descalvado, SP, Brasil.

⁴Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Prof. Luíz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Av. Pádua Dias, 11, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

RESUMO: A alfafa é uma planta extremamente exigente em fertilidade, e os desbalanços na correção do solo e adubação podem levar a perda de vigor do alfafal, originando o desenvolvimento agressivo de plantas daninhas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação no solo de calcário, gesso e potássio na produção de massa de matéria seca, estado nutricional, qualidade da alfafa e na ocorrência de plantas daninhas. Os resultados indicaram que as práticas da calagem, associada à gessagem e as adubações com potássio podem contribuir decisivamente no aumento da longevidade do alfafal. As maiores repostas da alfafa à adubação potássica ocorreram na maior saturação por bases ($V = 80\%$) do solo. Foi também observada a tendência de diminuição da ocorrência de plantas daninhas com a melhora da fertilidade do solo. A qualidade nutricional da forrageira não foi afetada pelos tratamentos.

Palavras-chave: *Medicago sativa*, calcário, gesso.

YIELD, NUTRITIONAL STATUS AND QUALITY OF ALFALFA UNDER GRAZING AND WEED OCCURRENCE IN RESPONSE TO LIMING, GYPSUM AND POTASSIUM FERTILIZATION

ABSTRACT: Alfalfa is extremely demanding in fertility, calcium and fertilizer unbalance of soil can lead to loss of alfalfa vigor, causing the development of aggressive weeds. The aim of this study was to evaluate the effect of soil amendment with lime and gypsum and potassium fertilizer on the alfalfa dry matter production, nutritional status and quality and weed occurrence. The results indicated that the practices associated with the lime and gypsum and fertilization with potassium can contribute substantially to the increased longevity of alfalfa. The major responses of alfalfa to potassium fertilization occurred in the highest soil base saturation ($V = 80\%$). A trend of decreasing the occurrence of weeds with the improvement of soil fertility was also observed. The forage nutritional quality was not affected by treatments.

Key words: *Medicago sativa*, lime, gypsum.

INTRODUÇÃO

A alfafa é uma planta muito sensível à acidez do solo, por isso em solos com pH baixo o seu desenvolvimento e produção são muito prejudicados. Em condições de acidez ocorrem alterações no sistema radicular, que começam a apresentar raízes curtas, grossas e bronzeadas e conseqüentemente diminuição do volume de solo explorado (MOREIRA *et al.*, 2008). Outro problema relacionado à acidez do solo é diminuição da eficiência da fixação de nitrogênio pela bactéria simbiótica *Sinorhizobium meliloti* (específica da forrageira) em solos com pH abaixo de 6,8 (HONDA e HONDA, 1990). RHYKERD e OVERDAHL (1972) recomendaram valores de pH entre 6,5 e 7,5 para o máximo potencial de produção da alfafa. Outro ponto a se destacar são as grandes quantidades de cálcio e magnésio extraídos pela cultura (HONDA e HONDA, 1990), respectivamente 224 e 45 kg ha⁻¹ (em 20 t ha⁻¹ de feno). A título de comparação 3,4 t ha⁻¹ de grãos de soja extraem 8 e 17 kg ha⁻¹ de Ca e Mg, respectivamente (HONDA e HONDA, 1990).

Desse modo a calagem é uma prática essencial para a cultura da alfafa, pois exerce vários efeitos benéficos, como a diminuição significativa da acidez do solo, redução da toxicidade de alumínio e manganês, aumento da disponibilidade de nutrientes, favorecimento da mineralização da matéria orgânica (fonte de nitrogênio, fósforo, enxofre, boro e de outros elementos), aumento da eficiência da fixação simbiótica do nitrogênio (N), fornecimento de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), melhora da eficiência de uso dos adubos potássicos e, principalmente, dos fosfatados, além de melhorar a atividade microbiana do solo (HAVLIN *et al.*, 1999; MOREIRA *et al.*, 2008).

Após a implantação do alfafal, não há mais possibilidade de incorporação de nutrientes imóveis no solo (fósforo, cálcio e magnésio). Dessa forma, a aplicação de gesso pode compensar esse efeito carregando os íons, especialmente os cátions, melhorando o ambiente em subsuperfície, sem a necessidade de incorporação do corretivo. Outra vantagem é que a gessagem pode reduzir a saturação por alumínio das camadas profundas, favorecendo a produção e a longevidade das culturas (CARVALHO e RAIJ, 1997).

Na produção de alfafa é necessária especial atenção à adubação potássica (RASSINI e FREITAS, 1998; BERNARDI *et al.*, 2013), pois é um dos nutrientes extraídos do solo em maiores quantidades através da forragem colhida (SMITH, 1975; LANYON e GRIFFITH, 1988;

BERNARDI *et al.*, 2013). LLOVERAS *et al.* (2001) verificaram extrações de 1500 a 1700 kg ha⁻¹ (com produtividade de 21,5 t ha⁻¹ de MS) em solo de alta fertilidade.

Os sais de potássio (K) apresentam em geral alta solubilidade, podendo atingir concentrações bastante elevadas na solução do solo, e também pode ocorrer esgotamento desse nutriente por lixiviação e/ou excesso de absorção pelas plantas (HAVLIN *et al.*, 1999). O macronutriente K é essencial no processo fotossintético e, quando deficiente, a fotossíntese diminui e a respiração aumenta, condições que reduzem o suprimento de carboidratos para as plantas impedindo inclusive a incorporação eficiente do N (LANYON e GRIFFITH, 1988). Por isso, em quantidades adequadas, o K aumenta a persistência e a longevidade do alfafal (SMITH, 1975; BERG, *et al.*, 2005).

Devido às altas exigências da alfafa, desbalanços na correção do solo e adubação podem levar a perda de vigor do alfafal, levando ao desenvolvimento de plantas daninhas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da calagem, gessagem e da adubação potássica sobre a produção de massa de matéria seca, estado nutricional e qualidade da alfafa e ocorrência de plantas daninhas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP (22°01' S e 47°54' W; 856 m acima do nível do mar), em um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, textura média (CALDERANO *et al.*, 1998). O clima da região é tropical de altitude, com histórico de 1502 mm de precipitação pluvial anual, e médias de temperaturas mínima e máxima de 16,3°C (julho) e de 23°C (fevereiro), respectivamente (CEPAGRI, 2010). A área esteve sob cultivo de alfafa (*Medicago sativa*) cv. Crioula irrigada e sob pastejo por três anos.

As características químicas do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, antes do início do experimento, foram respectivamente: pH_{CaCl2} = 5,3 e 5,1; M.O. = 30 e 20 g dm⁻³; Presina = 10 e 3 mg dm⁻³; K = 3,9 e 3,1 mmolc dm⁻³; Ca = 26 e 14 mmolc dm⁻³; Mg = 11 e 8 mmolc dm⁻³; CTC = 69 e 56 mmolc dm⁻³; V = 58 e 45%; B = 0,41 e 0,32 mg dm⁻³; Cu = 1,6 e 1,3 mg dm⁻³; Fe = 52 e 29 mg dm⁻³; Mn = 3,8 e 1,4 mg dm⁻³; Zn = 1,7 e 0,5 mg dm⁻³ e as características físicas: areia = 730 e 710 g kg⁻¹; argila = 253 e 273 g kg⁻¹; e silte = 17 e 17 g kg⁻¹.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 2 x 4, com duas repetições de parcelas e dez repetições no tempo. Os tratamentos utilizados foram duas saturações por bases (V = 60 e 80%), duas doses de gesso (0 e 3.000 kg ha⁻¹) e a adubação potássica em 4 doses equivalente a 0, 833, 1.250 e 1.667 kg ha⁻¹ de K₂O por ano. A fonte de potássio utilizada foi o cloreto de potássio (KCl) com 60% K₂O. Foi utilizado um calcário dolomítico com PRNT igual a 93%. O calcário e o gesso foram aplicados a lanço e sem incorporação no alfafal já implantado. Após trinta dias, foi realizado o corte de nivelamento e foi realizada uma adubação com P na dose equivalente a 200 kg ha⁻¹ P₂O₅ (na forma de fosfato super simples, 18% P₂O₅) e 50 kg ha⁻¹ FTE BR-12 (2,17% de B; 0,8% de Cu; 3,8% de Fe; 3,4% de Mn; 0,13% de Mo e 9,2% de Zn), aplicados a lanço e sem incorporação. O experimento teve início com o fornecimento das doses de fertilizante potássico que foram aplicadas parceladas em 10 vezes, a cada 30 dias após cada pastejo da alfafa.

As parcelas experimentais foram estabelecidas dentro dos piquetes, sendo compostas por 10 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas em 20 cm, tendo área total de 10 m². A produtividade da alfafa foi avaliada periodicamente, pela produção de biomassa fresca, amostrada na área útil das parcelas, quando a cultura apresentava 10% de florescimento, e um dia antes da entrada dos animais para pastejo. Foram realizados 10 cortes na alfafa com intervalos de 30 dias.

A avaliação da ocorrência de plantas daninhas foi realizada entre o 7 e o 10º corte no alfafal. Após o corte da alfafa e das plantas daninhas, contidas na área amostrada, essas foram identificadas de acordo com LORENZI (2000) e em seguida separadas em plantas daninhas e alfafa. As amostras do material colhido (alfafa e daninhas) foram levadas separadamente à estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante, para determinação da massa de matéria seca de ambas. Em seguida, as amostras de alfafa foram moídas e realizadas análises bromatológica e a determinação dos teores totais de nutrientes. O teor total de proteína bruta foi determinado pelo método semimicro de Kjeldhal (NOGUEIRA e SOUZA, 2005), digestibilidade "in vitro" da massa de matéria seca (TILLEY e TERRY, 1963) e teor de fibra em detergente neutro e ácido (VAN SOEST, 1994). Seguindo a metodologia descrita por NOGUEIRA e SOUZA (2005), após a digestão nítrico-perclórica das amostras foram determinados os teores totais de K (fotometria de chama) e de Ca e Mg (espectrofotometria de plasma induzido).

Os dados foram submetidos às análises estatísticas utilizando o procedimento GLM do programa "Statistical Analysis System" (SAS Inst., Inc., Cary, NC). Após análise de variância e aplicação do teste F (P?0,05), estimaram-se as equações de regressão polinomial para as variáveis mensuradas (produção de massa de matéria seca, estado nutricional e qualidade da alfafa e a porcentagem de ocorrência de daninhas) em função dos tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A alfafa respondeu positiva e significativamente à adubação potássica (Figura 1B) na maior saturação por bases (80%). A maior produção (11.574 kg ha⁻¹ de MS) foi obtida com a dose de 1.290 kg ha⁻¹ de K e com o uso de 3.000 kg ha⁻¹ de gesso. Na ausência do gesso, para essa mesma dose de K a produção máxima seria aproximadamente 4 % menor (11.162 kg ha⁻¹ de MS). Já na saturação de 60% não houve resposta à adubação, independente do uso ou não de gesso. Estes resultados confirmam o efeito benéfico da calagem no aumento da eficiência do uso de fertilizante potássico (HAVLIN *et al.*, 1999; MOREIRA *et al.*, 2008), além dos resultados prévios de SYED-OMAR e SUMMER (1991) que observaram aumentos da produção de alfafa até a dose de 2 t ha⁻¹ de gesso.

Os resultados de produção de massa de matéria seca da alfafa com aumentos entre 29 e 40% confirmam os obtidos por SMITH (1975), KAFKAFI *et al.* (1977), RANDO e SILVEIRA (1995), RASSINI e FREITAS (1998) e BERNARDI *et al.* (2013) que também observaram aumentos na produção com os incrementos nas doses de K. Os efeitos positivos da calagem também eram esperados, uma vez que, entre as leguminosas, a alfafa é a mais exigente em pH alto do solo, sendo sua faixa ótima de 6,5 a 7,5 (HONDA e HONDA, 1990).

A menor produção observada neste estudo (11,6 t ha⁻¹), quando comparada com as produções de 15,7 t ha⁻¹ em 9 cortes (RASSINI e FREITAS (1998) e de 30,5 t ha⁻¹ em 12 cortes (BERNARDI *et al.*, 2013) obtidas nas mesmas condições edafoclimáticas, provavelmente está relacionada com o declínio natural induzido pelo corte repetitivo da cultura, que estava no 4º. ano sob pastejo. De acordo com RICE *et al.* (1989), a longevidade da alfafa é limitada pelo declínio na população de plantas, devido ao inadequado corte ou manejo de pastejo. Além disso, o declínio também ocorre devido às doenças, pragas, plantas daninhas e perda da fertilidade do solo, e isso ocorre mais rapidamente em culturas de alfafa irrigada, como é o caso deste estu-

do. LLOVERAS *et al.* (2001) também observaram o declínio na produção do alfafal do primeiro ao quarto ano de avaliação, mesmo com níveis adequados de fornecimento de fertilizantes.

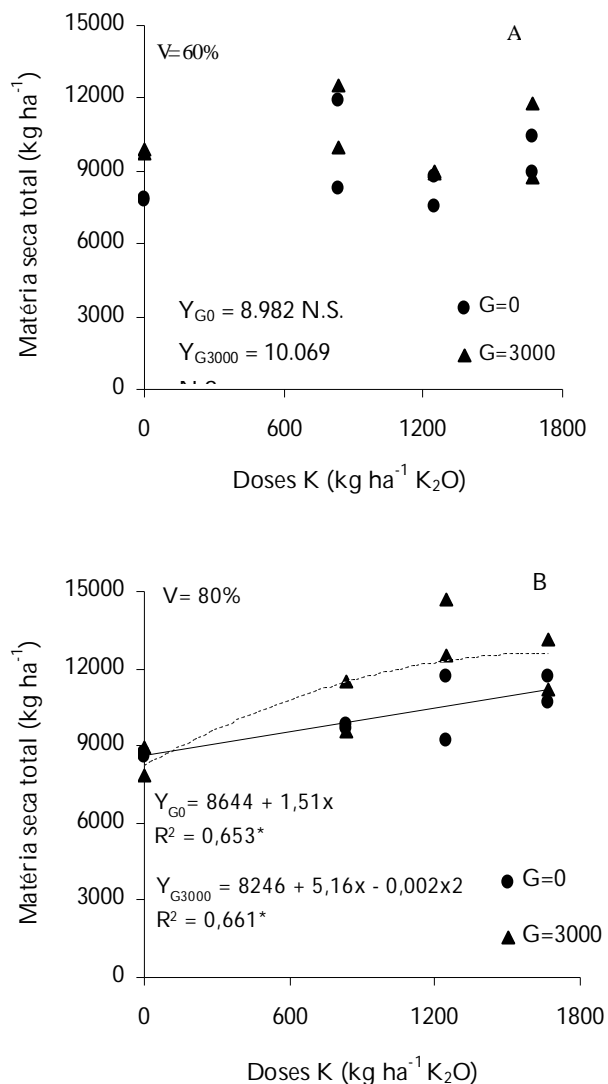


Figura 1. Produção de massa de matéria seca de alfafal sob pastejo em função da adubação potássica e do fornecimento de gesso (0 e 3000 kg ha⁻¹), nas saturações por base (V) de 60% (A) e 80% (B). São Carlos, SP.

Foi observada a tendência significativa de diminuição da ocorrência de plantas daninhas com a melhora da fertilidade do solo (Figura 2), ou seja, na maior saturação por bases e nas maiores doses do fertilizante potássico. Provavelmente, a redução de plantas daninhas ocorreu devido ao maior eficiência

das plantas de alfafa na cobertura do solo, limitando, assim, o desenvolvimento das invasoras.

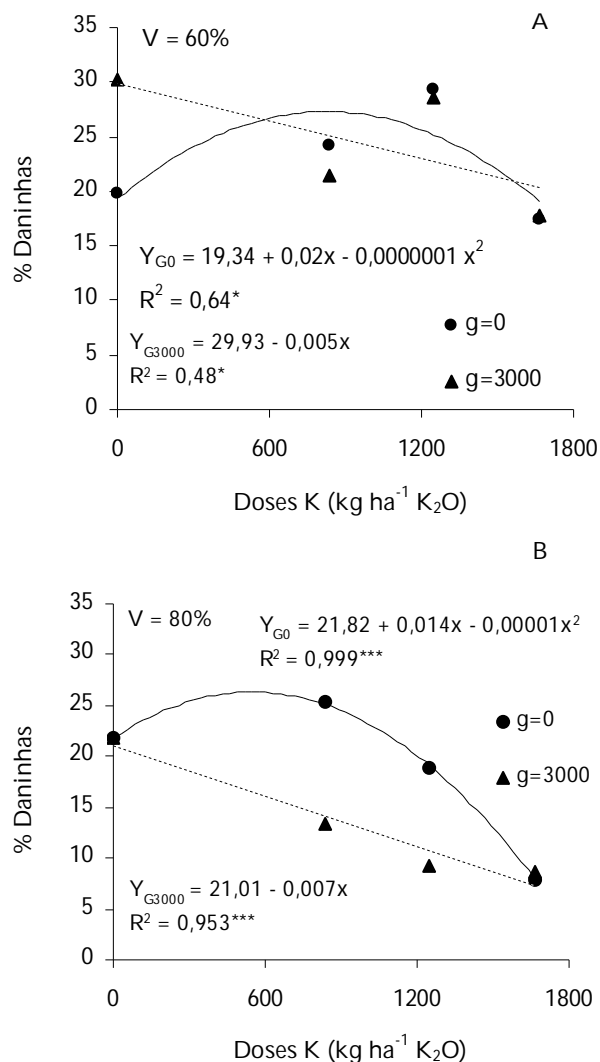


Figura 2. Porcentagem de plantas daninhas (m/m) na massa de matéria seca total de alfafal sob pastejo em função da adubação potássica e do fornecimento de gesso (0 e 3000 kg ha⁻¹), nas saturações por base (V) de 60% (A) e 80% (B). São Carlos, SP.

Os resultados na Figura 2 indicam diminuição linear da ocorrência de plantas daninhas com o aumento das doses de fertilizante potássico. E estas diminuições foram de 29,9 para 21,6% e de 21,0 para 9,3%, respectivamente nas saturações de 60 e 80% e nas doses de 3.000 kg ha⁻¹ de gesso. Em ambas as saturações estudadas (V 60 e 80%), na ausência do gesso, a adubação potássica promoveu um efeito

quadrático sobre a ocorrência de plantas daninhas, indicando que nas doses iniciais há um favorecimento das invasoras, provavelmente por serem mais eficientes na utilização dos nutrientes. Porém, com o aumento das doses, houve decréscimo. Estes resultados também indicam que a correção do solo, gessagem e o fornecimento de potássio em doses adequadas pode contribuir com a longevidade do estande de alfafa, como já foi mostrado por SMITH (1975), BERG *et al.* (2005) e BERNARDI *et al.* (2013).

As ocorrências de espécies de plantas daninhas, identificadas de acordo com LORENZI (2000) foram: azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), botão de ouro (*Siegesbeckia orientalis* L.), buva (*Erigeron bonariensis* L.), capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapt.), capim-Coast cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), fazendeiro (*Galinsoga parviflora* Cav.), junca (*Cyperus surinamensis* Rottb.), macela (*Gamochoeta spicata* (Lam.) Cabr.), mastruz (*Lepidium virginicum* L.), trevo (*Oxalis corniculata* L.) e serralha (*Sonchus oleraceus* L.).

No Brasil, as faixas de teores adequados para os macronutrientes K, Ca e Mg na parte aérea da alfafa, propostos por WERNER *et al.* (1997) são: K de 20 a 35 g kg⁻¹; Ca de 10 a 25 g kg⁻¹; Mg de 3 a 8 g kg⁻¹. Os valores observados para o nutriente K foram considerados adequados (Figura 3A). A máxima concentração de K na parte aérea da alfafa foi 31,4 g kg⁻¹, obtida na dose de 1.667 kg ha⁻¹ de K. Este valor é 19% mais alto que aquele obtido com o controle (26,4 kg ha⁻¹ de K). O aumento na concentração de K com aumento da fertilização potássica foi similar aos resultados de SMITH (1975) e SHEAFFER *et al.* (1986), em solos que responderam ao fornecimento de K. Eles observaram, respectivamente, que a concentração de K no tecido aumentou de 8,9 para 20,5 g kg⁻¹ quando as taxas de adubação aumentaram de 0 para 448 kg ha⁻¹ e de 11,4 para 25,3 g kg⁻¹ quando a adubação foi de 0 para 334 kg ha⁻¹. Neste estudo não houve efeito da calagem e da gessagem na concentração de K na parte aérea da alfafa.

As plantas absorvem os nutrientes da solução do solo pelas raízes criando um gradiente de concentração através de suas membranas celulares. E os nutrientes catiônicos competem pela absorção via osmose. A Figura 3 ilustra o resultado da competição pela absorção de K, Ca e Mg, uma vez que os aumentos na adubação potássica levaram a diminuições nos teores de Ca e Mg como havia sido relatado por SMITH (1975), LANYON e GRIFFITH (1988) e LLOVERAS *et al.* (2001). De acordo com a equação representada na Figura 3A, a dose de 370 kg ha⁻¹ de fertilizante potássico podem levar a concentrações insuficientes de Mg (< 3 g kg⁻¹) na parte aérea da alfafa (WERNER *et al.* 1996). Não houve efeito significativo da calagem e da gessagem na concentração de Mg na parte aérea da alfafa.

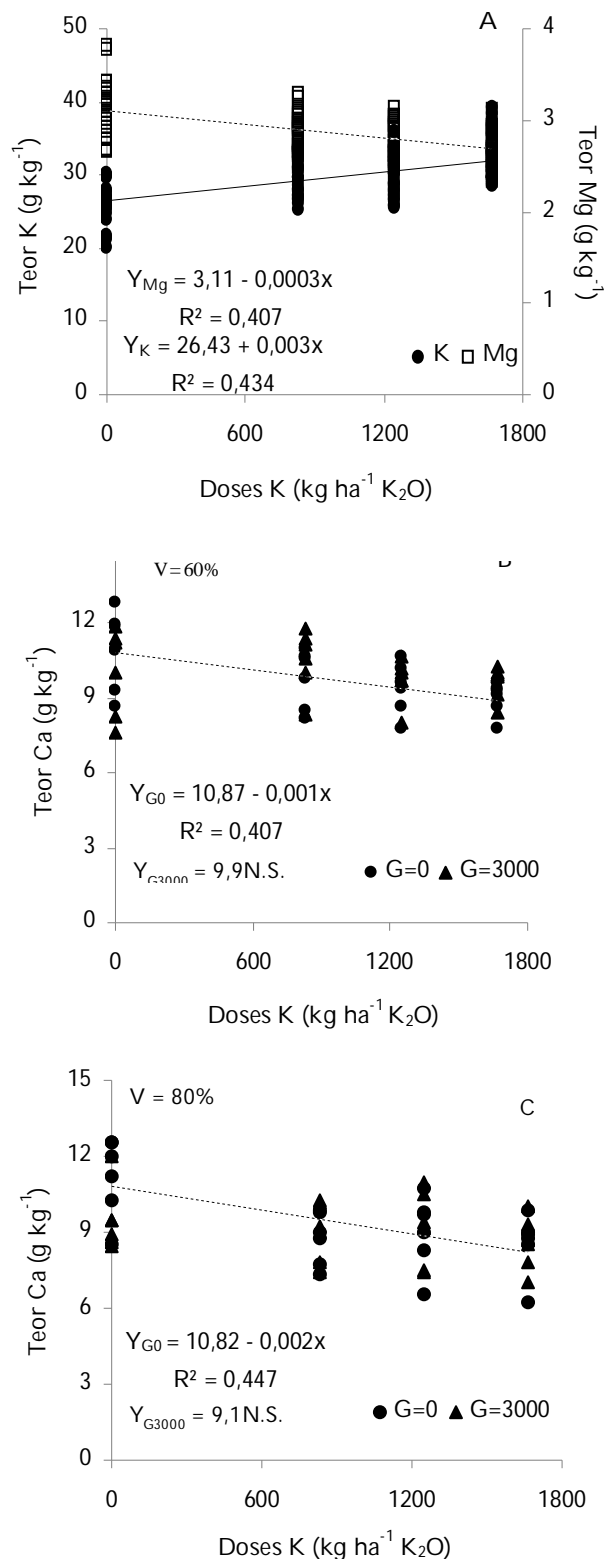


Figura 3. Concentrações foliares de K, Ca, Mg na parte aérea da alfafa em função da adubação potássica e do fornecimento de gesso (0 e 3000 kg ha⁻¹), nas saturações por base (V) de 60% (A) e 80% (B). São Carlos, SP.

O efeito de absorção competitiva também foi observado com o Ca especialmente nos tratamentos em que não houve fornecimento de gesso (Figura 3B e C). Pode-se aferir que as concentrações de Ca na parte aérea foram mais baixas que as consideradas adequadas ($< 10 \text{ g kg}^{-1}$) a partir da dose de 870 e 410 kg ha^{-1} de K, respectivamente nas saturações por base de 60 e 80%. Em experimentos de longa duração (10 anos) com soja, a inibição da absorção de Ca e Mg devido ao aumento das disponibilidade de K foi relatado por BORKERT *et al.* (1997).

As funções dos nutrientes nas plantas de alfafa, a importância destes na produtividade e qualidade da forragem, e os possíveis distúrbios provocados por suas deficiências foram apresentados por MOREIRA *et al.* (2008). Apesar dos macronutrientes Ca e Mg terem sido encontrados em concentrações abaixo das faixas consideradas adequadas em alguns tratamentos, não foram observados sintomas de deficiência visual nas folhas.

As características da qualidade nutricional da alfafa não variaram em função das doses de K e uso

de gesso (0 e 3000 kg ha^{-1}), nas saturações por base (V) de 60% e 80% (Tabela 1). Considerando-se os resultados prévios encontrados na literatura, os teores de proteína bruta, que variaram de 23 a 25%, foram mais elevados que o valor médio de 20% observado por MONTEIRO *et al.* (1998) para a mesma cultivar. Já os valores de FDN (entre 28 a 35%) e FDA (entre 24 a 32%) foram inferiores aos resultados médios de 42 e 30% obtido por MONTEIRO *et al.* (1998). A percentagem de FDN compõe a estrutura da parede celular, composta principalmente de carboidratos estruturais, que são de baixa disponibilidade no processo de digestão (SILVA e QUEIROZ, 2002). Portanto a redução no teor de FDN implica em aumento dos constituintes do conteúdo celular: carboidratos solúveis, proteínas e lipídeos, os quais apresentam maior disponibilidade. A FDA representa a fração fibrosa do alimento ou a composição da parede celular, e está intimamente ligada à digestibilidade, uma vez que a lignina é o principal componente químico da parede celular das forrageiras (SILVA e QUEIROZ, 2002). Portanto valores mais baixos indicam melhor digestibilidade e aproveitamento da forrageira. A digestibilidade variou de 68 a 71%, ficando dentro do valor considerado adequado (70%) por CONRAD *et al.* (1964) para uma dieta de ruminantes.

Tabela 1. Teor total de proteína bruta, digestibilidade "in vitro" da massa de matéria seca e teor de fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) na parte aérea da alfafa em função da adubação potássica e do fornecimento de gesso (0 e 3000 kg ha^{-1}), nas saturações por base (V) de 60% (A) e 80% (B). São Carlos, SP

Parâmetro Bromatológico	K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Saturação por base			
		V = 60%		V = 80%	
		G 0	G 3000	G 0	G 3000
Proteína bruta (%)	0	23,7	23,4	24,2	24,8
	833	24,0	24,0	25,1	24,3
	1.250	22,8	23,6	24,9	24,0
	1.667	24,1	23,7	25,3	24,8
Digestibilidade (%)	0	69,6	70,2	69,5	68,2
	833	70,1	68,8	69,5	68,3
	1.250	70,3	69,8	69,4	67,6
	1.667	70,5	69,8	69,0	66,9
FDN (%)	0	28,3	32,9	28,3	32,9
	833	33,0	34,0	33,0	34,0
	1.250	33,7	33,8	33,7	33,8
	1.667	35,0	33,7	35,0	33,7
FDA (%)	0	24,3	24,1	24,3	24,1
	833	25,1	27,1	25,1	27,1
	1.250	25,1	31,9	25,1	31,9
	1.667	24,2	27,3	24,2	27,3

CONCLUSÕES

As práticas da calagem associada com a gessagem e as adubações com potássio podem contribuir decisivamente no aumento da longevidade do alfafal. As maiores repostas da alfafa à adubação potássica ocorreram na maior saturação por bases ($V = 80\%$). Foi também observada a tendência de diminuição da ocorrência de plantas daninhas com a melhoria da fertilidade do solo. A qualidade nutricional da forrageira não foi afetada pelos tratamentos.

AGRADECIMENTOS

Ao International Potash Institute - IPI pelo apoio financeiro no desenvolvimento deste projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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, p. 297-304, 2005.
- BERNARDI, A. C. C.; RASSINI, J. B.; MENDONÇA, F. C.; FERREIRA, R. 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, p. 389-398, 2013.
- BORKERT, C. M.; FARIAS, J. R. B.; SFREDO, G. J.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C. L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em Latossolo roxo distrófico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, p.1235-1249, 1997.
- CALDERANO FILHO, B.; SANTOS, H. G.; FONSECA, O. O. M.; SANTOS, R. D.; PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. **Os solos da Fazenda Canchim**. Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste, São Carlos, SP: levantamento semidetalhado, propriedades e potenciais. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS; São Carlos: EMBRAPACPPSE, 1998. (EMBRAPA-CNPS. Boletim de Pesquisa, 07; (EMBRAPA-CPPSE. Boletim de Pesquisa, 02).
- CARVALHO, M. C. S.; RAIJ, B. van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant Soil**, v. 192, p. 37-48, 1997.
- CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURACEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas** - a classificação climática de koeppen para o Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_549.html>. Acesso em: 01 jun. 2010.
- CONRAD, H. R.; PRATT, A. D.; HIBBS, J. W. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. **Journal of Dairy Science**, v.47, p.54-62, 1964.
- HAVLIN, J.; BEATON, J. D.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. **Soil fertility and fertilizers: an introduction nutrient management**. Upper Saddle River: Prentice Hall. 1999. 499 p.
- HONDA, C. S.; HONDA, A. M. **Cultura da alfafa**. Cambara: IARA, 1990. 245 p.
- KAFKAFI, U.; GILAT, R.; YOLES, D. Studies on fertilization of field-grown irrigated alfalfa. **Plant Soil**, v. 46, p.165-173, 1977.
- 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. p. 333-372, 1988.
- LLOVERAS, J.; FERRAN, J.; BOIXADERA, J.; BONET, J. Potassium Fertilization Effects on alfalfa in a Mediterranean climate. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 139-143, 2001.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 5.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 399 p.
- MONTEIRO, A. L. G.; COSTA, C.; SILVEIRA, A. C. Produção e distribuição de matéria seca e composição bromatológica de cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.868-874, 1998.
- MOREIRA, A.; BERNARDI, A. C. C.; RASSINI, J. B. Correção do solo, estado nutricional e adubação 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. 95-138.
- NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313p.
- RANDO, E. M.; SILVEIRA, R. I. Desenvolvimento da alfafa em diferentes níveis de acidez, potássio e enxofre no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.235-242, 1995.

- RASSINI, J. B.; FREITAS, A. R. Desenvolvimento da alfafa (*Medicago sativa*) sob diferentes doses de adubação potássica. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 27, p. 487- 490, 1998.
- RHYKERD, C. L.; OVERDAHL, C. J. Nutrition and fertilizer use. In: HANSON, C. H. (Ed.). **Alfalfa Science and Technology**. Madison: American Society of Agronomy, v. 2, p. 437-465, 1972.
- RICE, J. S.; QUINSENBERRY, V. L.; NOLAN, T. A. Alfalfa persistence and yield with irrigation. **Agronomy Journal**, v. 81, p. 943-946, 1989.
- SARMENTO, P.; CORSI, M.; CAMPOS, F. P. Resposta da alfafa a fontes de fósforo associadas ao gesso e à calagem. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 81-390, 2001.
- SAS INSTITUTE INC. **System for Microsoft Windows**. Release 9.1. Cary, NC, USA: 2003. 1 CD ROM.
- SHEAFFER, C. C., RUSSELLE, M. P.; HESTERMAN, O. B. Alfalfa response to potassium, irrigation and harvest management. **Agronomy Journal**, v.78, p.464-468, 1986.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. UFV, Viçosa, 2002, 235p.
- SMITH, D. Effects of potassium topdressing a low fertility silt loam soil on alfalfa herbage yields and composition and on soil K. **Agronomy Journal**, v. 67, p. 60-64, 1975.
- SYED-OMAR, S. R.; SUMNER, M. E. Effect of gypsum on soil potassium and magnesium status and growth of alfalfa. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.22, p. 2017-2028, 1991.
- TILLEY, J. M. A; TERRY, R. A. A. A two stages technique for "in vitro" digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, p.104 -111, 1963.
- Van SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Corvallis: O e B Books, Cornell University Press. 1994. 476p.
- WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: RAIJ, B.VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Instituto Agronômico/Fundação IAC, Campinas. p.263-273. 1996.