

ESTADO NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE MASSA SECA DA ALFAFA EM FUNÇÃO DE DOSES DE POTÁSSIO EM DOIS SOLOS

NUTRITIONAL STATUS AND DRY MASS PRODUCTION OF ALFALFA IN FUNCTION OF POTASSIUM RATES IN TWO SOILS

Valdeci ORIOLI JÚNIOR¹; Edson Luiz Mendes COUTINHO²;
André Mendes COUTINHO NETO³; Saulo Strazeio CARDOSO⁴

1. Professor, Doutor, Instituto Federal do Triângulo Mineiro – IFTM, Uberaba, MG, Brasil. valdeci@iftm.edu.br; 2. Professor, Doutor, Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil; 3. Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), FCAV – UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil; 4. Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal), FCAV – UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil.

RESUMO: A adubação potássica é de fundamental importância para cultura da alfafa em termos de rendimento, qualidade e persistência da forrageira, sobretudo em solos naturalmente pobres em K, como Latossolos e Argissolos. Assim, para avaliar os efeitos da aplicação de K na produção e estado nutricional da alfafa, conduziu-se um experimento em casa de vegetação utilizando-se amostras de um Latossolo Vermelho distrófico textura média (LV) ($0,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K) e um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico textura arenosa/média (PVA) ($2,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K). Adotou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6×2 (seis doses de K e dois solos), com quatro repetições. As doses de K utilizadas foram: 0, 25, 50, 100, 150 e 200 mg kg^{-1} de K. Adubação potássica aumentou o teor de K no solo e na parte aérea das plantas. Com a concentração de K na parte aérea por volta de 10 g kg^{-1} , as plantas apresentaram sintomas típicos de deficiência deste nutriente. O fornecimento de K elevou também a concentração de N na parte aérea das plantas cultivadas no LV. Com exceção do primeiro corte das plantas cultivadas no PVA, a adição de K incrementou a produção de massa seca da alfafa. Os níveis críticos de K no solo e na parte aérea de alfafa foram, $1,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $16,7 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: *Medicago sativa*. Nível crítico. Adubação potássica. Nutrição de plantas.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo da alfafa concentra-se na região Sul, onde tem sido cultivada sob condições de boa fertilidade do solo e baixa acidez. Contudo, a introdução dessa cultura em regiões cujos solos apresentam-se ácidos e com baixa fertilidade, requer a correção desses fatores para a obtenção de sucesso no seu cultivo.

A maioria dos solos brasileiros é constituída principalmente por Latossolos e Argissolos, os quais se caracterizam por apresentar alto grau de alteração dos seus materiais constituintes, restando pouca ou nenhuma reserva mineral nas frações grosseiras, dominadas quase que exclusivamente por quartzo e outros materiais resistentes ao intemperismo e, portanto, com baixos teores naturais de K (ERNANI et al., 2007). Assim, a adubação potássica é prática fundamental para o cultivo de alfafa neste tipo de solo.

Esse nutriente é o mais requerido pela alfafa e é de fundamental importância para essa cultura em termos de produção, qualidade e longevidade do “stand” e, após alguns cortes, aparentemente, esse é o nutriente que mais limita a sua produção (RANDO; SILVEIRA, 1995). Alguns experimentos mostram a importância da adubação potássica na

produção dessa forrageira e sua manutenção ao longo do tempo (SMITH, 1975; BARTA, 1982; SHEAFER et al., 1986; BERG et al., 2005; 2007; 2009) e também na melhoria de sua qualidade (LISSBRANT et al., 2009).

A aplicação de potássio e o consequente aumento de sua concentração no tecido vegetal da alfafa tem também sido associado a um aumento na fixação simbiótica de N_2 , favorecendo, não só a produtividade da cultura, mas também a concentração de proteína, melhorando a qualidade da forragem (DUKE et al., 1980; GREWAL; WILLIAMS, 2002).

Apesar disso, um dos principais motivos do declínio gradual na produtividade e qualidade da alfafa tem sido a adubação potássica inadequada. Devido ao método de colheita da alfafa, onde toda a massa produzida é removida na forma de feno, há uma intensa exportação de nutrientes que, muitas vezes, não são repostos de maneira adequada, deixando de atender as necessidades da leguminosa (RANDO; SILVEIRA, 1995).

A resposta na produção das leguminosas forrageiras em função da aplicação de K é influenciada não só pela variação nas exigências nesse elemento entre as espécies e cultivares dentro

de uma mesma espécie, mas também pela capacidade de cada tipo de solo em fornecer K.

Pelos motivos supracitados e por serem escassos os estudos de adubação potássica com essa leguminosa em solos naturalmente pobres em K, porém com grande extensão no país, instalou-se um experimento com o objetivo de verificar os efeitos da adição desse nutriente no estado nutricional e produção de alfafa (cv. Crioula). Procurou-se também estabelecer níveis críticos de K no solo e na parte aérea das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos de cerâmica preenchidos com 4,2 kg de amostra de terra, coletada da camada arável (0 - 20 cm) de um, segundo EMBRAPA (2006), Latossolo Vermelho distrófico textura média (LV), proveniente do município de Jaboticabal - SP e um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVA), textura arenosa/média, coletado no município de Pindorama - SP.

Os principais atributos físicos e químicos dos solos são apresentados na Tabela 1. O delineamento experimental utilizado foi o

inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 6 x 2 (seis doses de K e dois solos), totalizando quarenta e oito unidades experimentais. As doses de K utilizadas foram: 0, 25, 50, 100, 150 e 200 mg kg⁻¹ de K, utilizando-se como fonte o cloreto de potássio. Todos os tratamentos receberam uma adubação com 200 mg kg⁻¹ de P (superfosfato simples), 1,0 mg kg⁻¹ de B (ácido bórico), 3 mg kg⁻¹ de Zn (sulfato de zinco), e 0,1 mg kg⁻¹ de Mo (molibdato de amônio). Com exceção do superfosfato simples que foi aplicado na forma sólida, os demais fertilizantes, na forma de solução aquosa, foram misturados ao volume total do solo. Após a adição dos fertilizantes adicionou-se água destilada, deixando-se os solos em incubação por 29 dias. Após esse período, foram semeadas em cada vaso 12 sementes de alfafa (cultivar Crioula), previamente inoculadas com *Rhizobium meliloti*. Sete dias após a emergência das plantas realizou-se o desbaste, deixando-se cinco plantas por vaso. Durante todo o período experimental procurou-se manter os solos a aproximadamente 80% da capacidade máxima de retenção de água, por meio de regas diárias com água destilada, cuja quantidade foi determinada pela pesagem diária dos vasos.

Tabela 1. Caracterização granulométrica* e química** dos solos estudados.

Solo	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H+Al	V	Argila	Areia
		----- mmol _c dm ⁻³ -----				-- % --	----- g kg ⁻¹ -----	
LV	5,6	0,6	37	12	18	73	260	710
PVA	5,6	2,2	46	11	21	74	180	800

* método da pipeta (DAY, 1965); ** análises realizadas segundo métodos descritos por Raij et al. (2001).

Foram realizadas duas amostragens de solo, sendo a primeira após o período de incubação (antes da semeadura) e a segunda, imediatamente após o primeiro corte da parte aérea. Nas amostras de solo, foi determinada a concentração de K segundo Raij et al. (2001).

Dois cortes da parte aérea foram realizados (1º corte: 54 dias após a emergência das plantas; 2º corte: 28 dias após o primeiro corte), a uma altura de aproximadamente 10 cm do solo, utilizando-se como ponto de corte, quando 5% das plantas apresentavam floração. O material vegetal obtido em cada corte, depois de lavado e seco em estufa (65°C), foi pesado para a determinação da produção de massa seca. Após a pesagem o material vegetal foi moído e analisado para K, Ca, Mg e N segundo Bataglia et al. (1983).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando constatadas diferenças significativas entre os tratamentos,

compararam-se as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os tipos de solo e efetuou-se a análise de regressão para as doses de K. Através da relação entre a produção relativa de massa seca da parte aérea e as concentrações de K na planta ou no solo calcularam-se os níveis críticos desse nutriente, associando-os a uma produção relativa de 90%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se na Figura 1 que o aumento das doses de K elevou o teor desse nutriente em ambos os solos (P < 0,01), nas duas épocas de amostragem. Independentemente da dose, os teores de K foram superiores no Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) em relação ao Latossolo Vermelho (LV) (P < 0,01), tanto na primeira como na segunda amostragem. Essa diferença entre os solos decorre do maior teor de K inicial do PVA, como pode ser observado na Tabela 1.

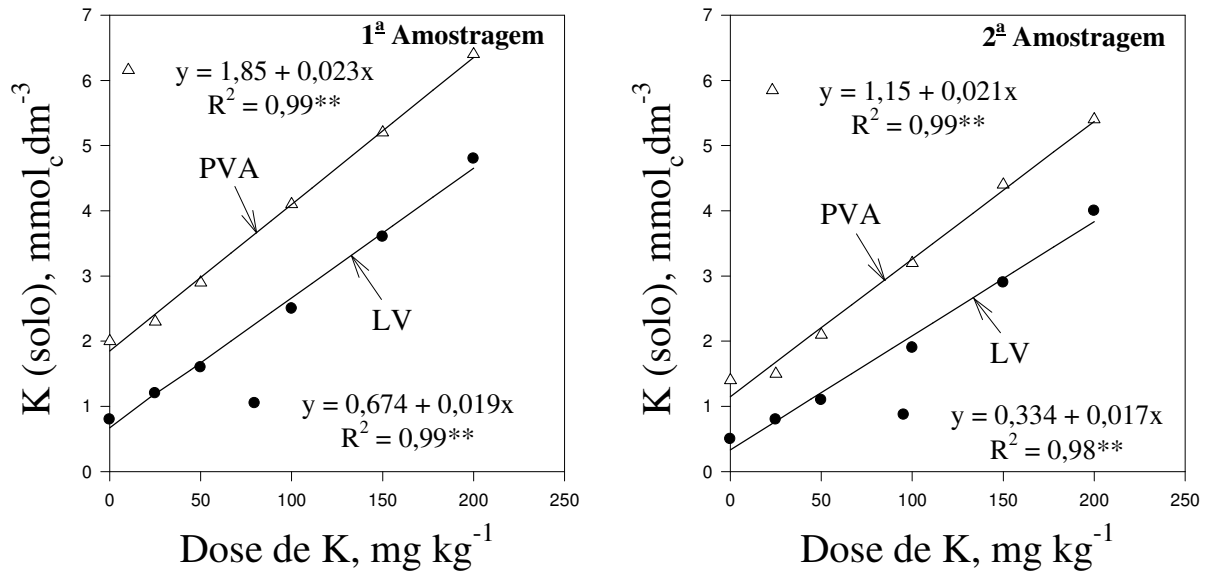


Figura 1. Efeitos de doses de K na concentração desse nutriente em dois tipos de solo e duas épocas de amostragem. (LV: Latossolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo).

Assim como para o teor de K no solo, observou-se maior concentração de K na parte aérea das plantas à medida que se aumentou a dose de K ($P < 0,01$), nos dois cortes realizados. As plantas cultivadas no PVA continham maior concentração de K na parte aérea do que aquelas cultivadas no LV ($P < 0,01$) em ambos os cortes (Figura 2).

De acordo com Smith e Powell (1979) e Walker et al. (1987), plantas bem nutridas em K devem conter, em sua parte aérea no estágio de florescimento, concentrações acima de 20-22 g kg⁻¹

de K. Nota-se que as plantas cultivadas no PVA, devido ao teor inicial de K deste solo (2,2 mmol dm⁻³ de K), apresentavam concentrações de K, no primeiro corte, igual ou acima dos valores mencionados, independentemente da dose de K. Contudo, no segundo corte, as plantas continham essas concentrações partir da aplicação de 100 mg kg⁻¹ de K. Para o LV, as plantas submetidas à aplicação de 150 mg kg⁻¹ de K, em ambos os cortes, apresentavam concentrações de acordo com o preconizado pelos autores citados.

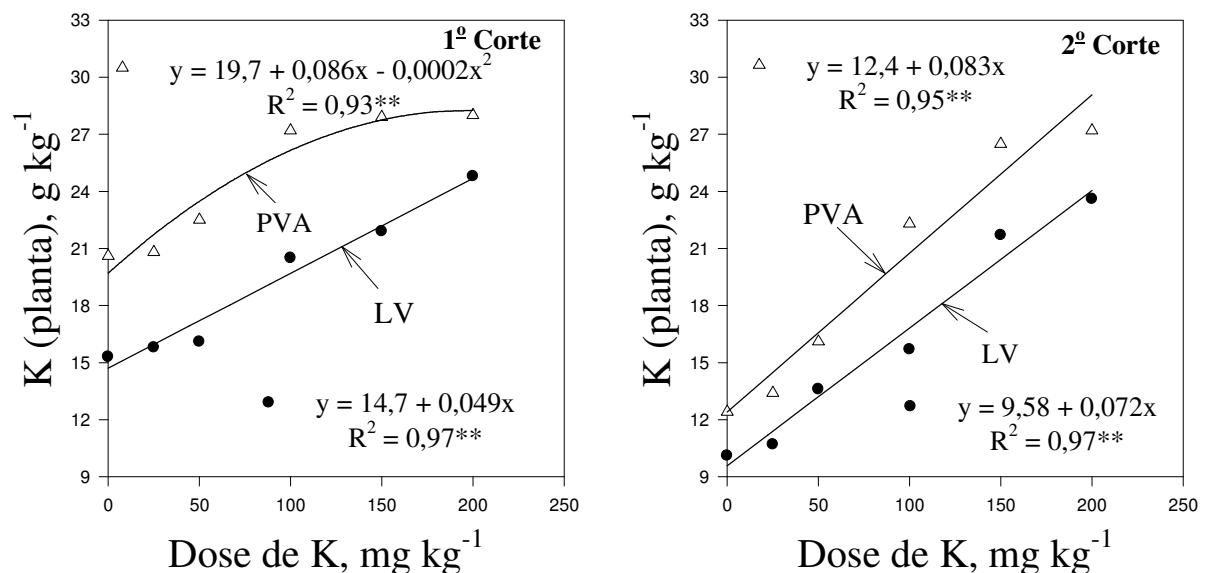


Figura 2. Efeitos de dose de K na concentração desse nutriente em plantas de alfafa cultivadas em dois tipos de solo por dois cortes consecutivos. (LV: Latossolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo).

Os efeitos da adubação potássica foram mais pronunciados no segundo corte, verificando-se

inclusive sintomas de carência desse nutriente, no tratamento testemunha (sem K), caracterizados por

pontuações esbranquiçadas no bordo das folhas mais velhas. Estas plantas apresentavam, em média, teores de potássio próximos a 10 g kg^{-1} .

Ao se relacionar as concentrações de K e Ca na parte aérea das plantas, observa-se na Figura 3, que a adubação potássica não alterou os teores de Ca das plantas cultivadas no PVA. Contudo, houve redução significativa da concentração de Ca na parte

aérea das plantas cultivadas no LV ($P < 0,01$). Independentemente da concentração de K, plantas cultivadas no PVA apresentavam maiores concentrações de Ca na parte aérea do que as cultivadas no LV ($P < 0,01$). Essa diferença provavelmente ocorre devido ao maior teor inicial de Ca no PVA (Tabela 1).

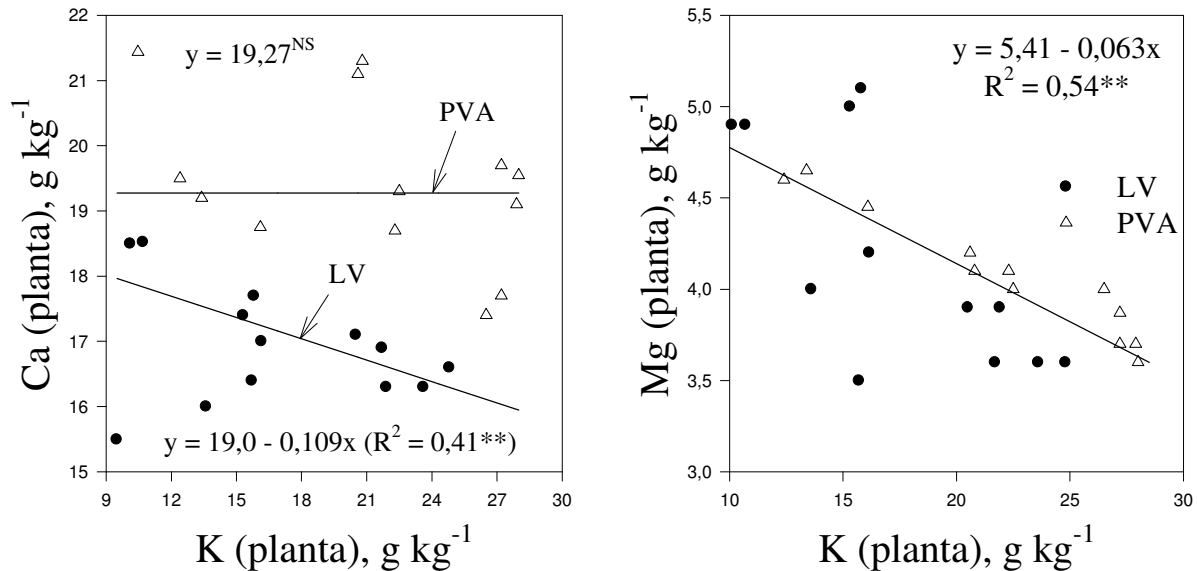


Figura 3. Efeitos da adubação potássica na concentração de Ca e Mg na parte aérea de plantas de alfafa cultivadas em dois solos. (LV: Latossolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo).

Para as concentrações de Mg na parte aérea das plantas, não houve diferenças significativas entre os solos e verificou-se redução do teor desse nutriente nas das plantas ($P < 0,01$) a medida que a concentração de K aumentou. Outros autores também observaram que o maior fornecimento de K, com conseqüente aumento das concentrações desse nutriente nas plantas, reduziu as concentrações de Ca e Mg no tecido vegetal da alfafa (COLLINS et al., 1986; SHEAFER et al., 1986).

Entretanto, quando considerada a quantidade absorvida e acumulada de Ca e Mg na parte aérea (dados não apresentados), verifica-se que esta ou aumentou ou permaneceu constante com o incremento doses de K. Atribui-se a isto um efeito de diluição, provocado pelo maior crescimento/desenvolvimento das plantas devido à adubação potássica.

Smith (1975) menciona que o aumento da dose de K pode ocasionar redução de até 40% no teor de Mg da parte aérea da alfafa e admite que essa redução pode causar insuficiência deste elemento tanto para os animais quanto para a forrageira. Porém, em nenhum dos trabalhos mencionados verificou-se queda na produção de

massa seca, apesar do decréscimo da concentração desses cátions divalentes nas plantas. De acordo com Ernani et al. (2007), as plantas têm a capacidade de compensar a absorção dentro de ampla variação de concentrações, e os efeitos antagônicos só passam a influenciar negativamente o rendimento, quando os desajustes no solo são muito grandes.

O aumento das doses de K elevou a concentração de N na parte aérea das plantas apenas naquelas cultivadas no LV ($P < 0,01$), em ambos os cortes. A disponibilidade de K tem sido associada à fixação de N_2 em alfafa e, neste caso, provavelmente, o teor inicial de K no PVA era suficiente para prover a máxima fixação simbiótica do N_2 .

Este aumento da concentração de N na parte aérea da alfafa em função do fornecimento de K também foi observado por Rando e Silveira (1995) e Grewal e Williams (2002). Isto tem sido atribuído ao maior suprimento de carboidratos para os nódulos, favorecendo a fixação simbiótica de N_2 (BARTA, 1982) e/ou ao aumento do número de nódulos nas raízes devido à maior disponibilidade de K (COLLINS et al., 1986; GREWAL; WILLIAMS, 2002), os quais estão positivamente

relacionados com a produção de massa seca da

alfafa.

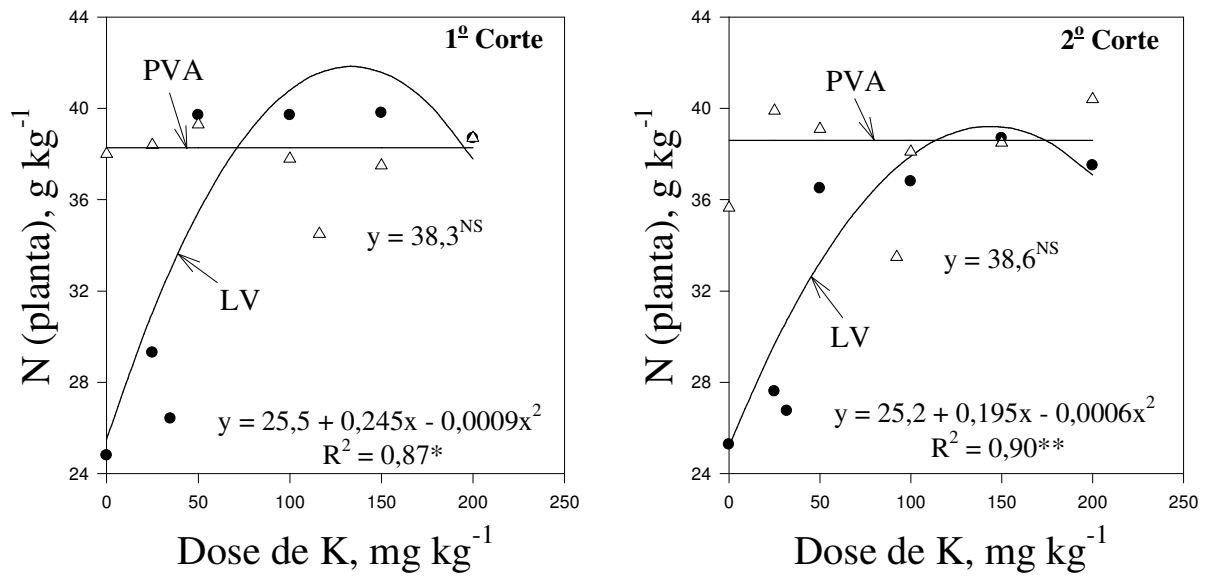


Figura 4. Efeitos da adubação potássica na concentração de N na parte aérea de plantas de alfafa cultivadas em dois solos por dois cortes consecutivos. (LV: Latossolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo).

Observa-se na Figura 5 que a adubação potássica influenciou a produção de massa seca da parte aérea da alfafa, sendo os efeitos mais pronunciados no segundo corte da forrageira.

No primeiro corte, o fornecimento de K aumentou a produção de massa seca apenas das plantas cultivada no LV ($P < 0,01$). Isto deve-se ao teor inicial de K do PVA ($2,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), pois, de acordo com Raij et al. (1997), plantas cultivadas em solos com essa concentração de K têm baixa

probabilidade de responderem em produtividade à adubação com esse nutriente. No segundo corte, a massa seca das plantas cultivadas em ambos os solos foi positivamente influenciada pela adubação com K ($P < 0,01$). O efeito positivo da adubação potássica na produção de alfafa, em diversas condições de cultivo, também foi verificado por vários autores (GREWAL; WILLIAMS, 2002; BERG et al., 2005; 2007; 2009).

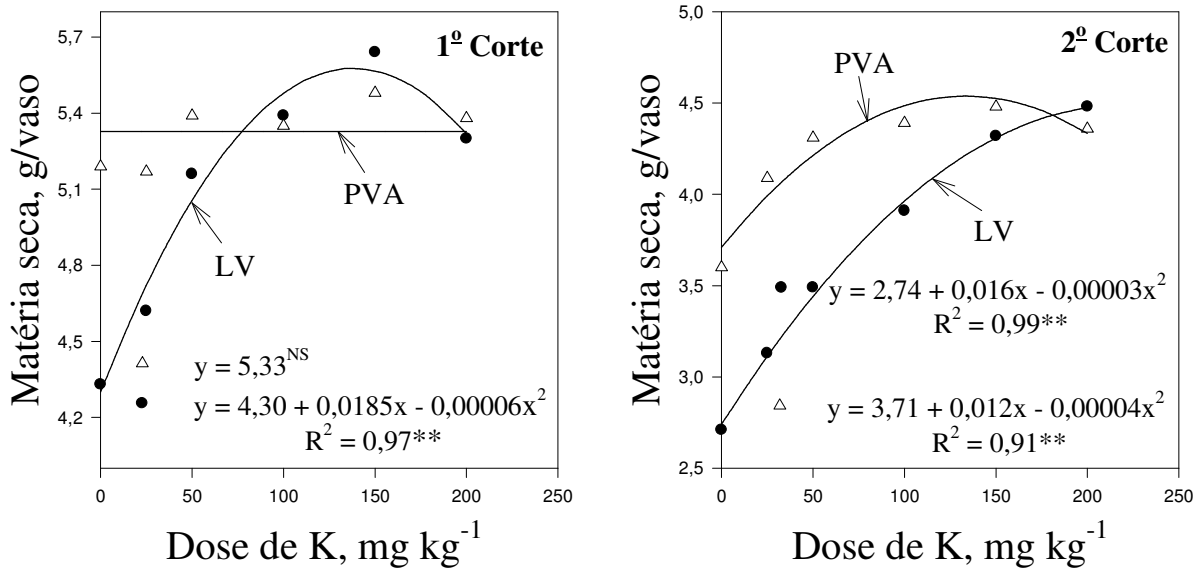


Figura 5. Efeitos da adubação potássica na produção de matéria seca da alfafa cultivada em dois solos por dois cortes consecutivos. (LV: Latossolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo).

Por favorecer a formação de nódulos (GREWAL; WILLIAMS, 2002), o transporte de fotoassimilados para as raízes (BARTA, 1982) e, conseqüentemente, a fixação de N pela alfafa (DUKE et al., 1980), a adubação potássica pode ter, indiretamente, contribuído para elevar a concentração de N na parte aérea das plantas, aumentando o crescimento/desenvolvimento de ramos e a produção. Berg et al. (2005; 2007; 2009) verificaram, em condições de campo e por vários anos de estudo com adubação potássica, que a massa de ramos é o componente de produção da alfafa que mais contribui para o aumento de produção e persistência do “stand”.

Como subsídio para a interpretação da análise química do solo e do tecido vegetal, procurou-se estabelecer o nível crítico de K no solo e na parte aérea de plantas de alfafa, o qual foi associado a uma produção relativa de 90%. O nível crítico de K no solo e na parte aérea esteve em torno de 1,8 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ e 16,7 g kg^{-1} , respectivamente (Figura 6). Apesar do nível crítico de K na parte aérea encontrado neste trabalho ser um pouco menor do que aqueles obtidos por Smith e Powel (1979) e Walker et al. (1987) (20 e 22 g kg^{-1} de K, respectivamente), está muito próximo dos valores 15,6 e 16,4 g kg^{-1} que foram observados por Rando (1995) em dois cortes na parte aérea da alfafa.

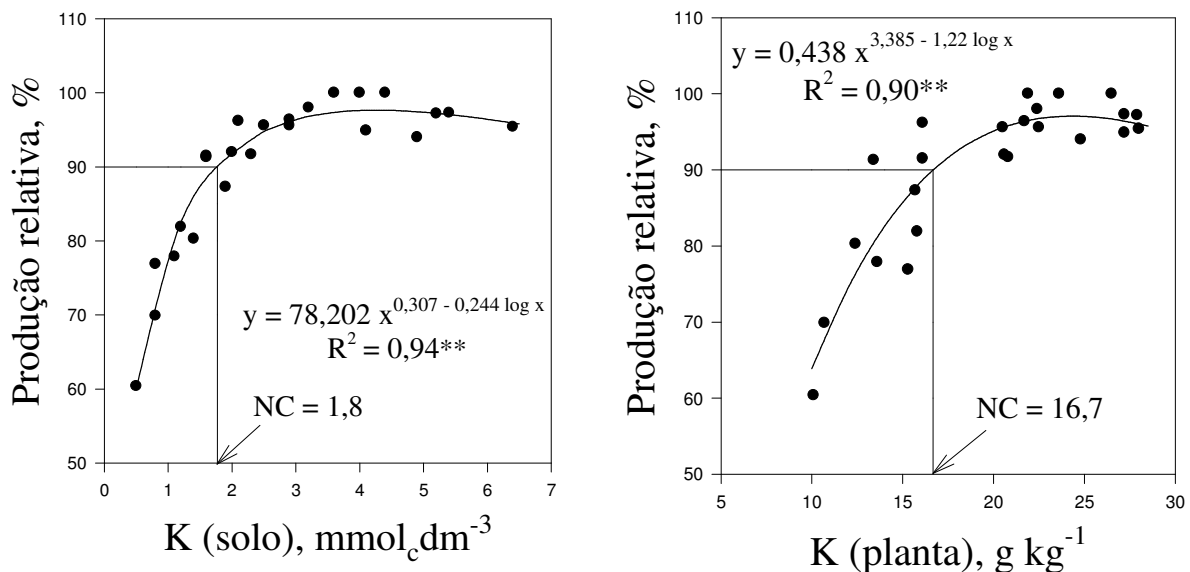


Figura 6. Níveis críticos de K no solo e na parte aérea de plantas de alfafa.

CONCLUSÕES

A produção de massa seca da alfafa foi incrementada com a adição de K. Porém, no Argissolo Vermelho-Amarelo (2,2 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ de K), isso ocorreu apenas no segundo corte.

No LV a aplicação de K aumentou a concentração de N na parte aérea da alfafa em ambos os cortes.

Os níveis críticos de K no solo e na parte aérea de alfafa foram, 1,8 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ e 16,7 g kg^{-1} , respectivamente.

ABSTRACT: Potassium fertilization is very important to alfalfa crop in terms of yield, quality and persistence of forage, especially on soils naturally poor K. Thus, to assess the effects of K fertilization in alfalfa production and nutritional status, was carried out an experiment in a greenhouse using samples of a Dystrophic Oxisol medium texture (LV) (0.6 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ K) and a Dystrophic Ultisol sandy/medium texture (PVA) (2.2 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ K). A completely randomized design in a factorial arrangement 6 x 2 (six K rates and two soils) was used, with four replications. The K rates used were: 0, 25, 50, 100, 150 and 200 mg kg^{-1} K. Potassium fertilization increased K content in soil and shoots. Dry matter production was increased with the K addition. However, in the PVA, this occurred only in the second cut. In LV, potassium fertilization increased N concentration in alfalfa shoots in both cuts. Plants with K concentration around 10 g kg^{-1} had typical symptoms of this nutrient deficiency. The K critical levels of K in soil and shoots were 1.8 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ and 16.7 g kg^{-1} , respectively.

KEYWORDS: *Medicago sativa*. Critical level. Potassium fertilization. Plant nutrition.

REFERÊNCIAS

- BARTA, A. L. Response of symbiotic N₂ fixation and assimilate partitioning to K supply in alfalfa. **Crop Science**, Madison, v. 22, p. 89-92, 1982.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)
- BERG, W. K.; CUNNINGHAM, S. M.; BROUDER, S. M.; JOERN, B. C.; JOHNSON, K. D.; VOLENEC, J. J. Influence of phosphorus and potassium fertilization on alfalfa yield and yield components. **Crop Science**, Madison, v. 45, p. 297–304, 2005.
- BERG, W. K.; CUNNINGHAM, S. M.; BROUDER, S. M.; JOERN, B. C.; JOHNSON, K. D.; VOLENEC, J. J. Influence of phosphorus and potassium fertilization on alfalfa yield, taproot C and N pools, and transcript levels of key genes after defoliation. **Crop Science**, Madison, v. 49, p. 974–982, 2009.
- BERG, W. K.; CUNNINGHAM, S. M.; BROUDER, S. M.; JOERN, B. C.; JOHNSON, K. D.; VOLENEC, J. J. The long-term impact of phosphorus and potassium fertilization on alfalfa yield and yield components. **Crop Science**, Madison, v. 47, p. 2198–2209, 2007.
- COLLINS, M.; LANG, D. J.; KELLING, K. A. Effects of phosphorus, potassium, and sulfur on alfalfa nitrogen-fixation under field conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, p. 960-963, 1986.
- DAY, P. R. Particle fraction and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis: part 1**. Madison: ASA, 1965. p. 545-567.
- DUKE, S. H.; COLLINS, M.; SOBERALSKE, R. M. Effects of potassium fertilization on nitrogen fixation and nodule enzymes of nitrogen metabolism in alfalfa. **Crop Science**, Madison, v. 20, p. 213-218, 1980.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A. de; SANTOS, F. C. dos. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.
- GREWAL, H. S.; WILLIAMS, R. Influence of potassium fertilization on leaf to stem ratio, nodulation, herbage yield, leaf drop, and common leaf spot disease of alfalfa. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, p. 781-795, 2002
- LISSBRANT, S.; STRATTON, S.; CUNNINGHAM, S. M.; BROUDER, S. M.; VOLENEC, J. J. Impact of long-term phosphorus and potassium fertilization on alfalfa nutritive value–yield relationships. **Crop Science**, v. 49, p. 1116-1124, 2009.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A; FURLANI, A. M. C (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, p. 263-273, 1997. (Boletim técnico, 100)
- RANDO, E. M. Níveis críticos de potássio em alfafa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995. Viçosa. **Resumos...** Viçosa: SBCS, 1995. p. 1044-1045.

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.

SHEAFLEER, C. C.; RUSSELLE, M. P.; HESTERMAN, O. B.; STUCKER, R. E.. Alfalfa response to potassium, irrigation, and harvest management. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, p. 464-468, 1986.

SMITH, D. Effects of potassium topdressing a low fertility silt loam soil on alfalfa herbage yields and composition and on soil K values. **Agronomy Journal**, Madison, v. 67, p. 61-64, 1975.

SMITH, D.; POWELL, R. D. Yield of alfalfa as influenced by levels of P e K fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 10, p. 532-543, 1979.

WALKER, W. M.; GRAFFIS, D. W.; FAULKNER, C. D. Effect of potassium and boron upon yield and nutrient concentration of alfalfa. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 10, p. 2169-2180, 1987.