

EFICIÊNCIA DO TERMOFOSFATO MAGNESIANO POTÁSSICO PARA A ALFAFA

COUTINHO NETO, André Mendes¹
 ORIOLI JÚNIOR, Valdeci²
 CARDOSO, Saulo Strazeio¹
 SILVEIRA NETO, Valdumiro Garcia da³
 STEFAROLI, Felipe Pontes³
 COUTINHO, Edson Luiz Mendes⁴

Recebido em: 2010.05.20 Aprovado em: 2010.0

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278-364

RESUMO: Um dos motivos do declínio gradual na produtividade e na qualidade da alfafa é a adubação inadequada, particularmente com K. Praticamente todo fertilizante potássico utilizado no Brasil é importado devido a pequena produção nacional de KCl. É importante, pois, o estudo de fontes alternativas desse nutriente, principalmente aquelas oriundas de matéria-prima nacional. Assim, para avaliar a produção e o estado nutricional da alfafa em função da adubação potássica e a eficiência do termofosfato magnésiano potássico (TK) como fonte desse nutriente, conduziu-se um experimento em casa de vegetação utilizando-se amostras de um Latossolo Vermelho distrófico textura média ($0,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K). Adotou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, segundo um esquema fatorial 4x5 (quatro doses de K e cinco combinações de KCl e termofosfato magnésiano potássico, TK), com quatro repetições. As doses de K aplicadas no solo foram: 0, 50, 100 e 150 mg kg^{-1} de K segundo as combinações: 0% de KCl e 100% de TK; 25% de KCl e 75% de TK; 50% de KCl e 50% de TK; 75% de KCl e 25% de TK; 100% de KCl e 0% de TK. Verificou-se que a adubação potássica foi responsável pelo aumento da produção de massa seca da alfafa. A concentração de K na parte aérea também foi incrementada, bem como a concentração de N. Não houve diferença significativa entre as fontes para quaisquer variáveis analisadas. Os níveis críticos no solo e na parte aérea das plantas foram $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $15,2 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente.

Palavras-chave: Potássio. *Medicago sativa*. Nível crítico. Adubação potássica.

EFFECTIVENESS OF THE FUSED MAGNESIUM POTASSIUM PHOSPHATE FOR ALFALFA

SUMMARY: One of the reasons of the decline in the alfalfa productivity and quality is the inadequate fertilization, particularly with K. Practically all K fertilizer used in Brazil is imported due to small KCl national production. Therefore, is important the study of alternative K sources, mainly those derived from of national raw material. Thus, to evaluate the alfalfa production and nutritional state in function of the K fertilization and the fused magnesium potassium phosphate (TK) as K source, was carried out an experiment in greenhouse conditions with sandy clay loam Typic Haplustox samples ($0.6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ of K). The completely randomized design in factorial scheme 4x5 was adopted (four K rates and five fused magnesium potassium phosphate (TK) and KCl combinations), with four replicates. The K rates were: 0, 50, 100 and 150 mg kg^{-1} of K according to the combinations: 0% of KCl and 100% of TK; 25% of KCl and 75% of TK; 50% of KCl and 50% of TK; 75% of KCl and 25% of TK; 100% of KCl and 0% of TK. It was verified that potassium fertilization was responsible for the increase in alfalfa dry matter production. The concentration of K in the aerial part was also increased, as well as the concentration of N. There was no significant difference between sources for any variables analyzed. The critical levels in the soil and in the aerial part of the plants were $1.5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ and 15.2 g kg^{-1} , respectively.

¹Mestrandos do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal. Bolsistas do CNPq e da CAPES, respectivamente.

²Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal. FCAV, UNESP, Campus de Jaboticabal. Bolsista da CAPES.

³Engenheiros Agrônomos, ex-estagiários do Departamento de Solos e Adubos. FCAV, UNESP, Campus de Jaboticabal.

⁴Professor Titular. FCAV, UNESP, Campus de Jaboticabal, Departamento de Solos e Adubos. E-mail: coutinho@fcav.unesp.br

KCl and 25% of TK; 100% of KCl and 0% of TK. The K fertilization was responsible for increase of the production of alfalfa dry matter. The K concentration in shoot was also increased, as well as the N concentration. There was no significant difference among the two sources for any analyzed variables. The critical levels in the soil and shoot were $1.5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ and 15.2 g kg^{-1} , respectively.

Keywords: Potassium. *Medicago sativa*. Critical level. Potassium fertilization

INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros, em sua maioria, são altamente intemperizados apresentando uma baixa capacidade de troca catiônica muitas vezes associados à baixa fertilidade. Geralmente, apresentam também deficiência natural de K, pois possuem predominância de minerais de argila 1:1, principalmente caulinita, óxidos e hidróxidos de Fe e Al (LOPES, 2005).

Um dos principais motivos do declínio gradual na produtividade e qualidade da alfafa tem sido a adubação inadequada, particularmente com K, a qual não tem atendido as necessidades da leguminosa (RANDO; SILVEIRA, 1995). Esse nutriente é o mais requerido pela alfafa (RASSINI, 1998) e, devido ao método de colheita, que ocasiona uma intensa exportação de nutrientes (remoção de toda a massa produzida na forma de feno), o problema é agravado.

A importância da adubação potássica na produção dessa forrageira tem sido demonstrada por diversos autores (SMITH, 1975; BAILEY, 1983 SHEAFFER et al., 1986; BARTA, 1982). O aumento nas concentrações de K na planta, obtidos com a aplicação desse nutriente no solo, tem sido associado a um aumento na fixação simbiótica de N, aumentando, conseqüentemente, não só a produtividade da cultura, mas também a concentração de proteína bruta, melhorando a qualidade da forragem (DUKE et al., 1980).

A dependência nacional de importação de fertilizantes potássicos, que corresponde a aproximadamente 90% da demanda do país, decorre da pequena produção nacional do nutriente que se concentra basicamente no estado de Sergipe, no complexo mina/usina de Taquari-Vassouras. Essa situação é preocupante uma vez que previsões recentes estimam que esta mina possa ser explorada apenas até 2017 (LOPES, 2005).

Há muito tempo, a possibilidade da produção de fontes nacionais alternativas ao KCl vem sendo estudada. Vários pesquisadores tentaram utilizar rochas naturais moídas (“in natura”), mas não obtiveram resultados significativos quanto à eficiência desses materiais (BOOK et al., 1960; RESENDE et al., 2006; SIQUEIRA et al., 1985). Outros pesquisadores utilizaram tratamento térmico sobre as rochas potássicas provenientes do Planalto de Poços de Caldas, MG e constataram um aumento na eficiência da fonte em relação às rochas naturais moídas (NEPTUNE et al., 1980; SANZONOWICZ; MIELNICZUK, 1985).

Pesquisas mais recentes vêm sendo desenvolvidas com a utilização do termofosfato potássico fundido como uma nova alternativa às fontes de K mais utilizadas no Brasil. Segundo Guardani e Valarelli (1983) a utilização de rochas ricas em minerais potássicos como Sienito Nefelínico de Poços de Caldas fundidas com materiais como escórias resultantes da produção de ferro-níquel, dolomito, serpentinito ou silicato de magnésio à altas temperaturas com posterior resfriamento rápido, possibilita a obtenção de um material vítreo que apresenta até 7% de K_2O e de outros elementos, como P, Ca, Mg e Si. Este novo fertilizante foi estudado por alguns autores que constataram ser de grande eficiência, comparável ou até, em alguns casos, vantajosos em relação ao KCl (FAQUIN et al., 1987; ORIOLI JÚNIOR; COUTINHO, 2009).

Em virtude de ser um produto insolúvel em água e por se desconhecer a velocidade de liberação do K solúvel em ácido cítrico para as plantas, é sugestivo avaliar a viabilidade da mistura do TK com uma fonte bastante solúvel em água, como o cloreto de potássio, com a finalidade de garantir disponibilidade suficiente desse nutriente logo nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura. Faquin et al. (1987) observaram que a acumulação de K na parte aérea do milho foi menor ao se utilizar um produto oriundo do tratamento térmico de mistura de sienito nefelínico e calcário dolomítico em relação ao cloreto de potássio.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito das proporções aplicadas de KCl e TK em alfafa sobre a produção de massa seca, concentrações de K no solo e K, Mg, Ca e N na parte aérea da alfafa. Procurou-se ainda, determinar o nível crítico de K no solo e na parte aérea das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação utilizando vasos com 2,5 kg de solo, coletado na camada 0-20 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho distrófico textura média (EMBRAPA, 2006). Antes da implantação do experimento, foram realizadas as análises químicas do solo, cujos resultados revelaram: pH ($CaCl_2$) 5,6; M.O. = 14 g dm^{-3} ; P (resina) = 5 mg dm^{-3} ; K = $0,6\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$; Ca = $32\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$; Mg = $10\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$; H+Al = $20\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$; CTC = $62,6\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$; V = 68%.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, segundo um esquema fatorial 4x5 (quatro doses de K e cinco combinações de cloreto de potássio e termofosfato magnésiano potássico, TK), com quatro repetições.

As doses de K aplicadas no solo foram: 0, 50, 100 e 150 mg kg⁻¹ de K segundo as combinações: 100% de TK; 25% de KCl e 75% de TK; 50% de KCl e 50% de TK; 75% de KCl e 25% de TK; 100% de KCl.

O TK possuía as seguintes características: P₂O₅ total = 8,52%, P₂O₅ solúvel em ácido cítrico 20 g L⁻¹, na relação 1:100 = 5,17%; K₂O total = 6,10%, K₂O solúvel em ácido cítrico 20 g L⁻¹, na relação 1:100 = 5,6%; Ca total = 17,35%; Mg total = 8,77%; SiO₂ total = 36,70%. O produto era 100% passante na peneira ABNT n° 20 (abertura de malha = 0,84 mm) e 60% retido na peneira ABNT n°100 (abertura de malha = 0,149 mm).

Todos os tratamentos receberam uma adubação básica na sementeira com 3 mg kg⁻¹ de Zn (sulfato de zinco), 0,5 mg kg⁻¹ de B (ácido bórico), 0,5 mg kg⁻¹ de Cu (sulfato de cobre), 0,1 mg kg⁻¹ de Mo (molibdato de amônio) e 200 mg kg⁻¹ de P. Os micronutrientes foram aplicados na forma de solução aquosa e todos os fertilizantes foram misturados com o volume total de solo. O termofosfato magnésiano potássico atuou também como fonte de fósforo, assim, o que faltou para alcançar a dose de P na sementeira, foi completado com termofosfato magnésiano sem K. Posteriormente, adicionou-se água destilada e as amostras foram deixadas incubando por 20 dias. Logo após esse período efetuou-se a amostragem de solo.

As sementes de alfafa foram inoculadas com *Rhizobium meliloti*. A sementeira da alfafa (cultivar Crioula) foi realizada em 29/3/2006 empregando-se 20 sementes/vaso. Uma semana após a emergência das plantas, efetuou-se um desbaste, deixando-se cinco plântulas por vaso.

A colheita foi realizada 45 dias após a emergência das plantas, quando as mesmas apresentavam 5% de florescimento, sendo o corte realizado a 7 cm acima do nível do solo.

Após a colheita da parte aérea, as mesmas foram lavadas e colocadas para secar em estufa a 65°C. Depois de secar, o material vegetal foi pesado para a determinação da produção de massa seca e, posteriormente, foi armazenado para futuras análises químicas.

Na parte aérea das plantas determinou-se as concentrações de K, Ca, Mg e N segundo Bataglia et al. (1983). No solo, os teores de K foram determinados de acordo com Raij et al. (1987).

Durante todo o período experimental, o teor de água no solo foi monitorado por meio da pesagem dos vasos, de tal modo a manter o solo com 80% da capacidade máxima de retenção de água.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando o teste F foi significativo a 5%, procedeu-se ao ajuste de regressões utilizando o pacote estatístico Sigma Stat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, na Tabela 1, que o aumento das doses de K elevou significativamente os teores desse nutriente no solo, não havendo diferença quanto às fontes avaliadas (Tabela 1). Orioli Júnior e Coutinho (2009), estudando a eficiência do TK para o capim-marandu, também observaram que houve liberação rápida do K contido no TK para o solo, sem constatar diferenças significativas entre o TK e o KCl em um curto espaço de tempo. Uma vez que a velocidade de liberação do K da rocha potássica *in natura* é muito lenta (SIQUEIRA; GUEDES, 1985), esse resultado indica que o tratamento hidrotérmico da rocha potássica, aliado a adição de fundentes magnesianos, viabiliza a utilização dessa matéria prima como fertilizante potássico para as culturas, como observado também por outros autores (EICHLER; LOPES, 1983; SIQUEIRA; GUEDES, 1986; FAQUIN et al., 1987). Esse tratamento térmico, provavelmente, reduz a energia reticular de retenção do átomo de K, facilitando a liberação do nutriente no solo.

Eichler e Lopes (1983), porém, observaram inicialmente, menor liberação do K de um produto experimental oriundo do tratamento térmico da mistura de rocha potássica e calcário dolomítico, comparado ao KCl. Além da temperatura e do tempo de aquecimento, é possível que os componentes da mistura e suas proporções alterem as características do produto final. Esses aditivos ou fundentes magnesianos têm a função de reduzir a temperatura de fusão da mistura, o que favorece maior alteração estrutural nos minerais originais e a formação subsequente de outros compostos, com liberação de K no solo (KIRSCH, 1972). No caso do TK utiliza-se o serpentinito, ao passo que no trabalho citado utilizou-se calcário.

Outro fator que pode influenciar a eficiência do fertilizante após o tratamento térmico é o processo de resfriamento. Faquin et al. (1987), observaram que, no início, a eficiência de uma fonte alternativa ao KCl que após tratamento térmico foi resfriada lentamente, foi bem inferior a da fonte solúvel em água. O resfriamento do TK é rápido, realizado por jateamento d'água. Esse processo tem por objetivo impedir a recristalização dos minerais, o que reduz a solubilidade do produto (RAHAL, 1990).

Tabela 1. Concentrações de K, Ca, Mg e N na parte aérea, K no solo e produção de massa seca de alfafa, em função de doses e fontes de K.

Causas da variação	K no solo	Parte aérea				Massa seca
		K	Ca	Mg	N	
Doses de K (D) (mg kg ⁻¹)	mmol _c dm ⁻³	g kg ⁻¹				g/vaso
0	0,5	7,4	22,3	8,9	24,4	1,7
50	1,1	12,4	16,4	5,0	36,0	2,3
100	2,1	20,5	15,3	4,4	37,5	2,8
150	2,8	21,3	14,5	4,4	38,5	2,8
Teste F	164,98**	148,01**	23,32**	142,79**	33,25**	40,59**
Regressão	L**	L**	L**	L**	L**	L** Q**
Fontes de K (F)						
100% TK	1,6	15,3	17,1	5,8	33,6	2,4
75% TK e 25% KCl	1,6	15,4	17,7	5,7	34,5	2,4
50% TK e 50% KCl	1,6	15,2	17,4	5,6	33,8	2,4
25% TK e 75% KCl	1,7	15,6	17,0	5,7	34,3	2,4
100% KCl	1,6	15,5	16,6	5,7	34,2	2,4
Teste F	0,22NS	0,06NS	0,70NS	0,28NS	0,87NS	0,32NS
Interações						
D x F	0,30NS	0,50NS	0,06NS	0,53NS	0,04NS	0,16NS
C.V. (%)	22,09	15,99	19,13	14,27	14,91	14,48

* - significativo a 1%; ^{NS} - não significativo; L, Q – regressão linear e quadrática, respectivamente.

Os incrementos do nutriente no solo refletiram-se significativamente nas concentrações de K na parte aérea das plantas, independentemente da fonte considerada (Tabela 1). As concentrações de K na parte aérea variaram de 7,4 g kg⁻¹ de K nas plantas das parcelas onde não houve adição do nutriente até 21,3 g kg⁻¹ nas plantas das parcelas onde foram efetuadas a aplicação de 150 mg kg⁻¹ de K. Segundo Werner et al. (1997) os teores do nutriente adequados para alfafa vão de 20 até 35 g kg⁻¹ de K na matéria seca.

As plantas dos tratamentos que não receberam adubação potássica apresentaram sintomas típicos de deficiência desse nutriente, caracterizados como pontos brancos no limbo foliar com folhas pequenas e em alguns casos amarelecimento de toda a folha.

O aumento da concentração do nutriente na matéria seca da alfafa devido ao aumento da concentração de K no solo também foi observado por Smith (1975) que constatou concentração de 28 g kg⁻¹ de K na parte aérea das plantas que receberam a maior dose de K. Já Kafkafi et al. (1977), encontraram valores acima de 25 g kg⁻¹ de K na matéria seca.

As concentrações de Ca e Mg decresceram com o aumento das doses de K. De maneira análoga, Collins et al. (1986) e Sheaffer et al. (1986) aplicando doses crescentes de K observaram que quanto maior a dose de K empregada, menor era a concentração de Ca e Mg

no tecido vegetal. Smith (1975) observou redução de 40% do teor Mg na parte aérea da alfafa em função do aumento das doses de K, admitindo que esta redução poderia causar não só insuficiência do elemento para os animais mas também deficiência do nutriente para própria forrageira. Contudo, em nenhum dos trabalhos supracitados foram constatadas reduções na produção de massa seca, apesar do decréscimo da concentração desses cátions divalentes nas plantas.

Alguns pesquisadores atribuem um relacionamento antagônico destes cátions à competição pelo mesmo sítio de absorção no carregador, o que é pouco provável segundo Mengel e Kirkby, (2001), pois esses elementos apresentam diferenças em tamanho e estrutura.

Quando se considera, entretanto, a quantidade de Ca e Mg na massa seca da alfafa em função das doses de K, verificou-se que a quantidade desses cátions divalentes absorvida e acumulada na parte aérea, não foi alterada pela adubação potássica. Na realidade o que ocorreu foi um efeito de diluição, provocado pelo maior desenvolvimento das plantas em função da adição de K.

O aumento das doses de K aumentou também a concentração de N na parte aérea da alfafa (Tabela 1). O aumento da concentração de N na parte aérea da alfafa, em função da adubação potássica, também foi observado por Bailey (1983) e Rando e Silveira (1995).

Segundo Barta (1982), o aumento da absorção de K pelas plantas de alfafa aumentou a concentração de N na parte aérea e raízes, o que sugere um incremento no suprimento de carboidratos nos nódulos para uma maior fixação simbiótica de N.

Duke et al. (1980) verificaram aumento de massa e número de nódulos com aplicação de até 800 kg ha⁻¹ de K o que esteve positivamente relacionado com o aumento da fixação de N pela planta. Da mesma forma, Collins et al. (1986) observaram aumento do número de nódulos com incremento de K, fato esse relacionado positivamente com o incremento na massa seca da planta.

O aumento das doses de K resultou em um aumento significativo na produção de massa seca da parte aérea, como observado na Tabela 1. Quando não houve aplicação de K a quantidade de massa seca foi de 1,7 g/vaso; já com a adição de 150 mg kg⁻¹ de K observou-se produção de 2,8 g/vaso o que correspondeu a um aumento de aproximadamente 60% na produção de massa seca.

O incremento de K proporciona maior número de nódulos e também transporte de fotoassimilados para as raízes (BARTA, 1982). Dessa maneira a maior quantidade de nódulos está correlacionada positivamente com a fixação de N pela alfafa (DUKE et al., 1980) o que pode ter contribuído para maior crescimento da parte aérea e maior produção e da

concentração de N na parte aérea das plantas o que vem a resultar em um incremento na massa “fresca” (COLLINS et al., 1986). Rando e Silveira (1995) verificaram um aumento significativo de produção de matéria seca da alfafa em todas as doses de K aplicadas quando o pH do solo era mais elevado.

O nível crítico de K no solo e na parte aérea, associados à produção relativa de 90%, ficou em torno de $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $15,2 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente (Figura 1). Smith (1975) encontrou resultados para nível crítico de K na parte aérea da alfafa mais elevados, observando uma média de 28 g kg^{-1} para a maior produção. Valor próximo ao encontrado no presente trabalho foi observado por Rando (1995), que detectou valores de $15,6$ e $16,4 \text{ g kg}^{-1}$ em dois cortes na parte aérea da alfafa.

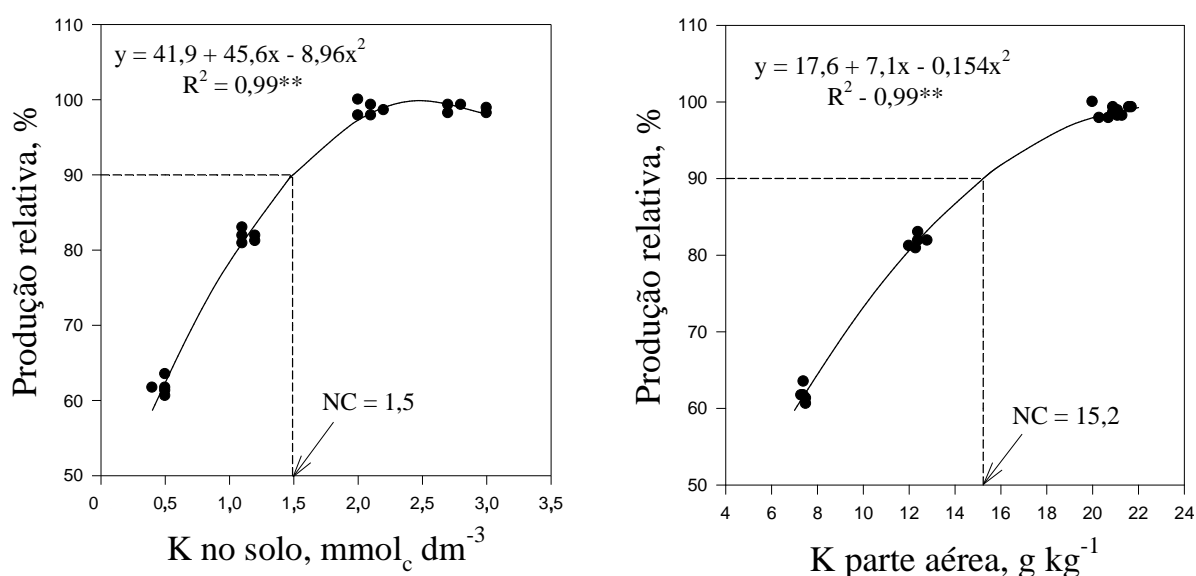


Figura 1. Nível crítico de K no solo e na parte aérea de alfafa.

CONCLUSÃO

Adubação potássica aumentou o teor de K no solo, as concentrações de N e K na parte aérea das plantas e a produção de massa seca da alfafa.

Não houve diferenças significativas entre o termofosfato magnesiano potássico e o KCl quanto aos efeitos no solo e na planta.

Os níveis críticos de K no solo e na parte aérea de alfafa foram, $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $15,2 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- BARTA, A.L. Response of symbiotic N₂ fixation and assimilate partitioning to K supply in alfalfa. **Crop Science**, v.22, p.89-92, 1982.
- BAILEY, L.D. Effects of potassium fertilizer and fall harvests on alfalfa grown on the Eastern Canadian Prairies. **Canadian Journal of Soil Science**, v.63, p.211-219, 1983.
- BATAGLIA, O.C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- BOOK, O.J.; CATANI, R.A.; FREIRE, E.S. Adubação da batatinha; experiências com leucita, sulfato e cloreto de potássio. **Bragantia**, v.19, p.811-828, 1960.
- COLLINS, M.; LANG, D.J.; KELLING, K.A. Effects of phosphorus, potassium, and sulfur on alfalfa nitrogen-fixation under field conditions. **Agronomy Journal**, v.78, p.960-963, 1986.
- 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**, v.20, p.213-218, 1980.
- EICHLER, V.; LOPES, A.S. Disponibilidade do potássio do verde de Abaeté, calcinado com e sem calcário magnesiano, para a cultura do milho (*Zea mays* L.) em solo de textura argilosa. **Ci. Práctic.**, v.7, p.136-156, 1983.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Produção de Informação, 2006. 306p.
- FAQUIN, V.; KINJO, T.; MALAVOLTA, E. Efeito do tratamento térmico da mistura de sienito nefelínico com calcário dolomítico na disponibilidade de potássio ao milho, em solo sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.11, p.221-228, 1987.
- GUARDANI, R.; VALARELLI, J.V. Processo de produção de termofosfato potássico. **Fertilizantes**, v.5, p.10-11, 1983.
- KAFKAFI et al. Studies on fertilization of Field-grown irrigated alfalfa I. Effect of potassium source and time of application. **Plant and Soil**, v.46, p.165-173, 1977.
- KIRSCH, H. Mineralogia aplicada. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1972. 291p.
- LOPES, A. S. Reservas de minerais potássicos e produção de fertilizantes no Brasil. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2005. p. 21-32.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

- NEPTUNE, A.M.L. et al. **Disponibilidade de potássio a partir de vários materiais potássicos, utilizando o arroz como planta indicadora.** *Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”*, Piracicaba, v.27, p.979-989, 1980.
- ORIOLO JÚNIOR, V.; COUTINHO, E.L.M. Eficiência do termofosfato magnesiano potássico para o capim-marandu. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.1855-1862, 2009.
- RAHAL, F.G. **Produção de termofosfato potássico fundido com fosfato de Iracê, BA.** 1990. 84f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1990.
- RAIJ, B. van. et al. **Análise química do solo para fins de fertilidade.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.
- RANDO, E.M. Níveis críticos de potássio em alfafa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995. Viçosa. **Resumos...** Viçosa, MG: 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.
- RASSINI, J. B. **Alfafa (*Medicago sativa L.*): estabelecimento e cultivo no Estado de São Paulo.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1998. 27 p. (Circular Técnico, 15).
- RESENDE, A.V. de et al. Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais. *Espaço e Geografia*, Brasília, v. 9, p. 135-161, 2006.
- SANZONOWICZ, C.; MIELNICZUK, J. Fontes, doses e métodos de aplicação de potássio no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.21, p.473-480, 1985.
- SHEAFFER, C.C. et al. Alfalfa response to potassium, irrigation, and harvest management. *Agronomy Journal*, v.78, p.464-468, 1986.
- SIQUEIRA, J.O.; GUEDES, G.A.A. Efeito do tratamento térmico na eficiência agronômica do sienito sefelínico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.21, p.481-488, 1986.
- SIQUEIRA, J.O.; GUEDES, G.A.A.; RIBEIRO, M.A.V. Disponibilidade do potássio do Sienito Nefelínico de Poços de Caldas, avaliada em cultivos sucessivos com milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 20, p. 299-307, 1985.
- 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*, v.67, p.61-64, 1975.
- WERNER, J.C. et al. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo** 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).