



EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO TERMOFOSFATO MAGNESIANO POTÁSSICO COMO FONTE DE K PARA A CULTURA DA SOJA

Ana Clara Kozma **Viaro**¹; Camila Prado Cenciani de **Souza**²; Cleide Aparecida de **Abreu**³.

Nº 14142

RESUMO – O potássio (K) é um macronutriente essencial e o segundo elemento mais absorvido pela soja. No entanto, a maioria dos solos brasileiros apresenta baixos teores de K e o fornecimento desse via adubação torna-se essencial. A dependência de importação de fertilizante potássico, como KCl, é muito elevada e, nesse sentido, torna-se importante avaliar fontes alternativas. O objetivo desse experimento foi avaliar a eficiência agronômica do termofosfato magnésiano potássico (TK) como fonte de K para a cultura da soja, em condições de casa de vegetação. Para tanto, foi utilizada amostra de um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Álico de textura média com teor de K em resina de $1,7 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ e a soja como planta teste. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial, 4 fontes de K (termofosfato mag. sem K - controle, 100% TK, 50% TK + 50% KCl, 100% KCl) e 2 doses de K_2O (60 e 120 $\text{mg K}_2\text{O.Kg}^{-1}$), com 4 repetições. Verificou-se que os tratamentos não diferiram em relação a produção de massa seca. Os maiores acúmulos de K na parte aérea das plantas em ambas as doses avaliadas foram encontrados nos tratamentos KCl e TK+KCl, que não diferiram estatisticamente entre si. Concluiu-se que a combinação do termofosfato magnésiano potássico (fonte insolúvel em água) com o KCl pode ser uma alternativa viável de fertilização de K para a cultura da soja.

Palavras-chaves: Adubação Potássica, Disponibilidade, fontes alternativas de potássio, *Glycine Max*.

1 Autora: Bolsista CNPq (PIBITI): Ana Clara Kozma Viaro, Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, PUCC, Campinas-SP; claritahkozma@hotmail.com.

2 Colaboradora: Camila Prado Cenciani de Souza, Bolsista de Aperfeiçoamento Técnico: Graduação em Engenharia Agrônoma, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

3 Orientadora: Cleide Aparecida de Abreu: Pesquisadora do Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas-SP; cleide@iac.sp.gov.br.



ABSTRACT- Potassium (K) is an essential macronutrient and the second element most absorbed by soybeans. However, most Brazilian soils have low K levels and the provision of that via fertilization becomes essential. The dependence on potassium fertilizer imports, such as KCl, is very high and, therefore, it's important to evaluate alternative sources. The goal of this experiment was to evaluate the agronomic efficiency of fused potassium magnesium phosphate (TK) as a source of K for the soybean in greenhouse conditions. Therefore, samples of an alic dystrophic red-yellow Latosol, medium texture, with 1.7 mmol dm^{-3} K content in resin were used, and soy as test plant. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme, 4 K sources (fused magnesium phosphate without K - control, 100% TK, TK 50% + 50% KCl, 100% KCl), 2 doses of K_2O (60 and 120 $\text{mg K}_2\text{O.Kg}^{-1}$) and 4 replicates. It was found that the treatments did not differ in relation to dry matter production. The highest concentrations of K in the shoots at both doses evaluated were found in TK + KCl and KCl treatments, which did not differ statistically. It was concluded that the combination of fused potassium magnesium phosphate (insoluble in water) with KCl may be a viable alternative to K fertilization of soybean.

Key-words: Potassic fertilization, availability, alternative sources of potassium, Glycine Max.

1 INTRODUÇÃO

A produtividade das culturas depende, dentre outros fatores, do adequado suprimento de nutrientes. A cultura da soja, reconhecida por sua importância no agronegócio brasileiro é altamente exigente em potássio, sendo este o segundo elemento mais absorvido pela planta. Os solos brasileiros apresentam, em sua maioria, baixos teores de K (Amaral et al., 1999), e com isso, o fornecimento desse elemento via adubação torna-se essencial.

A dependência de importação de fertilizante potássico, no caso o KCl, é elevadíssima e desfavorece a balança comercial brasileira. Uma das estratégias para reduzir essa dependência é a utilização de fontes alternativas de K.

Vários estudos foram realizados na busca por uma alternativa viável ao KCl, como a utilização de rochas naturais moídas, que foi avaliada por BOOK et al., (1960); RESENDE et al., (2006); e SIQUEIRA et al., (1985). No entanto, os resultados agronômicos não foram satisfatórios. Por outro lado, o tratamento com elevadas temperaturas de rochas potássicas de Minas Gerais, produto denominado termofosfato magnésiano potássico, apresentou eficiência superior em relação às rochas naturais moídas anteriormente avaliadas, conforme relatado por NEPTUNE et



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014 12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

al., (1980), e SANZONOWICZ & MIELNICZUK (1985). FAQUIN et al., (1987) e, mais recentemente, ORIOLI JÚNIOR & COUTINHO, (2009) realizaram estudos com o termofosfato magnésiano potássico. Esses autores observaram elevada eficiência dessa fonte, sendo equivalente ou até superior, em alguns casos ao KCl, mostrando ser essa uma fonte uma alternativa viável à utilização de KCl no Brasil. No entanto, estudos com grandes culturas de interesse econômico, como a soja, ainda não foram realizados.

Em função do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar em casa de vegetação a eficiência agrônômica do termofosfato magnésiano potássico como fonte de K para a cultura da soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação empregando-se amostra da camada de 0-20 cm de Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Álico de textura média coletada na Fazenda Experimental do Instituto Agrônomo em Campinas/SP. Antes da implantação do experimento, foram realizadas as análises químicas e físicas do solo que resultaram em: pH (CaCl_2 0,01 mol.L⁻¹) = 4,4; MO = 28 g.dm⁻³; P = 4 mg.dm⁻³; K = 1,8 mmolc.dm⁻³; Ca = 14 mmolc.dm⁻³; Mg = 4 mmolc.dm⁻³; Al = 6 mmolc.dm⁻³; H+Al = 42 mmolc.dm⁻³; CTC= 61,8 mmolc.dm⁻³; V = 32%; argila = 328 g.Kg⁻¹; silte = 137 g.Kg⁻¹ e areia = 535 g.Kg⁻¹.

As amostras de solo foram secas ao ar e peneirada. Após, fez-se a calagem para elevar a saturação por bases a 70%, mantendo-se a umidade em torno de 60% do volume total de poros (VTP).

Após 20 dias, os fertilizantes foram misturados com 3,25 kg de solo em cada vaso. A adubação básica foi composta por aplicação de fósforo (P), nitrogênio (N), enxofre (S), boro (B), manganês (Mn) e zinco (Zn), sendo que o fósforo foi misturado no solo como superfosfato triplo totalizando 300 mg.Kg⁻¹ de P já descontado o que foi adicionado através dos fertilizantes na Tabela 1. Os demais nutrientes foram aplicados via solução aquosa adicionando ao solo o equivalente em mg.Kg⁻¹, de: 50 de N, 30 de S, 0,5 de B, 5,0 de Mn e 5,0 de Zn através das fontes NH_4NO_3 , S^0 , H_3BO_3 , $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ e $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, puras para análise (PA).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial, 4 fontes de K (termofosfato mag. sem K - controle, 100% termofosfato mag. potássico (TK), 50% TK + 50% KCl, 100% KCl) e 2 doses de K_2O (60 e 120 mg $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Kg}^{-1}$), com 4 repetições. Como planta teste utilizou-se a soja. A composição química dos fertilizantes encontra-se na Tabela 1.

A eficiência relativa das fontes foi calculada segundo a fórmula:



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014
12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

$$ER (\%) = \frac{(K \text{ acumulado no tratamento avaliado}) \times 100}{(K \text{ acumulado no tratamento 100\% KCl})}$$

Tabela 1. Caracterização química dos fertilizantes

Produtos/Garantias	Termofosfato Mag.	Termofosfato	KCl
	Potássico	Mag. (controle)	
% (massa/massa)			
P ₂ O ₅ total ⁽¹⁾	12,7	17,4	-
P ₂ O ₅ AC 2% ⁽²⁾	11,7	17,5	-
K ₂ O AC 2% ⁽²⁾	4,5	0,7	58,6
K ₂ O em água ⁽³⁾	-	-	58,7
Ca total ⁽⁴⁾	14,9	16,7	-
Mg total ⁽⁴⁾	4,0	6,6	-

* Não quantificado, concentrações menores que o limite de quantificação. ⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾ ⁽⁴⁾ Métodos segundo Brasil, 2007. ⁽⁶⁾ Método EPA SW-846 (3051a) - digestão com HNO₃ em forno de micro-ondas e leitura em ICP-OES.

Oito sementes de soja pré-germinadas da variedade IAC Foscarin-31 foram semeadas nos vasos mantendo-se a umidade em 80% do VTP. O desbaste foi realizado aos 7 dias após a emergência (DAE), mantendo-se 3 plantas vigorosas e uniformes em cada vaso. Durante a condução do ensaio o N foi aplicado 6 vezes, em cobertura, na dose de 50 mg.Kg⁻¹ aos 7, 14, 15, 21, 28 e 35 DAE.

As plantas foram colhidas aos 41 DAE, secas em estufa a 65° C até peso constante e quantificada a massa seca. A determinação dos teores de macro e micronutrientes foi realizada por digestão com HNO₃ concentrado e H₂O₂, em forno de microondas (ABREU et. al., 1997) e a leitura de K realizada em fotômetro de chama e a dos demais elementos em ICP-OES.

O acúmulo dos nutrientes no tecido vegetal foi calculado considerando a massa seca produzida em cada vaso e a concentração dos nutrientes na parte aérea. Os dados de concentração e acúmulo de K em cada vaso foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posterior teste de Tukey a 5% para comparação das médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fornecimento de K, assim como o aumento das doses não influenciaram na produção de massa seca entre os tratamentos, visto que a produção de massa seca do tratamento controle não diferiu estatisticamente dos demais (Tabela 2).

A concentração de K na parte aérea da planta apresentou resultados significativos tanto em relação as doses de K₂O quanto nos tratamentos. É possível observar que na dose 60 mg.Kg⁻¹ de K₂O as concentrações de K na parte aérea variaram de 9,2 g.Kg⁻¹ até 14,7 g.Kg⁻¹ (Tabela 2). Nessa



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014
12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

dose, o menor valor foi obtido no tratamento Termofosfato Mag. (controle). Houve uma tendência da concentração de K ser igual entre os tratamentos KCl e TK+KCl (Tabela 2). Na dose 120 mg.Kg⁻¹ de K₂O, as concentrações de K na parte aérea foram superiores as encontradas nas plantas tratadas com a menor dose de K (60 mg.Kg⁻¹ de K₂O) e variaram de 9,6 g.Kg⁻¹ até 16,4 g.Kg⁻¹ (Tabela 2). Nessa dose, o tratamento com maior concentração de K foi o KCl, e os tratamentos TK + KCl e TK, que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 2). O menor acúmulo de K, assim como a concentração, foi encontrado nas plantas controle (tratamento termofosfato mag.) (Tabela 2).

Tabela 2. Produção de massa seca, concentração e acúmulo de K na parte aérea das plantas de soja em função da aplicação de diferentes fontes e doses de K.

Tratamentos	Termofosfato Mag. (controle)	Termofosfato Mag. K (TK)	Termofosfato Mag. K+ KCl	KCl	Média
Produção de massa seca (g)					
Dose de K ₂ O (mg.kg ⁻¹)					
60	17,9 ns	16,6 ns	18,1 ns	17,8 ns	17,6 ns
120	16,6 ns	15,8 ns	17,6 ns	17,6 ns	16,9 ns
Média	17,2 AB	16,2 B	17,8 A	17,7 AB	
Concentração de K na parte aérea (g kg⁻¹)					
60	9,2 c	13,5 b	14,2 ab	14,7 a	12,9 B
120	9,6 c	14,9 b	15,2 b	16,4 a	14,0 A
Média	9,4 C	14,2 B	14,7 AB	15,5 A	
Acúmulo de K na parte aérea (g vaso⁻¹)					
60	165 c	223 b	256 a	261 a	226 B
120	160 c	235 b	267 a	288 a	238 A
Média	162 C	229 B	262 A	274 A	

Médias seguidas da mesma letra minúscula e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey com 95% de probabilidade para os fatores tratamento e dose de K, respectivamente.

A eficiência relativa das fontes (ER) evidenciou que o tratamento TK + KCl foi semelhante ao tratamento KCl em ambas as doses (60 e 120 mg K₂O.Kg⁻¹) (Figura 1). Esse fato evidencia que o K de fontes não solúveis em água, como os termofosfatos magnesianos potássicos, podem ser facilmente solubilizados na rizosfera e disponibilizados às plantas. Com isso, o termofosfato mag. potássico pode ser uma alternativa agronomicamente eficiente ao KCl. O uso de uma fonte insolúvel pode ser interessante para fornecimento gradativo de K, além de evitar possíveis perdas por lixiviação, o que deve ser avaliado em futuros estudos.

O tratamento somente com Termofosfato Mag. K teve eficiência relativa inferior aos demais tratamentos em cerca de 20% em ambas as doses (Figura 1).

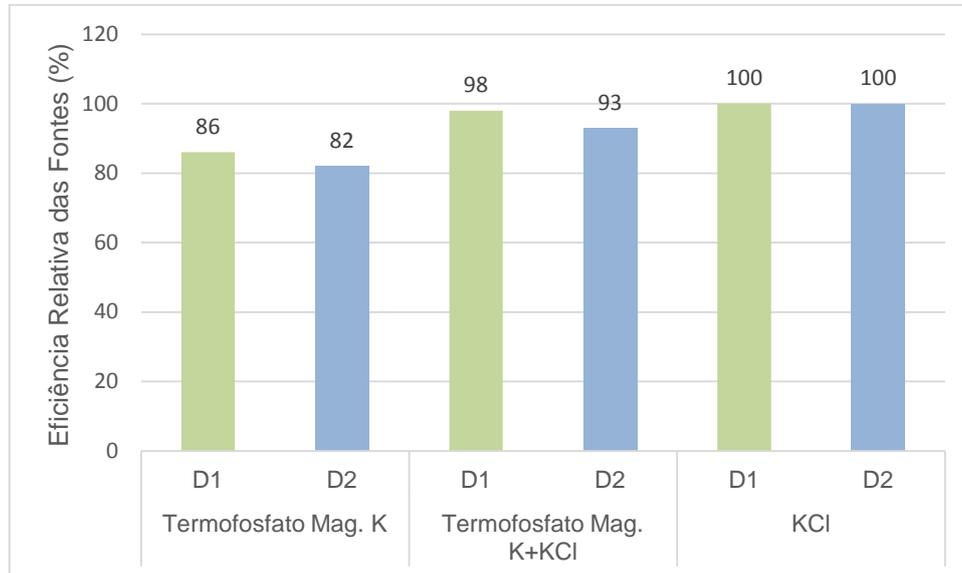


Figura 1. Eficiência relativa das fontes em função da fonte e dose de K utilizadas.

4 CONCLUSÕES

A combinação do termofosfato magnésiano potássico (fonte insolúvel em água) com o KCl pode ser uma alternativa viável de fertilização de K para a cultura da soja.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa PIBITI, e a Mineração Curimbaba pelo financiamento da pesquisa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, F. C.S.; PEREIRA, N.R.; CARVALHO JUNIOR, W. **Principais Limitações dos Solos Brasileiros**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Solos, 1999. O tema é Solos.
- ANDA (Associação Nacional para Difusão de Adubos). Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes. São Paulo, 2011.
- BENDER, Rafael R., GOMES, Algenor da S., FERREIRA, Luís Henrique G., WINKLER, Antonyony S., SANTOS, Ítalo B. dos. **Resposta do arroz irrigado a diferentes fontes de adubação fosfatada**. EMBRAPA, Rio Grande do Sul, 2004/05.
- 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.
- COUTINHO NETO, A. M.; ORIOLI JÚNIOR, V.; CARDOSO, S. S.; SILVEIRA NETO, V. G.; STEFAROLI, F. P.; COUTINHO, E. L. M. **Eficiência do termofosfato magnésiano potássico para a alfafa**. Núcleo, v.7, n.2, p. 135-144, 2010.



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014
12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

FAQUIN, V.; KINJO, T.; MALAVOLTA, E. **Efeito do tratamento térmico e da adição de calcário dolomítico na cinética de liberação de potássio do sienito nefelítico de Poços de Caldas.** Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, v.43, p.497-515, 1986.

FAQUIN, V.; KINJO, T.; MALAVOLTA, E. **Efeito do tratamento térmico da mistura de sienito nefelítico 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.

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.

LUPINACCI, F. **Estudo sobre a sazonalidade nas importações de fertilizantes no Brasil e dos valores de frete na rota Santos a Araçatuba.** Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.

MASCARENHAS, H. A. A., TANAKA, R. T., WUTK, E. B., BRAGA, N. R., MIRANDA, M. A.C. DE. **Potássio para a Soja.** POTAFOS - Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, Março, 2004.

, **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.

NICOLELLA, A. C., DRAGONE, D. S., BACHA C. J. C. **Determinantes da Demanda de Fertilizantes no Brasil no período de 1970 a 2002.** RER, Rio de Janeiro, vol. 43, nº 01, p. 000-000, jan/mar 2005 – Imprensa em março 2005.

OLIVEIRA, L. A. M. de, **Potássio.** Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. “ECONOMIA MINERAL DO BRASIL”, Dezembro, 2009.

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.

RESENDE, A. V. DE, MACHADO, C. T. T., MARTINS, E. DE S., SENA, M. C. DE, NASCIMENTO, M. T. DO, SILVA, L. DE C. R., LINHARES, A. W. **Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais.** Espaço e Geografia, Brasília, v. 9, p. 135-161, 2006.

RESENDE, A. V. DE, MARTINS, E. DE S., OLIVEIRA, C. G. DE, SENA, M. C. DE, MACHADO, C. T. T., KINPARA, D. I., FILHO, E. C. DE O. **Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na agricultura brasileira.** Espaço & Geografia, Vol. 9, Nº 1 (2006), p.19 – 42.

SANTOS, H.G. **Latossolos do Brasil.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Solos, 1999. O tema é Solos.

SANZONOWICZ, C.; MIELNICZUK, J. **Fontes, doses e métodos de aplicação de potássio no solo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.21, p.473-480, 1985.

SIQUEIRA, J. O. GUEDES, G. A. A.; RIBEIRO, M. A. V. **Disponibilidade do potássio do Sienito Nefelítico de Poços de Caldas, avaliada em cultivos sucessivos com milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 20, p. 299-307, 1985.