

Fonte alternativa de K no crescimento do milho⁽¹⁾

Mateus Olímpyo Tavares de Ávila⁽²⁾; Wedisson Oliveira Santos⁽³⁾; Edson Marcio Mattiello⁽⁴⁾; Laura Pereira Guimarães⁽⁵⁾; Liovando Marciano da Costa⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPEMIG.

⁽²⁾ Estudante de Graduação; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, Minas Gerais, mateus.avila@ufv.br; ⁽³⁾ Estudante de Pós-Graduação; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, Minas Gerais; ⁽⁴⁾ Professor Adjunto II; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, Minas Gerais; ⁽⁵⁾ Estudante de Graduação; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, Minas Gerais. ⁽⁶⁾ Professor titular; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, Minas Gerais.

RESUMO: A situação do K no Brasil é crítica: a maioria dos solos agricultáveis é de baixa fertilidade, necessitando de adições frequentes de fertilizantes potássicos e as reservas brasileiras de minerais solúveis deste nutriente são pequenas. Assim, a busca de fontes não convencionais de K aliados ao desenvolvimento de processos de aumento de reatividade é necessária para mudar este cenário. Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito de diferentes fontes de K na produção de matéria seca do milho. Estudou-se o efeito da aplicação de quatro fontes (verdete; verdete acidificado; verdete calcinado e KCl), com três doses de K (50, 100 e 200 mg/dm³), +1, testemunha (sem aplicação de K). Assim, definiu-se um arranjo fatorial [(4 x 3)+1], em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. A aplicação do verdete *in natura* não supre adequadamente a demanda por K pelo milho, implicando em menor produção de matéria seca. As fontes acidificadas e calcinadas apresentam efeitos equivalentes ao KCl, sendo o verdete acidificado mais eficiente.

Termos de indexação: fertilizante, potássio, verdete.

INTRODUÇÃO

O K é um elemento essencial à nutrição das plantas, encontrado em baixos teores em solos muitos intemperizados, que é o caso das áreas agricultáveis no Brasil. Portanto, nessas condições, para se alcançar altas produtividades é necessário o fornecimento adicional de K aos cultivos. Considerando que o agronegócio possui importante participação no PIB brasileiro- 22,74 % em 2011, (CEPEA, 2012), o K é um nutriente estratégico à economia do país.

A situação do K no Brasil é crítica dada a elevada dependência externa. Em 2011, o país importou 91,5 % do K que utilizou na agricultura (DNPM, 2012). Além das constantes elevações de preço do KCl, a produção interna aumenta muito menos que o

consumo, o que leva a uma tendência de dependência absoluta para as próximas décadas. Entre os anos 2000 e 2010, observou-se que a produção interna de K aumentou em 66 309 t, enquanto que a importação cresceu em 1 069 099 t (CETEM, 2013).

As reservas de minerais solúveis de K no Brasil são limitadas e a exploração ocorre em uma única mina no Estado de Sergipe, com exploração de silvinita (KCl+NaCl), com teor médio de 9,7 dag/kg de K (DNPM, 2012). No Brasil, encontram-se relativamente poucos trabalhos que tratem da pesquisa de prospecção de novas fontes de K, desenvolvimento de rotas de aproveitamento e testes agronômicos para fontes não convencionais de K. Neste sentido, a inclusão de fontes silicatadas de K como matérias-primas para a produção de fertilizantes pode ser alternativa para mitigação da dependência.

Esses silicatos de K, geralmente micas ou feldspatos são de baixa reatividade, inviabilizando o uso "*in natura*" como fertilizante (Santos, 2012; Nascimento, 2004). Entre essas fontes, destaca-se o verdete, uma rocha metassedimentar, composta basicamente por glauconita, quartzo, feldspatos e feldspatos potássicos, com teores de K₂O variando de 5 a 15 dag/kg (Eichler, 1983; Piza et al. 2011). Diante disto, tratamentos térmicos e químicos têm sido utilizados na pesquisa como forma de aumentar a reatividade dessas fontes (Nascimento, 2004; Santos, 2012).

Neste trabalho avaliou-se a aplicação do verdete como fonte de K para o milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o ensaio foi utilizada amostra de um Latossolo Vermelho Amarelo, coletada na profundidade de 0-40 cm, proveniente do município de Viçosa – MG (**Tabela 1**).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo.

pH		P	K	Na	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	SB	CTC
H ₂ O	KCl	-----mg/dm ³ -----			-----cmol _c /dm ³ -----					
4,52	4,26	1,2	7	0	0,23	0,02	1,07	5,6	0,27	5,87
V	m	ISNa	M.O	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
-----%-----		(dag/kg)			(mg/L)					
-----mg dm ⁻³ -----										
4,6	79,9	0	1,71	8,1	39,6	5,3	0,9	0,19	53,6	39,6
Areia Grossa		Areia Fina		Silte			Argila			
------(%)-----										
14		10		4			72			

Antes da condução do ensaio, corrigiu-se a acidez do solo, de acordo com método de saturação de bases, elevando-a para 60 %, com a aplicação de CaCO₃ e MgCO₃, na relação molar Ca : Mg de 4 : 1. As amostras foram incubadas por 30 d com a mistura corretiva. Transcorrido este período, foram secas ao ar e homogeneizadas. Em seguida, aplicaram-se as doses de K, com base no teor total deste elemento nos produtos, sendo 7,8; 4,43, 3,53 e 52,1 % de K para o verdete, o verdete acidulado, o verdete calcinado e o KCl, respectivamente.

Utilizou-se o verdete como matéria prima para acidulação e para a calcinação. Trata-se de uma rocha metassedimentar que contém entre 4,3 e 7,5 dag/kg de K (Santos, 2012; Piza, 2009). Adotou-se os procedimentos desenvolvidos por Santos (2012) para a produção dos produtos via térmica (verdete calcinado) e via dissolução ácida (verdete acidificado). Para as reações, utilizou-se a rocha moída e passada em peneira de 150 µm.

Para a acidificação, utilizou-se amostras de 3,0 g de verdete com 12 mL de um efluente ácido. Este efluente foi proveniente de indústria metalúrgica de exploração de tântalo e nióbio da região de São João Del Rei-MG. Assim, a mistura foi acondicionada em tubos de centrífuga e agitados a 150 rpm em mesa agitadora horizontal por 144 h. Após agitação, os tubos ficaram em banho-maria a 90 ± 5 °C por quatro horas em capela com exaustão para reduzir ou eliminar o excesso de flúor. Em seguida, o material foi transferido para béqueres de vidro e secos em estufa de ventilação forçada, a 105 °C, por 72 h. O produto após o resfriamento foi moído em almofariz de ágata e passado em peneira de 150 µm.

Para a produção do verdete calcinado, a massa de 4,0 g da mistura 1/1, m/m, verdete/CaCl₂.2H₂O foi acondicionada em cadinhos de carbono e aquecida em mufla por 60 min a 900 °C. A rampa de temperatura foi linear, monofásica, e durou 60 min.

Após as reações, os produtos foram triturados em almofariz de ágata e passados em peneira de

150 µm. Depois, determinaram-se os teores de K solúveis em água, por espectrofotometria de emissão de chama,

Para o experimento, estudou-se o efeito da aplicação de quatro produtos (verdete; verdete acidificado; verdete calcinado e KCl), com três dose de K (50, 100 e 200 mg/dm³), +1, testemunha (sem K). Assim, definiu-se um arranjo fatorial [(4 x 3)+1], em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. As unidades experimentais foram constituídas de vasos plásticos com 2,5 dm³ de solo, com duas plantas de milho.

As plantas foram cultivadas durante 45 d, quando se coletou separadamente raízes e parte aérea, que foram lavadas, secas em estufa com circulação de ar forçada a ± 65 °C, até a obtenção de massa constante. Em seguida o material foi pesada para obtenção da produção de matéria seca.

Inicialmente verificou-se a normalidade dos erros e a homogeneidade de variância dos dados. Em seguida, os dados foram submetidos à análise variância avaliando as fontes por meio do teste de Scott-Knott e as doses, dentro de cada fonte, por meio de análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve maior incremento de matéria seca quando se utilizou o verdete acidulado, o verdete calcinado e o KCl em comparação com o verdete natural e a testemunha (**Figura 1**), demonstrando que a reatividade do verdete natural é insuficiente para o atendimento pleno da demanda por K pelas plantas de milho. Comportamento similar a este foi encontrado por Leite (1985), quando utilizou a mesma rocha misturada a calcário magnesiano e a fosfato de Araxá, concluindo que tanto o verdete quanto o fosfato, exceto em condições muito específicas, não se prestavam para uso como fertilizantes. Entretanto, apenas quando fundidos apresentaram alguma resposta.

O efeito equivalente do verdete acidificado e calcinado em relação ao KCl se justifica pelos elevados teores de K solúveis em água nesses produtos, sendo 100 e 81 % para o verdete calcinado e acidificado (Santos, 2012), respectivamente. Leite (1985) não notou efeito da calcinação do verdete sobre a matéria seca do milho, certamente porque o efeito fundente do calcário magnesiano utilizado foi mascarado pela adição de fosfato de Araxá na mistura. Esta prerrogativa é válida já que se conhece que o fósforo é um grande formador de redes cristalinas, podendo formar compostos de baixa reatividade na

calcinação (Griffin & Hill, 2000).

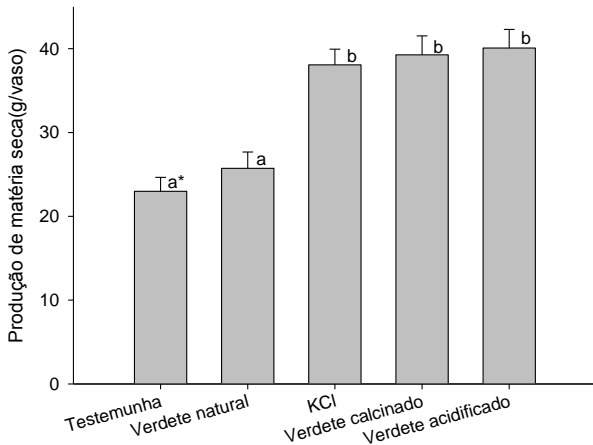


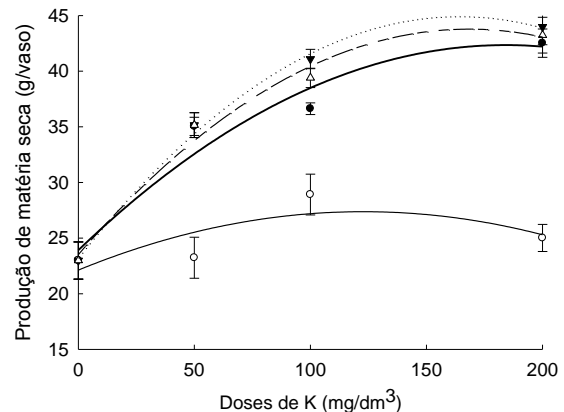
Figura 1. Produção de matéria seca em plantas de milho fertilizadas com verdete natural, KCl, verdete calcinado, verdete calcinado e testemunha (sem adição de K). (*) Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Barras verticais representam o erro padrão da média.

O desempenho do verdete acidificado não é comparável com os resultados de Santos (1984), que utilizou a rocha tratada com diferentes ácidos minerais até a proporção de 40 %, m/m, de diferentes ácidos minerais. A baixa expressão no aumento da produção de matéria seca, para seu melhor resultado, pode ser atribuída aos baixos valores de K solúveis promovido pelo tratamento, chegando a apenas 4,0 % do K total. Já para a realidade deste experimento a presença de flúor e a elevada acidez do efluente foi uma combinação imprescindível para o aumento da reatividade da rocha (Santos, 2012). Em pH abaixo de 3,0 pode ocorrer troca de H^+ por K^+ na estrutura da glauconita (mineral potássico presente no verdete) (Feigenbaum et al., 1981). Já o F é extremamente reativo com silício e troca com oxigênio em estruturas minerais (Hekim & Fogler 1977).

O acúmulo de matéria seca foi explicado adequadamente por modelos quadráticos (Figura 2). Para o verdete natural, devido a sua baixa reatividade (Santos, 2012; Leite, 1985) a menor resposta da planta era esperado, havendo efeito negativo para doses elevadas, estabelecendo como dose ótima 142,5 mg/dm^3 de K, porém com baixa produtividade de matéria seca, 28,21 g/vaso.

Para o verdete acidificado, calcinado e o KCl as doses ótimas foram 165,2; 150,6 e 200 mg/dm^3 de K, correspondentes a produção de matéria seca de

45,09; 43,64 e 43,93 g/vaso. Portanto, percebeu-se que a maior eficiência para o incremento de matéria seca atribuiu-se ao verdete acidificado.



* Verdete acidificado : $\hat{y} = 23,2575 + 0,2643^{***}x - 0,0008^{***}x^2$ ($R^2 = 0,997$)
 ▲ Verdete calcinado : $\hat{y} = 23,5035 + 0,2409^{ns}x - 0,0008^{***}x^2$ ($R^2 = 0,986$)
 ● KCl : $\hat{y} = 23,9130 + 0,2001^{ns}x - 0,0005^{***}x^2$ ($R^2 = 0,948$)
 ○ Verdete : $\hat{y} = 22,12 + 0,0855^{ns}x - 0,0003^{*}x^2$ ($R^2 = 0,60$)

Figura 2. Efeito da aplicação de verdete, verdete acidulado, verdete calcinado e KCl em diferentes doses sobre o acúmulo de matéria seca em plantas de milho. (*) Equações de regressão que descrevem o incremento de matéria seca (y, g/vaso) em função das doses de K (x, mg/dm^3).

O melhor desempenho do verdete acidificado pode estar relacionado à sua composição, que além de conter K, é rico em sulfatos, nitratos e fosfatos além de Mg (Santos, 2012). Mesmo se considerando que a nutrição do milho com demais nutrientes foi equilibrada é possível que quantidades adicionais destes possam ter aumentado à resposta do milho quanto a esta fonte. Já em relação ao verdete calcinado, a presença de cálcio na sua composição pode ter promovido o mesmo efeito.

CONCLUSÕES

A acidificação ou calcinação do verdete propicia eficiência comparável ao KCl.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à FAPEMIG e à CAPES pelo apoio financeiro.



REFERÊNCIAS

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada-ESALQ/USP. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/>>. Acesso em 13 de mai. 2013.

CETEM. Centro de Tecnologia Mineral. Disponível em: <http://mineraldata.cetem.gov.br/mineraldata/app/*> Acesso em 13 de mai. 2013.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral 2012. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?idbancoarquivosarquivo=7403>. Acesso em 23 abr. 2013.

EICHLER, V.,1983. Disponibilidade do potássio do verdete de Abaeté calcinado com e sem calcário magnesiano, para a cultura do milho em solos de textura média e argilosa. Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG, 122 p. (Tese de Mestrado).

FEIGENBAUM, S.; EDELSTEIN, R.; SHAINBERG, J. Release rate of potassium and structural cations from to ion exchangers in dilute solutions. Soil Science Society of American Journal, Madison.,45:501-506, 1981.

GRIFFIN S. G., HILL R. G. Influence of glass composition on the properties of glass polyalkenoate cements. Part II: influence of phosphate content. Biomaterials., 21:399-403, 2000.

HEKIM, Y.; FOGLER, H. S. Acidization VI-On the equilibrium relationships and stoichiometry of reactions in mud acid. Chem. Eng. Sci., 32: 1-9, 1977.

LEITE, P. Efeitos de tratamentos térmicos em misturas de verdete de Abaeté, fosfato de Araxá e calcário magnesiano, na disponibilidade de potássio e fósforo. Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG, 1985. 146 p. (Tese de Mestrado).

NASCIMENTO, M. Desenvolvimento de método para extração de potássio a partir de feldspato potássico. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2004. 113 p. (Tese de Doutorado).

PIZA, P. A. T.; BERTOLINO, L. C.; SILVA, A. A. S., SAMPAIO, J. A., LUZ, A. B. Verdete da região de Cedro do Abaeté (MG) como fonte alternativa para potássio. Geociências, 30: 345-356, 2011.

SANTOS, W. O. Solubilização e concentração de potássio do verdete por meio de tratamentos físicos, químicos e biológicos. Universidade Federal de Viçosa, MG, 2012. 94 p. (Dissertação de mestrado).

SANTOS, E. A. EFEITO DA ACIDIFICAÇÃO DO VERDETE DE ABAETÉ NA DISPONIBILIDADE DE POTÁSSIO PARA O MILHO (ZEA MAYS) EM CASA-DE-VEGETAÇÃO. ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS, MG, 1984.113 P. (DISSERTAÇÃO DE MESTRADO).