



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Nutrição e eficiência no uso de potássio em alface adubada com fontes alternativas de nutrientes

Wantuir Filipe Teixeira Chagas⁽¹⁾; Danilo de Araújo Soares⁽²⁾; Douglas Ramos Guelfi Silva⁽³⁾; Paulo Renato de Costa Rezende⁽⁴⁾; Andreane Bastos Pereira⁽⁴⁾; André Baldansi Andrade⁽⁴⁾; André Leite Silva⁽⁴⁾; Giuliano Marchi⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Aluno de Mestrado; Departamento de Ciência do Solo; Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG, Brasil, CEP: 37200-000, Caixa-Postal: 3037; wantuirfilipe@gmail.com ⁽²⁾ Aluno de Doutorado; Departamento de Ciência do Solo; Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG, Brasil, CEP: 37200-000, Caixa-Postal: 3037; daniloagro@gmail.com ⁽³⁾ Professor, DCS/Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil, CEP: 37200-000, Caixa-Postal: 3037, douglasguelfi@dcs.ufla.br; ⁽⁴⁾ Graduando em Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq/FAPEMIG; Departamento de Ciência do Solo; UFLA; andre.ba.eng@agronomia.ufla.br; ⁽⁵⁾ Pesquisador; Embrapa Cerrados, DF, Brasil, CEP: 73310-970; giuliano.marchi@cpac.br

RESUMO – O potássio apresenta várias funções nas plantas, destacando-se, principalmente, a ativação de vários sistemas enzimáticos, muitos deles participantes dos processos de fotossíntese e respiração. A maioria dos fertilizantes potássicos são de origem importada, diante disso as rochas silicáticas moídas e subprodutos de mineração surgem como uma alternativa viável de fonte potássica em nosso país. Neste trabalho, o objetivo foi avaliar o efeito da aplicação de fontes alternativas de nutrientes na nutrição, e eficiência da adubação potássica na alface. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos com amostras de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico com textura média. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial 4 x 6, sendo utilizados seis fertilizantes alternativos multinutrientes (brecha, ultramáfica, biotita xisto, flogopitito, subproduto de mineração de Sete Lagoas- MG e subproduto de mineração de Chapada- GO), e quatro doses de potássio (0; 200; 400; 600 kg K₂O ha⁻¹), com quatro repetições. A eficiência agrônômica e a recuperação do potássio aplicado diminuem com o aumento na quantidade de fertilizante alternativos multinutrientes. A rocha ultramáfica e os subproduto de mineração se destacaram entre as demais fontes alternativas de nutrientes no que diz respeito à nutrição, produção e eficiência da adubação potássica na alface.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L.; Produção orgânica; Fertilizante multinutriente.

INTRODUÇÃO - O potássio mineral encontra-se nas rochas predominantemente associado a silicatos que liberam esse nutriente para o solo pelo processo de intemperização contínua (WILPERT e LUKES, 2003). As reservas de sais de potássio utilizados para produção de fertilizantes no Brasil, em sua maior parte, são compostas por minerais de baixa solubilidade em água devido à resistência das estruturas dos minerais a serem rompidas

nas condições naturais do solo (OLIVEIRA e SOUZA, 2001). Aliado a isso, a baixa eficiência de uso de nutrientes na agricultura brasileira contribui para a dependência ainda maior na importação de fertilizantes, com isso a utilização de rochas silicáticas potássicas e subprodutos de mineração surgem como uma alternativa para minimizar a importação de fertilizantes. Apesar de constituírem uma alternativa viável para adubação nos diversos sistemas de produção agrícolas, as rochas silicáticas moídas e os subprodutos de mineração ainda não são consideradas fertilizantes ou condicionadores do solo pelos órgãos federais de fiscalização (VAN STRAATEN et al., 2006).

Existem poucas informações sobre a eficiência da adubação potássica na cultura da alface. Entretanto BALIGAR et al., (2001) relata que proporções médias de potássio absorvido pelas culturas, no geral, é de 40% do que é aplicado. É importante ressaltar que esses índices de aproveitamento do potássio são obtidos na maioria das vezes com a utilização de fontes solúveis, sendo a principal o cloreto de potássio. No caso de rochas silicáticas moídas e subprodutos de mineração, a solubilidade do K presente nos minerais, em cada fonte utilizada nesse estudo é variável dependente basicamente da granulometria, composição mineralógica, formação e ambiente de solubilização dos minerais presentes nas rochas silicáticas moídas. Portanto, dificilmente esses materiais proporcionariam uma eficiência agrônômica semelhante ao do KCl que é uma fonte solúvel de K. Entretanto, as rochas silicáticas moídas além de fonte de K, liberam outros nutrientes e algumas delas possuem poder de correção da acidez do solo proporcionando melhorias na fertilidade do solo além da liberação do potássio (RIBEIRO et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de rochas silicáticas moídas utilizadas como fertilizantes multinutrientes, que foram selecionados dentre diversos materiais promissores em termos de fornecimento de

potássio, na nutrição e eficiência da adubação potássica na cultura da alface.

MATERIAL E MÉTODOS - O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, no período de dezembro de 2010 a fevereiro de 2011. Amostras de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, com textura média, foram coletadas em Itutinga, MG, sob vegetação natural, na profundidade de 0 a 20 cm. Posteriormente, o solo coletado foi seco ao ar, destorroado, passada em peneira com abertura de quatro milímetros, homogeneizado e colocado nos vasos de cultivo na quantidade de 3,7 kg. Concomitantemente, foram coletadas amostras de solo utilizadas na caracterização química e física dos solos dos vasos de cultivo: $K = 22 \text{ mg dm}^{-3}$; $S = 5,4 \text{ mg dm}^{-3}$; $P_{\text{(Mehlich1)}} = 0,9 \text{ mg dm}^{-3}$; $Ca = 0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg = 0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Al = 0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $H+Al = 1,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $SB = 0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $t = 0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $T = 2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Fe = 27,4 \text{ mg dm}^{-3}$; $Zn = 0,5 \text{ mg dm}^{-3}$; $Cu = 0,7 \text{ mg dm}^{-3}$; $B = 0,0 \text{ mg dm}^{-3}$; $Mn = 0,4 \text{ mg dm}^{-3}$; $Areia = 600 \text{ g kg}^{-1}$; $Silte = 170 \text{ g kg}^{-1}$; $Argila = 230 \text{ g kg}^{-1}$.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial 4 x 6, sendo utilizados seis fertilizantes alternativos multinutrientes (brecha, ultramáfica, biotita xisto, flogopitito, subproduto de mineração de Sete Lagoas- MG e subproduto de mineração de Chapada-GO), e quatro doses de potássio (0; 200; 400; 600 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$), com quatro repetições. As quantidades de rochas silicáticas moídas e subprodutos de mineração foram definidas com base na concentração de óxido de potássio (Tabela 1). Após a adição dos fertilizantes alternativos multinutrientes aos vasos foi realizada a semeadura de 10 sementes de alface cv. Vera por vaso no dia 01/12/2011. Após a germinação das sementes, quando as plantas apresentavam folhas definitivas, foi realizado desbaste em cada vaso permanecendo, para o cultivo, somente três plantas.

A maioria dos materiais utilizadas no estudo são provenientes de áreas de mineração. Segue uma breve descrição da origem de cada material acima citado.

1) Brecha: Brecha vulcânica alcalina (afloramento de rocha em Santo Antônio da Barra, GO, BR), - Rocha formada em condutos vulcânicos. Composta por feldspatóides, zeólitas e vidro vulcânico. Esta rocha é a única delas que não é proveniente de um processo de mineração.

2) Ultramáfica: Ultramáfica alcalina (pedreira de Lages, SC, BR) - Rocha formada por uma intrusão ígnea. Composta por minerais ferromagnesianos (olivina, piroxênio e flogopita), plagioclásios e carbonatos. Ocorre em uma antiga pedreira destinada à produção de material de construção.

3) Subproduto de Chapada: Biotita xisto (rejeito de Chapada, Novorizonte-GO) - Rocha formada por processos hidrotermais de alteração de rochas graníticas e que geraram minério de cobre e ouro. Composta por biotita e muscovita, tendo como acessórios quartzo e

carbonatos. Este material é proveniente de processo de moagem e flotação, onde não foi envolvido processos de transformação química da rocha.

4) Biotita xisto: Biotita xisto (rejeito de esmeralda de Nova Era e Itabira-MG) - Rocha formada por processos hidrotermais da passagem de fluidos de composição granítica sobre rochas ultramáficas, que gerou a esmeralda. Composta por biotita e quartzo. Este material está acumulado em rejeitos de garimpo de esmeralda.

5) Flogopitito: Flogopita xisto (rejeito de esmeralda de Campo Formoso-BA) - Rocha formada por processos hidrotermais da passagem de fluidos de composição granítica sobre rochas ultramáficas, que gerou a esmeralda. Composta por flogopita e serpentina.

6) Subproduto de mineração: rejeito de produção de manganês, Sete Lagoas-MG - Resíduo de processo metalúrgico de manganês. No processamento, o potássio é separado do minério e concentrado no resíduo.

A adubação de manutenção, foi realizada com reagentes (p.a) em todos os tratamentos, com 300 mg kg^{-1} de P no plantio, 150 mg kg^{-1} de N em três coberturas, e 50 mg kg^{-1} de S junto com a segunda das coberturas nitrogenadas.

O experimento foi colhido aos 71 dias após a semeadura, quando as plantas foram seccionadas rente ao solo. Do material colhido foram separadas as folhas e o sistema radicular que foi retirado dos vasos com o auxílio de jato d'água dirigido sobre o substrato. Todo o material da planta foi acondicionado em sacos de papel e seco a 75°C em estufa com circulação de ar forçada até peso constante. Após a secagem, determinou-se o peso da massa seca de raiz e parte aérea. Posteriormente, a parte aérea foi moída em moinho Willey, sendo dela retiradas amostras equivalentes a dois gramas, as quais foram submetidas à digestão nitroperclórica para determinação dos teores de K.

Os valores de acúmulo de potássio foram determinados pelo produto entre a massa seca e o teor desses nutrientes na parte aérea das plantas de alface. Após a obtenção desses dados foram calculados os seguintes índices de eficiência da adubação potássica:

- Recuperação do potássio Aplicado (RKA) = (Acúmulo de K na parte aérea (mg) com adubação potássica - Acúmulo de K na parte aérea (mg) sem adubação) / Dose de K_2O aplicada (mg) x 100; em % (FAGERIA, 2010).
- Eficiência Agronômica do K Aplicado (EAK) = (massa seca da parte aérea com adubação potássica (mg) - massa seca parte aérea sem adubação potássica (mg)) / Dose de K_2O (mg); em mg de massa seca de parte aérea / mg K_2O aplicado (FAGERIA, 2010).

Os dados referentes ao teor e acúmulo de potássio foram submetidos à análise de regressão. Os testes estatísticos foram aplicados a 5% de probabilidade, com o apoio computacional do programa estatístico SISVAR versão 4.0 (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO - Foi observada significância ($p < 0,05$) entre doses, fontes, bem como

para a interação entre esses fatores para teor e acúmulo de K na parte aérea da alface. Os teores de K na parte aérea da alface aumentaram com a elevação da quantidade de K₂O aplicada na forma de fertilizantes alternativos multinutrientes (Figura 1a). O maior teor de K na parte aérea da alface foi de 30,2 g kg⁻¹ no solo adubado com os subprodutos de mineração na dose de 600 kg de K₂O ha⁻¹ (Figura 1a). KANO et al., (2010) avaliaram o efeito de doses de potássio fornecidas na forma de cloreto de potássio na cultura da alface e obtiveram teores de K na parte aérea que foram de 14 e 27 g kg⁻¹ para as doses 0 e 2,5g de K₂O por planta respectivamente.

De acordo com WEIR e CRESSWELL (1993), teores de K na parte aérea da alface, considerados ideais, estão entre 45 a 80 g kg⁻¹.

O subproduto de mineração de Sete Lagoas- MG promoveu acúmulo de K na parte aérea da alface superior aos demais fertilizantes alternativos multinutrientes seguido pela rocha ultramáfica. A sequência decrescente de acúmulo de K nos tratamentos foi a seguinte: subproduto de mineração > ultramáfica > biotita xisto = subproduto de chapada = brecha > flogopitito (Figura 1).

Excluindo-se o subproduto de mineração de Sete Lagoas- MG, o fertilizante alternativo multinutriente que liberou mais K⁺ foi a rocha ultramáfica, que contém feldspatos em sua mineralogia, minerais que podem contribuir para aumento da disponibilidade de K no solo com efeitos positivos na nutrição potássica da alface adubada com esta rocha (Figura 2).

A maior eficiência agrônômica da adubação potássica ocorreu na alface adubada com a rocha ultramáfica subproduto de mineração de Sete Lagoas- MG. A sequência decrescente de eficiência agrônômica das rochas foi a seguinte: ultramáfica = subproduto de mineração > brecha = subproduto de chapada = flogopitito = biotita xisto. O principal fator que afeta a eficiência agrônômica é a solubilização do K da rocha para a solução do solo. Materiais onde os nutrientes estejam ligados a minerais que possam ser solubilizado de maneira mais rápida, disponibilizarão mais potássio para absorção pelas raízes, proporcionando maior produção por kg de K aplicado na forma de rocha moída. Assim como para a eficiência agrônômica, a recuperação do potássio aplicado diminuiu com o incremento nas doses de K₂O aplicadas na forma de fertilizantes alternativos multinutrientes e foi maior com a aplicação do subproduto de mineração de Sete Lagoas- MG (Tabela 2).

CONCLUSÕES– Os fertilizantes alternativos multinutrientes podem ser utilizadas como fontes de

potássio por promoverem apreciável liberação, promovendo aumento nos teores e acúmulo deste nutriente na parte aérea.

A eficiência agrônômica e a recuperação do potássio aplicado diminuem com o aumento na quantidade aplicada de fontes alternativas multinutrientes.

A rocha ultramáfica e o subproduto de mineração de Sete Lagoas- MG se destacaram entre os demais fertilizantes alternativos multinutrientes no que diz respeito à nutrição, produção e eficiência da adubação potássica na alface.

AGRADECIMENTOS - Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e a FAPEMIG pelo suporte financeiro concedido a essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

BALIGAR, V.C.; FAGERIA, N.K.; H, Z.E. Nutrient use efficiency in plants. **Communications in soil science and plant analysis**, 32: 921–950, 2001.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

KANO, C.; CARDOSO, A.I.I.; VILAS BOA, R.L. Influencia de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, 28: 287-291, 2010.

OLIVEIRA FILHO, E.C. Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na agricultura brasileira. **Espaço & Geografia**, 9:17-40, 2006.

RIBEIRO, L.S.; SANTOS, A.R.; SOUZA, L.F.S.; SOUZA, J.L. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:891-897, 2010.

VAN STRAATEN, P.V. Farming with rocks and minerals: Challenges and opportunities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 78:731-747, 2006.

WEIR, R. G.; CRESSWELL, G. C. Plant nutrient disorders 3. **Vegetable crops**, Sydney, 1993. 105 p.

WILPERT, K.; LUKES, M. Ecochemical effects of phonolite rock powder, dolomite and potassium sulfate in a spruce stand on an acidified glacial loam. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 65: 115-127, 2003

Tabela 1 - Teores totais de K₂O, Na₂O, P₂O₅, CaO, MgO, Cu, Zn e Ni nas fontes alternativas de nutrientes.

Rochas	K ₂ O ⁽²⁾	Na ₂ O ⁽²⁾	P ₂ O ₅ ⁽²⁾	CaO ⁽²⁾	MgO ⁽²⁾	Cu ⁽³⁾	Zn ⁽³⁾	Ni ⁽³⁾
	----- % -----			----- mg kg ⁻¹ -----				
Brecha	2,18	0,31	0,94	9,03	7,09	59,9	128,7	73,9
Ultramáfica	3,10	1,71	1,22	13	18,50	87,4	113,1	651,9
SBC ⁽⁴⁾	3,39	1,62	0,19	3,19	3,88	437,5	123,0	2,8
SBM ⁽⁵⁾	11,80	0,72	0,42	3,58	0,70	816,8	28.184,2	380,3
Biotita xisto	2,07	0,86	0,06	5,27	13,8	9,9	290,5	146,4
Flogopitito	7,71	0,16	0,2	0,98	22,89	9,1	902,7	1425,2

¹Rochas silicáticas moídas a 0,3 mm para esta análise. ²Métodos 4A; 4B do laboratório Acemlabs (Canadá) que tem com princípio a fusão da amostra em metaborato/tetraborato de lítio. ³Método 3052. ⁴Subproduto de chapada. ⁵Subprodutos de mineração.

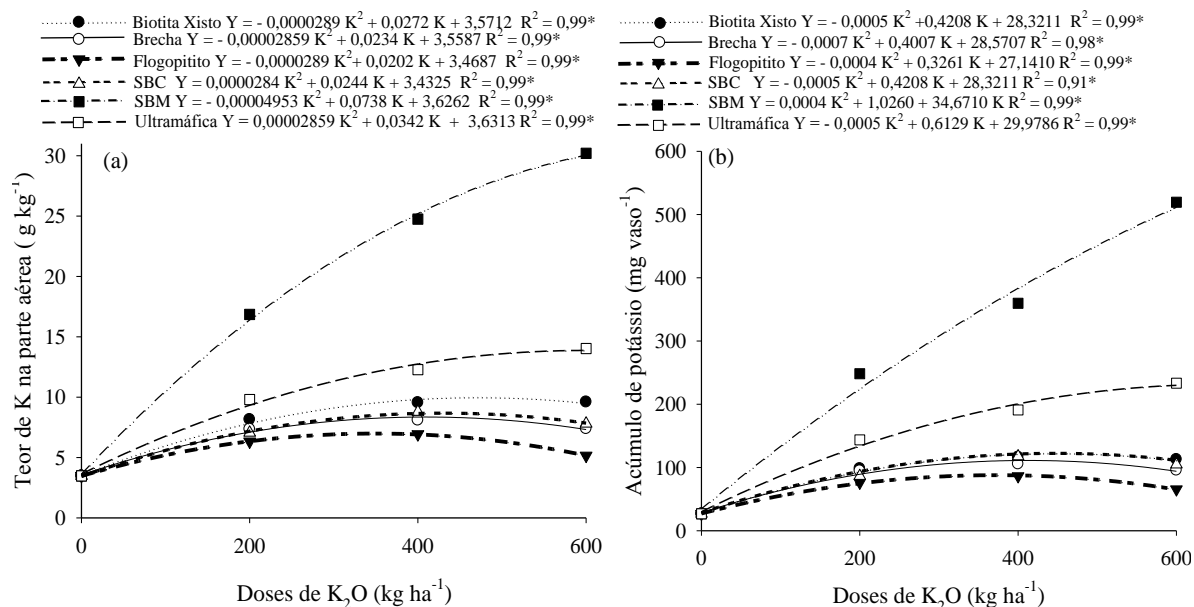


Figura 1 - Efeito da aplicação de fontes alternativas de nutrientes em diferentes doses de K₂O no teor (a) e acúmulo (b) de potássio na parte aérea da alface. *Significativo a p<0,05.

Tabela 2 - Eficiência agrônômica da adubação potássica e recuperação do potássio aplicado na alface adubada com diferentes doses de rochas moídas⁽¹⁾.

Rocha moída	Eficiência agrônômica (mg massa seca mg de potássio aplicado ⁻¹)			
	200	400	600	Médias
Biotita xisto	11,7a	6,1b	3,5b	7,1B
Brecha	14,0a	7,2b	4,9b	8,7B
Flogopitito	11,9a	6,5b	4,6b	7,7B
SBC ⁽²⁾	12,3a	7,7b	5,1b	8,4B
SBM ⁽³⁾	19,0a	9,3b	8,7	12,3A
Ultramáfica	19,0a	13,0b	8,0c	13,3A
Médias	14,7a	8,3b	5,8c	
Rocha moída	Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)			Médias
	200	400	600	
Recuperação do potássio aplicado (%)				
Biotita xisto	19,4a	12,1a	7,8b	13,1C
Brecha	18,4a	10,6b	6,2b	11,7C
Flogopitito	13,3a	8,0b	3,5b	8,3D
SBC	16,1a	12,3a	7,0b	11,8C
SBM	59,7a	45,0b	44,4b	49,7A
Ultramáfica	31,6a	22,2b	18,6b	24,1B
Médias	26,4a	18,4b	14,6c	

Letras minúsculas comparam doses dentro de cada fonte e média das doses. Letras maiúsculas comparam as médias das fontes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Subproduto de chapada. ⁽³⁾Subproduto de mineração.