

EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO NA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO SIENITO NEFELÍNICO¹

JOSÉ OSWALDO SIQUEIRA e GERALDO A.A. GUEDES²

RESUMO - Estudou-se o efeito do tratamento térmico na disponibilidade do potássio (K) do sienito nefelínico (SN), de Poços de Caldas, MG. O aquecimento do SN puro a temperaturas variando de 110 a 900°C por uma hora, teve pouco efeito na solubilização do K, avaliada através de análise química e extração biológica, utilizando-se o milho (*Zea mays* L.) como planta indicadora. Entretanto, quando o SN foi aquecido em mistura meia a meia com calcário calcítico ou dolomítico, em temperaturas de 900 a 1.150°C por uma hora, houve solubilização de aproximadamente 50% do K da rocha. Ação fundente da rocha calcária foi evidenciada em temperaturas superiores a 900°C, conforme demonstrado pelas análises químicas e avaliação da eficiência agronômica das diferentes misturas testadas. A calcinação da mistura 1/2 SN + 1/2 calcário dolomítico resultou em material com propriedade fertilizante e corretiva contendo 3-4% de K₂O solúvel, 18-20% de CaO e 10-12% de MgO. Essa mistura mostrou eficiência equivalente a KCl, e teve PRNT entre 60-70%. Fica evidenciado que o SN, rocha potássica de baixa solubilidade, pode ser transformado em termo fertilizante-correctivo com características desejáveis para solos ácidos e de baixa fertilidade, predominantes no Brasil Central, onde jazidas de sais solúveis de K ainda não foram encontradas.

Termos para indexação: rocha potássica, calcinação, fertilizante potássico.

Index terms: potassium rock, calcination, potassium fertilizer.

EFFECT OF THERMAL TREATMENT ON THE AGRONOMIC EFFICIENCY OF NEPHELINE SIENITE

ABSTRACT - The effect of thermal treatment on the fertilizer value of nepheline sienite (NS) was evaluated. Heating NS alone at temperatures ranging from 110 to 900°C during one hour had no effect on the amount of soluble K, as evaluated by chemical analysis and biological extraction using corn (*Zea mays*, L.) plants. However, mixtures composed of NS+ limestone heated at 900 and 1.150°C increased K solubilization by 50% as evidenced by chemical analysis. Mixture calcination of 1/2 SN + 1/2 dolomitic lime resulted in material with fertilizing and liming properties with 3-4% of K₂O, 18-20% of CaO and 10-12% of MgO. This mixture exhibited agronomic efficiency as good as KCl and had calcium carbonate equivalent neutralizing value between 60 to 70%. It is evidenced that NS, a potassium rock with low solubility, can be transformed into a corrective fertilizer with desirable characteristics to low-fertility acid soils, that predominates in Central Brazil, where deposits of K soluble salts are not known.

INTRODUÇÃO

Embora grande progresso tenha sido alcançado pela indústria química nacional, o Brasil ainda é um dos grandes importadores de fertilizantes. Parte considerável do consumo interno de fertilizantes nitrogenados e fosfatados é suprida pela indústria nacional, mas os potássicos ainda são totalmente importados (Rocha 1981). Várias reservas de sais solúveis têm sido encontradas, mas, além de apre-

sentarem problemas de ordem técnica para mineração e processamento, estão localizadas fora das regiões consumidoras (Távora 1982).

Grandes expectativas têm sido colocadas nas reservas de minerais portadores de potássio, que ocorrem abundantemente na região Centro Sul do país, como a rocha potássica de Poços de Caldas, sienito nefelínico (SN) e o verdete de Abaeté. Tentativas de utilização agronômica destes materiais in natura têm apresentado pouco sucesso, devido principalmente à baixa solubilidade do potássio (K) destes minerais (Ilchenko & Guimarães 1953, Lopes et al. 1972, Catani & Gallo 1960, Siqueira & Guedes 1977, Siqueira 1978, Mielniczuk & Klamt 1978, Siqueira et al. 1985). Entretanto, estes trabalhos sugerem que a eficiência destes minerais

¹ Aceito para publicação em 29 de novembro de 1985. Trabalho desenvolvido pelo primeiro autor com bolsa de aperfeiçoamento do CNPq e financiado pela FINEP e Mineração Curimbaba de Poços de Caldas.

² Eng. - Agr., Ph.D., Prof. - Adj. Dep. de Ciência do Solo, ESAL, Caixa Postal 37, CEP 37200 Lavras, MG.

como fontes de K para as plantas, pode ser aumentada através de tratamentos físicos, químicos e biológicos.

Dentre os processos físicos, destaca-se o tratamento térmico do SN que foi inicialmente estudado por Ilchenko & Guimatães (1953). Pesquisas mais recentes (Siqueira 1978, Klamt et al. 1978, Valarelli & Guardani 1981, Faquin 1979, 1982, Eichler 1983), incluindo outros materiais potássicos, sugerem que o tratamento térmico constitui meio tecnicamente viável de aumentar a eficiência agrônômica destes materiais.

No presente trabalho avaliou-se o efeito do tratamento térmico na eficiência agrônômica do sienito nefelínico de Poços de Caldas como fonte de K para o milho cultivado em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar a influência do tratamento térmico do sienito nefelínico (SN) sobre seu valor fertilizante, foram conduzidos dois experimentos.

No primeiro experimento, o SN foi aquecido por uma hora às temperaturas de 110, 400, 500, 600, 700, 800 e 900°C. Nestes tratamentos foi avaliada a solubilidade de K da rocha, através de análises químicas e extração biológica, utilizando-se o milho (*Zea mays* L.) como planta indicadora.

No segundo experimento, o SN foi aquecido separadamente e misturado, em quantidades iguais peso/peso com calcários e fosfato de Patos. Foram avaliadas as seguintes misturas: SN = sienito nefelínico; SN + Cc = 1/2 SN + 1/2 calcário calcítico; SN + Cd = 1/2 SN + 1/2 calcário dolomítico; SN + Cc + FP = 1/3 SN + 1/3 Cc + 1/3 fosfato de Patos; SN + Cd + FP = 1/3 SN + 1/3 Cd + 1/3 FP. A análise química do SN e fosfato de Patos apresentou teores totais de 15% de K₂O e 26% de P₂O₅, respectivamente. Após a completa homogeneização, as misturas foram aquecidas a 600, 900 e 1.150°C por uma hora. O tratamento térmico foi realizado nas instalações da Mineração Curimbaba em Poços de Caldas, MG, e as análises químicas e experimentos biológicos no Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), MG, durante os anos de 1977/78. Após os tratamentos térmicos, as misturas foram moídas e passadas em peneiras de 150 mesh, e retiradas amostras para determinação dos teores de Ca, Mg, K e P solúveis. Ca e Mg foram extraídos com HCl 0,005 N na relação 1:200 e determinados por volumetria pelo método do EDTA. O K solúvel em água na relação 1:1000, com agitação por 15 minutos, e determinado por fotometria de chama. O P foi extraído com ácido cítrico 2% e determinado por espectrofotometria.

A eficiência agrônômica de cada material tratado foi avaliada em casa de vegetação, utilizando-se o milho como

planta indicadora, cultivado em Latossolo Roxo Distrófico argiloso, coletado na camada 0 - 20 cm de profundidade, em perfil localizado no campus da ESAL. O solo foi preparado de acordo com Waugh & Fitts (1966); apresentou pH em água = 4,6; Al (KCl 1 N) = 0,3 meq/100 cm³ de terra; Ca + Mg (KCl 1 N) = 1,0 meq/100 cm³ de terra; K (Mehlich I) = 22 ppm; P (Mehlich I) = 1,0 ppm; e matéria orgânica = 2,2%. O solo preparado que recebeu os diferentes tratamentos foi colocado em vasos de polietileno à razão de 4,5 kg. As diferentes fontes de K foram aplicadas de modo a fornecer o equivalente a 320 kg/ha de K₂O, considerando o teor de K₂O total de cada fonte. Além do SN e misturas, foram preparados tratamentos sem adição de P, sem K, sem PK e com PK em doses equivalentes a 450 e 320 kg/ha de P₂O₅ e K₂O, respectivamente, na forma de superfosfato simples (18% P₂O₅) e KCl (60% K₂O). Todos os tratamentos receberam N equivalente a 150 kg/ha, aplicado ao solo na forma de sulfato de amônio (20% N), e solução nutritiva contendo micronutrientes, conforme Siqueira et al. (1985). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições. O primeiro experimento, constituído de dez tratamentos, foi conduzido por três cultivos sucessivos, enquanto (rocha + calcários e fosfato de Patos), com quinze tratamentos foi conduzido por apenas um cultivo. Em cada vaso, foram semeadas cinco sementes de milho híbrido (AG-107) com posterior desbaste para três plantas, que foram colhidas 55 dias após a semeadura. Os vasos foram mantidos com 60-70% da capacidade de campo, sendo o controle do teor de umidade feito através de pesagens diárias.

Após a colheita e determinação da matéria seca total, as amostras foram moídas e analisadas segundo metodologia descrita por Sarruge & Haag (1974). As quantidades de nutrientes absorvidas foram calculadas de suas concentrações nos tecidos. Após o cultivo, foram retiradas amostras de solo para análise química, conforme metodologia utilizada no Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

Os dados obtidos foram submetidos a análise e interpretação estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito de várias temperaturas de aquecimento do sienito nefelínico (SN) sobre o teor de K solúvel e sua disponibilidade para o milho é apresentado na Tabela 1 e Fig. 1.

Verifica-se que temperaturas variando de 110 a 900°C tiveram pouco efeito sobre as diversas variáveis analisadas. O SN aquecido a 800 e 900°C e aplicado ao solo promoveu pequeno aumento na produção de matéria seca do milho em relação ao tratamento sem K, mas foi inferior aos tratamentos que receberam formas solúveis de K (K₂SO₄

TABELA 1. Influência do tratamento térmico sobre o valor fertilizante do selenito nefelínico, avaliado pela resposta biológica do milho e disponibilidade de potássio no solo.

Tratamentos	Matéria seca						K na parte aérea						K absorvido						K no solo					
	1º		2º		3º		1º		2º		3º		1º		2º		3º		1º		2º		3º	
	Cultivos						Cultivos						Cultivos						Cultivos					
Sem K	15,86	5,31	2,61	0,35	0,28	0,27	54,8	15,0	6,9	6,6	4,3	3,3	38,60	10,63	4,44	1,88	0,30	0,27	717,6	53,4	11,8	12,6	4,5	3,0
KCl	34,68	10,70	4,05	1,51	0,30	0,25	521,4	53,2	10,1	11,6	4,3	4,0	22,65	7,97	4,18	0,35	0,30	0,27	78,3	23,9	11,1	10,3	5,3	4,0
R 110°C	24,32	7,96	3,95	0,39	0,30	0,23	94,8	23,8	11,2	9,3	4,3	5,0	22,99	7,35	3,53	0,36	0,31	0,25	80,4	25,0	8,8	9,3	4,0	5,6
R 400°C	21,24	8,01	2,83	0,39	0,31	0,31	87,8	25,1	8,6	9,6	3,0	3,6	23,82	8,77	3,17	0,38	0,31	0,28	89,5	27,5	9,0	11,0	4,3	5,0
R 600°C	24,67	9,96	3,60	0,38	0,30	0,28	92,1	32,4	10,1	9,3	5,3	4,6	23,85	9,55	4,05	0,38	0,30	0,28	89,6	28,6	11,4	11,3	5,0	5,3
R 800°C																								
R 900°C																								
DMS a 5%	5,86	1,11	0,80	0,26	ns	ns	67,0	ns	3,2	2,3	ns	1,8												

ou KCl), aplicado em doses equivalentes ao teor de K_2O total contido em cada tratamento com o SN (Fig. 1). Os dados de percentagem de K na planta, K total absorvido e K disponível no solo confirmam a baixa liberação de K do SN aquecido, mesmo após o terceiro cultivo com milho (Tabela 1). Portanto, o tratamento térmico do SN puro até $900^\circ C$ por uma hora não aumentou sua eficiência como fonte de K para o milho, em casa de vegetação.

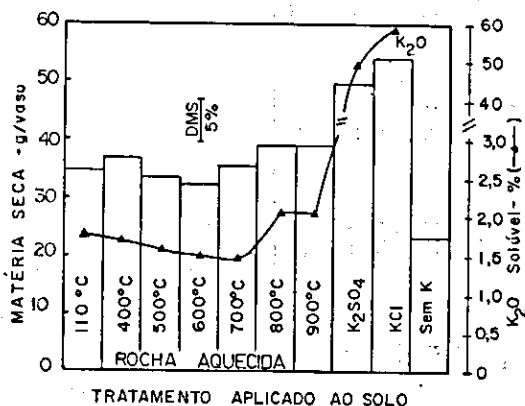


FIG. 1. Influência do tratamento térmico sobre o valor fertilizante do sienito nefelínico para o milho. Dados cumulativos de três cultivos sucessivos.

O segundo experimento mostra o efeito de temperaturas mais elevadas e da mistura do SN com calcários e fosfato de Patos (FP) no valor fertilizante do SN. A Tabela 2 mostra os teores de K_2O , CaO, MgO e P_2O_5 solúveis nas diversas misturas tratadas em diferentes temperaturas. A elevação da temperatura de aquecimento do SN puro não aumentou a solubilidade de K, fato também observado no primeiro experimento (Fig. 1). Entretanto, o aquecimento do SN misturado em quantidades iguais com calcários e FP mostrou-se eficiente na solubilização de K (Tabela 2).

A calcinação da rocha com calcário calcítico ou dolomítico (1/2 SN + 1/2 calcário) em temperaturas de 900 ou $1.150^\circ C$ por uma hora, resultou em solubilização de aproximadamente 50% de K contido no SN, independente do tipo de calcário utilizado (Tabela 2). A introdução do FP na mistura SN + calcário teve pouco efeito na eficiência do tratamento térmico em termos de percentagem de

K solubilizado, mas os nutrientes (P e K) na mistura apresentaram-se muito diluídos, em função dos baixos teores totais desses nutrientes nas matérias primas (SN e FP). Trabalhos em andamento, utilizando misturas de rocha + calcário + fosfato de Patos concentrado, têm mostrado melhores resultados que os aqui relatados. O K solubilizado pela calcinação foi prontamente assimilado pelo milho, conforme mostra a Tabela 3. O SN aquecido separadamente produziu de 25% a 30% do tratamento completo, que recebeu P e K em formas solúveis; sua eficiência não foi alterada pela elevação da temperatura (Fig. 2). Entretanto, nas misturas SN + calcários, houve efeito acentuado da temperatura de calcinação, sendo que estas misturas calcinadas a 900 ou $1.150^\circ C$ tiveram eficiências equivalentes às do tratamento que recebeu P e K em formas solúveis, destacando-se o tratamento 1/2 SN + 1/2 calcário dolomítico calcinado a $900^\circ C$, que mostrou elevada eficiência agrônômica para o milho (Fig. 2).

Os dados de produção (Tabela 3) e percentagem de K_2O solubilizado (Tabela 2) para as misturas SN + calcários + FP mostram que, embora a solubilização relativa de K do SN não tenha sido alterada, a eficiência agrônômica da mistura foi reduzida devido à baixa quantidade de P disponível na mistura. A aplicação do SN calcinado não alterou os teores de P, K, Ca + Mg e Al do solo, entretanto, as demais misturas aumentaram os teores de Ca + Mg e reduziram os de Al trocável, evidenciando a ação corretiva destas misturas (Tabela 3). As misturas que tiveram FP em sua composição elevaram os teores de P disponível do solo, determinado pelo extrator de Mehlich I, mas não aumentou o teor de P na planta. Isto se deve à alta capacidade de extração de P não disponível ligado ao cálcio pelo referido extrator (Kamprath & Watson 1980). As misturas SN + calcários ou SN + calcários + FP, calcinadas a $1.150^\circ C$, aumentaram os teores de K disponível no solo após o cultivo. Isto mostra que o tratamento térmico foi eficiente na solubilização de K e que este K é menos solúvel que o do KCl que foi totalmente absorvido pelo milho em apenas um cultivo (Tabela 3). Esta solubilidade diferencial de K do SN calcinado, em relação a fontes solúveis, pode ser de grande significância agrônômica, considerando o consumo de luxo de

TABELA 2. Teores solúveis de potássio, cálcio, magnésio e fósforo e percentagem de solubilização do potássio do sienito nefelínico, em função do tratamento e da combinação com calcários e fosfato de rocha.

Tratamentos*		Quantidade solúvel (%)				K ₂ O solubilizado** (%)
Fonte	Temp. °C	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	
SN	600	0,76	5,60	T	T	5,00
	900	1,70	5,28	T	T	11,34
	1.150	2,15	5,60	T	T	14,31
SN + Cc	600	0,63	27,50	0,56	T	8,41
	900	3,34	34,76	0,30	T	44,50
	1.150	3,78	24,11	0,42	T	50,40
SN + Cd	600	0,63	14,35	9,83	T	8,42
	900	3,15	17,38	10,48	T	42,00
	1.150	3,46	15,14	11,69	T	42,12
SN + Cc + FP	600	0,63	25,23	4,03	0,81	12,61
	900	1,26	26,35	4,10	0,60	29,10
	1.150	2,20	29,16	4,15	0,72	41,60
SN + Cd + Fp	600	0,63	21,21	10,48	0,48	12,63
	900	1,45	17,94	9,67	0,70	25,20
	1.150	2,08	18,50	11,69	0,90	44,00

* SN - sienito nefelínico; Cc e Cd - calcários calcítico e dolomítico, respectivamente; FP - fosfato de Patos.

** Calculado com base nos 15% de K₂O total do SN.

T - Teores não detectados.

K pelas plantas e o grande potencial de lixiviação deste nutriente nos solos tropicais, principalmente os de textura arenosa. O material aqui obtido parece comportar-se de maneira semelhante à dos chamados silicatos potássicos, produzidos com a fusão do SiO₂ com KOH ou K₂CO₃. Estes silicatos têm mostrado superiores a KCl para culturas perenes e forrageiras (Miwa et al. 1978).

Outro fato que merece consideração prática é a ação corretiva da acidez do solo, conferida por algumas destas misturas. O poder relativo de neutralização total (PRNT) calculado para as misturas que apresentaram elevada eficiência agrônômica, está entre 60% e 70%. Considerando que a mistura SN + calcário, calcinada a 900°C, possa ser comercializada a preços ligeiramente superiores ao do calcário agrícola, acredita-se que um fertilizante corretivo contendo 3 - 4% de K₂O solúvel, 18 - 20% de CaO e 10 - 12% de MgO, possa ser agrônômica e economicamente viável dentro de determinada região geográfica localizada em torno da unidade produtora. Esta especulação têm sido confirmada por experimentos conduzidos no campo, em

execução, em vários locais do Estado de Minas Gerais, pelo Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

Siqueira & Guedes (1977) e Siqueira (1978), sugeriram a execução de pesquisas adicionais envolvendo diferentes proporções de SN: calcário e temperaturas de calcinação mais elevadas. Estas sugestões foram investigadas por Faquin (1979, 1982) que encontrou máxima eficiência da calcinação para temperaturas de 1.000°C; a fusão da mistura só apresentou superioridade a KCl após o segundo cultivo com milho. Ele verificou ainda que a mistura 75% SN + 25% de calcário dolomítico, calcinada a 1.000°C, teve eficiência agrônômica igual a KCl, para o milho em casa de vegetação. Resultados semelhantes foram encontrados por Eichler (1983), trabalhando com verdete de Abaeté.

Os resultados aqui encontrados mostram que a calcinação do SN com calcários aumenta sua eficiência agrônômica. Isto é atribuído à ação fundante dos carbonatos encontrados na rocha calcária, quando aquecidos a temperaturas superiores a

900°C. A calcinação do SN na presença de carbonatos provoca alterações estruturais nos minerais constituintes da rocha, resultando na formação de outros compostos, com conseqüente liberação de K retido na rede cristalina do SN, dando formação de K_2O , K_2CO_3 e $K_2O \cdot Al_2O_3$ (Kirsch 1972, Fraya 1950, Valarelli & Guardani 1981) e, possivelmente, silicato potássico solúvel (Miwa et al. 1978), que são prontamente absorvidos pelo milho.

O presente trabalho evidencia a viabilidade do desenvolvimento de fertilizante-corretivo "termopotássico-cálcico-magnésiano" de eficiência agrônômica equivalente a KCl. Restam, portanto, pesquisas complementares sobre a operacionalidade e economicidade do processo industrial, como vêm sendo desenvolvidos pelo Centro de Pesquisas com Fertilizantes (CEFER), do IPT - São Paulo (Valarelli & Guardani 1981).

TABELA 3. Influência da mistura com calcários e fosfato de rocha no valor fertilizante do sienito nefelínico, avaliado pela resposta biológica do milho, disponibilidade de nutrientes e teores de Al trocável no solo.

Tratamentos*		Mat. seca	Na planta		No solo			
Fonte	Temp. °C		K	P	K	P	Ca+Mg	Al
		g/vaso	-----%		--- ppm ---		meq/100	cc
SN	600	2,40	0,33	0,25	6,0	12,0	1,5	0,3
	900	2,32	0,32	0,26	5,6	12,6	1,4	0,3
	1.150	2,54	0,32	0,29	5,7	15,0	1,4	0,3
SN + Cc	600	3,50	0,35	0,24	9,0	15,0	2,9	0,1
	900	7,75	0,32	0,21	16,7	11,3	2,3	0,1
	1.150	7,47	0,67	0,22	23,0	12,7	3,2	0,1
SN + Cd	600	3,28	0,43	0,24	8,7	10,0	1,4	0,1
	900	8,65	0,37	0,23	19,7	10,0	1,4	0,1
	1.150	6,66	0,51	0,24	37,0	10,7	2,9	0,1
SN + Cc + FP	600	4,36	0,43	0,22	9,0	30,6	2,8	0,1
	900	3,82	0,41	0,20	25,0	27,3	2,6	0,1
	1.150	4,10	0,31	0,22	34,0	38,7	2,2	0,1
SN + Cd + FP	600	3,50	0,40	0,21	13,3	27,0	2,5	0,1
	900	3,43	0,50	0,19	18,7	24,0	2,5	0,1
	1.150	3,70	0,42	0,19	33,3	25,0	2,5	0,1
PK solúvel		8,51	1,15	0,29	12,7	10,0	1,4	0,3
Sem P		2,38	2,72	0,24	25,0	13,4	1,0	0,3
Sem K		7,84	0,31	0,25	7,6	16,0	1,6	0,3
DMS a 5%		1,89	0,55	0,07	11,2	15,4	0,65	0,1

* Como na Tabela 2.

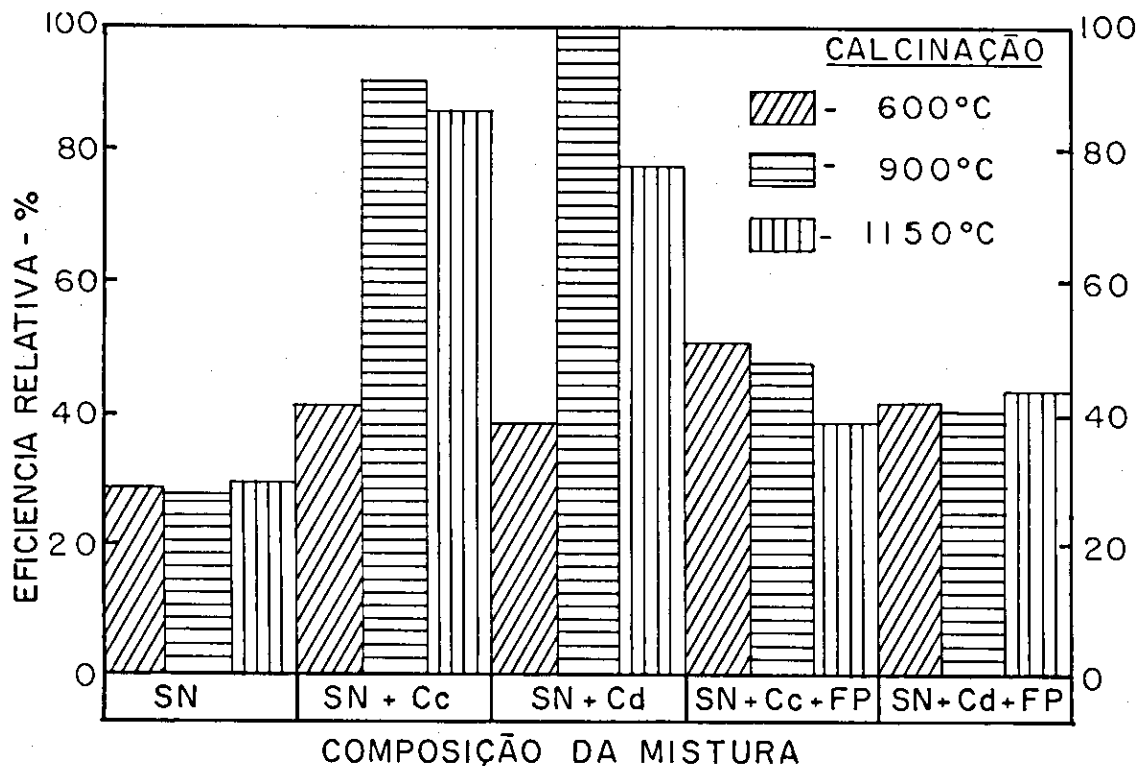


FIG. 2. Influência do tratamento térmico no valor fertilizante do sienito nefelínico puro e em mistura com calcário e fosfato de Patos para o milho cultivado em vasos (100% = produção fonte solúvel; SN = sienito nefelínico; Cc = calcário calcítico; Cd = calcário dolomítico e FP = fosfato de Patos).

CONCLUSÕES

1. O tratamento térmico do sienito nefelínico puro até 900°C, por um hora, teve pouco efeito na solubilização do potássio.
2. A eficiência do tratamento térmico na solubilização do potássio do sienito nefelínico aumenta de modo significativo pela adição de calcário.
3. A mistura meia a meia de sienito nefelínico com calcário, com aquecimento durante uma hora, apresentou uma eficiência agrônômica equivalente à do cloreto de potássio.
4. O desenvolvimento de termo fertilizante-correctivo contendo potássio, cálcio e magnésio a partir de materiais potássicos de baixa solubilidade e de rocha calcária, apresenta-se como fonte alternativa potencial em regiões circunscritas.

REFERÊNCIAS

- CATANI, R.A. & GALLO, J.R. A disponibilidade do potássio da leucita de Poços de Caldas estudada por meio do arroz. An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, 17:30-5, 1960.
- EICHLER, V. Disponibilidade do potássio do Verdete de Abaeté, calcinado com e sem calcário magnesiano, para a cultura do milho (*Zea mays* L.) em solos de textura média e argilosa. Lavras, ESAL, 1983. 122p. Tese Mestrado.
- FAQUIN, V. Efeito da calcinação do sienito nefelínico misturado com calcário dolomítico, calcário calcítico e magnesita, na disponibilidade de potássio ao milho; anexo ao relatório Projeto Sienito, contrato ESAL/FINEP IF/606. Lavras, s. ed., 1979. p.35-62.
- FAQUIN, V. Efeito do tratamento térmico do sienito nefelínico adicionado de calcário dolomítico na disponibilidade de potássio ao milho (*Zea mays* L.) em casa de vegetação. Piracicaba, ESALQ, 1982. 115p. Tese Mestrado.

- FRAYA, R. Rochas potássicas; possibilidades de aproveitamento para a indústria de adubos. *Min. Metal.*, 15:85-7, 1950.
- ILCHENKO, V. & GUIMARÃES, D. Sobre a possibilidade de utilização agrícola dos sienitos nefelínicos do planalto de Poços de Caldas, Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Inst. Tecnol. Industr., 1953. 15p. (Avulso, 15)
- KAMPRATH, E.J. & WATSON, M.E. Conventional soil and tissue test for assessing the phosphorus status of soils. In: *THE ROLE of phosphorus in agriculture*. Madison, ASA/CSSA/SSSA, 1980. p.433-69.
- KIRSCH, H. *Mineralogia aplicada*. São Paulo, Polígono, Ed. USP, 1972. 291p.
- KLAMT, E.; MIELNICZUK, J. & POMBO, L.C.A. Estudo da cinética de liberação de potássio das rochas e minerais; anexo ao relatório final do contrato FUNDATEC/FINEP IF/507. Porto Alegre, UFRS, 1978. 27p.
- LOPES, A.S.; FREIRE, J.C.; AQUINO, L.H. & FELIPE, M.P. Contribuição ao estudo da rocha potássica Verdete de Abaeté (Glauconita) para fins agrícolas. *Agros*, Lavras, 2:32-42, 1972.
- MIELNICZUK, J. & KLAMT E. Avaliação da eficiência agrônômica dos minerais potássicos; anexo ao relatório final do contrato FUNDATEC/FINEP IF/507. Porto Alegre, UFRS, 1978. 17p.
- MIWA, E.; ALLEN, S.E.; HUNT, C.M. & CLEMENTS, L.B. *Studies on controlled potassium fertilizers*. II. Evaluation of potassium silicates as slow-release sources of potassium. *Soil Sci. Plant Nutr.*, Tokyo, 24:103-11, 1978.
- ROCHA, M. A indústria brasileira de fertilizantes; panorama atual e perspectivas. *Brasil açuc.*, 97:42-6, 1981.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Análise química em plantas*. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
- SIQUEIRA, J.O. *Projeto Sienito Nefelínico; relatório anual do contrato ESAL/FINEP IF/606*. Lavras, s. ed., 1978. 90p.
- SIQUEIRA, J.O. & GUEDES, G.A.A. Resultados parciais de experimentos com rocha potássica de Poços de Caldas. In: *RELATÓRIO do Projeto Sienito Nefelínico*. Lavras, ESAL, 1977. 93p.
- 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. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 20(3):299-307, mar. 1985.
- TÁVORA, J.E.M. Reservas minerais de potássio e suas explorações. In: *POTÁSSIO na agricultura brasileira*. Piracicaba, Inst. da Potassa e Fosfato, 1982. p.37-50.
- VALARELLI, J.V. & GUARDANI, R. Estudos experimentais para utilização das rochas potássicas de Poços de Caldas como fertilizante. *Fertilizantes*, 3(3):1-6, 1981.
- WAUGH, D.L. & FITTS, J.M. *Estudos para interpretação da análise de solo, de laboratório e em vasos*. Raleigh, North Carolina State Univ., 1966. 33p. (Technical Bulletin, 3)