

# EFICIÊNCIA DE ROCHA FONOLITO MOÍDA COMO FONTE DE POTÁSSIO PARA AS CULTURAS DO ARROZ, FEIJÃO, MILHO E SOJA

*Carlos Alexandre Costa Crusciol<sup>1</sup>*

*Rogério Peres Soratto<sup>1</sup>*

## Resumo

Este trabalho avaliou a eficácia da Rocha Fonolito Moída (F2) (procedentes da Mineração Curimbaba) como fonte de potássio e de silício para as culturas do arroz, milho, feijão e soja. Os resultados mostraram que quando utilizado na mesma dose de  $K_2O$ , esse produto aumenta os teores de K e Si nas culturas, o que resulta em aumento da produtividade de grãos, semelhante ao KCl, que é a principal fonte de potássio utilizada no País.

**Palavras-chave:** potássio, adubação potássica, nutrição mineral, produtividade de grãos.

## Introdução

Rochas potássicas podem ser fontes alternativas de potássio (K), além de conter outros nutrientes e elementos benéficos às plantas. O uso dessas rochas pode diminuir os gastos com importação de fertilizantes potássicos e ampliar as alternativas para o mercado consumidor. Assim, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar a eficácia de uma Rocha Fonolito Moída (F2) (procedentes da Mineração Curimbaba) em fornecer potássio e silício para as culturas do arroz, milho, feijão e soja.

## Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em condições de campo na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas

---

<sup>1</sup> Professor do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônomicas,

Universidade Estadual Paulista - FCA/UNESP, Campus de Botucatu. Caixa Postal 237, CEP 18603-

970 Botucatu (SP). [crusciol@fca.unesp.br](mailto:crusciol@fca.unesp.br); [soratto@fca.unesp.br](mailto:soratto@fca.unesp.br)

– UNESP, Botucatu-SP, na safra verão 2007/2008, em um Latossolo Vermelho distroférico, com teores de K iniciais de  $1,4 \text{ mmol dm}^{-3}$  (áreas dos experimentos com feijão e soja) e de  $1,2 \text{ mmol dm}^{-3}$  (áreas dos experimentos com milho e arroz). O trabalho constou de quatro experimentos com delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos, para todas as culturas, foram compostos por duas fontes de K (1- KCl - 58% de  $\text{K}_2\text{O}$  e 2- F2 – 8,42% de  $\text{K}_2\text{O}$ ) e quatro doses (0, 1/2, 1 e 2 vezes a dose de  $\text{K}_2\text{O}$  recomendada para as culturas, segundo Cantarella et al. (1996) e Ambrosano et al. (1996)). Dessa forma, de acordo com teores de K iniciais no solo as doses aplicadas foram: 0, 20, 40 e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de K O para a cultura do arroz e do feijão; 0, 50, 100 e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de K O para a cultura do milho; e 0, 25, 50 e  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de K O para a cultura da soja. Foram realizadas as seguintes avaliações: a) diagnóstico foliar (teor de N, P, K, Ca, Mg, S e Si, seguindo as recomendações de amostragem de Cantarella et al. (1996), para arroz e milho, e Ambrosano et al. (1996), para feijão e soja, e os procedimentos analíticos de Malavolta et al. (1997) e Korndorfer et al. (2004)), componentes da produção e produtividade de grãos. Os resultados foram submetidos à análise de variância. As médias de doses foram submetidas à análise de regressão, adotando-se como critério para escolha do modelo matemático a magnitude dos coeficientes de regressão significativos a 5% de probabilidade pelo teste F.

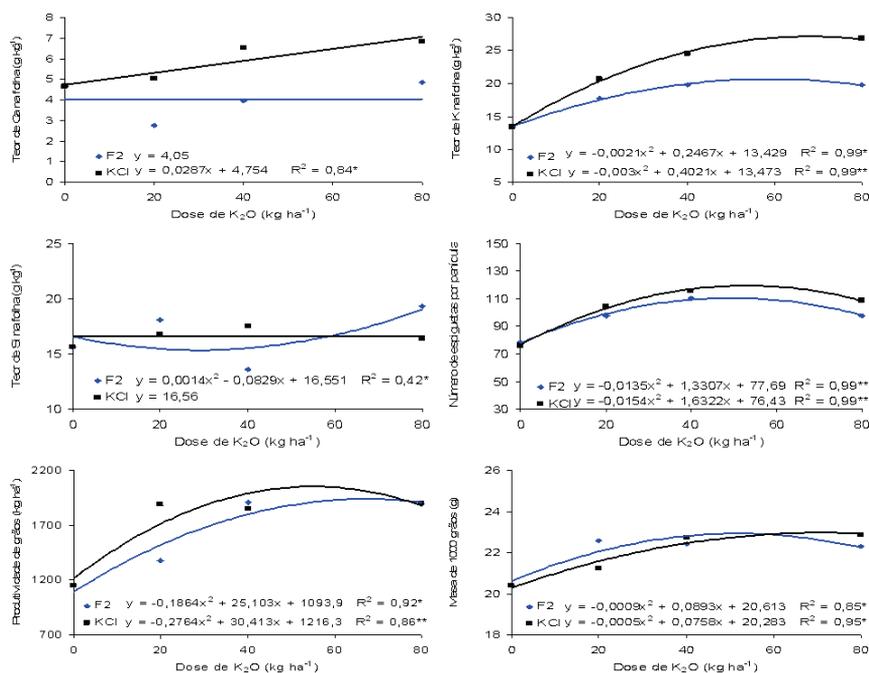
## Resultados e Discussão

### Cultura do Arroz de Sequeiro

Analisando os resultados de diagnóstico foliar da cultura do arroz de sequeiro, constatou-se que os teores de N, P, Mg e S não foram influenciados pelos tratamentos (dados não apresentados). O teor de K (Figura 1) foi incrementado pela aplicação de ambas as fontes do elemento, contudo de forma mais expressiva com o uso de KCl. Verifica-se que o maior teor de K nas folhas do arroz foram obtidas com as doses estimadas de  $67 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , na forma de KCl e  $59 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  na forma de F2, o que representa  $701 \text{ kg ha}^{-1}$  do fonolito.

Com relação ao Ca (Figura 1), verifica-se que o aumento das doses de K na forma de KCl proporcionou aumento nos teores, enquanto que o uso

do F2 não alterou os valores. Apenas os teores de Mg com a utilização de F2 estavam deficientes na cultura do arroz de sequeiro (Cantarella et al., 1996). Os teores de N, K e Ca estavam dentro da faixa considerada adequada para a cultura, e os teores de P e S estavam acima da faixa adequada. Segundo Cantarella et al. (1996), para a cultura do arroz de sequeiro, as faixas de teores adequados são as seguintes: 27-35 g kg<sup>-1</sup>, 1,8-3,0 g kg<sup>-1</sup>, 13-30 g kg<sup>-1</sup>, 2,5-10 g kg<sup>-1</sup>, 1,5-5,0 g kg<sup>-1</sup> e 1,4-3,0 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para N, P, K, Ca, Mg e S.



**Figura 1.** Teores de K, Ca e Si nas folhas, número de espiguetas por panícula e produtividade de grãos da cultura do arroz de sequeiro em função de fontes e doses de potássio na sementeira.

Com relação aos teores de Si (Figura 1), constatou-se que houve efeito apenas para a aplicação do produto F2. O aumento das doses de Fonolito moído reduziu os teores de Si, atingindo o menor valor (14 g kg<sup>-1</sup>) na dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Analisando a faixa de teor de Si, considerada adequada



para a cultura do arroz ( $17-34 \text{ g kg}^{-1}$ ), segundo Korndörfer et al. (2004), constatou-se, com exceção da maior dose de F2, que nos demais tratamentos as plantas de arroz estavam com deficiência deste nutriente, porém próximo do nível mínimo de suficiência. Quanto aos componentes da produção (Figura 1), constatou-se efeito significativo para número de espiguetas por panícula e massa de 1000 grãos, enquanto os demais (número de panículas por metro quadrado e fertilidade das espiguetas) não foram influenciados pelos tratamentos (dados não apresentados).

A produtividade de grãos de arroz de sequeiro (Figura 1) aumentou com a aplicação de ambas as fontes de K até as doses calculadas de  $55 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $67 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  provenientes, respectivamente, de KCl ( $92 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e F2 ( $796 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Esse resultado, provavelmente, foi decorrente dos incrementos no número de espiguetas por panícula e na massa de 1000 grãos. As doses calculadas proporcionaram aumentos, na produtividade de grãos, em relação à testemunha ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de K<sub>2</sub>O), da ordem de 79 e 69 %, ou seja,  $905$  e  $791 \text{ kg ha}^{-1}$ , ou ainda, 15,1 e 13,2 sacas, respectivamente, para o KCl e F2.

## Cultura do Milho

Constatou-se que a aplicação de doses de K (Figura 2), independentemente da fonte utilizada, proporcionou incremento apenas nos teores de K, com efeito linear para doses de KCl e quadrática para doses de F2. Assim, o máximo valor seria obtido com a aplicação da dose calculada de  $216 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , ou seja, com a aplicação de  $2564 \text{ kg ha}^{-1}$  do produto.

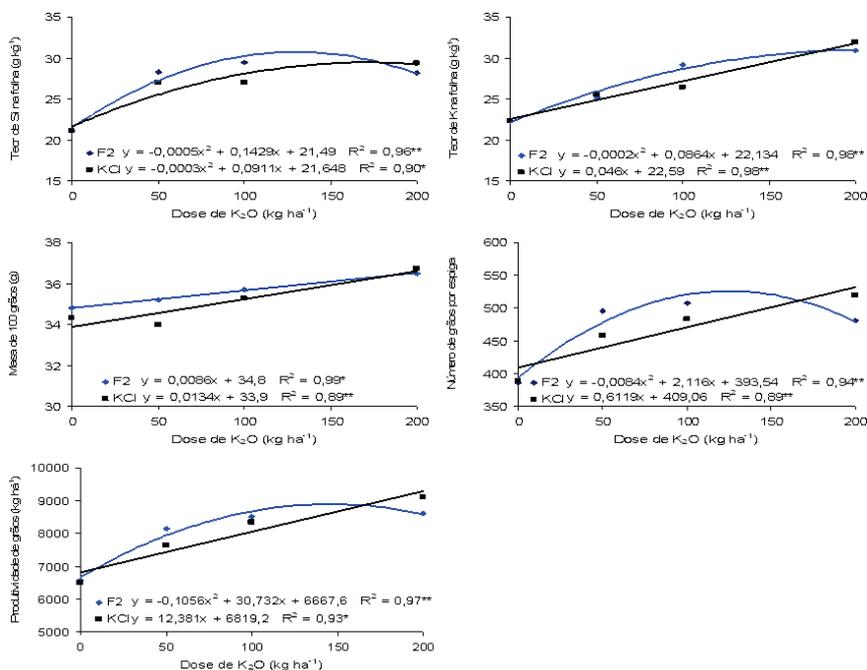
Apesar dos modelos matemáticos utilizados nos ajustes dos resultados de cada fonte de K, os dados foram muito semelhantes entre as fontes. Os teores dos demais nutrientes (N, P, Ca, Mg e S) não foram alterados pelos tratamentos (dados não apresentados). Deve-se ressaltar que, apesar dos efeitos no K, os teores de todos os nutrientes em todos os tratamentos estavam dentro das faixas consideradas adequadas para a cultura do milho (Cantarella et al., 1996) que são:  $27-35 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $2,0-4,0 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $17-35 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $2,5-8,0 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $1,5-5,0 \text{ g kg}^{-1}$  e  $1,5-3,0 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente, para N, P, K, Ca, Mg e S. Quanto ao teor de Si (Figura 2), constata-se que a aplicação de K proporcionou aumento significativo nas folhas do milho, de forma semelhante para as duas fontes (KCl e F2).



Analisando as equações matemáticas, constatou-se que os maiores teores de Si nas folhas do milho foram obtidos com a dose estimada de 152 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de KCl e 143 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de F2, ou seja, 1698 kg ha<sup>-1</sup> do produto. Apesar de não existir ainda no Brasil faixas de teores discriminando deficiência, suficiência e excesso para a cultura do milho, observou-se, em ambos os tratamentos, concentração superior a encontrada na literatura para essa cultura, que é de 2,5-11,4 g kg<sup>-1</sup> em folhas+colmo (Korndörfer et al., 2004). Isso provavelmente ocorreu porque, no presente trabalho, a parte analisada foi somente a folha.

Em função desses resultados, é possível inferir que as plantas de milho estavam nutricionalmente bem equilibradas e que a aplicação de K proporcionou maior acúmulo de Si nas folhas dessa cultura. Além disso, os melhores resultados obtidos com a aplicação do produto F2 deve-se a constituição do produto com Si.

A população final de plantas não foi afetada pelos tratamentos, sendo a média em todo o experimento de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>, bem como, o número de espigas por planta (dados não apresentados). Com relação ao número de grãos por espiga e a massa de 100 grãos, esses componentes foram afetados pelos tratamentos (Figura 2).



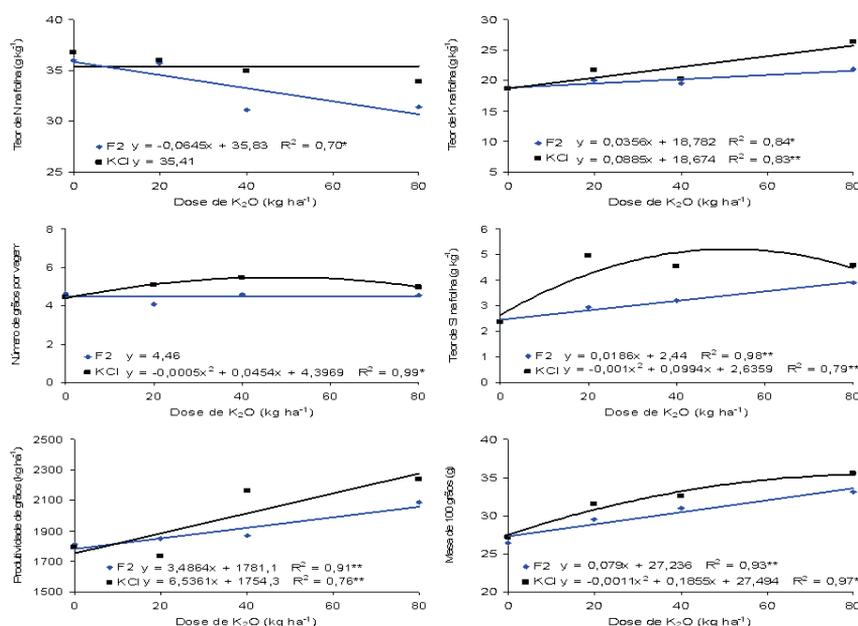
**Figura 2.** Teores de K e Si nas folhas, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos da cultura do milho em função de fontes e doses de potássio na semeadura.

O número de grãos por espiga foi incrementado pelo aumento das doses de K, com efeito linear para o KCl e quadrático para o F2. Assim, o máximo valor obtido foi com a dose calculada de 126 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, ou seja, com a aplicação de 1496 kg ha<sup>-1</sup> do produto. Nessa dose de K<sub>2</sub>O o número de grãos por espiga, decorrente da aplicação do F2, foi maior estatisticamente em relação à mesma dose proveniente do KCl. A massa de 100 grãos aumentou linearmente com o aumento da dose de K, independentemente da fonte. Os incrementos no número e na massa dos grãos, promovidos pela aplicação do K, refletiram nos resultados de produtividade de grãos (Figura 2). Assim, a produtividade de grãos de milho foi incrementada pelo aumento das doses de K, com efeito linear para o KCl e quadrático para o F2. A máxima produtividade foi obtida com a dose calculada de 146 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, ou seja, com a aplicação de 1734 kg ha<sup>-1</sup> do produto.

Esses resultados indicam que o F2 (fonolito) pode ser utilizado como fonte de K para a cultura do milho, com efeito bem semelhante ao KCl. O F2 proporcionou na dose de  $146 \text{ kg ha}^{-1}$  de K O aumento na produtividade de grãos da ordem de 35,3 %, ou seja,  $2321 \text{ kg ha}^{-1}$ , ou ainda, 38,7 sacas de milho, em relação a testemunha ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de K O). Com essa mesma dose ( $146 \text{ kg ha}^{-1}$  de K O) o KCl proporcionou aumento<sup>2</sup> na produtividade de grãos da ordem de 32,4 %, ou seja,  $2111 \text{ kg ha}^{-1}$ , ou ainda, 35,2 sacas de milho, em relação a testemunha.

## Cultura do Feijão

Analisando os resultados de diagnose foliar, constata-se que os tratamentos influenciaram apenas os teores de N e K (Figura 3). No caso do N a aplicação de F2 reduziu o teor do elemento linearmente, enquanto que a aplicação de KCl não alterou os resultados.



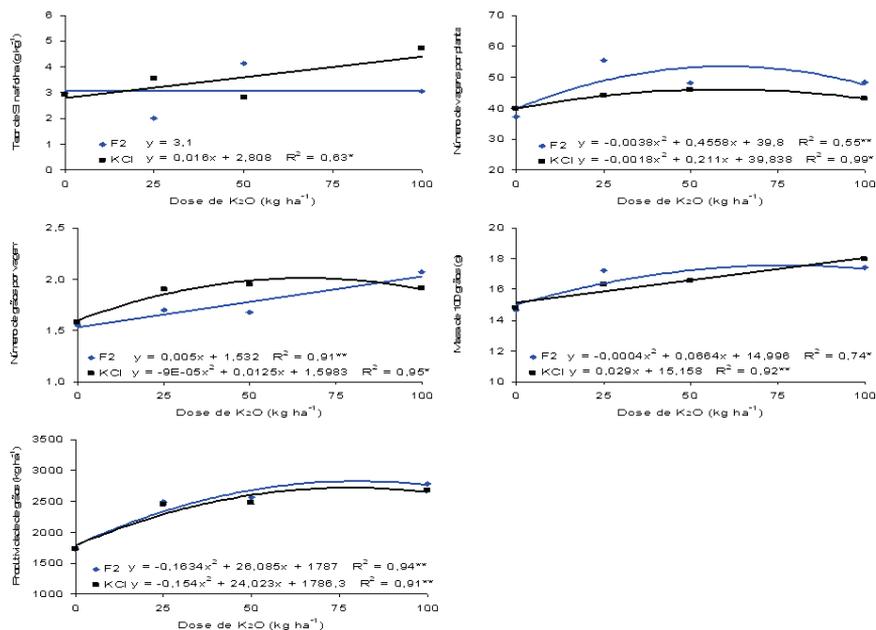
**Figura 3.** Teores de N, K e Si nas folhas, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos da cultura do feijão em função de fontes e doses de potássio na semeadura.

Quanto ao teor de K, ambas as fontes proporcionaram aumento linear, sendo mais expressivo com a aplicação de KCl. Esses resultados evidenciaram que a fontes F2 tem potencial para fornecer K à cultura do feijoeiro semelhante ao KCl. Os teores de N, Ca e Mg estavam dentro da faixa considerada adequada para o feijoeiro, em ambos os tratamentos, e os de P estavam acima do adequado e os de S abaixo (dados não apresentados). Quanto aos teores de K, verificou-se que apenas no tratamento controle (sem aplicação de K) os valores encontravam-se abaixo da faixa considerada adequada. As faixas de teores adequados de nutrientes para a cultura do feijão, segundo Ambrosano et al. (1996), são: 30-50, 2,5-4,0, 20-24, 10-25, 2,5-5,0, e 2,0-3,0 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para N, P, K, Ca, Mg e S. A aplicação de K proporcionou aumento significativo no teor de Si nas folhas do feijoeiro, porém, de forma mais expressiva com a aplicação de KCl (Figura 3), sendo os dados ajustados a função quadrática, em que o maior valor foi obtido com aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K O. Quando da aplicação de F2, o efeito foi linear, provavelmente pelo produto conter Si na sua composição. O aumento do teor de Si nas folhas do feijoeiro, mesmo com a aplicação de uma fonte que não contém Si em sua composição, como o KCl, pode ser devido ao fato do K atuar nos processos osmóticos da planta, melhorando a eficiência de uso da água, o que pode ter aumentado a absorção de Si, já que este é absorvido por fluxo de massa (Korndörfer, 2006). A população de plantas e o número de vagens por planta não foram afetadas pelos tratamentos (dados não apresentados). O número de grãos por vagem sofreu pequeno aumento com a aplicação de K na forma de KCl, atingindo o maior valor na dose de 45 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Os maiores efeitos da aplicação de K foram observados na massa de 100 grãos (Figura 3), sendo que ambas as fontes proporcionaram aumentos, com efeito linear para doses de F2 e quadrática para doses de KCl, atingindo o máximo valor com a dose calculada de 84 kg ha<sup>-1</sup> de K O. O incremento no número de grãos, pelo KCl, e na massa dos grãos, por ambas as fontes de K, refletiu em aumentos lineares na produtividade de grãos do feijoeiro (Figura 3), independentemente das fontes utilizadas. Esses resultados indicam que o F2 (fonolito) pode ser utilizado como fonte de K para a cultura do feijão, com efeito semelhante ao KCl. Ambas as fontes proporcionaram aumentos, na produtividade de grãos, comparando o controle (0 kg ha<sup>-1</sup> de K O) e a maior dose (80 kg ha<sup>-1</sup> de K O), da ordem de 25 e 15%, ou seja, 448 e 278 kg ha<sup>-1</sup>,

ou ainda, 7,5 e 4,6 sacas, respectivamente, para o KCl e F2.

## Cultura da Soja

Os resultados significativos estão contidos na Figura 4. Assim, não se constatou efeito dos tratamentos sobre a nutrição da cultura da soja (dados não apresentados).



**Figura 4.** Teores Si nas folhas, número de vagem por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos da cultura da soja em função de fontes e doses de potássio na semeadura.

Todos os nutrientes estavam dentro das faixas de teores adequados para a cultura da soja que, segundo Ambrosano et al. (1996), são: 40-54, 2,5-5,0, 17-25, 4-20, 3-10 e 2,1-4,0 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para N, P, K, Ca, Mg e S. O teor de Si (Figura 4) aumentou com a aplicação de KCl, enquanto a aplicação do produto F2 não alterou os resultados, ficando em média em 3,1 g kg<sup>-1</sup>. Korndörfer et al. (2004), mediante revisão de



literatura, descrevem que para a cultura da soja os teores de Si variam de 1,0-3,5 g kg<sup>-1</sup> nas folhas.

Com relação aos componentes da produção, apenas a população final de plantas não foi alterada pelos tratamentos (dados não apresentados). Os dados de número de vagens por planta (Figura 4) foram ajustados a funções quadráticas para ambas as fontes, atingindo os máximos valores com as doses calculadas de 59 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente, para KCl e F2. No entanto, vale ressaltar que em todas as doses a utilização do produto F2 proporcionou maiores valores de vagens por planta em relação à utilização de KCl. Quanto ao número de grãos por vagem (Figura 4), os dados foram ajustados a função quadrática, para o KCl, atingindo o maior valor na dose calculada de 69 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, e linear para F2. A massa de 100 grãos (Figura 4) aumentou de forma linear, quando da aplicação de KCl, e de forma quadrática com a fonte F2, atingindo o máximo valor com a dose calculada de 83 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Os resultados de produtividade de grãos de soja foi um reflexo dos resultados obtidos quanto aos componentes da produção. Assim, a aplicação de ambas as fontes de K proporcionaram aumentos até as doses calculadas de 78 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O provenientes, respectivamente, de KCl (130 kg ha<sup>-1</sup>) e F2 (950 kg ha<sup>-1</sup>). As doses calculadas proporcionaram aumentos, na produtividade de grãos, em relação ao controle (0 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), da ordem de 58,0 e 63,4%, ou seja, 1000 e 1097 kg ha<sup>-1</sup>, ou ainda, 16,7 e 18,3 sacas, respectivamente, para o KCl e F2.

## Conclusões

A aplicação do produto F2 melhora a nutrição da cultura do arroz de sequeiro em K e Si. Na cultura do arroz de sequeiro a aplicação do produto F2 proporciona incrementos na produtividade de grãos da ordem de 69 % em relação ao controle, contudo o KCl proporcionou aumento de 79 % na produtividade de grãos. A aplicação do produto F2 melhora a nutrição da cultura do milho em K e Si. Na cultura do milho a aplicação do produto F2 proporciona incrementos na produtividade de grãos da ordem de 35,3 % em relação ao controle, índice semelhante ao KCl (32,4 %). A aplicação do produto F2 melhora a nutrição da cultura do feijão em K e Si, porém reduz os teores de N sem, contudo, afetar o estado nutricional. Na cultura do feijão a aplicação do produto F2 proporciona incrementos na produtividade de grãos da ordem de 15% em relação ao controle. Contudo o KCl proporcionou

aumento de 25% na produtividade de grãos. A aplicação do produto F2 bem como de KCl não altera o estado nutricional da cultura da soja. Na cultura da soja a aplicação do produto F2 proporciona incrementos na produtividade de grãos da ordem de 63,4%, em relação ao controle, índice superior ao proporcionado pelo KCl, que foi 58,0 %. Os resultados obtidos com as quatro principais culturas graníferas cultivadas no Brasil indicam que o produto F2 (Fonolito Moído) pode ser utilizada com fonte de K, com efeito semelhante ao KCl, que é a principal fonte de K utilizada no País.

## 5. Referências Bibliográficas

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.;

CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, p.189-203, 1996. (Boletim técnico, 100).

CANTARELLA, H. FURLANI, P.R. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.;

FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed.

Campinas: IAC, p.45-71, 1996 (Boletim Técnico 100).

KORNDÖRFER, G.H.; NOLLA, A.; OLIVEIRA, L.A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**.

Uberlândia, GPSi-ICIAG-UFU, 2004. 39p. (Boletim Técnico, 02).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.