

Resíduos da mineração de rochas silicáticas como fonte de potássio para plantas de milho

Leonardo Silva Cruvinel¹, Givanildo Zildo da Silva², June Faria Scherrer Menezes², Rose Luiza Moraes Tavares², Mayara Cristina Lopes², Veridiana Cardozo Gonçalves Cantão², Ricardo de Castro Dias³

¹PIVIC/UniRV, graduando do curso de Agronomia, Universidade de Rio Verde,

leonardo.s.cruvinel@academemico.unirv.edu.br.

²Docentes Doutores da Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde, givanildo@unirv.edu.br, june@unirv.edu.br, roseluiza@unirv.edu.br, mayara@unirv.edu.br, veridiana@unirv.edu.br

³Orientador, Docente Doutor da Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde, ricardodias@unirv.edu.br.

Reitor:

Prof. Dr. Alberto Barella Netto

Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação:

Prof. Dr. Carlos César E. de Menezes

Editor Geral:

Prof. Dra. Andrea Sayuri Silveira Dias Terada

Editores de Seção:

Profa. Dra. Ana Paula Fontana

Prof. Dr. Hidelberto Matos Silva

Prof. Dr. Fábio Henrique Baia

Pra. Dra. Muriel Amaral Jacob

Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza

Prof. Dr. Warley Augusto Pereira

Fomento:

Programa PIBIC/PIVIC UniRV/CNPq 2023-2024

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência de resíduos da mineração de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para plantas de milho. O estudo foi conduzido em casa de vegetação. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos (T1: controle, sem aplicação de K; T2: 100% da dose de K na forma de KCl; T3: 100% da dose de K na forma de resíduo de xisto; T4: 100% da dose de K na forma de resíduo de sienito; T5 100% da dose de K na forma de resíduo de granito; T6: 50% da dose de K na forma de KCl e 50% na forma de resíduo de xisto; T7: 50% da dose de K na forma de KCl e 50% na forma de resíduo de sienito; T8: 50% da dose de K na forma de KCl e 50% na forma de resíduo de granito). A planta indicadora utilizada foi o milho. A aplicação de KCl proporcionou maior altura de planta, enquanto que o pó de sienito proporcionou os menores diâmetros de colmo, assim como o tratamento controle. A aplicação de KCl, associado ou não com pó de xisto ou granito, proporcionou maior produção de massa seca. Os resíduos aplicados como fonte exclusiva de K apresentou baixa eficiência.

Palavras-Chave:

Adubação.

Remineralizadores. Pó de Rocha.

"Silicate Rock Mining Residues as a Potassium Source for Corn Plants"

Abstract: The aim of the present study was to evaluate the efficiency of silicate rock mining residues in supplying potassium to maize plants. The study was conducted in a greenhouse. The experiment was set up in a completely randomized design with eight treatments: (T1: control, no K application; T2: 100% of the K dose as KCl; T3: 100% of the K dose as Schist residue;

T4: 100% of the K dose as sienite residue; T5: 100% of the K dose as granite residue; T6: 50% of the K dose as KCl and 50% as schist residue; T7: 50% of the K dose as KCl and 50% as sienite residue; T8: 50% of the K dose as KCl and 50% as granite residue). The indicator plant used was maize. The application of KCl resulted in greater plant height, while sienite powder produced the smallest stem diameter, similar to the control treatment. KCl application, whether combined with shale or granite powder, led to higher dry matter production. The use of residues as the sole source of K showed low efficiency.

Keywords: *Fertilization. Remineralizers. Rock Dust.*

Introdução

O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo. Nos últimos vinte anos a quantidade de fertilizantes NPK consumida no país cresceu a uma taxa anual próxima de 5%. Contudo, do total de 45,85 milhões de toneladas consumidas em 2021, cerca de 89% são importados (ANDA, 2022). Estes fatos colocam o Brasil numa situação frágil de dependência da importação desse insumo, sobretudo considerando que a maior parte dos solos das regiões produtoras de alimentos, fibras e energia é naturalmente deficiente em nutrientes, havendo a necessidade de adubação das culturas para a manutenção ou até mesmo para aumento dos níveis de produtividade já alcançados.

O consumo de fertilizantes no Brasil tem apresentado um aumento significativo nos últimos vinte anos, colocando o país como o quarto maior consumidor global. No entanto, é preocupante notar que a maior parte dos fertilizantes NPK utilizados no país, cerca de 89% do total de 45,85 milhões de toneladas consumidas em 2021, é importada (ANDA, 2022). Essa dependência de importação expõe o Brasil a uma situação delicada, especialmente considerando que muitos solos das regiões produtoras de alimentos, fibras e energia são naturalmente deficientes em nutrientes, o que demanda a aplicação de adubos para manter ou aumentar os níveis de produtividade já alcançados.

Os agrominerais são produtos da indústria extrativista mineral que fornecem os elementos químicos para a indústria de fertilizantes ou pela utilização direta na agricultura (Van Straaten, 2022). Uma classe de agrominerais que tem se destacado recentemente são os agrominerais silicáticos, mais precisamente os aluminossilicatos. Apresentam ampla e diversificada distribuição pelo território brasileiro. Possuem, normalmente, teores baixos e muito variáveis de diversos elementos químicos que têm função de nutrientes no desenvolvimento das plantas, em compostos com maior ou menor facilidade de solubilização e consequente disponibilização para a absorção radicular. No entanto, diferentemente dos agrominerais já consagrados na agricultura, como calcários, fosfatos e sulfatos, a transformação dos aluminossilicatos no solo pode não ocorrer, em condições normais, na escala de tempo e em quantidade desejadas nos sistemas agrícolas (Silva et al., 2010).

Os estudos envolvendo pó de rocha silicática como fonte de K foram intensificados nos últimos anos. Esta constatação pode ser explicada, em parte, pelo grande aumento no preço de fertilizantes ocorrido no ano de 2008 (Manning & Theodoro, 2020). Um dos principais problemas associados ao uso de pó de rocha como fonte de K (ou outros nutrientes) é a falta de ensaios experimentais robustos que sejam consistentes em termos de seu desenho agrônomo e mineralógico (Manning, 2010).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de três resíduos provenientes da mineração de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para plantas de milho em comparação ao KCl.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Universidade de Rio Verde. As unidades experimentais consistiram em vasos plásticos contendo 3 kg de solo coletado na camada de 0-20 cm de um LATOSSOLO VERMELHO. O solo foi devidamente analisado, física e quimicamente, seguindo as recomendações de Teixeira et al. (2017). Os resultados da análise de solo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas do solo utilizado no experimento antes da correção com calcário e aplicação da solução nutritiva.



pH	M.O.	P ^{1/}	K ^{2/}	Ca ^{2/}	Mg ^{2/}	H+Al	Al ^{2/}	S.B.	T
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						
4,3	27	1	1,7	8	4	67	2	13,7	80,7
V	B ^{3/}	Cu ^{4/}	Fe ^{4/}	Mn ^{4/}	Zn ^{4/}	S ^{5/}	Areia	Silte	Argila
%	-----mg dm ⁻³ -----						-----g kg ⁻¹ -----		
17	0,09	0,8	36	10,3	0,9	3	530	100	370

^{1/} Resina; ^{2/} NH₄Cl; ^{3/} Água quente; ^{4/} DTPA; ^{5/} Fosf. de cálcio.

Foram realizadas as correções e adubações necessárias de acordo com as recomendações descritas por Dias et al. (2022). Todos os nutrientes essenciais foram aplicados, exceto K.

Foram utilizados, como fonte alternativa de K, resíduos provenientes da mineração de micaxisto (RMX), sienito (RSI) e granito (RGR), todas rochas silicáticas. Os resíduos foram devidamente coletados e caracterizados quanto sua granulometria (Tabela 2) e composição química (Tabela 3) pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). Todos os resíduos são provenientes de pedreiras localizadas na região Centro-Oeste, mais especificamente nos estados de MT e GO.

Tabela 2. Teores totais de óxidos obtidos pela fluorescência de raios X (FRX).

Óxido	RSE	RSI	RGR
K ₂ O	4,00	12,64	1,94
P ₂ O ₅	0,26	1,85	0,22
CaO	5,24	0,75	6,85
MgO	17,1	0,76	5,73
Na ₂ O	0,11	0,48	3,2
SiO	50,2	57,8	56,6
Al ₂ O ₃	7,88	21,1	15,8
Fe ₂ O ₃	9,03	1,85	1,71

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram adotados oito tratamentos (T1: controle, sem aplicação de K; T2: 100% da dose de K na forma de KCl; T3: 100% da dose de K na forma de resíduo de micaxisto; T4: 100% da dose de K na forma de resíduo de sienito; T5 100% da dose de K na forma de resíduo de granito; T6: 50% da dose de K na forma de KCl e 50% na forma de resíduo de micaxisto; T7: 50% da dose de K na forma de KCl e 50% na forma de resíduo de sienito; T8: 50% da dose de K na forma de KCl e 50% na forma de pó de granito), totalizando 32 unidades experimentais. Os resíduos foram cominuídos e peneirados em peneira com abertura de malha de 300 µm. A dose de K aplicada foi definida em 160 mg dm⁻³ de K e a quantidade de resíduo aplicada em cada tratamento foi calculada com base no teor total de K (Tabela 2).

Os tratamentos foram aplicados de maneira incorporada e homogêneos ao solo antecedendo a semeadura. Foram semeadas 5 sementes de milho híbrido 9602 VIP3 por vaso, e após oito dias da semeadura, foi realizado o desbaste, deixando duas plantas por vaso. A umidade do solo foi mantida em 70% da capacidade de campo, e a reposição da água evapotranspirada foi realizada diariamente através da pesagem das parcelas.

Após 15 dias da instalação do experimento, foram avaliados semanalmente os diâmetros do colmo e a altura da parte aérea. Para tanto, foram mensurados, em cada planta, dois diâmetros do colmo de maneira perpendicular, ao nível do solo, com uso de paquímetro digital. Foi considerado o valor médio das duas medições, para cada planta. A altura das plantas também foi tomada semanalmente. Nesta avaliação, considerou-se como referência o nível do solo e, com o auxílio de uma trena, determinou-se a altura de inserção da folha mais jovem completamente expandida.

O experimento foi conduzido durante 45 dias e, após este período, a parte aérea das plantas foi coletada, alocada em sacos de papel e transferida para estufa de circulação forçada de ar a 65°C. Após atingir peso constante, foi realizada a determinação da produção de massa seca.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA) por meio do teste F a 5% de significância. Os pressupostos de normalidade dos resíduos, homoscedasticidade das variâncias e a independência dos erros foram avaliados por meio dos testes de Shapiro-Wilk, Bartlett e Durbin-

Watson, respectivamente. Em caso de constatação de diferença significativa entre os tratamentos pela ANAVA, os dados foram submetidos ao teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade para a comparação das médias.

Resultados e Discussão

Não houve diferença significativa entre os tratamentos durante a primeira, segunda e terceira avaliações da altura. Entretanto, na quarta avaliação a foi verificada diferença significativa entre as fontes de potássio.

As diferentes fontes de K não diferiram entre si, nem do tratamento controle durante as três primeiras avaliações (Figura 1). Entretanto, na quarta avaliação foi verificada maior altura das plantas que receberam aplicação de KCl como fonte de potássio. Quando aplicado pó de xisto + KCl ou pó de granito + KCl, não houve diferença significativa em relação ao tratamento controle. Entretanto, quando os pós de rocha foram aplicados de maneira isolada, sem KCl, houve menor altura em relação ao tratamento controle, sem aplicação de K.

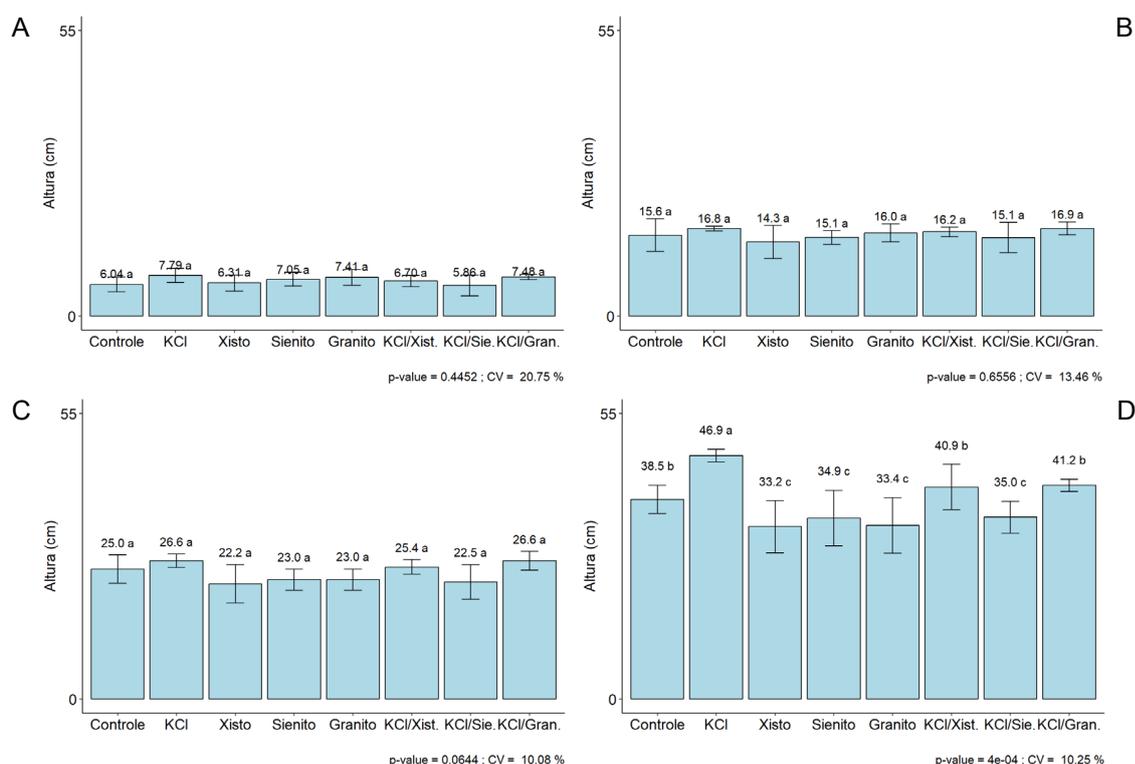


Figura 1. Altura de inserção da última folha completamente expandida plantas de milho aos 15 (A), 22 (B), 29 (C) e 36 (D) dias após a semeadura. Médias acompanhadas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

Foi verificada diferença significativa de diâmetro de plantas de milho em função da aplicação de diferentes fontes de K na segunda, terceira e quarta avaliações.

Na segunda avaliação, os tratamentos que receberam a aplicação de KCl isolado, ou KCl associado aos pós de xisto e de granito, proporcionaram maior diâmetro de colmo em relação aos demais tratamentos (Figura 2). O mesmo comportamento foi observado na terceira avaliação. Entretanto, na quarta avaliação, o diâmetro de colmo dos tratamentos que receberam K foi significativamente superior ao tratamento controle, com exceção do tratamento sienito, que não diferiu significativamente do tratamento controle.

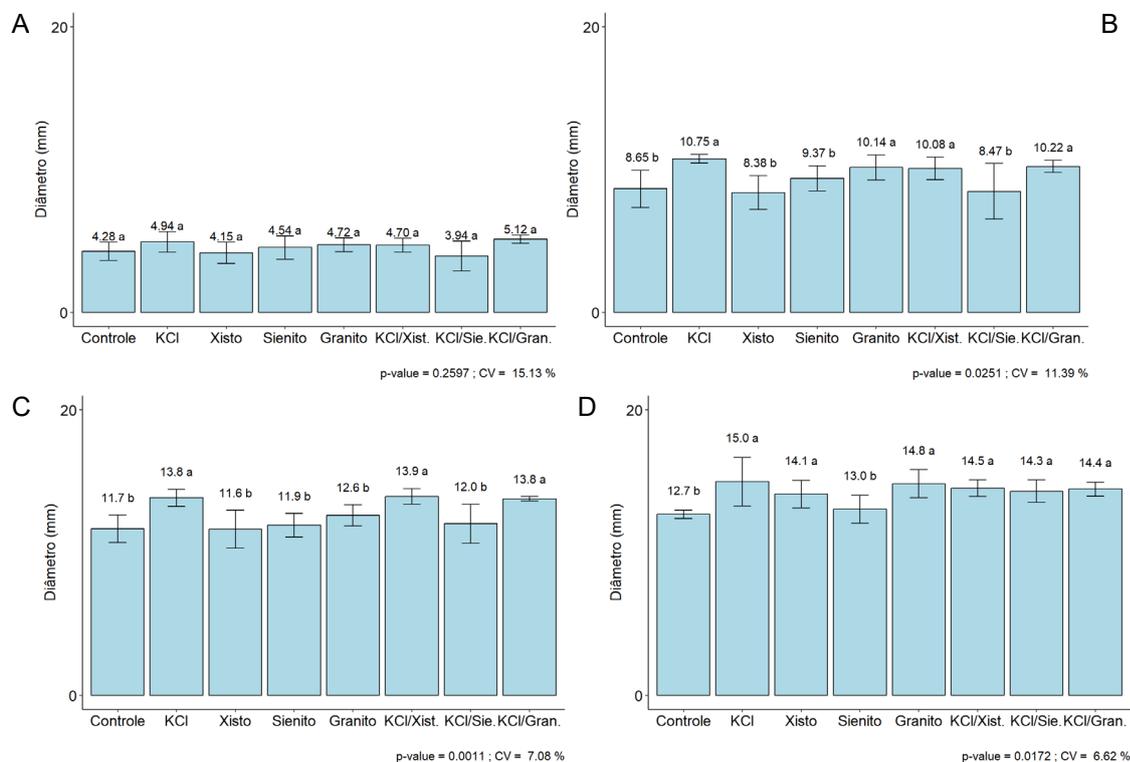


Figura 2. Diâmetro de colmo de plantas de milho aos 15 (A), 22 (B), 29 (C) e 36 (D) dias após a semeadura. Médias acompanhadas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

Foi verificada diferença significativa entre os tratamentos para a produção de matéria seca da parte aérea de plantas de milho.

Foi verificado que, a aplicação de KCl, KCl + pó de xisto ou KCl + granito proporcionaram a maior MSPA, entre os tratamentos avaliados. A aplicação do pó de xisto, pó de granito ou KCl + Sienito proporcionou MSPA significativamente inferior aos melhores tratamentos, já especificados. A aplicação do pó de sienito não diferiu do tratamento controle em relação à MSPA, sendo estes dois tratamentos aqueles de pior desempenho.

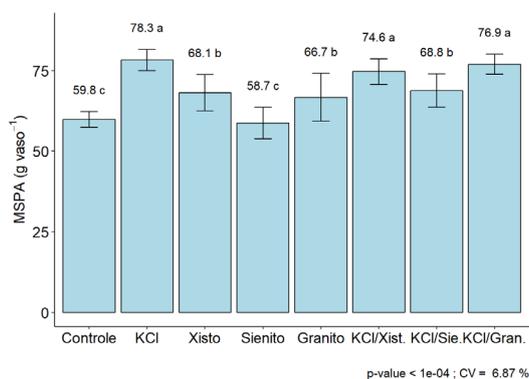


Figura 3. Produção de matéria seca de plantas de milho (MSPA) em função da aplicação de diferentes fontes de potássio. Médias acompanhadas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A maior limitação do uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes de deve à sua baixa solubilidade. Apesar de conter quantidades significativas de K, como é o caso do sienito, a maior parte deste elemento se encontra fortemente ligada à estrutura mineral (MINING, 2010). A diminuição do tamanho de partícula pode empregada para melhorar o aumento da solubilidade, porém minerais como o feldspato potássico contido no sienito, necessitam ser cominuídos à tamanhos de partículas muito pequenos para terem acréscimos significativos de solubilidade (DIAS, 2022). Minerais como a biotita, mais comum em rochas como os xistos e granitos, apresentam maior solubilidade e são mais eficientes no fornecimento de K em comparação a outros minerais (MOHAMMED et al., 2014). Entretanto, como contatado na presente pesquisa, a substituição total de KCl por fontes alternativas, como os pós de rochas silicáticas, não tem se mostrado viável.

Conclusão

A aplicação de K na forma de KCl proporcionou maior crescimento de plantas de milho. A aplicação de pó de micaxisto ou de granito, associado ao KCl, e a aplicação de KCl puro proporcionaram maiores produções de massa seca da parte aérea de plantas de milho.

A aplicação dos pós de rocha como fonte exclusiva de K foi ineficiente em garantir um desenvolvimento adequado, principalmente o pó de sienito.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade de Rio Verde (UniRV), à Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação (PRPI), ao Programa de Pós-Graduação de Produção Vegetal da UniRV e aos Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica (PIVIC) pelo suporte a execução do projeto.

Referências Bibliográficas

ANDA. 2022. Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas: Disponível em: <http://www.anda.org.br/>. Acesso em: 05 out. 2024

DIAS, R.C. **Potencial e eficiência da utilização de rochas silicáticas como fonte de potássio na agricultura**. 2022. 136P. (Doutorado em Agronomia-Ciência do Solo) Universidade Federal REural do Rio de Janeiro, 2022.

DIAS, R. de C., TEIXEIRA, P. C., PEREIRA, R. N., LOIOLA, J. A. D., PEREIRA, M. G., & ZONTA, E. (2022). Curvas de resposta do milho à adubação potássica obtidas através de experimento fatorial. **Revista Agraria Academica**, 5(2), 35–49. <https://doi.org/10.32406/v5n2/2022/35-49/agrariacad>

MANNING, D. A. C. C. (2010). Mineral sources of potassium for plant nutrition. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, 30(2), 281–294. <https://doi.org/10.1051/agro/2009023>

MANNING, D. A. C., & THEODORO, S. H. (2020). Enabling food security through use of local rocks and minerals. **Extractive Industries and Society**, 7(2), 480–487. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2018.11.002>

MOHAMMED, S. M. O.; BRANDT, K.; GRAY, N. D.; WHITE, M. L.; MANNING, D. A. C. Comparison of silicate minerals as sources of potassium for plant nutrition in sandy soil. **European Journal of Soil Science**, v. 65, n. 5, p. 653-662, 2014

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., & TEIXEIRA, W. G. (2017). Manual de Métodos de Análise de Solo. In P. C. Teixeira, G. K. Donagemma, A. Fontana, & W. G. Teixeira (Eds.), *Embrapa Solos* (3rd ed.). Embrapa.

Van STRAATEN, P. (2022). Distribution of agromineral resources in space and time - a global geological perspective. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 57, 1–22. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.PAB2022.V57.01453>