



Agrominerais silicáticos no cultivo de milho em sistema orgânico de produção *Silicate agrominerals in maize cultivation in organic production system*

AGUIAR, Beatriz Gaspar de¹; ARAÚJO, Ednaldo da Silva²; SANTOS, Clara Martins¹; PEREIRA, Brenda de Carvalho Julianelli¹; JUNIOR, Humberto Vieira Lucas¹; ARAÚJO, Fabiana de Carvalho Dias¹

¹UFRRJ, beatriz.g.aguiar@gmail.com; claramartins.contato@gmail; brendajulianelli@outlook.com; humbertoifes2017@gmail.com; prof.fabiana.araujo@gmail.com ² Pesquisador Embrapa Agrobiologia, ednaldo.araujo@embrapa.br;

RESUMO EXPANDIDO

Eixo Temático: Manejo de Agroecossistemas

Resumo: Os agrominerais silicáticos (remineralizadores) podem ser uma alternativa viável para o suprimento de potássio para a agricultura. Estes produtos são provenientes da indústria de mineração como um rejeito. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência agronômica de três remineralizadores no cultivo do milho, sob manejo orgânico. O experimento foi instalado na área experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 22 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos consistiram de diferentes doses de 3 tipos de remineralizadores (sienito; fonolito e siltito glauconítico). E, também, diferentes doses de sulfato de potássio (K_2SO_4). Os resultados demonstram que o fonolito apresentou resultados mais promissores que sienito e siltito glauconítico quanto a produtividade do milho. Além disso, o uso da adubação mista (remineralizador + sulfato de potássio) pode ser uma prática viável, especialmente para o fonolito.

Palavras-chave: remineralizadores; adubação potássica; sienito; fonolito; siltito glauconítico.

Introdução

O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, sendo responsável por cerca de 8% do consumo global de fertilizantes (MAPA, 2022). Sendo que 80% dos fertilizantes utilizados na agricultura brasileira são importados. Destes, 96% dos fertilizantes potássicos são importados, resultando num problema para o país, pois cria-se uma forte dependência externa em um mercado dominado por poucos fornecedores. Esta dependência além de causar aumento dos custos de produção, torna a agricultura vulnerável às oscilações do mercado externo, diminuindo assim também a competitividade dos produtos agrícolas (ALVES et al., 2021). Outra questão de suma importância deve-se ao fato da alta solubilização desses fertilizantes, cujos resíduos podem causar danos ambientais relacionados à poluição, contaminação dos solos, recursos hídricos, fauna e populações do entorno. Com vistas à menor dependência externa de fertilizantes, criou-se o decreto nº10.605 de 22 de janeiro de 2021 que trata do Plano Nacional de



Fertilizantes, com a finalidade de fortalecer políticas de fomento da produção e distribuição de fertilizantes no Brasil de forma sustentável. Deste modo, busca-se aumentar a produção nacional, o desenvolvimento de tecnologias direcionadas para as condições tropicais da agricultura brasileira e a formação de técnicos, assim como políticas e ações econômicas resultando em uma estabilidade dos custos.

A rochagem ou remineralização referem-se à prática agrícola de fertilização utilizando a aplicação de rochas moídas (exemplo como calagem e fosfatagem). A rochagem é uma prática de extrema importância dentro da agroecologia, pois não é um fertilizante industrializado, possui um baixo valor agregado, sendo de mais fácil acesso (RESENDE et al., 2006). Nesse contexto, o uso de agrominerais silicáticos (remineralizadores) pode ser uma alternativa viável para o suprimento de potássio para a agricultura brasileira e dentro da agroecologia a qual carece de fontes potássicas acessíveis. Estes produtos são provenientes da indústria de mineração como um rejeito, passam por apenas processos físicos de moagem, sem a utilização de aditivos químicos para a sua produção. Contudo, apesar destes insumos já estarem disponíveis no mercado, e serem utilizados dentro dos sistemas orgânicos e agroecológicos, como adubos e condicionadores de solo, a literatura atual ainda não apresenta resultados consistentes e conclusivos para recomendação generalizada nos diferentes agroecossistemas.

Os remineralizadores apresentam uma lenta solubilização e disponibilização de nutrientes e não apresentam danos ambientais ao serem utilizados (RESENDE et al., 2006), entretanto, acredita-se que utilizando outra fonte solúvel como o sulfato de potássio em doses reduzidas, num primeiro momento, e suplementar o restante da dose com os remineralizadores é possível reduzir consideravelmente o consumo de fertilizantes solúveis. Assim os remineralizadores apresentam potencial de substituição de parte das fontes convencionais de K pela utilização de rochas brasileiras e diminuição da dependência de uso de fertilizantes solúveis (RESENDE et al., 2006). Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência agronômica de três agrominerais silicáticos no cultivo do milho, sob manejo orgânico.

Metodologia

O experimento foi instalado na área experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ, com 33 metros de altitude, nas coordenadas latitude -22,7531 e longitude -43,7159, com um clima do tipo Aw, segundo a classificação de Koppen Geiger. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 22 tratamentos e 4 repetições, totalizando 88 unidades experimentais com 17,5m² (5 x 3,5m). Os tratamentos consistiram de diferentes doses de 3 tipos de remineralizadores (sienito com K₂O total de 12%; fonolito com K₂O total de 8% e siltito glauconítico com K₂O total de 10%). E, também, diferentes doses de sulfato de potássio (K₂SO₄). As doses são de 50%, 100%, 150%, 300% e 1500% da dose recomendada segundo o manual de adubação (FREIRE et al., 2014) para a cultura do milho, estabelecida a partir da análise de solo. Os tratamentos são 1- controle (sem remineralizador e sem K₂SO₄; 2- 50% K₂SO₄; 3- 100% K₂SO₄; 4- 150% K₂SO₄;



5- 100% K_2SO_4 ; 6- 150% K_2SO_4 ; 7- 300% K_2SO_4 ; 8- 100% fonolito; 9- 100% fonolito + 50% K_2SO_4 ; 10- 300% fonolito; 11- 300% fonolito + 50% K_2SO_4 ; 12- 1500% fonolito + 100% K_2SO_4 ; 13- 100% sienito; 14- 100% sienito + 50% K_2SO_4 ; 15- 300% sienito; 16- 300% sienito + 50% K_2SO_4 ; 17- 1500% sienito + 100% K_2SO_4 ; 18- 100% siltito glauconítico; 19- 100% siltito glauconítico + 50% K_2SO_4 ; 20- 300% siltito glauconítico; 21- 300% siltito glauconítico + 50% K_2SO_4 ; 22- 1500% siltito glauconítico + 100% K_2SO_4 .

As análises das amostras de terra foram realizadas em setembro de 2022, no laboratório da Embrapa Agrobiologia de acordo com Nogueira e Souza (2005). O teor de K observado na área antes da adubação foi de 20,85 e 8,81 mg dm⁻³ nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, respectivamente. A dose correspondente a 100% da recomendação K foi de 40 kg K₂O ha⁻¹.

Antes da instalação do experimento, foi realizada a semeadura de milho, sem adubação, com densidade de 60.000 plantas ha⁻¹, visando extrair parte do K disponível na área de estudo. Após o ciclo de cultivo, a parte aérea do milho foi cortada e removida da área. Posteriormente, a área foi preparada com a utilização da grade aradora, seguindo-se com a abertura dos sulcos para nova semeadura do milho e estabelecimento dos tratamentos. Na semeadura, foi realizada a adubação com 80kg P₂O₅ ha⁻¹ e após 11 dias da semeadura foi realizada a adubação nitrogenada com 30kg N ha⁻¹, utilizando-se a torta de mamona (apresentado na sua composição: 71,81 g/Kg⁻¹ N; 8,53 g/Kg⁻¹ Ca; 13,93 g/Kg⁻¹ K; 4,52 g/Kg⁻¹ Mg; 9,19 g/Kg⁻¹ P). Aos 43 dias após a semeadura foi realizado o desbaste do milho e realizou-se a segunda adubação nitrogenada na dose de 70 kg N ha⁻¹ totalizando, ao final, 100 kg N ha⁻¹.

A semeadura do milho foi realizada, no dia 2 de fevereiro de 2023, com as sementes híbridas AG1051 da Seminis com espaçamento de 1,0 metros entre linhas e 0,2 metros entre plantas, totalizando uma densidade de 50.000 plantas ha⁻¹. A irrigação do experimento foi realizada por sistema de aspersão.

A análise estatística dos dados foi realizada no programa R 4.2.2 (R Core Team, 2022), foi utilizada a análise de variância, e as médias comparadas por meio do teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Na tabela 1, podemos observar a produtividade de grãos e de espigas, diâmetro das espigas e biomassa seca da parte aérea do milho nos diferentes tratamentos. Houve diferença significativa entre os tratamentos, demonstrando que houve resposta à adubação potássica. O suprimento de K na forma de K_2SO_4 , em dose igual ou superior a 100% da dose recomendada, resultou em incremento de produtividade do milho em cerca de 12% em relação ao tratamento controle absoluto. Por outro lado, o uso de remineralizadores, independentemente do tipo, não promoveu incremento de produtividade do milho, quando utilizados nas doses



de 100% e 300% da dose recomendada. Quando utilizada adubação mista, o fonolito se destacou em relação aos outros dois. Onde a aplicação de 100% ou 300% do K na forma deste remineralizador, acrescida de 50% do K na forma K_2SO_4 , promoveu incremento de produtividade quando comparada ao tratamento que recebeu somente a dose de 50% do K na forma de K_2SO_4 . Para o siltito glauconítico, a mesma diferença somente foi observada quando a dose foi de 300%, acrescida de 50% de K_2SO_4 . Para sienito, os resultados foram inconsistentes.

O resultado observado para fonolito corrobora os resultados observados por Soratto et al. (2021), que observaram que o fonolito aumenta a produtividade de grãos do feijão comum e do arroz de terras altas, de forma semelhante ao KCl. Além disso, Nogueira et al. (2021), em estudo realizado em casa de vegetação, observaram que o fonolito aumenta de forma linear a biomassa seca da parte aérea do milho em dois solos com teores de K igual a 11 e 27 mg dm³. Outros remineralizadores também apresentaram resultado positivo, por exemplo, Borges et al. (2021) ao avaliar a biotita-xisto (3% K₂O) observaram aumento do rendimento de etanol na batata-doce.

Tabela1. Produtividade do milho e de espigas, diâmetro das espigas e biomassa seca da parte aérea do milho nos diferentes tratamentos. Seropédica-RJ. 2023

Tratamento	Peso do Grão (kg/ha)	Peso das espigas (kg/ha)	Diâmetro da espiga (mm)	Fitomassa (kg/ha)
1 - Controle (sem remineralizador e sem K_2SO_4)	3.066,67 b	6.133,33 a	46,04 b	8.583,33 a
2 - 50% $K_2SO_4^*$	2.850,00 b	5.566,67 b	46,90 a	7.625,00 b
3 - 100% $K_2SO_4^*$	3.400,00 a	6.316,67 a	48,06 a	8.000,00 b
4 - 150% $K_2SO_4^*$	3.233,33 a	6.316,67 a	46,53 b	8.583,33 a
5 - 100% $K_2SO_4^{**}$	3.866,67 a	7.383,33 a	47,96 a	9.708,33 a
6 - 150% $K_2SO_4^{**}$	3.333,33 a	6.550,00 a	47,81 a	8.916,67 a
7 - 300% $K_2SO_4^{**}$	3.400,00 a	6.700,00 a	46,97 a	9.833,33 a
8 - 100% Fonolito	2.583,33 b	5.505,00 b	45,96 b	6.791,67 b
9 - 100% Fonolito + 50% K_2SO_4	3.483,33 a	6.333,33 a	47,10 a	8.041,67 b
10 - 300% Fonolito	2.800,00 b	5.450,00 b	45,62 b	7.916,67 b
11 - 300% Fonolito + 50% K_2SO_4	3.266,67 a	6.216,67 a	47,56 a	8.208,33 b
12 - 1500% Fonolito + 100% K_2SO_4	3.733,33 a	7.166,67 a	48,21 a	10.250,00 a
13 - 100% sienito	2.850,00 b	5.550,00 b	45,59 b	7.125,00 b
14 - 100% sienito + 50% K_2SO_4	3.566,67 a	6.800,00 a	47,41 a	9.416,67 a
15 - 300% sienito	2.516,67 b	5.150,00 b	45,09 b	7.458,33 b



16 - 300% sienito + 50% K_2SO_4	2.783,33 b	5.566,67 b	46,34 b	7.541,67 b
17 - 1500% sienito + 100% K_2SO_4	3.266,67 a	5.900,00 b	46,28 b	8.083,33 b
18 - 100% siltito gla.	3.100,00 b	5.883,33 b	45,69 b	9.416,67 a
19 - 100% siltito gla. + 50% K_2SO_4	3.033,33 b	5.766,67 b	46,23 b	7.666,67 b
20 - 300% siltito gla.	3.016,67 b	5.783,33 b	45,38 b	8.416,67 b
21 - 300% siltito gla. + 50% K_2SO_4	3.616,67 a	6.866,67 a	47,94 a	9.083,33 a
22- 1500% siltito gla. + 100% K_2SO_4	3.466,67 a	6.583,33 a	47,96 a	8.916,67 a
CV(%)	14,93	12,43	3,07	13,05

*, a adubação se repetirá nos anos 2 e 3;

**, adubação somente no ano 1.

Observa-se que nas doses 100% e 300%, independente do remineralizador, as variáveis peso espiga e fitomassa não apresentaram diferença significativa em relação tratamento controle. Para variável diâmetro das espigas, apesar de apresentar diferença estatística significativa, não se observou resposta dos remineralizadores. Quando foi realizada a adubação mista, a resposta foi similar à observada para produtividade de grãos. Onde, o fonolito apresentou um resultado promissor.

Conclusões

A adubação com K_2SO_4 incrementou a produtividade do milho em cerca de 12% em relação ao tratamento controle absoluto. Dentro dos remineralizadores estudados o fonolito apresentou resultados mais promissores que sienito e siltito glauconítico quanto a produtividade do milho. O uso da adubação mista (remineralizador + sulfato de potássio) pode ser uma prática viável, sendo, portanto, necessário maiores estudos para comprovar sua eficiência agronômica. Sugerindo que os remineralizadores têm potencial de substituição de parte das fontes convencionais de K pela utilização de rochas brasileiras e diminuição da dependência de uso de fertilizantes solúveis, assim apresentam uma solução para suprimento da adubação potássica em sistemas agroecológicos que na sua maioria carecem de fontes acessíveis ricas em potássio.

Referências bibliográficas

ALVES, Vera M. C.; GOMES, Eliane A.; RESENDE, Alvaro V. de; PAIVA, Christiane A. de O.; MARRIEL, Ivanildo E.; TINOCO, Sylvia M. de S.; LANA, Ubiraci G. de P. **Solubilização de potássio presente em minerais por microrganismos e efeitos**



no desenvolvimento de culturas agrícolas. Embrapa Milho e Sorgo-Documents 264 (INFOTECA-E), 2021.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), **Plano Nacional de fertilizantes.** Publicado em 03 de maio 2022, disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes/o-plano-nacional-de-fertilizantes>. Acesso em 02 de dezembro 2022.

BORGES, Tatykelly A.; SOUZA, Fred N. S.; MOMENTÉ, Valéria G.; SILVA, Linda C. F. Efeitos da aplicação de remineralizador na produção e rendimento de etanol de variedades de batata-doce. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Rochagem** p.232, Rio de Janeiro 2021.

FREIRE, Luiz R. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro.** Brasília, DF: Embrapa; Seropédica; Editora Universidade Rural, 2013. 430p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/963089>

NOGUEIRA, Ana R. de A.; MACHADO, Pedro L. O. de A.; CARMO, Ciriaca A. F. de S. do; FERREIRA, Jose R. **Manual de laboratórios: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313 p.

NOGUEIRA, Thiago A. R. et al. Nepheline syenite and phonolite as alternative potassium sources for maize. **Agronomy**, v. 11, n. 7, p. 1385, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy11071385>.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 20 de novembro 2022.

RESENDE, Álvaro V. de; MARTINS, Éder de S.; OLIVEIRA, Claudinei G. de; SENA, Mariana C. de; MACHADO, Cynthia T. T.; KINPARA, Daniel I.; FILHO, Eduardo C. de O. Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na agricultura brasileira. **Revista Espaço e Geografia**, p. 19-42, 2006.

SORATTO, Rogério P.; CRUSCIOL, Carlos A. C.; CAMPOS, Murilo de; COSTA, Claudio H. M. da; GILABEL, Amanda P.; CASTRO, Gustavo S. A.; NETO, Jayme F. Silicate rocks as an alternative potassium fertilizer for upland rice and common bean crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.56, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/PGjJQNXHvckVqTcGKBSVCzy/>.