



WORKSHOP INSUMOS PARA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

EFEITO DE ROCHAS MOÍDAS SOBRE A CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES NA PARTE ÁEREA DE PLANTAS DE MILHO

RIBES, R.P.¹; BUSS, R.R.¹; LAZARI, R.¹; POTES, M.L.²; BAMBERG, A.L.³

⁽¹⁾ Bolsista do Convênio FAPEG-Embrapa-Petrobras, C.P. 403, CEP 96001-970, Pelotas, RS, rafaelrekus@hotmail.com; ronaldoribes@hotmail.com; ⁽²⁾ Bolsista DTI/CNPq, Embrapa Clima Temperado, CEP: 96001-970 Pelotas, RS, marianapotes@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, C.P. 403, CEP 96001-970, Pelotas, RS, adilson.bamberg@embrapa.br

Introdução

Estando entre os principais produtores de alimentos no mundo, o Brasil vem se tornando também um dos maiores consumidores de fertilizantes (Nascimento & Loureiro, 2004). Isto ocorre porque os solos do país apresentam caráter ácido e seus nutrientes são lixiviados naturalmente e exportados via colheita de grãos, silagens, pastoreio e outros. O país importa atualmente cerca de 60% das matérias-primas usadas na fabricação de fertilizantes fosfatados e nitrogenados e mais de 90% do potássio, quantidade bem acima do que é importado por outros países com tradição na produção de alimentos (Stephanes, 2010). Tal situação resulta numa perigosa relação de dependência externa do setor, que além de desfavorecer a balança comercial brasileira, envolve questões delicadas como a necessidade de negociações com um grupo restrito de países fornecedores de um determinado insumo essencial à produção agrícola (Resende, 2006).

O desenvolvimento e a aplicação do conceito de sustentabilidade no manejo de solos agrícolas implicam no uso de técnicas diversas, como a maior eficiência de uso de fertilizantes. Tal incremento pode ser dado pelo uso de fontes de liberação gradual de nutrientes, e isso pode ser obtido por meio da rochagem (FAO, 1995; Olivares, 2009). De acordo com Theodoro et al. (2005) a rochagem baseia-se no uso do pó de determinados tipos de rochas que contenham, preferencialmente, quantidades apreciáveis de macronutrientes (cálcio, potássio, fósforo, magnésio e enxofre) e de micronutrientes (cobalto, molibdênio, vanádio, boro, cobre, zinco etc). Assim, as rochas promovem o rejuvenescimento ou recondicionamento de solos empobrecidos quimicamente. O uso do pó de rocha se torna uma tecnologia viável, pois promove a liberação gradual dos nutrientes para a solução do solo e reduz a poluição dos corpos d'água (Melamed & Gaspar, 2005).

Como a composição química e textural das rochas é bastante variada em espécies minerais, cada uma libera seus elementos em velocidades diferentes. Para que ocorra a liberação dos elementos que compõe as rochas elas devem ser submetidas a alterações físicas e químicas (Luchese et al., 2002). Estudos recentes demonstraram o potencial de liberação de nutrientes desses materiais para a solução do solo, em testes de coluna de lixiviação (Bamberg et al., 2010). Ainda assim, é imprescindível a realização de experimentos com a presença de plantas para avaliar o comportamento de rochas com potencial de uso agrônômico em diferentes solos, com experimentos de casa de vegetação. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de quatro tipos de rochas (Migmatito, Granodiorito gnáissico, Dacito e Basalto hidrotermalizado), sobre as

concentrações de macronutrientes em folhas de plantas de milho cultivadas em casa de vegetação com três tipos de solos.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na Embrapa Clima Temperado, na Estação Experimental Terras Baixas (ETB), município do Capão do Leão-RS, cujas coordenadas geográficas são 31°49'27"S e 52°26'35"O. O experimento foi realizado em casa de vegetação, utilizando três tipos de solo: Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico (AVa), coletado na Fazenda da Palma, Capão do Leão, RS; Neossolo Quartzarênico (NQ), coletado na localidade de Domingos Petrolino, Rio Grande, RS e Planossolo Háptico Eutrófico arênico (PHe), coletado na Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS. Os dados da análise inicial dos três tipos de solos são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Teores iniciais de macro e micronutrientes de três tipos de solos utilizados no presente estudo.

Tipo de solo	pH água	Índice SMP	Argila	MO	P	K	Na	H+Al	Al	Ca	Mg	Saturação (%)		CTC (cmol _c dm ⁻³)	
			(%)		mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			Al	Bases	efetiva	pH 7	
AVa	5,9	6,6	16,0	1,0	2,7	30,0	10,0	2,3	0,1	2,0	0,9	3,2	57,0	3,1	5,3
NQ	5,0	6,3	10,0	0,9	12,3	24,0	54,0	3,0	0,4	0,8	0,3	22,2	33,0	1,8	4,4
PHe	5,0	6,7	13,0	0,7	32,2	51,0	7,0	2,0	0,1	1,3	0,5	5,0	49,0	2,0	3,9

AVa - Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico; NQ - Neossolo Quartzarênico; PHe - Planossolo Háptico Eutrófico arênico

O experimento foi instalado com três repetições, sendo a parcela experimental constituída de 3 vasos de 10 litros para cada tipo de solo, sendo que cada vaso recebeu três plantas de milho, efetuando-se o desbaste após a emergência e pleno estabelecimento, permanecendo duas plantas por vaso. Foram testados sete tratamentos: T1 - Controle (Sem Calagem e sem adubação) + N; T2 - Calagem + N; T3 - Calagem + Fosfato Natural Arad + Migmatito + N; T4 - Calagem + Fosfato Natural Arad + Granodiorito gnáissico + N; T5 - Calagem + Fosfato Natural Arad + Dacito + N; T6 - Calagem + Fosfato Natural Arad + Basalto Hidrotermalizado; T7 - testemunha padrão (Calagem + NPK solúvel - Uréia + Superfosfato Triplo + Cloreto de Potássio). A fonte de N utilizada em todos os tratamentos foi uréia. A granulometria das rochas foi 100% < 0,3mm e as doses aplicadas basearam-se nos seus teores totais de K₂O. As doses aplicadas de N (uréia), P₂O₅ (Fosfato Natural Arad) e K₂O (Migmatito, Granodiorito gnáissico, Dacito e Basalto hidrotermalizado) variaram entre os tipos de solo (Tabela 2) conforme a análise de solo (Tabela 1), levando-se em consideração ainda a expectativa de produtividade de 10 ton ha⁻¹ e a constituição química da rocha. As doses de calcário aplicadas foram baseadas no Índice SMP, buscando elevar o pH do solo para 6,0.

A semeadura foi realizada em 26 de novembro de 2011, sendo a umidade do solo monitorada periodicamente, utilizando um sensor Hidrofarm®, e mantida próxima à capacidade de campo. As variáveis mensuradas foram as concentrações de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cálcio e magnésio) na parte aérea das plantas de milho, realizada segundo Tedesco et al., (1995), medida no dia 10 de janeiro de 2012, na primeira folha completamente expandida do ápice para a base. Os dados foram avaliados quanto à análise da variância e as médias foram comparadas entre si considerando o desvio padrão de cada tratamento.

Tabela 2. Doses e fontes de N, P₂O₅ e K₂O aplicados em cada tratamento a partir de diferentes fontes minerais. Fonte: CQFS-RS/SC (2004)

Recomendação de adubação e calagem segundo CQFS RS/SC (2004) para a cultura do milho														
Tipo de solo	Recomendação de calagem pH 6,0 (ton ha ⁻¹) Fonte: Calcário dolomítico PRNT 100%	Dose e fonte de N (kg ha ⁻¹)		Interpretação, dose e fontes de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				Interpretação, dose e fontes de K ₂ O (kg ha ⁻¹)						
		Dose de N	Uréia	Interpretação do teor no solo	Dose de P ₂ O ₅	Fosfato natural Arad	Superfosfato triplo	Interpretação do teor no solo	Dose de K ₂ O	Cloreto de potássio	Migmatito	Granodiorito gnáissico	Dacito	Basalto hidrotermalizado
AVa	0,5	170	378	Muito baixo	215	652	512	Baixo	130	217	3.542	3.002	2.808	11.607
NQ	2,0	170	378	Baixo	175	530	417	Baixo	130	217	3.542	3.002	2.808	11.607
PHe	0,3	170	378	Alto	135	409	321	Médio	120	200	3.270	2.771	2.592	10.714

AVa - Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico; **NQ** - Neossolo Quartzarênico; **PHe** - Planossolo Háptico Eutrófico arênico; **Fosfato natural Arad**: 33% de P₂O₅; **Superfosfato triplo**: 42% de P₂O₅; **Cloreto de potássio**: 60% de K₂O; **Migmatito**: 3,67% de K₂O total (0,95% de K₂O obtido em colunas de lixiviação, Bamberg et al, 2012); **Granodiorito gnáissico**: 4,33% de K₂O total (0,80% de K₂O obtido em colunas de lixiviação, Bamberg et al, 2012); **Dacito**: 4,63% de K₂O total (1,14% de K₂O obtido em colunas de lixiviação, Bamberg et al, 2012); **Basalto hidrotermalizado**: 1,12% de K₂O total (0,98% de K₂O obtido em colunas de lixiviação, Bamberg et al, 2012)

Resultados e Discussão

Na Fig. 1 são apresentados os dados médios, considerando os três tipos de solos, das concentrações de macronutrientes na parte aérea de folhas de plantas de milho, com o respectivo nível de suficiência de cada nutriente apresentado por CQFS-RS/SC (2004).

Nas figuras 1A e 1D verifica-se que o aumento na extração de N, resultou em sinergismo na extração de S (Campbell, 2007), onde portanto, os tratamentos T1 e T2 (sem calagem e sem adubação, calagem + N; consecutivamente) demonstraram os valores mais altos das concentrações de N e S. Também pode-se ressaltar que o N atingiu o nível de suficiência apenas no tratamento T1 (sem calagem e sem adubação) pois, na ausência de outros elementos, provavelmente, a planta concentrou proporcionalmente mais N do solo em relação aos demais nutrientes.

O fósforo é um elemento que tem grande mobilidade nas plantas jovens, por isso, pode-se observar que teve seu nível de suficiência atingido. Esse elemento é fortemente influenciado pela concentração de Mg no solo, atuando em sinergismo com o mesmo (Ribeiro et al., 2007), como pode ser observado nas figuras 1B e 1F, onde os tratamentos T1, T2, T5 e T6 (consecutivamente: sem calagem e sem adubação, calagem + N, Dacito e Basalto Hidrotermalizado) apresentaram os valores mais altos de concentração de P e Mg. Quanto à acumulação de K pelas plantas (figura 1C) os tratamentos T3 (Migmatito) e T4 (Granodiorito gnássico) apresentaram resultados superiores em relação aos demais tratamentos, mas sem alcançar o nível de suficiência recomendado por CQFS-RS/SC (2004). Isso ocorreu devido ao fato de que as folhas foram coletadas aos 45 dias (tempo de duração do experimento), portanto, não coincidindo com a época recomendada de amostragem foliar, ou seja, quando na fase de florescimento (CQFS-RS/SC, 2004). Com isso, as plantas não absorveram a quantidade de K necessária para o seu desenvolvimento completo, conseqüentemente esses tratamentos apresentaram resultados inferiores quanto à concentração de Ca e Mg (Figuras 1E e 1F). Esse processo ocorre quando dois elementos se combinam pelo mesmo sítio ativo do carregador, pois altas doses de K no meio inibem a absorção de Ca e Mg, chegando a causar a deficiência desses dois nutrientes (Malavolta et al., 1997).

Segundo Malavolta et al. (1997), a assimilação do K é feita basicamente num processo ativo, atingindo o máximo de absorção com a presença de Ca^{2+} no meio, embora o excesso tenha o efeito inibidor, como por exemplo, na utilização de calcário em excesso para a neutralização da acidez, isso pode ser observado claramente nas figuras 1C e 1E, onde o tratamento T2 (calagem + N) apresentou altas concentrações de Ca e baixas de K.

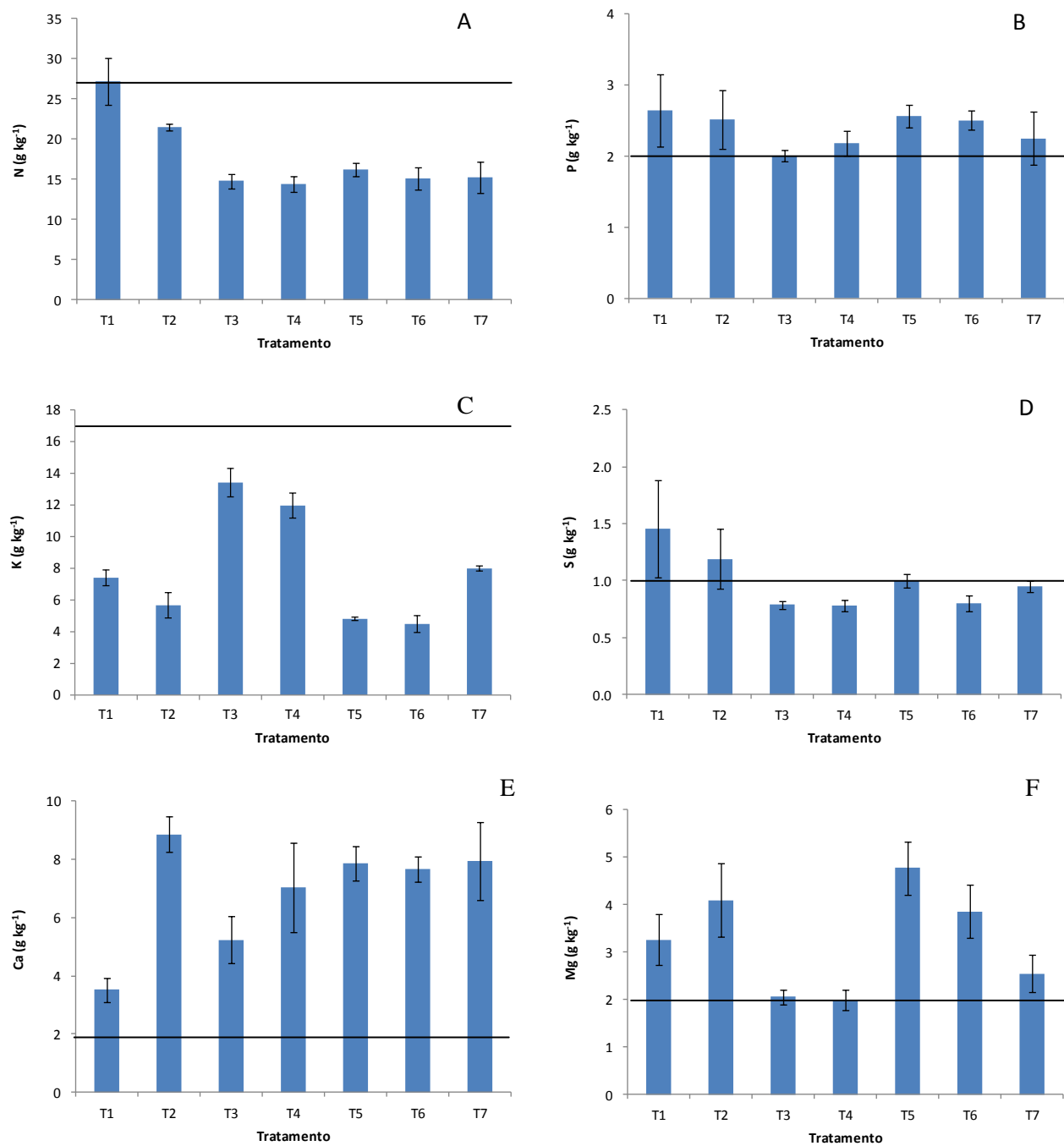


Figura 1. Concentrações de macronutrientes na parte aérea de plantas de milho: A) Nitrogênio; B) Fósforo; C) Potássio; D) Enxofre; E) Cálcio; F) Magnésio: T1 Controle (Sem Calagem e sem adubação) + N; T2 Calagem + N; T3 Calagem + Fosfato Natural Arad + Migmatito + N; T4 Calagem + Fosfato Natural Arad + Granodiorito + N; T5 Calagem + Fosfato Natural Arad + Dacito + N; T6 Calagem + Fosfato Natural Arad + Basalto Hidrotermalizado; T7 Testemunha Padrão (Calagem + NPK solúvel; Ureia + Superfosfato Triplo + Cloreto de Potássio).

Conclusões

As rochas Migmatito e Granodiorito gnáissico proporcionaram as maiores concentrações de K nas folhas de plantas de milho, podendo ser consideradas como fontes de K de liberação rápida. Por consequência, as doses dessas fontes, quando recomendadas como fontes de K, devem ser parceladas e adequadas à necessidade de cada cultura.

Referências Bibliográficas

BAMBERG, A.L.; SILVEIRA, C.A.P.; POTES, M.L.; PILLON C.N; LOUZADA, R.M; CAMPOS A.D.S. **Dinâmica de liberação de nutrientes disponibilizados por rochas moídas em colunas de lixiviação**. 2011. In: XXXII anais do congresso brasileiro de ciência do solo, Uberlândia, MG.

CAMPBELL, I.B. **Balço de nitrogênio e enxofre no sistema solo-cana-de-açúcar no ciclo de cana-plant**. Piracicaba, 2007. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400p.

FAO. **World agriculture: towards**, by N. Alexandratos, ed. New York. USA. John Wiley & Sons. 1995.

LUCHESE, E.B.; FAVERO, L.O.B.; LENZI, E. 2002. **Fundamentos da química do solo, teoria e prática**. 2ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 182p.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C; OLIVEIRA, S. A. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, Piracicaba, p. 115-230, 1997.

MELAMED, R. & GASPAR, J. C.(2005). **Eficiência de pó de rocha na bio-disponibilidade de potássio em sistemas de produção agrícola sustentáveis**. XXI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa – Natal-RN vol.2 pág. 546-552.

NASCIMENTO, M. & LOUREIRO, F.E.L. (2004) **Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 66 p. (Série Estudos e Documentos, 61).

OLIVARES, F. **Bactérias promotoras de crescimento vegetal**. Boletim Informativo da SBCS, jan–abr, 2009.

PICCHÉTTI, P.C.; SPINELLI, J.V.; SANTOS F.; CRISTINA, C. **Seminário sobre indústrias de fertilizantes inorgânicos**. Lins, 2010. 18f. Seminário curso superior de tecnologia em processos químicos. Fundação Paulista de Tecnologia e Educação. UNILINS.

RESENDE, A.V. (2006). **Rochas brasileiras como fonte de potássio para sistemas agropecuários**. Brasília: Embrapa, 69p. (Projeto de Pesquisa).

RIBEIRO, D.O.; VILELA, L.A.F. **Nutrientes**. Mineiros, 2007. 54f. Faculdade Integradas de Mineiros. Instituto de Ciências Agrárias-ICA. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAArwwAK/nutrientes-solo>. Acesso em 23 de out. de 2012.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

THEODORO, S.H. (2005) **Rochas para plantas: o resgate de uma produção alimentar sadia**. Anais do II SUFFIB – Seminário: O uso da fração Fina da Britagem, Cuchierato et. al. (eds).CD_ROM. São Paulo.