

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE FONTES MINERAIS E ORGÂNICAS DE NUTRIENTES PARA AS CULTURAS DE MILHO E TRIGO

Adilson Luís Bamberg¹

Carlos Augusto Posser Silveira¹

Rosane Martinazzo¹

Magda Bergmann²

João Angelo Toniolo²

Matheus Farias Grecco³

Mariana da Luz Potes⁴

Resumo

Uma combinação de fontes minerais e orgânicas de nutrientes foi utilizada em experimento de campo, tendo como objetivo avaliar seu efeito sobre atributos químicos do solo e a produtividade de milho e trigo. Os dados demonstraram, claramente, o potencial de uso do Calcário de Xisto como fonte de Ca, Mg e S, do Granodiorito como fonte de K e da torta de tungue como fonte de N.

Palavras-chave: granodiorito, calcário de xisto, torta de tungue.

Introdução

O uso de rochas moídas, tidas como de liberação mais lenta de nutrientes em relação aos fertilizantes de alta solubilidade, ainda é motivo de resistência por parte de pesquisadores e agricultores, tendo como argumento principal sua baixa eficiência agronômica. Entretanto, é de conhecimento geral que, com exceção do Nitrogênio, os demais nutrientes requeridos pelas plantas são ou foram de alguma forma derivados do intemperismo de

¹ Embrapa Clima Temperado, BR 392 km 78, 96010-971, C.P. 403, Pelotas, RS, Brasil. adilson.bamberg@embrapa.br; augusto.posser@embrapa.br e rosane.martinazzo@embrapa.br; ² Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais - CPRM - Serviço Geológico do Brasil. magda.bergmann@cprm.gov.br; joao.toniolo@cprm.gov.br; ³ Projeto Xisto Agrícola, convênio Embrapa-FAPEG-Petrobras, BR 392 km 78, 96010-971, C.P. 403, Pelotas, RS, Brasil. grecco.eg@hotmail.com; ⁴ Projeto Agroenergia, convênio Embrapa-FAPEG, BR 392 km 78, 96010-971, C.P. 403, Pelotas, RS, Brasil. marianapotes@yahoo.com.br.



minerais primários (Landeweert et al., 2001). Muitos tipos de rochas podem ser considerados fontes multielementares de nutrientes, principalmente quando aplicadas na forma de matrizes de rochas de composição distinta. A eficiência agronômica de cada tipo de rocha depende, dentre outros fatores, da adequação de sua granulometria, a qual está, na maioria dos casos, diretamente relacionada à liberação dos nutrientes. Em alguns casos a disponibilização dos nutrientes pode ser muito rápida quando o material é finamente moído. É o caso dos calcários agrícolas, de modo que esse tempo pode ser inferior a um mês (Pandolfo & Tedesco, 1996).

Diversos fatores têm contribuído para estimular a caracterização e validação de fontes não convencionais de nutrientes à agricultura brasileira. A dependência do país por insumos importados, o aumento do custo dos fertilizantes, a busca pela diversificação da oferta de insumos para a agricultura e por fontes com menores riscos de contaminação do ambiente têm estimulado a parceria entre a Embrapa Clima Temperado e a Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais – CPRM, que vêm realizando estudos de prospecção e avaliação do desempenho agronômico de agrominerais e co-produtos de atividades agroindustriais no sul do Brasil. Os estudos levam ainda em consideração o impacto da aplicação dessas fontes sobre a segurança do ambiente e a qualidade dos alimentos produzidos. Dentre os materiais disponíveis na região com potencial para uso agrícola podem ser destacados os rejeitos de mineração e os co-produtos de agroindústrias, tais como rejeitos de granodiorito explorado para atender a construção civil e as tortas de oleaginosas como mamona e tungue.

O estudo de novas fontes de nutrientes oportuniza a formulação e aplicação de matrizes organominerais multielementares, com vantagens como a liberação gradual de nutrientes e o estímulo a microbiota do solo. Para isso, torna-se fundamental compreender o potencial de liberação de elementos oriundos de tais matrizes para a solução do solo. O uso de colunas de lixiviação fornece subsídios para se determinar o potencial de liberação e a fração da constituição total das rochas disponível para as plantas (Bamberg et al., 2011). Para compreender e avaliar a eficiência agronômica de agrominerais é também comum o uso de experimentos em condições controladas e em casas de vegetação e os testes de incubação, além do uso em laboratório de soluções extratoras que se correlacionam com



a fração disponível e a produtividade de culturas agrícolas (Pereira et al., 2003). Todavia, a forma mais contundente de análise de fontes de nutrientes ainda parece ser a sua avaliação através de experimentos em campo. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônomico de fontes minerais e orgânicas de nutrientes para as culturas de milho e trigo em experimento de campo em um Planossolo Háplico distrófico típico.

Metodologia

A combinação de fontes minerais e orgânicas de nutrientes foi utilizada em um experimento de campo instalado na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. O solo do local é classificado como um Planossolo Háplico distrófico típico. A caracterização química do solo da área experimental é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química das camadas 0-20 e 20-40 cm do Planossolo Háplico distrófico típico solo da área experimental utilizada no presente estudo. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2013

Profundidade (cm)	pH água (1:1)	Índice SMP	cmol _c dm ⁻³				Saturação (%)		Argila (%)	MO (%)	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	CTC (cmol _c dm ⁻³)	
			H+Al	Al	Ca	Mg	Al	Bases					efetiva	pH 7
0-20	4,9	5,9	4,7	0,8	2,26	0,74	20,4	40,3	16	1,7	11,4	52	4,0	7,8
20-40	4,9	5,7	5,9	1,2	2,09	0,88	28,2	34,1	17	1,2	3,9	32	4,3	9,0

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em: T1 - Controle (Sem Calagem e sem adubação); T2 - Calagem (1 SMP via Calcário Dolomítico - CD); T3 - Calagem (1 SMP via Calcário de Xisto - CX); T4 - Calagem (1 SMP via CX) + 1/2 dose P₂O₅ via Fosfato Natural Arad - FNA + 1/2 dose P₂O₅ via Superfosfato Triplo - SFT; T5 - Calagem (1 SMP via CX) + 1 FNA; T6 - Calagem (1 SMP via CX) + 1 FNA + Granodiorito - Grd; T7 - Calagem (1 SMP via CX) + 1 FNA + torta de tungue (TT); T8 - Calagem (1 SMP via CX + Enxofre elementar) + 1 FNA + Granodiorito + torta tungue (TT); e T9 - Calagem (1 SMP via CX) + NPK solúvel recomendado para a cultura. As doses de Grd e TT foram dimensionadas considerando-se os teores de potássio e nitrogênio, respectivamente. As doses das demais fontes de nutrientes foram baseadas

nas recomendações da CQFS-RS/SC (2004) (Tab. 2), tendo como referência a análise química do solo, o teor total de nutrientes das fontes (Tab. 3) e a expectativa de produtividade de 10 t ha⁻¹ de grãos para o primeiro cultivo (milho). Os tratamentos foram incorporados na camada arável do solo (0,0-0,2 m) com uma grade aradora e imediatamente após procedeu-se a semeadura do milho em meados de dezembro de 2011 (Fig. 1).



Figura 1. Aplicação manual dos tratamentos e incorporação superficial com grade aradora.

Tabela 2. Doses de N, P₂O₅ e K₂O aplicadas em cada tratamento a partir de diferentes fontes minerais.

Solo	Nitrogênio		P ₂ O ₅		K ₂ O
	Recomendação (kg ha ⁻¹)	nível no solo	Recomendação (kg ha ⁻¹)	nível no solo	Recomendação (kg ha ⁻¹)
Planossolo	170	Muito baixo*	175	médio	120

*neste caso também foi levado em consideração o nível de fósforo da camada 20-40 cm.
Fonte: CQFS-RS/SC (2004).

Para avaliar o efeito imediato e o efeito residual das fontes de nutrientes sobre os parâmetros químicos do solo foram realizadas duas coletas e respectivas análises químicas de amostras de solo da camada 0,0-0,2 m, aos 90 dias e aos 360 dias após a aplicação dos tratamentos, bem como a avaliação da produtividade de grãos de milho na safra 2011/2012 e de trigo na safra 2012/2012. Os dados das variáveis-resposta foram analisados quanto à presença de valores discrepantes e submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar se as variáveis seguem uma distribuição normal de probabilidade.

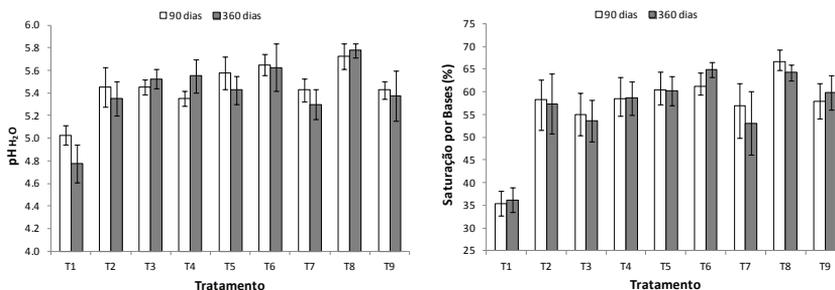
Tabela 3. Concentrações totais de N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO e S das diferentes fontes de nutrientes utilizadas neste estudo. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2013

Matérias-primas	Nutriente Fornecido (%)					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Calcário Dolomítico (PRNT=60,8%)				20,94	15,82	
Calcário de Xisto (PRNT=60%)		0,20	0,60	20,50	13,60	1,10
Granodiorito		0,15	4,33*	2,42	1,00	
Fosfato Natural ARAD		13,93	0,24	54,00	0,24	1,09
Torta de Tungue	2,7	0,58	3,60	0,35	0,40	
NPK (Ourofertil)	5,0	20,0	20,0	7,00		4,0
S elementar						99,0

* Para efeito de cálculo da dose de aplicação considerou-se que 50% do K₂O adicionado pode ser disponibilizado nos primeiros dois cultivos.

Discussão dos Resultados

Após a aplicação de corretivos de acidez os atributos químicos do solo pH_{H₂O}, saturação por bases, CTC efetiva e saturação por Al³⁺ foram significativamente alterados pela aplicação de CD e CX, quando analisados aos 90 dias após sua incorporação no solo (Fig. 2-A; 2-B; 2-C e 2-D). No tratamento sem aplicação de calcário (T1) observou-se uma tendência de aumento da saturação por Al³⁺ e redução do pH do solo (Fig 2-A e 2-D) aos 360 dias após a incorporação dos tratamentos.



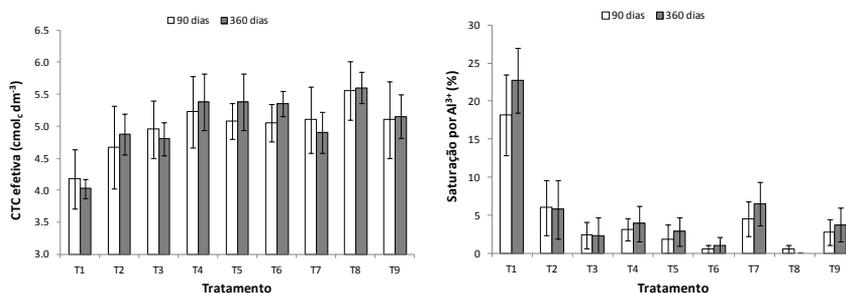


Figura 2

Considerando as adubações alternativas propostas nos tratamentos T7 e T8, pode-se inferir que elas apresentaram desempenho igual ou superior à adubação solúvel convencional (T9), tanto para o rendimento de grãos de milho e de trigo (Fig. 3), quanto para atributos do solo como a saturação por bases, a qual reflete a quantidade de nutrientes que é acessível às plantas. Por outro lado, a associação entre o CX e FNA apresentou efeito negativo sobre a produtividade de grãos de milho e de trigo (Fig. 3).

Os tratamentos que receberam FNA (Fig. 4-A) até apresentaram maiores teores de P extraível via Mehlich-1, mas, por se tratar de um fosfato natural, as plantas ainda não tiveram acesso a boa parte desse nutriente. Assim, a produtividade de grãos da cultura do milho foi reduzida significativamente, possivelmente pela diminuição da solubilidade do FNA decorrente da elevação do pH do solo e/ou formação de compostos pouco solúveis entre os íons Ca^{2+} liberados por CX e FNA e os íons PO_4^{-3} liberados pelo FNA. O mesmo efeito não ocorreu para os tratamentos T4, T7 e T8, pois nestes houve um aporte significativo de fósforo mais prontamente disponível às plantas, proporcionado pelo SFT no caso do T4 e pela TT, que forneceu adicionalmente cerca de 20 kg ha^{-1} de P_2O_5 para T7 e T8.

Quanto ao desempenho do CX em relação à testemunha absoluta, nota-se que houve efeito significativo sobre a produtividade de grãos de milho e de trigo (Fig. 3) e sobre os atributos do solo como: elevação do pH, aumento dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} ; aumento da saturação por bases e diminuição da saturação por Al^{3+} . Quando comparado ao CD, o CX apresentou desempenho similar, tanto para as variáveis relacionadas à acidez quanto para a produtividade de grãos de milho e trigo.

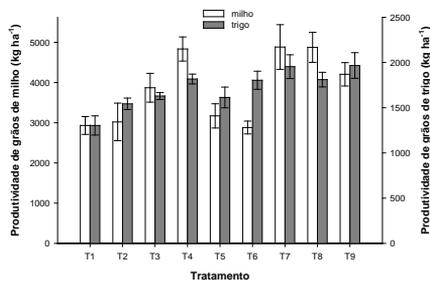


Figura 3. Efeito de fontes orgânicas e minerais sobre a produtividade de grãos de milho e trigo (kg ha^{-1}). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2013.

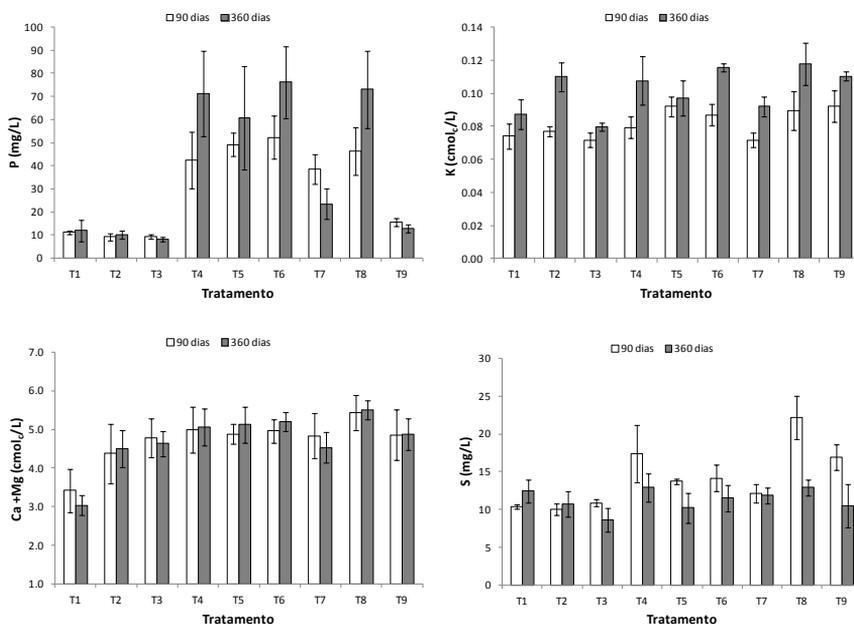


Figura 4. Efeito de fontes orgânicas e minerais sobre atributos químicos do solo após 90 e 360 dias da aplicação e incorporação superficial: a) P extraível via Mehlich-1 (mg L^{-1}); b) K^+ trocável ($\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$); c) $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ($\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$); e S (mg L^{-1}). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2013.



Considerações finais e recomendações

Este estudo mostra que certas fontes orgânicas e minerais podem apresentar efeito imediato no fornecimento de nutrientes para as culturas, resultando em produtividades de grãos que se assemelham às obtidas com fertilizantes de alta solubilidade. Entretanto, apesar de já ser de conhecimento geral, cabe ressaltar o efeito negativo da aplicação concomitante de calcário e fosfatos naturais sobre a produtividade de grãos. Tal problema pode ser contornado com a aplicação de parte da dose de P_2O_5 com uma fonte orgânica ou mineral de maior solubilidade.

A utilização de rejeitos de Granodiorito obtidos na Pedreira Silveira de Pelotas (RS) como fonte de potássio e outros nutrientes na agricultura se mostrou como uma alternativa viável em âmbito regional. Mesmo que necessite de doses maiores em relação às fontes de alta solubilidade, fica claro o seu potencial de liberação de K para as plantas, até mesmo para culturas anuais de ciclo curto como o milho e o trigo. A dose necessária para a correção total mais a manutenção de culturas como o milho pode ser elevada (em torno de 7 t ha^{-1}), principalmente quando se deseja corrigir imediatamente níveis baixos ou médios de K, como é caso do Planossolo deste estudo. Nesta condição, há a opção de correção gradual do nível da fertilidade, aplicando-se doses anuais de 3 t ha^{-1} que aportariam cerca de 65 kg ha^{-1} de K_2O , considerando o teor de 4,33 % de K_2O e uma eficiência de liberação de 50% do K_2O adicionado anualmente.

Referências Bibliográficas

- BAMBERG, A.L., SILVEIRA, C.A.P., POTES, M.L., PILLON, C.N., LOUZADA, R.M., CAMPOS, A.A. Dinâmica de liberação de nutrientes disponibilizados por diferentes tipos de rochas em colunas de lixiviação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33. 2011. In: Anais. Uberlândia, MG, 2011.
- 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.
- LANDEWEERT R., HOFFLUND E., FINLAY R.D., VAN BREEMEN N. Linking plants to rocks: Ectomycorrhizal fungi mobilize nutrients from minerals. *Trends in Ecology and Evolution*. v.16, p.248-254, 2001.
- PANDOLFO, C.M.; TEDESCO, M.J. Eficiência relativa de frações granulométricas de calcário na correção da acidez do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 10, p. 753-758, 1996.
- PEREIRA, H.S.; KORNDÖRFER, G.H.; MOURA, W.F.; CORREA, G.F. Extratores de silício disponível em escórias e fertilizantes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.265-274, 2003.
- 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).