

# EFEITO DA COMBINAÇÃO DE CALCÁRIO DE XISTO E CALCÁRIO DOLOMÍTICO COM DIFERENTES FONTES DE FÓSFORO SOBRE A PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA

Luis Henrique Gularte Ferreira<sup>1</sup>, Carlos Augusto Posser Silveira<sup>2</sup>,

Clenio Nailto Pillon<sup>2</sup>, Leandro Carlos dos Santos<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Doutorando Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo - UFPel, Pesquisador Convocado da Embrapa Clima Temperado, BR 392, Km 78, Caixa Postal 403, 96001-970, Pelotas, RS. Email: bage@cpact.embrapa.br

<sup>2</sup> Dr., Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, BR 392, Km 78, Caixa Postal 403, 96001-970, Pelotas, RS. E-mail: guto@cpact.embrapa.br

<sup>3</sup> Engenheiro de Minas, Petróleo Brasileiro S.A., Petrobras - Unidade de Negócio da Industrialização do Xisto (SIX), Gerência de Mineração. BR 476, km 143, Caixa Postal 28, 83900-000. São Mateus do Sul-PR. E-mail: leandrosantos@petrobras.com.br

## 1. Introdução

**A**calagem é uma prática que constitui-se em uma forma de rochagem que tem por objetivos principais neutralizar o alumínio tóxico às plantas e elevar o pH em níveis adequados ao desenvolvimento das culturas e organismos do solo. Dependendo da disponibilidade de fósforo no solo por ocasião da calagem, em muitas situações, é realizada conjuntamente a fosfatagem, a qual pode ser baseada em pelo menos duas estratégias: a) aplicação de fosfato solúvel sintetizado a partir de rochas fosfáticas e b) aplicação de fosfato in natura no solo, sendo esta última também considerada uma das mais antigas formas de rochagem. Como na maioria das situações é utilizado o fosfato solúvel que tende a acidificar o solo em torno da região de dissociação, a calagem poderia favorecer o aproveitamento do fósforo proveniente desta fonte. Por outro lado, o fosfato natural apatítico tende a elevar o pH em torno da região de dissociação, portanto, necessita de redução no pH para aumentar a liberação do fósforo para a planta.

Solos de várzea são solos formados em condições variadas de deficiência de drenagem (hidromorfismo) e que no Rio Grande do Sul são geralmente encontrados em baixas altitudes (0 a 200 m) (Pinto et al., 1999), sendo também denominados “solos de Terras Baixas”.

Quase que a totalidade dos solos de várzea do Rio Grande do Sul estão localizadas na região plana do estado denominada *metade sul*, pertencente ao Bioma Pampa.

Esta região abrange 54 % do território do estado e é caracterizada pela pecuária extensiva e produção de arroz em larga escala (De Mori et al, 2006). Por outro lado, a partir do ano 2000, observou-se expansão da área de semeadura de soja nesta região (De Mori et. al. 2006).

Dentre os solos de várzea do Rio Grande do Sul, predominam os planossolos com 56 % de área (Pinto et. al, 2004). Estes solos são originados de sedimentos aluviais e de granito e apresentam baixa fertilidade natural (Streck et. al, 2008). Estas características implicam em um manejo racional de corretivos da acidez e fertilizantes com vistas ao estabelecimento de programas de adubação da cultura e do sistema produtivo.

Dentre as etapas do manejo racional de corretivos e fertilizantes destaca-se a necessidade de conhecimento das características do complexo sortivo do solo que em última análise será responsável pelo suprimento de cátions básicos ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{K}^{+1}$ ) e cátions ácidos ( $\text{Al}^{+3}$ ). A neutralização do Al e o suprimento dos cátions básicos  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  constituem um dos principais objetivos da calagem. Atenção especial deve ser dada quando a cultura pretendida é a soja. Isso por que a cultura apresenta alta demanda por cálcio, além do que o processo de fixação de nitrogênio no solo é limitado em condições de acidez e deficiência de cálcio (Peres et. al. 1992).

Neste cenário o cultivo da soja nestas áreas requer estratégias de manejo dos corretivos e fertilizantes adotadas de forma a otimizar o sistema de produção. Desse modo a elevação do pH em níveis necessários ao desenvolvimento da cultura e microorganismos associados, bem como o concomitante fornecimento de cálcio e fósforo à cultura e/ou estratégias de manejo que visem oportunizar o aproveitamento destes nutrientes já presentes no solo, contribuem para a minimização da dependência externa de fertilizantes. Dentre os corretivos de acidez do solo, o calcário de xisto (MBR13) é obtido a partir da mineração do xisto, pela Petrobras-SIX, localizada em São Mateus do Sul-PR.

A MBR13 é constituída de lentes de rocha calcária que se situa, segundo a coluna estratigráfica da Formação Irati – Membro Assistência, imediatamente abaixo da 1ª camada de xisto (folhelho pirobetuminoso) e são originadas de material precipitado por agentes químicos. O Membro Assistência se caracteriza pela presença de folhelhos cinza-escuros nos quais se intercalam folhelhos pretos pirobetuminosos associados a lentes de calcários creme e cinza-escuros, dolomíticos. Estas lentes, na cadeia produtiva são consideradas como material estéril, pois não apresentam teor de óleo adequado ao processamento.

Assim, a MBR13, além de corrigir a acidez do solo, constitui-se em importante fonte de macronutrientes secundários (Ca, Mg e S), de micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) e de nutrientes benéficos (Si e Se), além de carbono orgânico constituindo-se em uma matriz fertilizantes valorizada por sua complexidade. Desse modo pode promover um melhor aproveitamento do fósforo dos fertilizantes fosfatados aplicados ao solo e fornecimento de micronutriente.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da associação da MBR13, calcário dolomítico e diferentes fontes de fósforo sobre a produtividade da cultura da soja.

## 2. Material e métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo na Estação Experimental Terras Baixas – Embrapa Clima Temperado, em Pelotas-RS, com início em outubro de 2006.

Os resultados da análise básica de solo revelaram valor de pH em água interpretado como baixo, teores de P e K baixos, matéria orgânica inferior a 2,5 % e teor de argila inferior a 20 % (Classe 4). Os teores de P e K foram recomendados com base nos critérios preconizados pela (CQFS, 2004). A recomendação de fósforo potássio correspondeu a 140 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A dose do corretivo da acidez teve como base o pH referência, segundo a CQFS (2004). O valor de pH em SMP de 5,8 e pH em água desejado correspondente a 5,5 indicaram necessidade de calcário de 2,3 t ha<sup>-1</sup> (PRNT 100 %). foram definidos os valores de fósforo, potássio e corretivo da acidez.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com 3 repetições, sendo a unidade experimental uma parcela de 25 m<sup>2</sup> (5 x 5 m). O delineamento de tratamento foi um fatorial 2<sup>3</sup>, conforme proposto por Zimmermann (2004).

Os fatores de tratamento foram: a) **Fonte de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**, com dois níveis: Fosfato natural de Arad (FNA) e Superfosfato triplo (SFT); b) **Correção da acidez do solo**, com dois níveis: Sem correção da acidez ou aplicação de dose recomendada via calcário dolomítico (CD) [PRNT=89 % e CaO (28 %) + MgO (16 %)], e c) **Adição de calcário de xisto (MBR13)**, com dois níveis: sem MBR13 e com 1.000 kg ha<sup>-1</sup> da MBR13.

Em relação ao fator *Adição da MBR13*, a dose de 1.000 kg ha<sup>-1</sup> foi definida em função de trabalhos preliminares em condições controladas, onde houve aumento de pH e da soma de Ca+Mg trocáveis em função da adição da MBR13. Por outro lado, os teores totais de enxofre (S) e silício (Si) presentes na matriz (em torno de 3,0 % para o S e 15 % para o Si), poderia fornecer ao sistema de culturas de 20 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de S e 150 kg ha<sup>-1</sup> de Si.

A comparação de médias, para a variável produtividade de grãos de milho, foi realizada através do teste de Tukey (desconsiderando a estrutura dos tratamentos) e também análise de agrupamento fatorial (considerando a estrutura dos tratamentos).

## 3. Resultados e discussão

A decomposição da variação entre tratamentos indicou efeito significativo da interação tripla entre os fatores estudados ( $p > 0,02$ ). Os dados discutidos são apresentados na Tabela 2. As letras indicam os grupos formados pela comparação de médias pelo teste de Tukey a 5 %, independentemente da estrutura fatorial. A aplicação do SFT juntamente com CD proporcionou produtividade de grãos de soja equivalente a 3.074 kg ha<sup>-1</sup>. Por outro lado a associação da MBR13 e CD, ao FNA, proporcionou produtividade de grãos similares à obtida com o SFT + CD.

Na análise da interação MBR13 vs CD, para cada fonte de fósforo, algumas considerações devem ser feitas. As diferenças apresentadas refletem o efeito da interação da rochagem a base da MBR13 e calagem sobre a produtividade de grãos de soja, para cada fonte de fósforo testada.

Para o SFT a aplicação conjunta da MBR13 e do CD não levaram a maiores produtividades de grãos em relação aplicação isolada das rochas. Este fato revela uma ação antagônica da MBR13 sobre os efeitos do calcário aplicado, nas doses aplicadas. Por outro lado, para a mesma fonte de fósforo, a aplicação isolada da MBR13 promoveu um incremento na produtividade de grãos de soja na ordem de  $831 \text{ kg ha}^{-1}$ , correspondendo a 71 % do incremento obtido com o CD. Em ensaio conduzido em condições controladas a MBR13, na mesma dose e solo do presente estudo, elevou o pH e os teores de Ca e Mg, 60 dias da sua aplicação (dados não publicados), o que poderia explicar em parte os resultados observados. Provavelmente, um pequeno aumento na dose aplicada da MBR13 proporcionaria resultados equivalentes a aplicação do CD isolado.

Quando a fonte testada foi o FNA houve um sinergismo entre a MBR13 e o CD aplicado. Nesse caso o efeito somado destas fontes de forma isolada correspondeu a  $644 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos de soja ( $574 + 70 \text{ kg ha}^{-1}$ ) contra  $937 \text{ kg ha}^{-1}$  obtidos com a aplicação combinada destas fontes (diferença entre (FNA+CD+MBR13) – (FNA)).

Observa-se ainda que enquanto para a fonte solúvel, na ausência da calagem, houve incremento na produtividade de grãos de soja com a adição da MBR13, para o fosfato natural, na ausência da calagem, praticamente não houve efeito da MBR13 sobre a produtividade de grão. Isto confirma que a presença do calcário foi fundamental para a ação da MBR13 quando a fonte foi o FNA.

As fontes de fósforo diferem, entre outros fatores, quanto às condições de acidez necessária para sua solubilização e a acidez gerada no processo de liberação do fósforo-fertilizante. O pH baixo favorece a solubilização dos fosfatos naturais apatíticos (Moreira & Siqueira, 2006; Hohowitz & Meurer, 2004; Novais & Smith, 1999). Já os fosfatos sintetizados de reação ácida (Superfosfatos simples e SFT) tendem a acidificar a região em torno do grânulo (Sousa & Volkweis, 1987).

A dissolução dos fosfatos naturais seria favorecida pela acidez em torno da partícula e os fosfatos solúveis de reação ácida seriam favorecidos pela elevação do pH no solo. Entretanto, os níveis ótimos de acidez para a dissolução da fonte de fósforo, pode ocasionar no solo condições adversas para a disponibilização de outros nutrientes, afetando a atividade microbiana, com implicações diretas sobre o crescimento das plantas, principalmente em solos com baixa CTC efetiva como os referidos planossolos. Isto pode explicar o fato de tanto o fosfato solúvel quanto o fosfato natural testado, ter respondido a calagem.

No caso da MBR13 resultados de laboratório revelaram baixo PRNT, portanto, do ponto de vista tradicional não seria esperado poder de neutralização da acidez similar aos calcários tradicionais. Entretanto, esta matriz possui em sua composição natural, quantidades quase equi-

valentes de lentes calcárias sedimentares e de lentes de xisto bruto, entremeadas. Desse modo, o baixo PRNT verificado poderia ser em função da “contaminação” do calcário pelo xisto bruto.

Por outro lado, trabalhando com o calcário da mesma área de mineração, Assmann (1999) constatou aumento nos valores de pH similares aos verificados para o calcário comercial. Assim, os benefícios da MBR13 estão intimamente relacionados com seus componentes inorgânicos (Ca, Mg, S, Si e outros micronutrientes) bem como pelos seus componentes orgânicos, conferindo-lhe um equilíbrio adequado com vistas ao seu aproveitamento para aplicação na agricultura.

Tabela 1 Produtividade de grãos de soja (safra 2006/2007), em função da aplicação combinada da MBR13 e calcário dolomítico, para distintas fontes de fósforo, em um planossolo Háplico do Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS.

MBR 13 (kg ha <sup>-1</sup> )			Diferença <sup>(2)</sup>
	<b>Fosfato solúvel (SFT)</b>		
0			
1.000	2.742 abc	2.850 ab	108 <sup>ns</sup>
<b>Diferença</b>			
	<b>Fosfato natural (FNA)</b>		
0			
1.000	2.230 abc	3.097 a	867 **
<b>Diferença</b>			

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, independentemente da fonte de fósforo testadas, não diferem entre si (Tukey, 5 %). <sup>(2)</sup> Diferenças estabelecidas em função do teste F da análise fatorial: ns – não significativo; \* significativo a 5 %; \*\* significativo a 1 %.

## 4. Conclusões

Nas condições de condução do trabalho, conclui-se que a soja respondeu a combinação entre calagem e fontes natural e solúvel de fósforo e também respondeu a inclusão da MBR13 no programa de adubação preconizado.

Os resultados obtidos confirmam a necessidade de considerar as relações entre fontes de fósforo e corretivos de acidez do solo em programas de adubação em sistema de culturas.

Em relação a MBR13, os resultados confirmam o potencial agrônômico desta fonte de nutriente como componente de programas de adubação, com efeitos diretos e indiretos no desenvolvimento das plantas. No entanto, destaca-se que por tratar-se de uma matriz complexa e ainda pouco conhecida, seja em aplicações isoladas ou em combinação com outras fontes de nutrientes, a confirmação e validade do seu potencial agrícola para diferentes culturas e solos ainda necessita de estudos de longa duração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ASSMANN, T. S.; PREVEDELLO, B. M. S.; REISSMANN, C. B.; RIBEIRO Jr, P. J. *Potencial de Suprimento de Micronutrientes de Oriundo da mineração de Folhelho Pirobetuminoso da formação Irati-Pr. R. Bras. de Ci Solo*, 23: 963-969, 1999.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. *Recomendação de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 3 ed. Passo Fundo, SBCS - Núcleo Regional Sul, 224p. 1995.

DE MORI, C.; BERTAGNOLI, P.F; MORAES, R.M.A, DE; COSTAMILAN, L.M; IGNACZAK, J.C; ROESSING, A.C; LANGE, C.; MENEZES, V.G.; FISCHER, M.M. Levantamento de uso tecnologias em lavouras de soja na Metade sul do Estado do Rio Grande do Sul. *In Soja-Resultados de Pesquisa, 2005/2006*. 1ª Ed. Passo Fundo-RS: EMBRAPA 2006, (EMBRAPA TRIGO. DOCUMENTO 68). P222 a 270.

KAMINSKI, J., Coord. *Uso de Corretivos da Acidez do Solo no Plantio Direto*. Pelotas: SBCS-Núcleo Regional sul, 2000. 123p. (SBCS-Núcleo Regional Sul. Boletim Técnico, 4).

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Fontes minerais de fósforo. In: NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. (Ed.). *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Viçosa: UFV-DPS, 123-164 p. 1999.

PINTO, L.F.S.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A. da S.; SOUSA, R.O. de. Caracterização de solos de várzea. In: GOMES, A. da S.; PAULETTO, E.A. (Ed.). *Manejo do solo e da água em áreas de várzea*, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999, p. 11-36.

SOUSA, D. M. G. & VOLKWEIS, S. J. Reações do Superfosfato Triplo em Grânulos com Solos. *R. Bras. de Ci Solo*, 11: 133-140, 1987.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. *Solos do Rio Grande do Sul*. 2.ed.- Porto Alegre EMATER/RS-ASCAR, 222p. 2008.

HOROWITZ, N. & MEURER, E.J. Eficiência de fosfatos naturais. In: *Fósforo na Agricultura Brasileira*. Eds.: YAMADA, T. & ABDALLA, S.R.S, Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato – POTAFOS, Piracicaba. 726p. 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações*. Editora Potafos, 2ª edição, 319p. 1997.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Editora UFLA, Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2ª edição. 729p. 2006.

ZIMMERMANN, F.J.P. *Estatística aplicada à pesquisa agrícola*. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás. 1ª edição. 402p. 2004.

---