

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE UM FOSFATO PARCIALMENTE ACIDULADO EM SOLO DE CERRADO⁽¹⁾

W. J. GOEDERT⁽²⁾, T. A. REIN⁽²⁾ & D. M. G. de SOUSA⁽²⁾

RESUMO

Avaliou-se, durante quatro anos, num experimento em solo de cerrado com a cultura da soja, a eficiência agronômica de um fosfato parcialmente acidulado (FPA) com ácido sulfúrico, contendo aproximadamente 50% do P_2O_5 total solúvel em citrato neutro de amônio + água. Como fonte de referência, utilizou-se o superfosfato triplo (ST), com ambos os fertilizantes aplicados anualmente em sulco de semeadura nas doses de 30, 60, 90 e 120 kg de P_2O_5 /hectare/ano. Como tratamentos extras, avaliaram-se dois outros fosfatos experimentais, obtidos a partir do concentrado fosfático de Patos de Minas, resultantes de tratamento térmico (Termo) ou solubilização com uma mistura de ácido sulfúrico e sulfato de amônio (RNC-I), na dose única de 60 kg de P_2O_5 /hectare/ano. A eficiência agronômica do FPA, em média de 39% em relação ao ST, calculada através da produção de grãos, praticamente não variou durante os quatro anos. Resultados semelhantes foram obtidos com outros parâmetros da planta. O RNC-I foi praticamente equivalente ao ST nos quatro cultivos, enquanto o Termo foi superior, com eficiência relativa média de 131%.

Termos de indexação: fósforo; cerrado, solo; fosfato parcialmente solubilizado; termofosfato; bissulfato de amônio; fosfatos, eficiência agronômica; *Glycine max* (L.) Merrill.

SUMMARY: AGRONOMIC EFFICIENCY OF A PARTIALLY ACIDULATED ROCK PHOSPHATE IN A "CERRADO" SOIL

The agronomic efficiency of a partially acidulated rock phosphate (PARP) with sulphuric acid, containing about 50% of total P_2O_5 soluble in neutral ammonium citrate + water solution, was evaluated through a four-year experiment with soybeans, in a "cerrado" soil. Triple superphosphate (TSP) was used as reference source, and both fertilizers were band applied yearly at 30, 60, 90 and 120 kg of P_2O_5 /ha/year. Two experimental phosphorus sources produced from "Patos de Minas" rock phosphate, resulted from thermal treatment (Termo) or solubilization with sulfuric acid mixed with ammonium sulfate (RNC-I), were tested as extra treatments at 60 kg of P_2O_5 /ha/year. The average PARP agronomic efficiency related to TSP, calculated from grain production, was of 39%, and almost did not change during the four crop period. Similar results were found with other plant parameters. The source RNC-I was equivalent to TSP during the four crop period while Termo was superior, exhibiting a 131% average relative agronomic efficiency.

Index terms: phosphorus, "cerrado" soil, partially acidulated rock phosphate, thermal treatment, ammonium bisulfate, agronomic efficiency of phosphates, *Glycine max* (L.) Merrill.

INTRODUÇÃO

Como na maioria dos países, a produção de fertilizantes fosfatados no Brasil está embasada na solubilização do concentrado apatítico com ácido sulfúrico, produzindo-se diretamente o superfosfato simples ou, indiretamente, o superfosfato triplo e os fosfatos de amônio via ácido fosfórico.

A produção brasileira de enxofre, elemento básico para a síntese do ácido sulfúrico, correspondeu apenas a 12-18% do consumo interno no período 1980-85 (Carmo, 1986), o que tem levado a gastos com importação de aproximadamente cento e vinte milhões de dólares anuais (Lobo & Silva, 1984).

A acidulação ou solubilização parcial de rochas fosfáticas, ou seja, a utilização de ácidos em proporções estequio-

(1) Trabalho realizado dentro do convênio EMBRAPA/PETROFÉRTIL. Recebido para publicação em janeiro e aprovado em junho de 1988.

(2) Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados – EMBRAPA, Caixa Postal 70.0023, CEP 73300 Planaltina (DF).

metricamente inferiores à necessária para solubilização da quantidade total de apatita presente, tem sido bastante testada com rochas de outros países (Hammond et al., 1986). No Brasil, a acidulação parcial dos concentrados fosfáticos de Patos de Minas e Araxá com ácido sulfúrico foi testada por Franco (1977); esse autor verificou, em casa de vegetação, que a solubilidade e a eficiência agrônômica dos produtos obtidos estavam diretamente relacionados à taxa de acidulação empregada. Tais resultados foram confirmados em trabalhos recentes, realizados em casa de vegetação (Goedert & Sousa, 1986; Siqueira et al., 1986), com maior número de concentrados fosfáticos e níveis de acidulação, onde se observou ainda que a eficiência dos produtos foi equivalente à fração de P_2O_5 total solubilizada pelo ácido sulfúrico, e expressa pelos extratores ácido cítrico ou citrato neutro de amônio.

No início da década de 80, iniciou-se no Brasil a produção comercial de fosfatos parcialmente acidulados com ácido sulfúrico contendo aproximadamente 50% do P_2O_5 total solúvel em citrato neutro de amônio + água. Quando comparada aos superfosfatos, a tecnologia de fabricação dos fosfatos parcialmente acidulados é mais simples, permitindo também a utilização como matéria-prima de concentrados fosfáticos de menor qualidade (Rieder, 1986), graças, em parte, às exigências da legislação de fertilizantes com relação aos teores mínimos de P_2O_5 total e solúveis desses produtos. A produção de tais fertilizantes vem aumentando anualmente e, em 1985, o consumo foi de 300.000 toneladas de produtos (Carmo, 1986).

Os resultados de alguns experimentos com espécies anuais, em condições de campo e casa de vegetação, têm confirmado sua menor eficiência em relação aos fosfatos solúveis (EMBRAPA, 1981; Lins et al., 1982; Barbosa Filho et al., 1983; Freire et al., 1983). Já em outros trabalhos, com cana-de-açúcar e culturas anuais, os resultados do primeiro ano não mostraram diferenças estatisticamente significativas entre o fosfato-de-araxá parcialmente acidulado e o superfosfato triplo (Malavolta et al., 1981, 1982).

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar, em solo de cerrado, durante quatro cultivos com soja, a eficiência agrônômica de um fosfato parcialmente acidulado aplicado anualmente em sulco de semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS

Avaliou-se, durante quatro anos, com a cultura da soja (cv. Cristalina), a eficiência agrônômica de um fosfato

parcialmente acidulado (FPA), obtido a partir do concentrado fosfático de Araxá (MG), aplicado em sulco de semeadura nas doses de 30, 60, 90 e 120kg de P_2O_5 total/hectare/ano. O superfosfato triplo, utilizado como fonte de referência, foi aplicado anualmente nas mesmas doses. Como tratamentos extras, aplicados apenas na dose de 60kg de P_2O_5 /hectare/ano, testaram-se um termofosfato calcinado e um produto identificado como RNC-I ("Rota Não Convencional"), obtido a partir do concentrado fosfático de Patos de Minas tratado com uma mistura de ácido sulfúrico e sulfato de amônio, resultando na formação de bissulfato de amônio. As especificações e características químicas desses produtos encontram-se no quadro 1.

Aos dados desse experimento incluíram-se os resultados de um tratamento sem aplicação de fósforo (testemunha), de outro ensaio conduzido sob idênticas condições experimentais em área contígua.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições, sendo as parcelas dimensionadas em 5 X 8m, com uma área útil de 18m², e, o espaçamento entre linhas, de 0,5m. Antes de cada cultivo, a área era preparada com aração e gradagem e, posteriormente, sulcada, permitindo a aplicação manual dos fosfatos, seguida de recobrimento e semeadura, efetuada em novembro. Anualmente, a posição do sulco de semeadura era deslocada lateralmente, com o objetivo de evitar uma concentração dos fertilizantes fosfatados em determinadas regiões da parcela.

O experimento foi instalado em 1983 num latossolo vermelho-escuro argiloso dos Cerrados, em Planaltina, DF. As características químicas originais do solo, na camada superior de 0-20cm, eram: pH em água (1:2,5) = 4,7; Al = 1,3 meq/100ml; Ca + Mg = 0,2 meq/100ml; K = 26 mg/l e P = 0,5mg/l. Os dois últimos nutrientes foram avaliados pelo extrator Mehlich-1 (H_2SO_4 0,025N + HCl 0,05N). As características granulométricas do solo eram: argila = 58%, silte = 10%, areia fina = 25% e areia grossa = 7%.

Toda a área experimental recebeu calagem, dois meses antes do primeiro plantio, na dose de 4,0t/ha de calcário dolomítico (PRNT = 100%), sendo a incorporação efetuada com arado de disco. A soja foi cultivada por quatro anos consecutivos. Ao final do último cultivo, os parâmetros de acidez do solo apresentavam os seguintes valores médios: pH em água (1:2,5) = 5,6, Al = 0,04 meq/100ml e Ca + Mg = 3,53 meq/100ml.

No primeiro ano, a lanço, aplicaram-se ainda micronutrientes, na forma de FTE BR-12 (60kg/ha), e potássio, na

Quadro 1. Características químicas e especificações dos fosfatos testados

Fosfato ⁽¹⁾	Nutrientes totais				P ₂ O ₅ solúvel (% do total)		
	P ₂ O ₅	N	S	Mg	Cit. neutro de amônio + água	Ác. cítrico 2% (relação 1:100)	Água (relação 1:250)
ST	49,1	...	...	...	91	84	82
FPA ⁽²⁾	24,8	...	8,0	...	49	49	33
RNC-I ⁽³⁾	14,9	1,8	10,0	...	80	82	56
Termo ⁽⁴⁾	16,5	...	...	0,5	77	97	5

⁽¹⁾ Com exceção do Termo, os demais produtos se apresentavam na forma granulada.

⁽²⁾ Produzido a partir do concentrado fosfático de Araxá (MG) tratado com 350kg de ácido sulfúrico/tonelada de concentrado.

⁽³⁾ Obtido a partir do concentrado fosfático de Patos de Minas tratado com sulfato de amônio (SA) e ácido sulfúrico (AS), segundo as relações molares SA/AS = 0,3 e H^+/P_2O_5 = 4,6.

⁽⁴⁾ Termofosfato calcinado produzido a partir do concentrado fosfático de Patos de Minas.

forma de sulfato de potássio (90kg de K_2O /ha). Nos anos subsequentes, também a lã, aplicaram-se antes da aração 80kg de K_2O (cloreto de potássio) e 30kg de S (sulfato de cálcio)/ha. As sementes foram inoculadas anualmente com 1,0kg de inoculante/40kg de semente.

A produção de grãos (13% de umidade) foi avaliada anualmente e, esporadicamente, outros parâmetros, como a produção de palha (1º ano), quantidade de fósforo extraída pela cultura (1º ano), teor de fósforo na terceira folha no início do florescimento (1º ano), altura de plantas (2º ano) e peso de cem sementes com 13% de umidade (3º ano). Após o último cultivo, avaliou-se o teor de fósforo disponível no solo na camada de 0-20cm pelos extratores Bray e Mehlich-1, procedendo-se, anteriormente à amostragem, a duas arações, com o objetivo de uniformizar as parcelas, devido à concentração de fósforo na região do sulco de semeadura.

Calculou-se a eficiência agrônômica do FPA em relação ao ST com base no procedimento proposto por Colwell & Goedert⁽³⁾: os dados obtidos em cada ano com as duas fontes são agrupados conjuntamente em uma única função de resposta, no caso do tipo $y = a + b(sx)^{0,5} + c(sx)$. Neste modelo, x é a dose de P_2O_5 aplicada e, s , um parâmetro que assume valor fixo, de 1,00 para o ST e, para o FPA, determinado através de tentativa, comparando-se os ajustes de diversas equações de regressão obtidas, com s assumindo vários valores, onde o mais correto é aquele que resulta na equação com menor soma de quadrados de erro (SQE) ou maior coeficiente de determinação (r^2). O parâmetro s , abreviação de "Substitution Rate" (relação de substituição), expressa então a relação de equivalência entre os dois fosfatos: numa situação hipotética, em que assumisse um valor de 0,50, estaria indicando que seria necessário aplicar na forma da fonte teste o dobro da dose de P_2O_5 aplicada na forma do fosfato de referência ($S = 1,00$), para se obter uma mesma produção de grãos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 acham-se as curvas de resposta ao fósforo aplicado na forma de ST e FPA para os quatro cultivos. O modelo utilizado $[y = a + b(sx)^{0,5} + c(sx)]$ ajustou-se bem aos dados observados, permitindo o agrupamento das curvas de resposta aos dois fosfatos em uma única função de resposta. As produções obtidas com ST foram superiores às obtidas com o FPA, o que concorda com resultados verificados anteriormente com espécies anuais (EMBRAPA, 1981; Lins et al., 1982; Barbosa Filho et al., 1983; Freire et al., 1983).

A eficiência relativa do FPA, expressa pelo parâmetro s (Figura 1), não mostrou tendência de aumento ou diminuição com o tempo, sendo, na média dos quatro anos, igual a 0,39. Este valor indica que, nestas condições experimentais, para se obter uma mesma produção de soja, utilizando-se uma das duas fontes, seria necessário aplicar na forma de FPA uma dose de P_2O_5 aproximadamente 2,5 superior à aplicada na forma de S. triplo. Este valor também pode servir de base para calcular a economicidade do FPA, cujo custo da unidade de P_2O_5 total deveria ser no máximo 39%

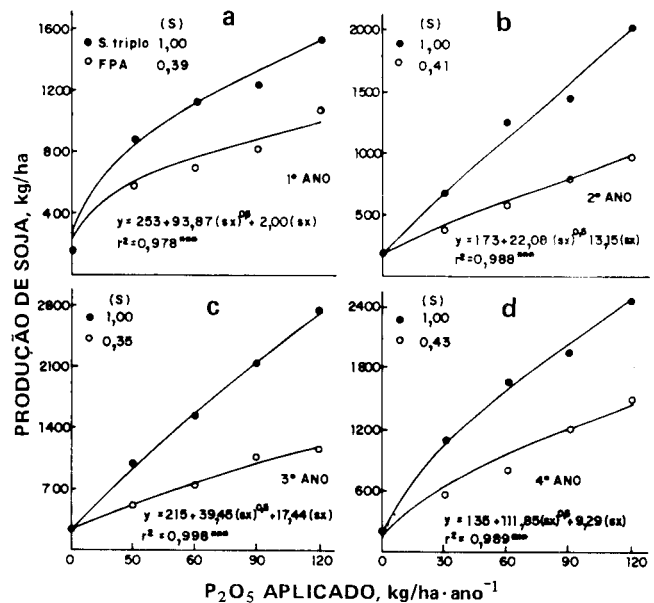


Figura 1. Produção de grãos de soja no 1º(a), 2º(b), 3º(c) e 4º ano (d) em resposta a doses de fósforo aplicadas anualmente no sulco de semeadura na forma de superfosfato triplo (ST) ou fosfato parcialmente acidulado (FPA). A eficiência agrônômica relativa do FPA está expressa através do parâmetro s , tomando-se como referência o ST.

do custo do P_2O_5 total do ST, considerando-se apenas o nutriente fósforo contido e assumindo um mesmo custo de aplicação para ambas as fontes.

Com base nas características de solubilidade do FPA (Quadro 1), esperava-se que sua eficiência relativa fosse até mesmo um pouco superior, considerando-se que sua solubilidade em CNA + água ou ácido cítrico é de 49%. Possivelmente, a granulação e a aplicação localizada em sulco de semeadura contribuíram para a redução em sua eficiência agrônômica. Com relação à fração de P_2O_5 apatítico contida no FPA, os resultados obtidos permitem inferir que ela praticamente não foi solubilizada no solo ou aproveitada pela cultura durante os quatro anos. Os resultados relativos à disponibilidade de fósforo no solo avaliada pelo extrator Bray (Quadro 2), confirmam essa informação. Assim, apesar de a tecnologia de fabricação e a legislação vigente para os fosfatos parcialmente acidulados permitirem melhor aproveitamento das rochas fosfatadas nacionais, devido à menor exigência em termos de qualidade de concentrado apatítico utilizado como matéria-prima (Rieder, 1986), o não-aproveitamento pela soja da fração de P_2O_5 insolúvel pode significar um uso ineficiente das reservas fosfatadas nacionais.

Esses resultados mostraram também que, no aspecto da economia de enxofre ou ácido sulfúrico, a acidulação parcial não foi vantajosa. Baseando-se nas características químicas (Quadro 1) e considerando-se que o FPA é produzido utilizando-se 350kg de ácido sulfúrico/tonelada de concentrado fosfático de Araxá, pode-se calcular que com 1,0t de enxofre produziram-se aproximadamente 3,0t de P_2O_5 total, porém apenas 1,5t de P_2O_5 solúvel em CNA + água. Esses valores concordam com os reportados por Lobo & Silva (1984), que mostram ainda que, para os superfosfatos, a produção de P_2O_5 solúvel também é de aproximadamente 1,5t/tonelada de S.

⁽³⁾ COLWELL, J.D. & GOEDERT, W.J. Substitution rates as measures of the relative effectiveness of alternative phosphorus fertilizers. Fert. Res., The Hague, 1988. (no prelo)

É possível que a eficiência dos fosfatos parcialmente acidulados seja melhor em outros tipos de solo e sistemas de cultivo, ou se se considerar um maior espaço de tempo. Conforme revisão efetuada por Sanzonowicz & Goedert (1986), em alguns experimentos de longa duração com gramíneas forrageiras, têm-se obtido bons resultados com fosfatos naturais aplicados "in natura", que corresponderiam à fração insolúvel dos fosfatos parcialmente acidulados.

A eficiência agrônômica relativa do FPA também foi calculada a partir de outros parâmetros da planta (Quadro 2), através do mesmo procedimento utilizado com a produção de grãos. Com exceção da produção de palha e teor de fósforo na folha no primeiro ano, a eficiência relativa do FPA, determinada através dos vários parâmetros da planta foi bastante semelhante à obtida com a produção de grãos (Figura 1), mostrando que a disponibilidade biológica de fósforo dos fertilizantes pode ser avaliada por outros parâmetros que responderam positivamente a este nutriente.

No quadro 2 encontram-se também os resultados relativos à disponibilidade de fósforo no solo, avaliada pelos extratores Mehlich-1 (H_2SO_4 0,025N + HCl 0,05N) e Bray (NH_4F 0,03N + HCl 0,025N). A eficiência relativa do FPA, calculada a partir dos resultados com Bray, foi de 53%, um pouco superior à observada com a produção de grãos (39%). Já o extrator Mehlich-1, utilizado em nível de rotina em várias regiões do Brasil, superestimou acentuadamente a disponibilidade de fósforo do solo dos tratamentos com FPA, resultando numa eficiência relativa de 132%. Isto se deve a sua fração de P_2O_5 apatítico, não reagida no solo,

porém parcialmente dissolvida durante a extração em laboratório devido à elevada acidez da solução extratora Mehlich-1, com pH de aproximadamente 1,2. Este problema de superestimação da disponibilidade de fósforo nos solos contendo fósforo apatítico tem sido bastante relatado com relação ao uso de fosfatos naturais, conforme observado por Goedert & Lobato (1980). Bons resultados também seriam esperados com extratores alcalinos ou resina trocadora de íons, que não apresentam ação dissolutiva sobre a apatita.

No quadro 3, acham-se os resultados de produção de grãos obtidos com ST e FPA na dose de 60kg de P_2O_5 /hectare/ano, extraídos da figura 1, e de produção obtidos com o termofosfato calcinado (Termo) e com o fosfato-de-patos tratado com uma mistura de ácido sulfúrico e sulfato de amônio (RNC-I), também aplicados na dose de 60kg de P_2O_5 /hectare/ano. A eficiência relativa destes últimos fosfatos, expressa pelo parâmetro s, foi calculada para cada ano através das equações de regressão apresentadas na figura 1.

O RNC-I foi praticamente equivalente ao ST durante os quatro cultivos (Quadro 3). Essa tecnologia de tratamento de rochas fosfáticas, utilizando-se ácido sulfúrico e sulfato de amônio em proporções definidas, vem sendo estudada como uma alternativa para solubilização do concentrado fosfático de Patos de Minas (Albuquerque & Costa, 1986), problemática no que diz respeito ao seu elevado conteúdo de impurezas (sílica e óxidos de ferro e de alumí-

Quadro 2. Resposta da planta e do solo, expressa através de alguns parâmetros, a doses (x) de fósforo variando de 0 a 120kg/ha de P_2O_5 aplicadas anualmente no sulco de semeadura na forma de superfosfato triplo (ST) ou fosfato parcialmente acidulado (FPA). O parâmetro s exprime a eficiência agrônômica relativa do FPA em relação ao ST

Parâmetro	Ano	Equação de regressão	Valor (s)		
			r^2	ST	FPA
Produção de palha (kg/ha)	1º	$y = 319,4 + 147,179 (sx)^{0,5} + 1,464 (sx)$	0,984***	1,00	0,29
P extraído (kg/ha)	1º	$y = 0,52 + 0,253 (sx)^{0,5} + 0,00774 (sx)$	0,981***	1,00	0,39
P na folha (%)	1º	$y = 0,135 + 0,00868 (sx)^{0,5} + 0,000201 (sx)$	0,968***	1,00	0,26
Altura de plantas (cm)	2º	$y = 22,8 + 0,543 (sx)^{0,5} + 0,235 (sx)$	0,956***	1,00	0,39
Peso de cem sementes (g)	3º	$y = 9,2 + 0,308 (sx)^{0,5} - 0,000180 (sx)$	0,969***	1,00	0,33
P – Bray-I (mg/l)	4º	$y = 2,2 - 0,220 (sx)^{0,5} - 0,00664 (sx)$	0,946***	1,00	0,53
P – Mehlich-1 (mg/l)	4º	$y = 1,6 - 0,614 (sx)^{0,5} - 0,1011 (sx)$	0,921***	1,00	1,32

Quadro 3. Produção de grãos de soja em resposta a fosfatos aplicados anualmente no sulco de semeadura na dose de 60kg de P_2O_5 /hectare/ano. A eficiência agrônômica dos fosfatos em relação ao ST está expressa através do parâmetro s, calculado a partir das equações de regressão da figura 1

Tratamentos	Produção de grãos ⁽¹⁾					Parâmetro s (médio)
	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	Média	
	kg/ha					
ST	1163a	1264a	1546b	1641a	1404	1,00 ⁽²⁾
FPA	697b	571b	745c	824b	709	0,39 ⁽²⁾
RNC-I	1099a	1181a	1512b	1609a	1350	1,01
Termo	1223a	1478a	1978a	1803a	1620	1,31
CV%	10,5	17,5	8,1	8,7		

(1) Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

(2) Média de quatro doses de P_2O_5 , extraída da figura 1.

nio). O teor em P_2O_5 total do RNC-I é baixo, 14,9% (Quadro 1), e a solubilidade em CNA + água é um pouco inferior à do ST.

O termofosfato calcinado foi estatisticamente superior ao ST no terceiro cultivo, e sua eficiência relativa, na média dos quatro cultivos, de 131%. Estes resultados mostraram que, nessas condições de solo e dose, e utilizando na forma de pó, a aplicação localizada em sulco de semeadura aparentemente não prejudicou sua eficiência agronômica, apesar de sua baixa solubilidade em água (Quadro 1). Alguns trabalhos mostram que a granulação de termofosfatos, que é uma forma mais drástica de localização do fertilizante, diminui acentuadamente sua eficiência agronômica inicial em relação aos fosfatos solúveis (Brenes et al., 1955).

Esta maior eficiência do termofosfato em relação aos superfosfatos tem sido observada em vários experimentos, conforme revisão efetuada por Goedert et al. (1986), e tem sido atribuída em parte às respostas positivas da planta ao efeito nutricional e alcalinizante dos silicatos de cálcio e magnésio presentes em sua composição. Contudo, a análise de solo na camada superficial de 20 cm, realizada após o último cultivo, praticamente não mostrou diferenças entre os tratamentos com relação ao pH em água (1:2,5), Ca + Mg e alumínio trocáveis, que foram, em média, 5,60, 3,53 e 0,04 meq/100ml respectivamente.

CONCLUSÕES

Comparada ao superfosfato triplo, a eficiência agronômica relativa do fosfato parcialmente acidulado foi, em média, de 39%, não se verificando tendência de melhoria com o tempo, durante quatro cultivos consecutivos com soja.

AGRADECIMENTOS

Aos técnicos da Petrobrás Fertilizantes S.A. (Petrofértil), pelo preparo dos fertilizantes e assessoria, e ao técnico agrícola Joviano Mateus Pires Filho, pela participação na condução do experimento.

LITERATURA CITADA

- ALBUQUERQUE, P.C.W. de & COSTA, F.G.M. Rotas tecnológicas não-tradicionais para solubilização de fosfatos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 3., Brasília, DF, 1986. Encontro Nacional de Rocha Fosfática. Brasília, IBRAFOS, 1986. p.339-361.
- BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K. & DALL'ACQUA, F.M. Avaliação agronômica de fontes alternativas de fósforo em solo de cerrado. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1983. 12p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 7)
- BRENES, E.J.; MILLER, R.F. & SCHEMEHL, W.R. Fertilizer value of Rhenania-Type phosphates in greenhouse experiments. Agron. J., Madison, 47:77-81, 1955.
- CARMO, A.J.B. do. Fertilizantes e matérias-primas: preços, produção e consumo de 1980 a 1985. Fertilizantes, São Paulo, 8(2):1-5, 1986.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Planaltina, DF. Relatório Técnico Anual 1979-1980. Planaltina, 1981. 190p.
- FRANCO, M. Fosfatos parcialmente acidulados com H_3PO_4 HCl e H_2SO_4 na cultura do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em um solo de cerrado de Ituiutaba-MG. Viçosa, UFV, 1977. 75p. (Tese de Mestrado)
- FREIRE, F.M.; BRAGA, J.M. & MARTINS FILHO, C.A.S. Valor fertilizante de fosfatos solúveis, Araxá e parcialmente acidulado. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 7:65-68, 1983.
- GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Eficiência agronômica de fosfatos em solo de cerrado. Pesq. Agropec. bras., Brasília, 15:311-318, 1980.
- GOEDERT, W.J.; REIN, T.A. & SOUSA, D.M.G. de. Eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados não tradicionais. In: CONGRESSO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 3., Brasília, DF, 1986. Encontro Nacional de Rocha Fosfática. Brasília, IBRAFOS, 1986. p.415-429.
- GOEDERT, W.J. & SOUSA, D.M.G. de. Avaliação preliminar da eficiência de fosfatos com acidulação parcial. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 10:75-80, 1986.
- HAMMOND, L.L.; CHIEN, S.H. & MOKWUNYE, A.V. Agronomic value of unacidulated and partially acidulated phosphate rock indigenous to the tropics. Adv. Agron., Washington, 40:80-140, 1986.
- LINS, I.D.G.; SOUSA, D.M.G. de & ARRUDA, Z.J. de. Efeito de calagem, doses e métodos de aplicação de um fosfato parcialmente acidulado na produção de soja (*Glycine max* L. Merrill) em um solo de cerrado. Campo Grande, EMPAER, 1982. 13p. (EMPAER. Pesquisa em Andamento, 1)
- LOBO, M.G. & SILVA, R.M. Produção de fertilizantes fosfatados. In: ESPINOZA, W. & OLIVEIRA, A.J., eds. Anais do Simpósio sobre fertilizantes na agricultura brasileira. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1984. p.73-102.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; ALCARDE, J.C.; ROSOLEM, C.A. & FORNASIERI FILHO, D. Aproveitamento de um fosfato natural parcialmente solubilizado pelas culturas de arroz, milho e soja. I. Resultados preliminares. Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 38:801-818, 1981.
- MALAVOLTA, E.; PEIXE, C.A.; RUIVO, F.P.; CARVALHO, J.G. de; GUIMARÃES, P.G. & VITTI, G.C. Aproveitamento de um fosfato natural parcialmente solubilizado pela cultura da cana-de-açúcar. I. Cana-planta. Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 39:563-577, 1982.
- RIEDER, J.H. Destinação racional de jazimentos fosfáticos nacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 3., Brasília, DF, 1986. Encontro Nacional de Rocha Fosfática. Brasília, IBRAFOS, 1986. p.139-172.
- SANZONOWICZ, C. & GOEDERT, W.J. Uso de fosfatos naturais em pastagens. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1986. 33p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 21)
- SIQUEIRA, O.J.F. de; PERUZZO, G. & BEN, J.R. Avaliação da eficiência agronômica de diversas fontes de fósforo nacionais e parcialmente solúveis - Trigo, 1984. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, Passo Fundo, RS. Resultados de Pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo - 1984. Passo Fundo, 1986. p.229-232. Trabalho apresentado na 14ª Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, Londrina, PR.