



EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FOSFATOS NATURAIS PARA A CULTURA DO SORGO-GRANÍFERO.

II. PRODUÇÃO DE GRÃOS, EFICIÊNCIA RELATIVA E FÓSFORO DISPONÍVEL⁽¹⁾

C.A. VASCONCELLOS⁽²⁾, H.L. dos SANTOS⁽²⁾, G.E. de FRANÇA⁽²⁾,
G.V.E. PITTA⁽²⁾ & A.F.C. BAHIA FILHO⁽²⁾

RESUMO

Em Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico, fase cerrado, procurou-se avaliar a eficiência de dez diferentes fontes de fósforo na produção do sorgo-granífero, durante sete cultivos sucessivos, o "envelhecimento" do fósforo "disponível" e os teores trocáveis de cálcio, magnésio e alumínio. Não se observou tendência das diferentes fontes de fósforo em alterar, significativamente, os teores de cálcio e de magnésio no solo. As alterações observadas ficaram associadas aos diferentes cultivos durante todo o ensaio. O fósforo "disponível" determinado pelo extrator Bray I foi um parâmetro significativo para explicar a variação da produção desses cultivos. O fósforo "disponível" determinado pelo extrator Mehlich I é dependente do tempo de reação com o solo para explicar estas produções. A porcentagem de fósforo recuperada pelo Mehlich I variou de 6,9 a 3,2%, com um índice de "envelhecimento" de 0,7 a 4%, dependendo da fonte do fertilizante.

Termos de indexação: Sorgo-granífero, fosfato natural, grãos-produção.

SUMMARY: THE AGRONOMIC EFFICIENCY OF NATURAL ROCK PHOSPHATE FOR GRAIN SORGHUM. II. GRAIN PRODUCTION, RELATIVE EFFICIENCY AND AVAILABLE PHOSPHORUS.

The efficiency of ten different sources of phosphorus was evaluated in a Dark Red Latosol, dystrophic, under cerrado vegetation. The grain yield of sorghum after seven successive crops was considered the main variable to estimate fertilizer efficiency. The aging available phosphorus and the calcium, magnesium and aluminum concentrations were also evaluated. The calcium and magnesium concentrations in the soil were not affected by the phosphate sources. The changes in their concentrations were associated with the successive harvests. The available phosphorus by the Bray I extractant was a significant variable to explain the differences in grain yield of sorghum among treatments and years. However, the available phosphorus by Mehlich I extractant was a soil reaction dependent variable. The recovery of phosphorus showed an "aging index" varying from 0.7 to 4% among sources.

Index terms: Grain sorghum, natural rock phosphate, grain production.

INTRODUÇÃO

Além das características físico-químicas para caracterizar o potencial agronômico dos fosfatos naturais, a sua reação com o solo e a eficiência de seu emprego pelas plantas são condições importantes para diferentes estudos.

Para os solos sob vegetação de cerrado, onde predominam condições de elevada acidez e baixos teores de fósforo, cálcio e magnésio (principalmente), a utilização de fosfatos naturais, sem o emprego de corretivos, não é uma prática adequada, apesar da necessidade de prótons para a solubili-

zação dos fosfatos aplicados "in natura" (Chu et alii, 1962; Bennett et alii, 1957; Goedert & Lobato, 1980; Goepfert et alii, 1976).

Por outro lado, com o objetivo de ampliar a exploração de maior volume de solo pelas raízes, a fosfatagem é uma prática adequada e eficiente no que se refere a produtividades altas a partir do primeiro cultivo. Dado o elevado custo dos fertilizantes, têm-se procurado alternativas, como o uso dos fosfatos naturais. Todavia, esta prática requer avaliação de eficiência das diferentes fontes durante maior tempo de reação, segundo Kamprath (1967), Goedert & Lobato

(1) Recebido para publicação em janeiro e aprovado em junho de 1986.

(2) Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Caixa Postal 151, 35700 Sete Lagoas, MG.

(1980), Vasconcellos et alii (1986), e dos extratores para extrair o fósforo "disponível".

O objetivo do presente trabalho, portanto, foi avaliar a eficiência de diferentes fontes de fósforo como também verificar o comportamento dos extratores de fósforo Mehlich I e Bray I ao longo de diversos anos de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados, em sete cultivos sucessivos de sorgo-granífero BR 300, dez fertilizantes fosfatados, em diferentes níveis de P_2O_5 total aplicado a lanço e incorporado com grade no primeiro cultivo, em Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico (LEd) fase cerrado. As características químicas iniciais do solo foram pH = 5,7; $Al^{3+} = 0,08$ meq/100 cm^3 ; $Ca^{2+} = 3,02$ meq/100 cm^3 ; $Mg^{2+} = 1,18$ meq/100 cm^3 ; $K^+ = 37$ ppm; $P = 2$ ppm.

A sequência de tratamentos, delineamento experimental e diferentes práticas culturais estão descritos em Vasconcellos et alii (1986).

A análise de solo, exceto para o quinto ano, seguiu os passos especificados por Vettori (1969) no que se refere à extração dos teores trocáveis de alumínio, cálcio e magnésio (KCl N) e fósforo extraível pelo Mehlich I. O fósforo extraível pelo Bray I seguiu a metodologia descrita por Chien (1988). O cálcio e o magnésio trocáveis foram determinados por absorção atômica; o fósforo, por colorimetria, seguindo metodologia de Murphy & Riley (1962).

Para o cálculo de eficiência agrônômica relativa (EAR), adotou-se a fórmula apresentada por Barnes & Kamprath (1975):

$$EAR = \frac{P_r - P_o}{P_s - P_o} \times 100,$$

sendo

P_r : produção obtida com a rocha fosfatada no nível n;

P_s : produção obtida com a fonte solúvel no nível n;

P_o : produção do tratamento sem adubo.

Para avaliar a capacidade de produção de cada tratamento, calculou-se o somatório das produções obtidas (por tratamento) durante os sete anos de cultivo. Desse total, subtraíram-se as produções alcançadas anualmente, fornecendo subtotais que indicam a produção total possível de obter pelo número de anos restantes. Dessa forma, ao final dos sete anos, não haveria mais produção. Posteriormente, ajustou-se uma regressão linear entre o decréscimo de produção total (PT) por ano de ensaio (x). A dedutividade da reta demonstra a capacidade média da produção anual e foi denominada índice de decréscimo anual (IDA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise estatística, verificou-se o efeito significativo para as diferentes fontes e níveis de fósforo, significativamente, na produção de grãos e aos teores de fósforo "disponível" determinados pelos extratores Mehlich I e Bray I. O coeficiente de variação elevado não permitiu verificar efeito dos tratamentos nos teores de alumínio, cálcio e de magnésio. O ano, contudo, foi um fator preponderante e significativo em todas as variáveis estudadas.

Apenas para os teores de alumínio e de cálcio, não se observou interação significativa para o ano e para os diferentes tratamentos fosfatados.

As regressões de 2º grau, ajustadas para explicar a variação da produção de grãos em função do ano agrícola, permitiram verificar que todos os tratamentos apresentaram um acréscimo de produção até o terceiro e quarto anos de ensaio, decrescendo, posteriormente, até o sétimo, independente da fonte e do nível de P_2O_5 aplicado. A figura 1 exemplifica, através dos dados obtidos para o superfosfato triplo, a variação da produção, em função do ano, para todas as fontes estudadas.

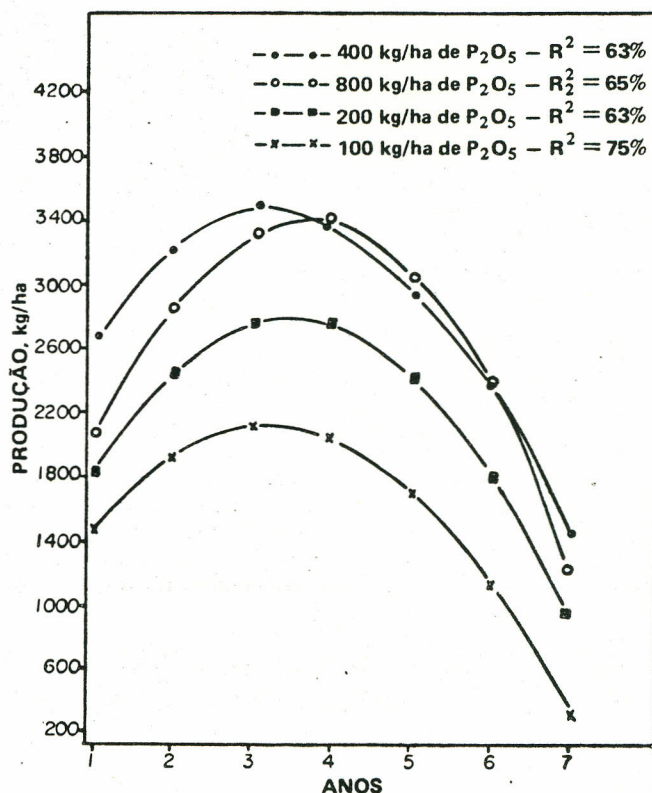


Figura 1. Variação da produção, em função do tempo para diferentes níveis de P_2O_5 aplicados no primeiro ano, como superfosfato triplo.

O decréscimo das produções pode estar associado, entre outros fatores não controlados, às limitações pela fertilidade do solo. Como não se obteve efeito significativo dos tratamentos fosfatados nos teores do alumínio, do cálcio e do magnésio trocáveis, procurou-se verificar, independente dos tratamentos, a variação desses elementos nos sete anos de ensaio. As equações obtidas,

$$\hat{y}_{Al} = 0,1431 + 0,074x, \quad R^2 = 82\%*** \quad (1)$$

$$\hat{y}_{Ca} = 3,0725 - 0,1995x, \quad R^2 = 77\%** \quad (2)$$

$$\hat{y}_{Mg} = 1,26 - 0,118x, \quad R^2 = 89\%*** \quad (3)$$

permitiram verificar um acréscimo de 0,074 meq de $Al/100$ $cm^3 \cdot ano^{-1}$ e um decréscimo de 0,1995 meq/ 100 $cm^3 \cdot ano^{-1}$ e de 0,118 meq/ 110 $cm^3 \cdot ano^{-1}$, respectivamente, para cálcio e magnésio. Portanto, não computando os teores de potássio, partiu-se de uma saturação de alumínio de 5%, com teores de cálcio + magnésio acima de

4 meq/100 cm³. Ao final do ensaio, a saturação teórica de alumínio foi de 24%, com teores de cálcio + magnésio acima de 2 meq/100 cm³.

Goedert & Lobato (1983), estudando o efeito residual de diferentes fontes para a adubação fosfatada, não encontraram, em oito anos, aumentos significativos dessas fontes nos teores de fósforo extraível pelo Mehlich I e os teores de cálcio + magnésio, sugerindo que parte do material fosfatado não se tenha dissolvido.

Apesar da interação significativa entre tratamento e ano para os teores de magnésio, não se constatou efeito de nenhuma fonte no aumento dos teores deste nutriente. Assim, a concentração deste elemento no solo variou apenas com o ano agrícola.

Os parâmetros da regressão múltipla apresentada no quadro 1 demonstraram a importância dos teores de cálcio para explicar as produções obtidas em cada ano do ensaio. A partir do terceiro ano, com aproximadamente 10% de saturação de alumínio e teores de cálcio + magnésio ao redor de 3,4 meq/100 cm³, houve decréscimo de produção para todos os tratamentos, independente da fonte e do nível de P₂O₅ aplicado. No terceiro ano, somente os teores de alumínio explicaram 55% das variações obtidas nas produções de grão.

Deve-se observar que o fósforo extraível pelo Bray I, em todos os anos, contribuiu significativamente para explicar a variabilidade de produção. O mesmo, entretanto, não ocorreu com fósforo extraível pelo Mehlich I.

Conforme Chien (1978), o extrator Bray I, de modo análogo ao Mehlich I, também extrai quantidades de fósforo

do fosfato natural, antes de sua solubilização e incorporação em compostos específicos do solo.

Apesar dessa afirmativa, os dados apresentados no quadro 1 sugerem a eficácia do extrator Bray I nas produções do sorgo-granífero em presença de diferentes fontes fosfatadas.

Nos quadros 2 e 3, encontram-se os dados para a eficiência agrônômica relativa para os níveis de, respectivamente, 100 e 400 kg de P₂O₅/hectare, como sugerido por Barnes & Kamprath (1975). Principalmente na presença de 100 kg de P₂O₅/hectare, houve aumento da eficiência das diferentes fontes, em relação ao superfosfato triplo, com o decorrer do tempo.

Esse aumento da eficiência relativa dos fosfatos naturais deve estar associado ao decréscimo de produção mais acentuado do superfosfato triplo, pois todas as fontes apresentaram decréscimo de produção a partir do terceiro e quarto ano de ensaio, quando a saturação de alumínio começou a influenciar negativamente a produção. Goedert & Lobato (1980), em trabalho semelhante, mencionam que a fosfatagem sem a calagem deve ser válida apenas para as culturas tolerantes à acidez do solo e quando os teores de cálcio e de magnésio não são limitantes. Portanto, apesar de a acidez do solo favorecer a solubilização dos fosfatos naturais (Quadros 2 e 3), é necessário que haja teores adequados de cálcio e de magnésio. Observações similares foram efetuadas por Goepfert et alii (1976), para solos ácidos do Rio Grande do Sul.

Goedert & Lobato (1983) apresentaram conclusões indicativas de efeito residual para todas as fontes estudadas

Quadro 1. Coeficientes de regressão da produção de grãos do sorgo-granífero (y) (por ano) em função dos teores trocáveis de Al, Ca, Mg, fósforo "disponível" pelo Mehlich I e Bray I e respectivos coeficientes de determinação (R²)

Parâmetros	Ano					
	1	2	3	4	6	7
Interseção	-766,1	-1419,0	2790,3	3008,5	-400,8	12,05
Al	...	...	-2323,8(55)***	-2120,3(19)***	...	-1631,1(57)***
Ca	750,5(65) ⁽¹⁾ ***	836,2(62)***	...	...	725,5(44)***	...
Mehlich I	...	14,3(3)**	21,3(4)*	52,9(39)***	...	...
Bray I	47,1(8)***	49,6(20)***	91,8(16)***	99,1(9)***	56,2(6)*	193,1(25)***
R ² %	73***	83***	75***	67***	50***	82***

(1) Entre parênteses: acréscimos no coeficiente de determinação (R²) devido ao coeficiente. ** e *** Significativos a 5 e 1% respectivamente.

Quadro 2. Eficiência agrônômica relativa (EAR) para diferentes fontes de fosfatos na cultura do sorgo-granífero, na presença de 100 kg de P₂O₅/hectare em LEd, fase cerrado de Sete Lagoas, MG

Fonte	Ano						
	1	2	3	4	5	6	7
Hiperfosfato	110	121	94	190	183	651	330
Termofosfato de Yoorin	90	100	64	144	84	320	220
Fosfato-de-catalão	78	60	90	142	119	869	255
Fosfato-de-jacupiranga	47	38	36	69	6	182	132
Termosfato de IPT	115	164	126	181	80	909	436
Fosfato-de-araxá	52	68	62	147	-18	131	43
Fosfato-de-tapira	74	95	83	115	52	354	182
Fosfato-de-abaeté	67	50	71	119	14	320	125
Fosfato-de-patos-de-minas	23	13	18	40	-12	203	69

(1) Valores negativos por problema de estande.

após oito anos de cultivos sucessivos, e Kamprath (1967) concluiu que o fósforo inicialmente aplicado foi reversível ao longo dos nove anos de duração de suas pesquisas.

Quadro 3. Eficiência agrônômica relativa (EAR) para diferentes fontes de fosfatos na cultura do sorgo-granífero, na presença de 400 kg de P_2O_5 /total/hectare em LED, fase cerrado de Sete Lagoas, MG

Fonte	Ano						
	1	2	3	4	5	6	7
Hiperfosfato	46	73	72	88	197	127	124
Termofosfato de Yoorin	75	80	65	67	111	127	96
Fosfato-de-catalão	51	51	33	42	26	27	18
Fosfato-de-jacupiranga	35	36	38	50	27	41	59
Termofosfato de IPT	31	45	30	54	80	75	49
Fosfato-de-araxá	56	45	61	68	55	88	70
Fosfato-de-tapira	20	13	22	51	59	34	30
Fosfato-de-abaceté	43	58	56	80	143	86	102
Fosfato-de-patos-de-minas	67	75	85	92	137	129	124

No presente trabalho, como demonstrado na figura 1, após sete anos de cultivos sucessivos, mesmo com o decréscimo da produção do sorgo-granífero, também se evidenciou o efeito residual por um período maior.

Para avaliar a capacidade de produção de cada tratamento fosfatado, determinou-se a produção total (PT) dos sete cultivos e o índice de decréscimo anual (IDA) — Quadro 4. Esses dados demonstram que, dentro de cada nível de P_2O_5 aplicado, há uma produção total e uma capacidade de produção anual que diferencia as fontes de adubação fosfatada.

Na presença de 100 kg, de P_2O_5 /hectare, dentro das fontes solúveis, o hiperfosfato, o termofosfato de Yoorin e o termofosfato de IPT apresentaram maior potencial de produção (PT) do que o superfosfato triplo. Dentre os

fosfatos naturais, destacaram-se o tapira, abaeté e araxá com produtividade semelhantes ao superfosfato triplo, e o de catalão, com produtividade superior.

Na presença de 400 kg de P_2O_5 /hectare, destacou-se a produtividade do superfosfato triplo, seguindo-se o hiperfosfato e o termofosfato de Yoorin. No caso dos fosfatos naturais, destacaram-se patos-de-minas, abaeté e araxá.

A eficiência dessas fontes foi dependente do nível de P_2O_5 , granulometria e porcentagem de P_2O_5 total e solúvel em água, como demonstrado por Vasconcellos et alii (1986).

Segundo Bennett et alii (1957), o fator mais importante é sua origem, para determinar a eficiência do fosfato natural quando comparado ao tipo de solo e de calagem. Wutke et alii (1962) afirmaram que o aproveitamento dos fosfatos naturais, em função do pH, também variou com o tipo de fosfato.

De qualquer forma, entre as fontes mais solúveis, a melhor eficiência do hiperfosfato e do termofosfato de Yoorin, em relação ao superfosfato triplo, também foi determinada por Oliveira et alii (1984) e Goedert & Lobato, (1980).

Com relação aos fosfatos naturais, com o aumento do nível de P_2O_5 aplicado, há indicativo da menor eficácia para patos-de-minas, araxá, abaeté e catalão, conforme Goedert & Lobato (1983); Goedert & Lobato (1983); Tanaka et alii (1981) e Ferreira & Kaminski (1979).

De modo geral, a concentração de fósforo nos grãos do sorgo-granífero está ao redor de 0,33% (Rao & Venkateswarlu, 1971). Entretanto, esse valor pode variar de 0,167 a 0,751% (Hulse et alii, 1980). Arora et alii (1972) apresentaram menor intervalo de variação (0,12 a 0,337%). A concentração média adotada no presente trabalho também teve como base a análise de grãos de quinze cultivares de sorgo-granífero realizada pelos autores deste trabalho. Tendo-se, portanto, como referência esta concentração (0,33%), calculou-se o percentual de exportação relativa ao fósforo.

Quadro 4. Valores de produção total em sete anos de ensaio (PT) e índice de decréscimo anual (IDA) das diferentes fontes de fosfatos na cultura do sorgo em solo LED, fase cerrado. Sete Lagoas, MG

Fonte	Nível de P_2O_5 total									
	0		100		200		400		800	
	PT	IDA ⁽¹⁾	PT	IDA	PT	IDA	PT	IDA	PT	IDA
kg/ha										
Testemunha	6.450	1.025								
Superfosfato triplo	...	...	10.630	1.681	15.014	2.300	19.151	2.920	18.437	2.794
Hiperfosfato	...	...	13.407	2.029	...	...	18.976	2.775	...	...
Termofosfato de Yoorin	...	...	11.213	1.721	...	...	16.132	2.429	23.799	3.580
Fosfato-de-catalão	...	...	12.255	1.835	...	...	10.987	1.708	...	...
Fosfato-de-jacupiranga	...	...	8.836	1.351	...	...	12.007	1.812	...	...
Termofosfato de IPT	...	...	14.304	2.150	...	...	12.977	1.944	...	...
Fosfato-de-araxá	...	...	9.704	1.533	...	...	14.802	2.233	16.577	2.524
Fosfato-de-tapira	...	...	10.883	1.678	...	...	10.867	1.648	17.977	2.639
Fosfato-de-abaceté	...	...	10.115	1.562	...	...	16.422	2.425	...	...
Fosfato-de-patos-de-minas	...	...	7.877	1.201	11.283	1.712	19.102	2.818	16.226	2.450

(1) PT e IDA obtidos através de regressão linear com $R^2 > 90$.

Assim, por exemplo, no superfosfato triplo, foram produzidos 4.180 kg de grãos/hectare devido à aplicação de 100 kg de P_2O_5 /hectare (43,67 kg de P/hectare) (Quadro 4). Isso significa que foram exportados 13,79 kg de P, ou seja, uma eficiência de extração de 31,6%. Estas eficiências foram: 59,4, 52,6, 43,9, 36,0, 33,5, 31,6, 27,7, 24,6, 18 e 10,5%, respectivamente, para o termofosfato de IPT, hiperfosfato, fosfato-de-catalão, termofosfato de Yoorin, fosfato-de-tapira, superfosfato triplo, fosfato-de-abaeté, fosfato-de-araxá, fosfato-de-jacupiranga e fosfato-de-patos-de-minas.

Essa eficiência decresce com o aumento do nível de P_2O_5 aplicado e é bastante dependente da fonte de P_2O_5 , como observado por Bennett et alii (1957).

Ao nível de 400 kg de P_2O_5 /hectare, por exemplo, o superfosfato triplo apresentou uma eficiência relativa de aproveitamento de 24%, o hiperfosfato, de 23,7% e o fosfato-de-catalão, de 8,6%.

Estes dados, portanto, demonstram que a composição química (ou a estrutura física) de cada fonte irá orientar reações no solo, permitindo maior ou menor eficiência relativa de utilização de adubo fosfatado.

No solo, tomando-se como referência as fontes com a variação de níveis de 0 e 800 kg de P_2O_5 (superfosfato triplo, termofosfato de Yoorin, fosfato-de-tapira, fosfato-de-araxá e fosfato-de-patos-de-minas), houve ajustamento de uma regressão linear, por ano, entre os níveis de P_2O_5 aplicados (x) e o fósforo "disponível" (y), tanto pelo extrator Mehlich I como para o Bray I.

Os valores de declividade da reta obtidos, no caso do extrator Mehlich I, decaíram linearmente com o ano, tanto para o superfosfato triplo como para o termofosfato de Yoorin, fosfato-de-araxá e patos-de-minas, como demonstrado nas equações 4, 5, 6 e 7. O mesmo entretanto, não ocorreu com o fosfato-de-tapira.

$$\hat{y}_{st} = 0,0151 - 0,0016x, R^2 = 90\%^{***} \quad (4)$$

$$\hat{y}_{ty} = 0,0186 - 0,022x, R^2 = 92\%^{***} \quad (5)$$

$$\hat{y}_{AR} = 0,0429 - 0,0049x, R^2 = 85\%^{***} \quad (6)$$

$$\hat{y}_{PM} = 0,0709 - 0,009x, R^2 = 71\%^{***} \quad (7)$$

Através dessas equações, foi possível determinar a porcentagem de recuperação do fósforo aplicado e o "envelhecimento" do fósforo extraído pelo extrator Mehlich I, como se vê no quadro 5. O índice de "envelhecimento" indica o percentual de fósforo que, anualmente, deixa de ser detectado pelo extrator. É dependente da fonte e, no caso dos fosfatos naturais, pode indicar, também, sua solubilização no solo.

Quadro 5. Porcentagem de recuperação do fósforo aplicado por diferentes fontes e índice de "envelhecimento" para o fósforo extraído pelo Mehlich. Solo LEd, fase cerrado. Sete Lagoas, MG

Fonte	Recuperação	Índice de "envelhecimento"
		%
Superfosfato triplo	6,9	0,7
Termofosfato de Yoorin	8,5	1,0
Fosfato-de-araxá	19,7	2,2
Fosfato-de-patos-de-minas	32,0	4,0

A baixa porcentagem de recuperação do extrator não reflete a eficiência relativa de utilização do fósforo aplicado, calculado através da quantidade exportada pelos grãos. Assim, fica evidenciada a fragilidade do extrator em indicar a exigência da cultura.

Esta fragilidade também pode ser visualizada através das equações de 2º grau ajustadas entre as produções obtidas anualmente (y) e os níveis de P_2O_5 aplicados como superfosfato triplo (x). A quantidade de P_2O_5 para obtenção da produção máxima substituída nas equações entre fósforo "disponível" pelo Mehlich I e o nível de P_2O_5 aplicado, permitiu determinar os níveis críticos (Quadro 6). Tais níveis são semelhantes até o quarto ano de ensaio; posteriormente, houve um decréscimo acentuado. Dessa forma, pode-se afirmar que a fragilidade do extrator Mehlich I em indicar a necessidade da cultura está associada aos períodos de "envelhecimento" do fósforo aplicado. Este extrator, portanto, apresentou-se eficiente apenas nos quatro primeiros anos de cultivo (Quadro 2).

Quadro 6. Variação das quantidades de P_2O_5 , como superfosfato triplo, para obtenção da produção máxima, por ano, e respectivos níveis de fósforo no solo pelo extrator Mehlich I. Solo LEd, fase cerrado. Sete Lagoas, MG

Ano	Nível de P_2O_5	Nível crítico
	kg/ha	ppm
1	511	9,6
2	548	8,9
3	534	10,0
4	589	10,5
6	746	5,6
7	536	6,2

Para o extrator Bray I, não se obteve um padrão definido de variação para a declividade da reta obtida entre os teores de fósforo "disponível" e os níveis de P_2O_5 aplicados (Quadro 7). Entretanto, como indicado no quadro 1, os teores de fósforo determinados por este extrator foram um parâmetro significativo, em todos os anos do ensaio, para verificar a variação de produção.

CONCLUSÕES

Independente da fonte e do nível de P_2O_5 aplicado, houve decréscimo de produção a partir do quarto ano de cultivo, decréscimo esse associado ao aumento da saturação de alumínio.

O sorgo-granífero BR 300 foi sensível a uma saturação de alumínio superior a 10% e teores de cálcio + magnésio inferiores a 3,4 meq/100 cm³.

Não se observou influência das diferentes fontes de fosfatos nos teores de cálcio e de magnésio no solo. As alterações observadas ficaram associadas aos diferentes cultivos ao longo do ensaio.

O fósforo "disponível", determinado pelo extrator Bray I, foi um parâmetro significativo para explicar a variação da produção de grãos dos diferentes cultivos.

O fósforo "disponível" determinado pelo extrator Mehlich I dependeu do tempo de reação com o solo para explicar a produção de grãos.

Quadro 7. Variação da declividade da reta obtida entre os teores de fósforo "disponível" obtidos pelo extrator Bray I para diferentes fontes em diferentes anos. Solo LED, fase cerrado. Sete Lagoas, MG

Fonte	Ano					
	1	2	3	4	6	7
Superfosfato triplo	0,0096	0,0271	0,0108	0,0113	0,0550	0,0550
Termofosfato de Yoorin	0,0032	0,0018	0,0017	0,0090	0,0072	0,0049
Fosfato-de-tapira	0,0010	0,0028	0,0012	0,0014	0,0029	0,0011
Fosfato-de-araxá	0,0007	0,0032	0,0028	0,0034	— ⁽¹⁾	0,0025
Fosfato-de-patos-de-minas	0,0008	0,0031	0,0038	0,0034	0,0059	0,0038

(¹) Coeficiente de correlação não-significativo.

A porcentagem de fósforo recuperado pelo Mehlich I variou de 6,9 a 3,2% com um índice de "envelhecimento" de 0,7 a 4%, dependendo da fonte do fertilizante. O índice de "envelhecimento" indica o percentual de fósforo que o extrator deixa de determinar anualmente.

LITERATURA CITADA

- ARORA, S.K.; ARORA, N.D.; PARODA, R.S.; LUTHRA, Y.P. & SHARMA, G.D. Chemical composition and nutritive value of some fodder varieties of sorghum. In: RAO, N.G.P.; HOUSE, R., eds. Sorghum in seventies. New Dehli, OXFORD & IBH, 1972. p.582-595.
- BARNES, J.S. & KAMPRATH, E.J. Availability of North Carolina rock phosphate applied to soil. North Carolina, Agricultural Experimental Station, 1975. 23p. (Tech. Bul., 229)
- BENNETT, O.L.; ENSMINGER, L.E. & PEARSON, R.W. The availability of phosphorus in various sources of rock phosphate as shown by greenhouse studies. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 21:521-524, 1957.
- CHIEN, S.H. Interpretation of Bray I - extractable phosphorus from acid soil treated with phosphate rocks. Soil Sci., Baltimore, 126:34-39, 1978.
- CHU, C.R.; MOSCHLER, W.W. & THOMAS, G.W. Rock phosphate transformations in acid soils. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 26:476-478, 1962.
- FERREIRA, T.N. & KAMINSKI, J. Eficiência agrônômica dos fosfatos naturais de Patos de Minas e valores puros e modificados por acidulação e calcinação. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 3: 158-162, 1979.
- GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Eficiência agrônômica de fosfatos em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19., Curitiba, 1983. Programas e Resumos. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.45.
- GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Avaliação agrônômica de fosfatos em solo de cerrado. Pesq. agropec. bras., Brasília, 15:311-318, 1980.
- GOEPFERT, C.F.; HILGERT, E.; GONÇALVES, H.; MOURA, R. L.; TEDESCO, A. & SALIM, O. Avaliação da eficiência de cinco adubos fosfatados entre três solos ácidos do Rio Grande do Sul. Agr. Sulriograndense, Porto Alegre, 12:179-188, 1976.
- HULSE, J.H.; LAING, E.M. & PEARSON, O.E. Sorghum and the millets: their composition and nutritive value. London, Academic Press, 1980. 997p.
- KAMPRATH, E.J. Residual effect of large publication of phosphorus on high phosphorus fixing soils. Agron. J., Madison, 59: 25-27, 1967.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. Anal. Chim. Acta, Amsterdam, 27:31-36, 1962.
- OLIVEIRA, E.L.; MUZILLI, O.; IGUE, K. & TORNERO, M.T.T. Avaliação da eficiência agrônômica de fosfatos naturais. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 8:63-67, 1984.
- RAO, N.G.P. & VENKATESWARLU, J. Genetic analysis of some exotic x indian crosses in sorghum. III. Heterosis in relation to day matter production and nutrient uptake. Indian. J. Genet. Pl. Breed., New Delhi, 31:156-176, 1971.
- TANAKA, R.T.; BAHIA, V.G.; COELHO, A.M. & FREIRE, J.C. Seleção de extratores de fósforo no solo em função das respostas das plantas de milho (*Zea mays* L.) e da adubação com fosfato de Patos-de-Minas em condições de casa de vegetação. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 5:38-42, 1981.
- VASCONCELLOS, C.A.; SANTOS, H.L. dos; FRANÇA, G.E. de.; PITTA, G.V.E. & BAHIA FILHO, A.F.C. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais para a cultura do sorgo granífero. I. Fósforo total e solúvel em ácido cítrico e granulometria. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 10:117-121, 1986.
- VETTORI, L. Métodos da análise do solo. Rio de Janeiro, EPE, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7)
- WUTKE, A.C.P.; SCHIMIDT, N.C.; AMARAL, A.Z. do; VERDADE, F.C. & IGUE, K. Disponibilidade de fosfatos naturais em função do pH do solo. Bragantia, Campinas, 21:271-284, 1962.