

EFEITO DE FOSFATOS NATURAIS PARCIALMENTE ACIDIFICADOS COM H_3PO_4 , HC_1 E H_2SO_4 EM SORGO GRANÍFERO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench): II — FÓSFORO ABSORVIDO*

J. M. Braga
Marcelo Franco
J. T. L. Thiébaut**

1. INTRODUÇÃO

Temas que têm desafiado os estudiosos de Química e Fertilidade do solo são o comportamento do fósforo no solo e o estudo da interação entre fontes do elemento x solo e o vegetal (1, 2, 5, 6, 7, 10, 14, 20).

No mundo moderno, grande parte dos fertilizantes fosfáticos é obtida de fontes naturais de minerais que contêm fósforo, cujo teor solúvel em água é normalmente baixo para ser facilmente absorvido. Tanto que esses minerais devem ser manipulados para que o fósforo seja colocado numa forma mais rapidamente assimilável. Dentre os métodos empregados, utiliza-se mais comumente o da acidificação, por motivos econômicos e agrônomicos e pela aceitação dos fertilizantes finais obtidos.

Em outros países, como nos E.U.A., a facilidade em obter os ácidos sulfúrico e nítrico induziu as indústrias a produzirem fertilizantes com teor mais elevado de P_2O_5 solúvel, visando à economia no transporte (1, 9, 13, 17, 18, 19, 21, 23, 24). A real dificuldade da indústria brasileira em produzir ácido sulfúrico em larga escala, associada à elevada exigência de fósforo de nossos solos, sugere a necessidade de novas soluções e opções, visando à diversificação tecnológica e principalmente a um menor consumo de fósforo e ácido.

* Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo segundo autor, como um dos requisitos para o grau de «Magister Scientiae».

Recebido para publicação em 16-09-1977. Projeto n.º 4.1394 do Conselho de Pesquisa da U.F.V.

** Respectivamente, Prof. Titular, Estudante de Pós-Graduação e Prof. Assistente da U.F.V., por ocasião da pesquisa.

Segundo ILCHENKO (12), seria preferível produzir um fertilizante rico em fosfato bicálcico, em relação ao fosfato monocálcico, em razão das diferentes taxas de absorção pelas plantas. Esta flexibilidade é prontamente aceitável e facilmente justificável, quando materiais fosfatados são empregados como fertilizantes.

A rápida liberação dos nutrientes dos fosfatos monocálcicos nesses solos pode ser desvantajosa, em razão de o fósforo remanescente, que não é aproveitado pelas plantas, formar complexos de alumínio e ferro de difícil solubilidade em água. Por outro lado, essa liberação é mais lenta nos fosfatos tricálcicos, e, para que ela se realize, há necessidade da ação dos ácidos presentes nos solos sobre tais fosfatos.

O grau de assimilação, das plantas, de formas bicálcicas, comparadas com as demais, e o rendimento econômico obtido são tidos como importantes. Diversos trabalhos têm evidenciado serem igualmente eficazes rochas fosfatadas acidificadas parcial ou completamente.

Os objetivos do presente trabalho foram:

1. Estudar a baixa acidificação dos fosfatos de Patos e Araxá com os ácidos sulfúrico, clorídrico e fosfórico, em relação ao fósforo absorvido.
2. Testar novas fontes de fertilizantes para emprego em solos de cerrado, em razão do alto potencial econômico que elas oferecem, tendo como fator limitante a baixa fertilidade, principalmente a deficiência de fósforo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste ensaio foi usada amostra de material de solo proveniente de Ituiutaba, Minas Gerais, classificado com o Latossolo Vermelho-Amarelo, com características físicas e químicas apresentadas no Quadro 1.

O material de solo foi incubado com o equivalente a 3 t de CaCO_3/ha , aplicado numa mistura de carbonato de magnésio e hidróxido de cálcio (4:1). Após a mistura, o solo foi separado em porções de 2 kg, colocadas em sacos plásticos, misturando-se água até a saturação. A incubação durou 107 dias.

Após o período de incubação foram misturados fosfatos (Araxá e Patos) acidificados, a 5%, 15% e 25% (peso/volume), com ácido sulfúrico, ácido clorídrico e ácido fosfórico, em quantidades tais que atingissem 0,25-05 e 1,0 vezes a capacidade máxima de adsorção de fósforo. Foram feitas comparações com os mesmos fosfatos sem acidificação e mais o superfosfato triplo.

Como planta-teste, utilizou-se o sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), cultivar E-57, deixando-se 30 plântulas por vaso.

Além do fósforo, aplicado conforme o caso, foram aplicados os seguintes elementos: o nitrogênio, como nitrato de amônio e uréia, à base de 500 kg/ha; o potássio, como cloreto de potássio, à base de 300 kg/ha, sendo 50% no plantio e 50% após 20 dias.

Os micronutrientes foram empregados na forma de sais de H_3BO_3 , $\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ e MoO_3 , nas dosagens de 1,62 — 7,32 — 8,00 — 2,66 e 0,3 mg/vaso dos elementos B, Mn, Zn, Cu e Mo, respectivamente.

Procedeu-se à colheita da parte aérea e da raiz 37 dias após o plantio, quando teve início o amarelecimento das folhas. O material aéreo foi cortado na base do colmo. Separaram-se as raízes após a secagem do solo, sendo elas lavadas, em seguida, com água desmineralizada. O material colhido foi acondicionado em sacos de papel, sendo levado para secagem à temperatura de 70°C, em estufa com circulação forçada de ar, até que atingisse peso constante.

Empregou-se o esquema fatorial $(2 \times 3 \times 3 \times 3) + (2+1) \times 3$, perfazendo 63 tratamentos, representados por 2 fosfatos acidificados, Patos e Araxá.

Para ajustamento das equações de regressão, empregou-se o método das va-

QUADRO 1 - Resultados das análises granulométrica e química da amostra de solo utilizada no experimento⁺

Análise granulométrica	%	Classificação textural
Areia grossa	34,0	
Areia fina	47,5	Franco-arenoso
Silte	3,0	
Argila	15,5	
Análise química	Antes da Calagem	Depois da Calagem
pH em H ₂ O	5,0	7,0
pH em KC1	4,1	6,1
P (ppm)	1,68	1,84
K (ppm)	25,33	21,00
Ca ⁺⁺ + Mg (eq. mg/100g)	0,50	3,40
Al ⁺⁺⁺ (eq. mg/100g)	0,75	0,00

⁺Análises realizadas nos Laboratórios de Análises Física e de Fertilidade de Solos do Departamento de Fitotecnia da U.F.V.

riáveis «dummies», em que se ajusta um único plano de regressão múltipla e dele se extraem as equações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fosfato de Patos superou significativamente o fosfato de Araxá (Quadros 1, 3 e 4), exceto para o fósforo absorvido pelas raízes (Quadros 2 e 4), quando ambos não receberam tratamento acidificante. Isto evidencia a possibilidade de maior capacidade do fosfato de Patos para liberar e manter o fósforo na solução do solo.

Com a elevação das dosagens, o superfosfato triplo apresentou aumentos significativos na quantidade de fósforo absorvido, fato que não foi verificado em nenhum dos fosfatos sem acidificação (Quadro 4).

Nos fosfatos de Patos e Araxá, para níveis baixos de acidificação e dosagem (5% de nível de acidificação e 0,25 vezes a capacidade máxima de adsorção de fosfatos), a quantidade de fósforo absorvido é quase desprezível em relação aos tratamentos com níveis elevados de acidificação e dosagem (Quadros 1, 2, 3).

A quantidade de fósforo absorvido foi estudada em função da dosagem (X_1), dentro de cada fosfato e ácido (variáveis mudas) e para cada nível de acidificação. As equações de regressão relacionadas encontram-se no Quadro 5, e indicam respostas quadráticas para dosagem.

As combinações dos quatro fatores (fosfato, ácido, nível de acidificação e dosa-

QUADRO 2 - Quantidade média de fósforo absorvido pela parte aérea (mg/vaso)

Fos- fato	Ácido	Nível de acidificação %	Dosagem - C.M.A.F. ⁺			Média	
			0,25	0,50	1,00		
PATOS	HCl	5	3,52	5,97	12,31	7,27	
		15	9,47	21,63	23,23	18,11	
		25	12,04	42,51	68,79	41,11	
	Média	--	8,34	23,37	34,78	22,16	
	H ₂ SO ₄	5	2,72	4,04	7,05	4,60	
		15	5,16	9,86	20,27	11,76	
		25	8,07	20,10	35,61	21,26	
	Média	--	5,32	11,33	20,98	12,59	
	H ₃ PO ₄	5	3,00	4,98	15,41	7,80	
ARAXÁ		15	7,21	17,39	32,99	19,20	
		25	11,58	29,50	50,95	30,68	
Média	--	7,26	17,29	33,12	19,23		
Média Geral	--	6,97	17,33	29,63	17,97		
HCl	5	2,60	5,01	11,86	6,49		
	15	8,13	19,41	46,73	24,76		
	25	14,23	35,13	81,14	43,50		
Média	--	8,32	19,85	46,58	24,92		
H ₂ SO ₄	5	2,26	2,42	4,22	2,97		
	15	3,25	5,44	11,89	6,86		
	25	5,80	15,97	22,84	14,87		
Média	--	3,77	7,94	12,98	8,23		
H ₃ PO ₄	5	2,15	3,31	6,29	3,92		
	15	4,97	7,30	18,21	9,99		
	25	5,02	12,82	26,16	14,67		
Média	--	3,88	7,81	16,88	9,52		
Média Geral	--	5,32	11,87	25,48	14,22		
Sup. triplo	F. de Patos	--	2,61	3,17	4,27	3,35	
	F. de Araxá	--	1,80	1,71	2,09	1,86	
	Sup. triplo	--	26,86	73,07	88,51	62,81	

⁺Capacidade máxima de adsorção de fosfatos.

QUADRO 3 - Quantidade média de fósforo absorvido pela raiz (mg/vaso)

Fos- fato	Ácido	Nível de acidificação %	Dosagem - C.M.A.F. ⁺			Média
			0,25	0,50	1,00	
PATOS	H_3PO_4	5	1,91	3,09	8,43	4,48
		15	5,48	10,63	9,80	8,64
		25	5,05	14,50	14,99	11,51
	Média	--	4,15	9,41	11,07	8,21
	HC1	5	1,86	2,32	3,14	2,44
		15	2,52	6,38	9,56	6,15
		25	4,82	9,38	10,41	8,20
	Média	--	3,06	6,03	7,70	5,60
	H_2SO_4	5	1,83	3,40	7,28	4,17
		15	3,45	6,40	13,51	7,79
		25	4,32	10,70	13,60	9,54
	Média	--	3,20	6,83	11,46	7,16
	Média Geral	--	3,47	7,42	10,08	6,99
ARAXÁ	H_3PO_4	5	1,61	3,44	6,63	3,89
		15	3,86	7,47	14,64	8,66
		25	8,20	14,41	18,94	13,85
	Média	--	4,56	8,44	13,40	8,80
	HC1	5	1,57	1,55	3,17	2,10
		15	2,37	3,02	6,77	4,05
		25	2,69	6,38	10,88	6,65
	Média	--	2,21	3,65	6,94	4,27
	H_2SO_4	5	1,48	1,78	3,99	2,42
		15	2,48	3,50	10,34	5,44
		25	2,76	5,99	8,36	5,70
	Média	--	2,24	3,76	7,56	4,52
	Média Geral	--	3,00	5,28	9,30	5,86
	F. de Patos	--	1,54	1,57	2,52	1,88
	F. de Araxá	--	1,46	1,10	1,80	1,45
	Sup. triplo	--	10,03	16,14	18,82	14,99

⁺Capacidade máxima de adsorção de fosfatos.

QUADRO 4 - Quantidade total de fósforo absorvido - parte aérea + raiz (mg/vaso)

Fos- fato Ácido	Nível de Acidificação %	Dosagem - C.M.A.F. ⁺			Média
		0,25	0,50	1,00	
PATOS	5	5,44	9,07	20,74	11,75
	15	14,86	32,26	33,03	26,72
	25	17,09	57,01	83,77	52,62
	Média	--	12,46	32,78	30,36
	5	4,57	6,36	10,19	7,04
	15	7,68	16,25	29,83	17,92
ARAXÁ	25	12,89	29,48	46,03	29,47
	Média	--	8,38	17,36	18,14
	5	4,83	8,37	22,69	11,96
	15	10,66	23,78	46,50	26,98
	25	15,90	40,20	64,56	40,22
	Média	--	10,46	24,12	26,39
Média Geral		--	10,43	24,75	24,96
PATOS	5	4,21	8,46	18,49	10,39
	15	12,00	26,88	61,37	33,42
	25	22,43	49,54	100,08	57,35
	Média	--	12,88	28,29	33,72
	5	3,83	3,97	7,39	5,06
	15	5,62	8,46	18,66	10,91
ARAXÁ	25	8,48	22,35	33,72	21,52
	Média	--	5,98	11,59	12,50
	5	3,64	5,08	10,28	6,33
	15	6,95	10,80	28,55	15,43
	25	7,78	18,81	34,53	20,37
	Média	--	6,12	11,56	14,04
Média Geral		--	8,33	17,15	20,09
F. de Patos	--	4,16	4,75	6,79	5,23
F. de Araxá	--	3,26	2,81	3,89	3,32
Sup. triplo	--	36,89	89,25	107,32	77,82

⁺Capacidade máxima de adsorção de fosfatos.

QUADRO 5 - Resumo de análise de variância dos dados referentes às quantidades de fósforo absorvido (mg/vaso)

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		Áerea	Raiz	Total
DENTRO DE PATOS				
• Acidificação	2	4.092,300 ⁺⁺	253,329 ⁺⁺	6.310,80 ⁺⁺
• Ácidos	2	656,363 ⁺⁺	46,612 ⁺⁺	1.049,29 ⁺⁺
• Acidif. x Ácidos	4	201,297 ⁺⁺	1,756	234,35 ⁺⁺
• DCA ⁺	2	3.471,120 ⁺⁺	289,581 ⁺⁺	5.783,55 ⁺⁺
• DCA x Acidif.	4	639,266 ⁺⁺	19,802 ⁺⁺	802,56 ⁺⁺
• DCA x Ácidos	4	100,813 ⁺⁺	11,538 ⁺⁺	174,75 ⁺⁺
• DCA x Acidif. x Ác.	8	67,696 ⁺⁺	7,177 ⁺⁺	100,49 ⁺⁺
DENTRO DE ARAXÁ				
• Acidificação	2	2.672,510 ⁺⁺	238,228 ⁺⁺	4.500,710 ⁺⁺
• Ácidos	2	2.326,340 ⁺⁺	175,249 ⁺⁺	3.778,340 ⁺⁺
• Acidif. x Ácidos	4	501,315 ⁺⁺	30,928	772,697 ⁺⁺
• DCA ⁺	2	2.855,440 ⁺⁺	274,948 ⁺⁺	4.900,970 ⁺⁺
• DCA x Acidif.	4	514,570 ⁺⁺	22,259 ⁺⁺	711,612 ⁺⁺
• DCA x Ácidos	4	601,290 ⁺⁺	11,417 ⁺⁺	765,402 ⁺⁺
• DCA x Acidif. x Ác.	8	119,600 ⁺⁺	2,238 ⁺⁺	125,134 ⁺⁺
• Fosf. Acidificados	1	570,242 ⁺⁺	51,669 ⁺⁺	963,80 ⁺⁺
• Superfosfato Triplo vx Fosf.	1	19.799,668 ⁺⁺	701,436 ⁺⁺	27.748,667 ⁺⁺
• Fosf. Acidificados vx Fosf. s/Acidif.	1	2.948,480 ⁺⁺	367,300 ⁺⁺	5.396,050 ⁺⁺
• Patos s/Acidif. vx Araxá s/Acidif.	1	9,961 ⁺⁺	0,815	16,474 ⁺⁺
• Dosagem F. Patos s/ Acidif.	2	2,120	0,916	5,698
• Dosagem F. Araxá s/ Acidif.	2	0,120	0,368	0,883
• Dosagem Superfosfato Triplo	2	3.087,080 ⁺⁺	60,927 ⁺⁺	3.992,308
• Blocos	2	--	--	--
• Erro	124	4,768	1,434	7,074

⁺⁺ F significativo, ao nível de 1%.

⁺ DCA - Dosagem dentro de fosfatos com acidificação.

gem) que deram as melhores respostas, referentes à quantidade de fósforo absorvido pela parte aérea, pelas raízes e pela planta (parte aérea + raiz), estão, respectivamente, nos Quadros 6, 8, 10 e 12. Em comparações múltiplas com as diferentes dosagens de superfosfato triplo, algumas combinações ótimas foram estatisticamente iguais às maiores dosagens de superfosfato triplo e, na maioria absoluta das vezes, superaram a menor dosagem de superfosfato triplo, no que se refere à quantidade de fósforo absorvido. Os resultados dos testes encontram-se nos Quadros 7, 9, 11.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com a finalidade de estudar o efeito da baixa acidificação de fosfatos naturais

QUADRO 6 - Equações de regressão para o fósforo absorvido pela parte aérea, para os diferentes níveis de acidificação, em cada fosfato, ácido e dosagem

PATOS			ARAXÁ		
	5%	15%		15%	25%
H_3PO_4	$\hat{Y} = 4,78307 + 7,18665 X_1^2$	$\hat{Y} = 14,24473 + 19,27300 X_1^2$	$\hat{Y} = 29,33775 + 37,26720 X_1^2$		
HCl	$\hat{Y} = 1,68973 + 1,18665 X_1^{2-}$	$\hat{Y} = 2,12306 + 19,27300 X_1^2$	$\hat{Y} = 5,09609 + 37,26720 X_1^2$		
H_2SO_4	$\hat{Y} = 3,7614 + 7,18665 X_1^{2-}$	$\hat{Y} = 7,4064 + 19,27300 X_1^2$	$\hat{Y} = 9,70275 + 37,26720 X_1^2$		

QUADRO 7 - Melhores combinações de tratamentos referentes à absorção de fósforo pela parte aérea, para efeito comparativo com o superfosfato triplo

Fosfato	Ácido	Nível de acidificação (C.M.A.F.) ⁺ %	Dosagens	Fósforo Absorvido mg/vaso
1. Patos	H_3PO_4	25	0,5	\hat{m}_1 42,51
2. Patos	H_3PO_4	25	1,0	\hat{m}_2 68,79
3. Patos	H_2SO_4	25	1,0	\hat{m}_3 50,95
4. Patos	H_2SO_4	15	1,0	\hat{m}_4 32,99
5. Patos	HCl	25	1,0	\hat{m}_5 35,61
6. Araxá	H_3PO_4	15	1,0	\hat{m}_6 46,73
7. Araxá	H_3PO_4	25	1,0	\hat{m}_7 81,14
8. Araxá	H_3PO_4	25	0,5	\hat{m}_8 35,13
Superf. Triplo	-	-	0,25	\hat{m}_9 26,86
Superf. Triplo	-	-	0,50	\hat{m}_{10} 73,07
Superf. Triplo	-	-	1,0	\hat{m}_{11} 88,51

⁺Capacidade máxima de adsorção de fosfatos.

QUADRO 8 - Resultado do teste de significância dos contrastes das melhores combinações, comparadas com o superfosfato triplo, na absorção de fósforo pela parte aérea

Médias de Super- fosfa- to Triplo	Médias das Melhores Combinações										Médias de Superfos- fato Triplo	
	\hat{m}_1	\hat{m}_2	\hat{m}_3	\hat{m}_4	\hat{m}_5	\hat{m}_6	\hat{m}_7	\hat{m}_8	\hat{m}_9	\hat{m}_{10}	\hat{m}_{11}	
\hat{m}_9	++	++	++	++	++	++	++	++	-	++	++	
\hat{m}_{10}	++	N.S.	++	++	++	++	++	++	++	-	++	
\hat{m}_{11}	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	-	

++Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de Scheffé.

sobre a quantidade de fósforo absorvido, usou-se um esquema fatorial formado por dois fosfatos (Araxá e Patos); três ácidos (ácido fosfórico, clorídrico e sulfúrico), três níveis de acidificação (5%, 15% e 25%), três dosagens (0,25, 0,50 e 1,0) vez a capacidade máxima de adsorção de fosfatos. Além desses tratamentos, foram

QUADRO 9 - Melhores combinações de tratamentos, referentes à absorção de fósforo pela raiz, para efeito comparativo com o superfosfato triplo

Fosfato	Ácido	Nível de acidificação (C.M.A.F.) ⁺ %	Dosagem	Fósforo Absorvido mg/vaso
1. Patos	H_3PO_4	25	0,5	\hat{m}_1 14,50
2. Patos	H_3PO_4	25	1,0	\hat{m}_2 14,99
3. Patos	H_2SO_4	15	1,0	\hat{m}_3 13,51
4. Patos	H_2SO_4	25	0,5	\hat{m}_4 10,70
5. Patos	H_2SO_4	25	1,0	\hat{m}_5 13,60
6. Araxá	H_3PO_4	15	1,0	\hat{m}_6 14,64
7. Araxá	H_3PO_4	25	0,5	\hat{m}_7 14,41
8. Araxá	H_3PO_4	25	1,0	\hat{m}_8 18,94
Superfosf. Triplo	-	-	0,25	\hat{m}_9 10,03
Superfosf. Triplo	-	-	0,50	\hat{m}_{10} 16,14
Superfosf. Triplo	-	-	1,00	\hat{m}_{11} 18,82

⁺Capacidade máxima de adsorção de fosfatos.

QUADRO 10 - Resultado do teste de significância dos contrastes das melhores combinações, comparadas com o superfosfato triplo, na absorção total de fósforo pela raiz

Médias de Super- fosfa- to Triplo	Médias das Melhores Combinacões								Média de Su- perfosfato Triplo		
	\hat{m}_1	\hat{m}_2	\hat{m}_3	\hat{m}_4	\hat{m}_5	\hat{m}_6	\hat{m}_7	\hat{m}_8	\hat{m}_9	\hat{m}_{10}	\hat{m}_{11}
\hat{m}_9	++	++	++	N.S.	++	++	++	++	-	++	++
\hat{m}_{10}	N.S.	N.S.	++	++	N.S.	N.S.	N.S.	++	++	-	++
\hat{m}_{11}	++	++	++	++	++	++	++	N.S.	++	++	-

**Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de Scheffé.

QUADRO 11 - Melhores combinações de tratamentos, referentes à absorção total de fósforo (parte aérea + raiz), para efeito comparativo com o superfosfato triplo

Fosfato	Ácido	Nível de acidificação %	Dosagem (C.M.A.F.) ⁺	Fósforo Absorvido mg/vaso
1. Patos	H_3PO_4	25	0,5	\hat{m}_1 57,01
2. Patos	H_3PO_4	25	1,0	\hat{m}_2 83,77
3. Patos	HC1	25	1,0	\hat{m}_3 46,03
4. Patos	H_2SO_4	15	1,0	\hat{m}_4 46,50
5. Patos	H_2SO_4	25	1,0	\hat{m}_5 64,56
6. Araxá	H_3PO_4	15	1,0	\hat{m}_6 61,37
7. Araxá	H_3PO_4	25	0,5	\hat{m}_7 49,54
8. Araxá	H_3PO_4	25	1,0	\hat{m}_8 100,08
Superfosf. Triplo	-	-	0,25	\hat{m}_9 36,89
Superfosf. Triplo	-	-	0,50	\hat{m}_{10} 89,25
Superfosf. Triplo	-	-	1,00	\hat{m}_{11} 107,32

⁺Capacidade máxima de adsorção de fosfatos.

acrescentados tratamentos complementares, formados pelos mesmos fosfatos, sem acidificação, e um tratamento formado pelo superfosfato triplo. Utilizou-se o sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) (L.) Moench, cultivar E-57, como planta indicadora, tendo sido levados em consideração peso da parte aérea, porcentagem de fósforo e fósforo absorvido.

Dentro das limitações do ensaio experimental, foram tiradas as seguintes conclusões:

1 — A acidificação dos fosfatos de Patos e Araxá com ácido fosfórico promoveu a maior absorção de fósforo.

2 — Para ambos os fosfatos, a acidificação com ácido clorídrico promoveu a menor absorção de fósforo.

3 — Verificou-se aumento da quantidade de fósforo absorvido com a elevação dos níveis de acidificação e dosagem, para os fosfatos de Patos e Araxá. Nos níveis mais elevados, as absorções se igualaram ou foram superiores às dosagens de supertriplo.

4 — Entre os fosfatos sem acidificação, o fosfato de Patos foi superior ao fosfato de Araxá quanto à quantidade de fósforo absorvido.

5. SUMMARY

Experiments were carried out to study the effect of partial acidification of phosphates from Patos de Minas and Araxá, Minas Gerais, in cerrado soils, on

QUADRO 12 - Resultado do teste de significância dos contrastes das melhores combinações, comparadas com o superfosfato triplo, na absorção total de fósforo (parte aérea + raiz)

Médias de Superfosfato	Médias das Melhores Combinações								Médias de Superfosfato Triplo			
	Triplo	\hat{m}_1	\hat{m}_2	\hat{m}_3	\hat{m}_4	\hat{m}_5	\hat{m}_6	\hat{m}_7	\hat{m}_8	\hat{m}_9	\hat{m}_{10}	\hat{m}_{11}
\hat{m}_9		++	++	++	++	++	++	++	++	-	++	++
\hat{m}_{10}		++	N.S.	++	++	++	++	++	++	++	-	
\hat{m}_{11}		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	-

** Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de Scheffé.

phosphate absorption by plants. Phosphate were treated with phosphoric, hydrochloric and sulphuric acids. Trials were run in the greenhouses of the Federal University of Viçosa, Minas Gerais, Brazil.

Experimental design was factorial $(2 \times 3 \times 3 \times 3) + (2 + 1) 3$ in randomized blocks with three repetitions. Factors were the two soil types (Patos and Araxá), the three acids, three levels of acidification (5.15 and 25%), three dosages of phosphates (0.25, 0.50 and 1.00 times the maximum adsorption capacity of phosphates), the phosphates of the two soil samples, unacidified, plus application of triple superphosphate. Nitrogen and potassium were applied at planting and 20 days thereafter, and micronutrient (boron, manganese, zinc, copper and molybdenum) supplements were provided. Grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench. cv. 'E-57') was used as the indicator plant. Phosphate absorbed by the aerial parts and roots was determined 32 days after sowing.

The following conclusions were reached:

1. Acidification of the phosphates from Patos and Araxá with phosphoric acid promoted the greatest absorption of phosphorus.
2. For phosphates from both Patos and Araxá, acidification with hydrochloric acid resulted in the least absorption of phosphorus.
3. Increase in the quantity of phosphate absorbed with elevation of levels of acidification and dosage was verified for both Patos and Araxá soils. At the highest acidification levels, the absorptions were equal or superior to those for the dosages of triple superphosphate.
4. Without acidification, more phosphate was absorbed from Patos soil than from soil from Araxá.

6. LITERATURA CITADA

1. ARAÚJO, W.A. de; ILCHENKO, W. & SEILER, F.E.E. Sobre transformações de fosfato em diferentes solos do Estado de Minas Gerais. In: ANAIS DA 3.^a REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÉNCIA DO SOLO. Rio de Janeiro. 1: 269-288. 1951.
2. BARBIER, G., CHAMBAUNMES, J. & MARQUIA, A. The utilization of phosphatic fertilizers by plants after they have become fixed in the soil. *Plant and Soil* 1. 11-17. 1948.
3. BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. *Rev. Ceres* 21(113):73-85. 1974.
4. CHANG, S.C. & CHU, W.K. The fate of soluble phosphate applied to soils. *J. Soil Sci.*, 12(2):286-293. 1961.
5. COLEMAN, R. Phosphorus fixation by the warze and fine clay fractions of kaolinitic and montmorillonitic clays. *Soil Sci.* 58(1):71-77. 1944.
6. FASSBENDER, H.W. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. *Fitotecnia Latinoamericana* 3 (1-2):203-216. 1966.
7. FRIED, M. & DEAN, L.A. Phosphate retention by iron and aluminum in cation exchange systems. *Soil Sci. Americ. Proc.*, 19(2):143-147. 1955.
8. GOMES, J.C. *Relação entre a capacidade tampão de fósforo de três latossolos de Minas Gerais e a capacidade de absorção diferencial do vegetal*. Viçosa, Univ. Federal de Viçosa, 1976. 58 p. (Tese M.S.).
9. GADRE, G.T. Phosphate fertilizers. II. Semiacidulated phosphates. *Jour. Sci. Ind. Research* 12:174-177. 1953.
10. HEWMALL, M.D. & CARTER, D.L. The fixation of phosphorus by soils. *Advances in Agronomy* 9:96-112. 1957.
11. HOPFNER, M.A. *Efeitos da aplicação foliar de fontes de fósforo em tomateiro (Lycopersicon esculentum Mill) cultivado sob quatro níveis de fósforo no solo*. Viçosa, Univ. Federal de Viçosa, 1976. 37 p. (Tese M.S.).
12. ILCHENKO, W. & GUIMARÃES, D. *Apatita de Barreiro Araxá*. Belo Horizonte, Secretaria de Agricultura, 1954.
13. JONES, M.J. & BROMFIELD, A.R. Rock phosphate as a phosphate source for Nigerian Agriculture. *Samaru Agricultural Newsletter* 16(3): 78-80. 1974. In: *Soil and Fertilizers* 36 (10): 334. 1973.
14. LEAL, J.R. *Adsorção de fosfato em latossolos sob cerrado*. Rio de Janeiro. Univ. Federal Rural do Rio de Janeiro, 1971. 96 p. (Tese M.S.).
15. LONERAGAN, J.F. & ASHER, C.J. Response of plants to phosphate concentration in solution culture. In: *Rate of phosphate absorption and its relation to*

- growth. *Soil Sci.* 103(5):311-318. 1967.
16. MCLEAN HOELSCHER, J.E. Factors affecting yields and uptake of P by different crops: I. Previous applications of the soil of rock phosphate and superphosphate. *Soil Sci.* 78(6): 453-462. 1954.
17. MCLEAN, E.O. Factors affecting yields and uptake of phosphorus by different crops: II. Rock phosphate and superphosphate separate and in combinations under extended cropping. *Soil Sci.* 82(3): 181-192. 1956.
18. MCLEAN, E.O. & WHEELER, R.W. Partially acidulated rock phosphate as a source of phosphorus to plants: I. Growth chamber studies. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28(4): 545-550. 1964.
19. MCLEAN, E.O. & WHEELER, R.W. Partially acidulated rock phosphate as a source of phosphorus to plants: II. Growth chamber and field corn studies. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29(5): 625-628. 1965.
20. MATZEL, W. A survey of problems associated with the utilization of fertilizer and soil phosphorus. *Archiv. fur Acker — und Pflanzenbau und Bodenkunde* 18(7): 971-987. 1974. In: *Soil Fertilizer.* 38(8):244. 1975.
21. MURDOCK, J.T. & SEAY, W.A. The availability to greenhouse crops of rock phosphate P and Ca in superphosphate rock phosphorus mixtures. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 19(2): 199-203. 1955.
22. NEWMAN, E.I. ANDREWS, R.E. Uptake of phosphorus and potassium in relation to root growth and root density. *Plant and Soil* 38(1):49-69. 1973.
23. TERMAN, G.L. & ALLEN, S.E. Response of corn to phosphorus, in underacidulated phosphate rock. Superphosphate Fertilizers. *Agricultural and Food Chemistry*, 15(20):354-358. 1967.
24. TERMAN, G.L., MORENO, E.C. & GLEN, O. Acidulation of phosphate rock in soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28(1):104-107. 1964.