

Março e Abril de 1979

VOL. XXVI

N.º 144

Viçosa — Minas Gerais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

EFEITO DE FOSFATOS NATURAIS PARCIALMENTE ACIDIFICADOS COM H_3PO_4 , HCl e H_2SO_4 EM SORGO GRANÍFERO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench): I — PESO DA PARTE AÉREA, DAS RAÍZES E TOTAL*

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

1. INTRODUÇÃO

Dentre os elementos essenciais para o crescimento dos vegetais, o fósforo ocupa lugar de destaque, não só pela grande quantidade existente, como também, sobretudo, por causa das reações entre o fósforo e os demais elementos existentes no solo.

Geralmente, os solos do globo apresentam deficiência de fósforo e desequilíbrio de nutrientes. Nas áreas de cerrado esse problema é agravado, apesar das excelentes propriedades físicas e das regulares disponibilidades de água (2, 16).

Muitas hipóteses têm sido lançadas em busca de uma explicação satisfatória para o fenômeno da fixação de fósforo, com o objetivo de, uma vez conhecidas as causas, tentar minimizar a atuação dos fatores do solo no processo. Uma das linhas de pesquisas que tem merecido maior atenção por parte dos estudiosos tenta descobrir meios que diminuam a movimentação do elemento da fase líquida para a fase sólida, por meio do aumento do fator capacidade de fósforo do solo. Teoricamente, isso pode ser conseguido com a adição de fontes de fósforo, em diferentes graus de solubilidade (1, 3, 5, 6, 10, 12, 17).

Essa providência influiria nos fluxos solução-solo, solo-solução e solução-vegetal, provocando maior disponibilidade de fósforo para as plantas (4, 6, 7, 8, 9, 17,

* Parte da tese de mestrado apresentada pelo primeiro autor à U.F.V.

Recebido para publicação em 16/09/1977.

** Respectivamente, Engenheiro-Agrônomo da EMATER-MG, Professor Titular e Professor Assistente da Universidade Federal de Viçosa, por ocasião do Trabalho.

19).

A finalidade deste trabalho foi estudar a influência da acidificação parcial, nos fosfatos naturais de Patos e Araxá, com os ácidos fosfórico, clorídrico e sulfúrico no crescimento dos vegetais, avaliado pelo peso de matéria seca da parte aérea, da raiz e do total da planta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Na realização deste ensaio foram usadas amostras de material de solo proveniente de Ituiutaba, MG, classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo. As características físicas e químicas dessas amostras são apresentadas no Quadro 1.

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

Análise Granulométrica	%	Classificação Textural
Areia grossa	34,0	Franco-arenosa
Areia fina	47,5	
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 KCl	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

Ao material do solo foram aplicadas quantidades de carbonato de magnésio e hidróxido de cálcio (4:1) equivalentes a 3 t de CaCO₃/ha. Após misturar o corretivo e o solo, colocaram-se porções de 2 kg em sacos plásticos, adicionou-se água suficiente até a saturação e deixou-se em incubação, que durou 107 dias.

Transcorrido o período de incubação, foi instalado um ensaio para que se estudassem: dois tipos de fosfatos (Patos e Araxá), acidificados com ácido sulfúrico, ácido clorídrico e ácido fosfórico, na percentagem de 5, 15 e 25% (peso/volume) e aplicados nas quantidades correspondentes a 0,25, 0,50 e 1,0 vezes a capacidade máxima de adsorção de fósforo. Além desses tratamentos, foram usados outros, que permitiram a comparação dos fosfatos sem acidificação com o superfosfato triplo. Dessa maneira, usou-se um esquema fatorial (2 x 3 x 3 x 3) + (2 + 1) x 3, num delineamento em blocos inteiramente casualizados, com três repetições.

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: nitrogênio, como nitrato de amônio e uréia, na base de 500 kg/ha; potássio, como cloreto de potássio, na base de 300 kg de K_2O /ha, sendo 50% no plantio e 50% após 20 dias.

Os micronutrientes foram empregados na forma de H_3BO_3 , $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $CuSO_4 \cdot H_2O$ 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°, até que atingisse peso constante em estufa com circulação forçada de ar.

Para o ajustamento das equações de regressão empregou-se o método das variáveis «dummies», em que se ajusta um único plano de regressão múltipla e dele se extraem as equações, pela substituição das variáveis codificadas quantitativamente.

Nas análises de regressão foram usadas as seguintes codificações:

X_1 = dosagem

X_3 e X_4 = variáveis mudas, usadas para composição dos ácidos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise dos quadrados médios da análise de variância (Quadro 5), referentes aos dados de produção de matéria seca (Quadros 2, 3 e 4), respectivamente, da parte aérea, da raiz e da planta total, verifica-se o efeito significativo da acidificação sobre ambos os fosfatos, quanto à produção de matéria seca.

Nota-se, ainda, o efeito significativo de dosagem dentro do superfosfato triplo, o que não ocorre dentro dos fosfatos naturais sem acidificação.

Pelos dados referentes à produção de matéria seca da parte aérea (Quadro 2), observa-se que as médias dos fosfatos acidificados correspondem a 58,63% e 48,74% da média do superfosfato triplo, tomado como padrão, respectivamente, para os fosfatos de Patos e Araxá.

O efeito dos ácidos na produção de matéria seca, para ambos os fosfatos, foi sempre significativo, e, com certa constância, há superioridade do ácido fosfórico sobre os demais, quando se fixam o nível de acidificação e a dosagem.

Para ambos os fosfatos, a medida que se elevava a dosagem, dentro de cada combinação de ácido com nível de acidificação, a produção de matéria seca aumentava.

Em razão da evidência apresentada pelos quadros de dados e pela análise de variância, confirmada pela significância estatística dos coeficientes de correlação linear entre os valores de produção de matéria seca da parte aérea e da raiz, efetuou-se a análise de regressão dos dados somente para produção de matéria seca e fósforo absorvido pela parte aérea.

Estudou-se a produção de matéria seca da parte aérea em função de cada ácido, nível de acidificação e dosagem, dentro de cada fosfato. Constatou-se que o melhor ajustamento da equação de regressão foi linear e quadrático para nível de acidificação e dosagem, respectivamente, para o fosfato de Patos, ao passo que para o fosfato de Araxá o ajustamento foi linear para ambos os fatores (Quadros 6, 7 e 8).

QUADRO 2 - Produção média de matéria seca - parte aérea (g/vaso)

Fosfato	Ácido	Nível de Acidificação %	Dosagem - C.M.A.F.*			Média
			0,25	0,50	1,00	
PATOS	H_3PO_4	5	4,80	7,00	12,60	8,13
		15	9,80	15,16	14,57	13,18
		25	11,83	17,16	17,40	15,46
	Média	--	8,81	13,11	14,86	12,26
	HCl	5	3,95	5,16	7,66	5,60
		15	6,26	9,63	14,25	10,05
		25	8,47	15,87	15,71	13,35
	Média	--	6,23	10,22	12,57	9,67
	H_2SO_4	5	4,20	6,61	13,83	8,21
		15	7,63	14,83	20,00	14,15
		25	11,36	21,46	22,63	18,48
ARAXÁ	Média	--	7,73	14,30	18,82	13,61
	Média Geral	--	7,59	12,54	15,42	11,85
	H_3PO_4	5	3,68	5,83	11,80	7,10
		15	8,51	15,43	20,00	14,65
		25	13,33	18,70	20,80	17,61
	Média	--	8,51	13,32	17,53	13,12
	HCl	5	3,26	3,57	4,76	3,86
		15	4,37	6,57	11,60	7,51
		25	6,45	12,76	16,05	11,75
	Média	--	4,69	7,63	10,80	7,71
	H_2SO_4	5	3,17	4,13	7,02	4,77
		15	5,03	8,20	14,76	9,33
		25	6,20	10,76	18,56	11,84
	Média	--	4,80	7,70	13,45	8,65
	Média Geral	--	6,00	9,55	14,01	9,85
	F. de Patos	--	3,30	3,13	4,03	3,49
	F. de Araxá	--	2,82	2,63	3,03	2,83
	Sup. Triplo	--	19,16	22,45	19,01	20,21

* Capacidade máxima de adsorção de fosfatos.

QUADRO 3 - Produção média de matéria seca - raiz (g/vaso)

Fos- fato	Ácido	Nível de Acidificação %	Dosagem - C.M.A.F.*			Média
			0,25	0,50	1,00	
PATOS	H_3PO_4	5	2,58	4,33	6,96	4,62
		15	6,00	10,33	6,46	7,60
		25	5,43	10,40	8,23	8,02
	Média	--	4,67	8,35	7,22	6,75
	HCl	5	2,33	3,20	3,56	3,03
		15	3,43	7,10	9,86	6,80
		25	5,46	8,36	7,40	7,07
	Média	--	3,74	6,22	6,94	5,63
	H_2SO_4	5	2,10	4,40	7,78	4,76
		15	4,21	7,00	10,73	7,31
		25	6,40	10,58	9,81	8,93
	Média	--	4,24	7,33	9,44	7,00
	Média Geral	--	4,22	7,30	7,87	6,46
ARAXÁ	H_3PO_4	5	2,06	4,13	7,01	4,4
		15	5,43	8,86	12,98	9,09
		25	8,83	11,96	13,06	11,28
	Média	--	5,44	8,32	11,02	8,26
	HCl	5	2,03	2,10	3,13	2,42
		15	3,05	3,66	5,83	4,18
		25	3,06	7,16	9,60	6,61
	Média	--	2,71	4,31	6,19	4,40
	H_2SO_4	5	1,83	2,24	4,96	3,01
		15	2,23	5,33	10,03	5,86
		25	3,03	5,93	8,73	5,90
	Média	--	2,36	1,50	7,91	4,92
	Média Geral	--	3,50	5,71	8,37	5,86
	F. de Patos	--	2,23	2,06	3,00	2,43
	F. de Araxá	--	2,06	1,26	2,06	1,79
	Sup. Triplo	--	9,76	11,33	8,16	9,75

* Capacidade máxima de adsorção de fosfatos.

QUADRO 4 - Produção total de matéria seca - parte aérea + raiz (g/vaso)

Fos- fato	Ácido	Nível de Acidificação %	Dosagem - C.M.A.F.*			Média
			0,25	0,50	1,00	
PATOS	H_3PO_4	5	7,38	11,33	19,56	12,76
		15	15,80	25,49	21,03	20,77
		25	17,26	27,56	25,63	23,48
	Média	--	13,48	21,46	22,07	19,00
	HCl	5	6,28	8,36	11,22	8,62
		15	9,69	16,73	24,11	16,84
		25	13,93	24,23	23,11	20,42
	Média	--	9,96	16,44	19,48	15,30
	H_2SO_4	5	6,30	11,01	21,61	12,97
		15	11,84	21,83	30,73	21,47
		25	17,76	32,04	32,44	27,41
	Média	--	11,97	21,63	28,26	20,62
	Média Geral	--	11,80	19,84	23,27	18,30
ARAXÁ	H_3PO_4	5	5,74	9,96	18,81	11,50
		15	13,94	24,29	32,98	23,74
		25	22,16	30,66	33,86	28,89
	Média	--	13,95	21,64	28,55	21,38
	HCl	5	5,29	5,67	7,89	6,28
		15	7,42	10,23	17,43	11,89
		25	9,51	19,92	25,65	18,36
	Média	--	7,41	11,94	16,99	12,11
	H_2SO_4	5	5,00	6,37	12,77	8,05
		15	7,26	13,53	24,79	15,19
		25	9,23	16,69	27,29	17,74
	Média	--	7,16	12,20	21,62	13,66
	Média Geral	--	9,51	15,26	22,39	15,72
	F. de Patos	--	5,53	5,19	7,03	5,92
	F. de Araxá	--	4,89	3,89	5,09	4,62
	Sup. Triplo	--	28,92	33,78	27,17	29,96

* Capacidade máxima de adsorção de fosfatos.

QUADRO 5 - Análise de variância dos dados referentes à produção de matéria seca (g/vaso)

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		Aérea	Raiz	Total
PATOS				
. Acidificação	2	490,263**	113,286**	1.064,630**
. Ácidos	2	109,096**	14,269**	201,141**
. Acid. x Ácidos	4	6,184**	1,639	9,793**
. DCA*	2	422,565**	104,248**	936,027**
. DCA x Acidif.	4	21,145**	8,098**	52,198**
. DCA x Ácidos	4	18,232**	7,407**	44,066**
. DCA x Acidif. x Ác.	8	5,465**	6,346**	20,145**
ARAXÁ				
. Acidificação	2	495,409**	153,251**	1.197,960**
. Ácidos	2	225,615**	115,582**	664,150**
. Acid. x Ácidos	4	12,257**	12,871**	47,700**
. DCA*	2	425,655**	153,271**	1.089,750**
. DCA x Acidif.	4	22,108**	6,775**	52,195**
. DCA x Ácidos	4	8,072**	3,494**	22,079**
. DCA x Acidif. x Ác.	8	7,387**	2,950**	16,533**
. Fosf. acidificados	1	165,134**	12,779**	269,790**
. Superfosfato triplo vs. fosfatos	1	881,330**	135,740**	1.702,106**
. Fosf. acidificados vs. fosfatos s/ acidif.	1	954,930**	267,83**	2.234,220**
. Patos s/ acidificação vs. Araxá s/ acidif.	1	1,930**	1,805	7,480**
. Dosagens F. Patos sem acidificação	2	0,688	0,745	2,861
. Dosagens F. Araxá sem acidificação	2	0,120	0,640	1,240
. Dosagens superfosfato triplo	2	11,298**	7,521**	35,775**
. Blocos	2	-	-	-
. Erro	124	1,030	1,242	2,294
Total	188			

** F significativo, ao nível de 1%.

* DCA - Dosagem dentro de fosfatos com acidificação.

A produção da matéria seca da parte aérea tende a crescer linearmente com a elevação dos níveis de acidificação, em cada nível de dosagem, para o fosfato de Patos. Fato semelhante ocorreu com o fosfato de Araxá. Tem-se ainda que, para o fosfato de Patos, a elevação das doses em cada nível de acidificação provoca um aumento de matéria seca, atingindo um máximo com as doses mais altas, fato que não se verifica com o fosfato de Araxá, em que, semelhantemente ao nível de acidificação, o aumento das doses promoveu uma elevação linear da produção de matéria seca.

As combinações dos quatro fatores (fosfatos, ácido, nível de acidificação e dosagem) que deram as melhores respostas, referentes aos pesos de matéria seca da parte aérea, da raiz e do total da planta, estão, respectivamente, nos Quadros 5, 11

QUADRO 6 - Equação de regressão para a produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea do sorgo, em cada fósforo, em função de cada ácido, nível de acidificação e dosagem

Fósforo

Equações

$$\text{PATOS} \quad \hat{Y} = 4,28011 - 18,77940 \cdot X_1^2 + 33,89620 \cdot X_1 + 42,2660 \cdot X_2 - 1,35888 X_3 - 3,95443 \cdot X_4 \quad R^2 = 0,8935$$

$$\text{APAXÁ} \quad \hat{Y} = -0,94193 + 5,52668 \cdot X_1 + 23,83280 \cdot X_2 + 4,47221 \cdot X_3 - 0,93778 X_4 + 0,31896 \cdot X_1 X_2 \quad R^2 = 0,9176$$

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste t.

QUADRO 7 - Equações de regressão para a produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea do sorgo, pelos fosfatos de Patos e Araxá acidificados com H_3PO_4 , HCl e H_2SO_4 , em cada dosagem, em função do nível de acidificação

Ácidos	Dosagens	Patos	Araxá
H_3PO_4	D ₁	1,66135 + 42,26660 X ₂	4,91195 + 23,91254 X ₂
	D ₂	6,61426 + 42,26660 X ₂	6,29362 + 23,99228 X ₂
	D ₃	9,47781 + 42,26660 X ₂	9,05696 + 24,15176 X ₂
HCl	D ₁	-0,93420 + 42,26660 X ₂	-0,49804 + 23,91254 X ₂
	D ₂	4,01871 + 42,26660 X ₂	0,88363 + 23,99228 X ₂
	D ₃	6,88226 + 42,26660 X ₂	3,64697 + 24,15176 X ₂
H_2SO_4	D ₁	3,02023 + 42,26660 X ₂	0,43974 + 23,91254 X ₂
	D ₂	7,97314 + 42,26660 X ₂	1,82141 + 23,99228 X ₂
	D ₃	10,83669 + 42,26660 X ₂	4,58475 + 24,15176 X ₂

QUADRO 8 - Equações de regressão para a produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea do sorgo (y), pelos fosfatos de Patos e Araxá acidificados em H_3PO_4 , HCl e H_2SO_4 , em cada nível de acidificação, em função do nível de dosagem (x)

Ácido	Acidificação %	Patos	Araxá
H_3PO_4	5	$Y = -3,52566 + 33,89620 X_1 - 18,77940 X_1^2$	$4,72192 + 5,542628 X_1$
	15	$Y = 0,70100 + 33,89620 X_1 - 18,77940 X_1^2$	$7,10520 + 5,574524 X_1$
	25	$Y = 4,92766 + 33,89620 X_1 - 18,77940 X_1^2$	$9,48848 + 5,60642 X_1$
HCl	5	$Y = 6,12121 + 33,89620 X_1 - 18,77940 X_1^2$	$-0,68807 + 5,542626 X_1$
	15	$Y = -1,89455 + 33,89620 X_1 - 18,77940 X_1^2$	$1,69521 + 5,574524 X_1$
	25	$Y = 2,33211 + 33,89620 X_1 - 18,77940 X_1^2$	$4,07849 + 5,60642 X_1$
H_2SO_4	5	$Y = 0,05988 + 33,89620 X_1 - 18,77940 X_1^2$	$0,24971 + 5,592628 X_1$
	15	$Y = 0,05988 + 33,89620 X_1 - 18,77940 X_1^2$	$2,63299 + 5,574524 X_1$
	25	$Y = 6,28654 + 33,89620 X_1 - 18,77940 X_1^2$	$5,01627 + 5,60642 X_1$

QUADRO 9 - Melhores combinações de tratamentos de produção de matéria seca da parte aérea, para efeito comparativo com o superfosfato triplo

Fosfato	Ácido	Nível de acidificação %	Doses (C.M.A.F.) *	Matéria seca g/vaso
1. Patos	H ₂ SO ₄	25	0,5 \hat{m}_1	21,46
2. Patos	H ₃ PO ₄	25	1,0 \hat{m}_2	17,40
3. Patos	H ₂ SO ₄	15	1,0 \hat{m}_3	20,00
4. Patos	H ₂ SO ₄	25	1,0 \hat{m}_4	22,63
5. Araxá	H ₃ PO ₄	25	0,5 \hat{m}_5	18,70
6. Araxá	H ₃ PO ₄	15	1,0 \hat{m}_6	20,00
7. Araxá	H ₃ PO ₄	25	1,0 \hat{m}_7	20,80
8. Araxá	H ₂ SO ₄	25	1,0 \hat{m}_8	18,56
Superfosf. triplo	-	-	0,25 \hat{m}_9	19,16
Superfosf. triplo	-	-	0,50 \hat{m}_{10}	22,45
Superfosf. triplo	-	-	1,00 \hat{m}_{11}	19,01

* Capacidade máxima de adsorção de fosfatos.

e 13. Em comparações múltiplas com as diferentes dosagens de superfosfato triplo (Quadros 10, 12 e 14), algumas combinações ótimas foram estatisticamente iguais à melhor dosagem de superfosfato triplo e superiores às demais.

Os resultados obtidos concordam com os de MCLEAN e WHELLER (16), que obtiveram, com o material acidificado com ácido fosfórico, ao nível de 20%, na dosagem de 66 ppm, as mais altas produções em relação ao material 100% acidificado. Esses resultados concordam também com estudos prévios feitos por MCLEAN e WHELLER (15), que, comparando os níveis de 10% e 20% de acidificação e com 100% de acidificação, concluíram que os tratamentos parcialmente acidificados foram superiores na produção de milho-anão e de alfafa.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Um ensaio foi realizado na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, em casa-de-vegetação, com o objetivo de estudar o efeito da baixa acidificação (5%, 15% e 25%) dos fosfatos de Patos e de Araxá, com os ácidos sulfúrico, clorídrico e fosfórico, aplicados em três dosagens, sobre a produção de matéria seca de uma planta indicadora (*Sorghum bicolor* (L) Moench), num delineamento em blocos casualizados, com três repetições.

Os dados obtidos da parte aérea e das raízes foram comparados entre si e com os de tratamentos adicionais, em que se utilizaram os mesmos fosfatos, sem acidificação, e o superfosfato triplo.

QUADRO 10 - Resultado do teste de significância dos contrastes das melhores combinações, comparadas com o superfosfato triplo, da produção de matéria seca da parte aérea

Médias de Superfosfato Triplo	Médias das melhores combinações							Médias de Superfosfato 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.	N.S.	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	-	**	N.S.
\hat{m}_{10}	N.S.	**	**	N.S.	**	**	N.S.	**	**	-	**
\hat{m}_{11}	**	N.S.	**	**	**	**	**	**	N.S.	**	-

QUADRO 11 - Melhores combinações de tratamentos de produção de matéria seca da raiz, para efeito comparativo com o superfosfato triplo

Fosfato	Ácido	Nível de acidificação %	Doses (C.M.A.F.)*	Matéria seca g/vaso
1. Patos	H ₃ PO ₄	15	0,5 \hat{m}_1	10,33
2. Patos	H ₃ PO ₄	25	0,5 \hat{m}_2	10,40
3. Patos	HCl	15	1,0 \hat{m}_3	10,73
4. Patos	H ₂ SO ₄	25	0,5 \hat{m}_4	10,58
5. Araxá	H ₃ PO ₄	15	1,0 \hat{m}_5	12,98
6. Araxá	H ₃ PO ₄	25	0,5 \hat{m}_6	11,96
7. Araxá	H ₃ PO ₄	25	1,0 \hat{m}_7	13,06
8. Araxá	H ₂ SO ₄	15	1,0 \hat{m}_8	10,03
Superfosf. Triplo	-	-	0,25 \hat{m}_9	9,76
Superfosf. Triplo	-	-	0,50 \hat{m}_{10}	11,33
Superfosf. Triplo	-	-	1,00 \hat{m}_{11}	8,16

* Capacidade máxima de adsorção de fosfatos.

Os dados obtidos permitem as seguintes conclusões:

1 — A acidificação do fosfato de Araxá com o ácido fosfórico propiciou a produção de maior quantidade de matéria seca, enquanto a melhor acidificação para o fosfato de Patos foi a realizada com o ácido sulfúrico.

2 — Para ambos os fosfatos, Patos e Araxá, a acidificação com o ácido clorídrico propiciou a produção de menor quantidade de matéria seca.

3 — Verificou-se aumento da produção de matéria seca com a elevação dos níveis de acidificação e das dosagens, para os fosfatos de Patos e Araxá. Nos níveis e doses mais elevados, as produções igualaram-se ou foram superiores às do tratamento com superfosfato triplo.

4 — Entre os fosfatos sem acidificação, o fosfato de Patos foi superior ao fosfato de Araxá na produção de matéria seca.

5. SUMMARY

Experiments were carried out to study the effects of low acidification of phosphates from Patos and Araxá, Minas Gerais, on dry matter production in plants on cerrado soils. The phosphates were treated with phosphoric, hydrochloric and sulphuric acids. Trials were run in the greenhouses of the Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil.

Experimental design was factorial (2 x 3 x 3 x 3) + (2 + 1) x 3 in randomized blocks with three repetitions. Factors were the two phosphates (Patos and Araxá), the three acids (phosphoric, hydrochloric and sulphuric), three levels of

QUADRO 12 - Resultado do teste de significância dos contrastes das melhores combinações, comparadas com o superfosfato triplo, da produção de matéria seca da raiz

Médias de Superfosfato Triplo	Médias das Melhores Combinações							Médias de Superfosfato 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.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	-	N.S.	N.S.
\hat{m}_{10}	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	-	N.S.
\hat{m}_{11}	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	-

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

QUADRO 13 - Melhores combinações de tratamentos, referentes à produção de matéria seca (parte aérea + raiz), para efeito comparativo com o superfosfato triplo

Fosfato	Ácido	Nível de acidificação %	Doses (C.M.A.F.)*	Matéria seca g/vaso
1. Patos	H ₃ PO ₄	15	0,5 \hat{m}_1	27,56
2. Patos	H ₂ SO ₄	15	1,0 \hat{m}_2	30,73
3. Patos	H ₂ SO ₄	25	0,5 \hat{m}_3	32,04
4. Patos	H ₂ SO ₄	25	1,0 \hat{m}_4	32,44
5. Araxá	H ₃ PO ₄	15	1,0 \hat{m}_5	32,98
6. Araxá	H ₃ PO ₄	25	0,5 \hat{m}_6	30,66
7. Araxá	H ₃ PO ₄	25	1,0 \hat{m}_7	33,86
8. Araxá	H ₂ SO ₄	25	1,0 \hat{m}_8	27,29
Superfosf. Triplo	-	-	0,25 \hat{m}_9	28,92
Superfosf. Triplo	-	-	0,50 \hat{m}_{10}	37,78
Superfosf. Triplo	-	-	1,00 \hat{m}_{11}	27,17

* Capacidade máxima de adsorção de fosfatos.

QUADRO 14 - Resultado do teste de significância dos contrastes das melhores combinações, comparadas com o superfato triplo, da produção de matéria seca total (parte aérea + raiz)

Superf- fato Triplo	Médias das Melhores Combinações							Médias 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.	N.S.	N.S.	N.S.	**	N.S.	**	N.S.	-	** N.S.
\hat{m}_{10}	**	**	**	**	**	**	**	**	**	- **
\hat{m}_{11}	N.S.	N.S.	**	**	**	N.S.	**	N.S.	N.S.	** -

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

acidification (5, 15 and 25%), three dosages of phosphates (0.25, 0.50 and 1.00 times the maximum adsorption capacity of phosphates). Nitrogen and potassium were applied at planting and 20 days there after, 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. Dry matter of the aerial parts and roots were determined 37 days after sowing.

The following conclusions were reached:

1. Acidification of phosphate from Araxá with phosphoric acid promoted the production of more dry matter, while the best acidification for phosphate from Patos was brought about with sulphuric acid.

2. For both Patos and Araxá phosphates, treatment with hydrochloric acid led to the lowest dry matter production.

3. Increase in dry matter production with higher levels of acidification and dosages was shown for both Patos and Araxá. At the highest levels of acidification and dosages, dry matter production was equal or superior to that for triple superphosphate treatment.

4. With no acidification, the Patos phosphate gave superior dry matter production.

6. LITERATURA CITADA

1. ALVAREZ V., V.H. *Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois latossolos de Minas Gerais*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1974. 125 p. (Tese M.S.).
2. ALVIM, P. de T. & ARAÚJO, W. El suelo como fator ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centroeste del Brasil. *Fitotecnica Latino-Americana*, 2: 153-160. 1952.
3. 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 CIÊNCIA DO SOLO. Rio de Janeiro, 1951. p. 269-288.
4. BARBIER, G., CHAMBANMES, 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.
5. CHANG, S.C. & CHU, W.K. The fate of soluble phosphate applied to soils. *J. Soil Sci.*, 12:286-293. 1961.
6. FASSBENDER, H.W., MULLER, L. & BALERDI, F. Estudio del fósforo en suelos de América Central. II. Formas e su relación con las plantas. *Turrialba* 18:333-347. 1968.
7. FRANKLIN, W.T. & REISENAUER, H.M. Chemical characteristics of soils related to phosphorus fixation and availability. *Soil Sci.* 90:192-200. 1960.
8. FRIED, M., HAGEN, J.F. & LEGGETT, J.E. Kinetics of phosphate uptake in the soil-plant system. *Soil Sci.* 84:427-437. 1957.

9. FRIED, M. & DEAN, L.A. Phosphate retention by iron and aluminium in cations exchange systems. *Soil Sci. Soc. Americ. Proc.*, 19:143-147. 1955.
10. 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.).
11. GOVIL, B.P. & PRASAD R. Growth characters and yiel of sorghum (*Sorghum vulgare* Pers.) as affected by contents of water soluble P in triple superphosphate dicalcium phosphate and triple superphosphate rock phosphate mixtures. *Journal of Agricultural Science*, New Delhi. 79(3):485-492. 1972. In: *Soil and Fertilizers*, 36:187-1973.
12. HASEMAN, J.F., BROWN, E.H. & WHITT, C.D. Some reactions of phosphate with clays and hydrous oxides of Fe and Al. *Soil Sci.* 70:257-271. 1960.
13. KITRICK, J.A. & JACKSON, M.L. Rate of phosphate reaction with soil minerals and electron microscope observations on the reaction mechanism, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19:292-295. 1955.
14. 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: 311-318. 1967.
15. MCLEAN, E.O. & WHELLER, R.W. Partially acidulated rock phosphate as a source of phosphorus to plants: I. Growth Chamber Studies. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28: 545-550. 1964.
16. MCLEAN, E.O. & WHELLER, 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.* 29:625-628. 1965.
17. MATTSON, S. The laws of soil colloidal behavior: I. *Soil Sci.* 28: 179-220. 1929.
18. MENDES, J.F. Características químicas e físicas de alguns solos sob cerrado. In: Correia, H. (ed.). ANAIS DA II.^a REUNIÃO BRASILEIRA DE CERRADOS, Belo Horizonte, 1972. p. 51-52.
19. 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. Amer. Proc.* 19: 199-203. 1955.